



SOLOS

MANEJO INTEGRADO E ECOLÓGICO

- ELEMENTOS BÁSICOS -

Porto Alegre, 2000

EMATER/RS – Rua Botafogo, 1051 – 901150-053 – Porto Alegre – RS – Brasil
fone (0XX51) 233-3144 – fax (0XX51) 233-9598
<http://www.emater.tche.br>

tiragem: 1.000

F382s FERREIRA, T.N. (Coord.); SCHWARZ, R.A. Coord.);
STRECK, E.V. (Coord.) **Solos:** manejo integrado e ecologico
- elementos básicos. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

CDU 631.4

PARTICIPARAM NA ELABORAÇÃO

- Claudino Monegat
- Edegar Valdir Streck
- Fernando Ripalda de Freitas
- Itacir Barreto de Melo
- Luiz Antônio Rocha Barcellos
- Jorge Silvano Silveira
- Jorge Vivan
- Ricardo Altair Schwarz
- Soel Antônio Claro
- Tabajara Nunes Ferreira

PARTICIPARAM NA REVISÃO :

- Alberto Bracagioli Neto – EMATER - RS
- Antoninho L. Berton – EMATER - RS
- Claudino Monegat – EPAGRI – SC
- Edegar Valdir Streck – EMATER – RS
- Ernildo Rowe – EPAGRI - SC
- Fernando Ripalda de Freitas – EMATER – RS
- Francisco Roberto Caporal – EMATER – RS
- Gervásio Paulus – EMATER - RS
- Itacir Barreto de Melo – EMATER – RS
- Jackson Ernani Fiorin – FUNDACEP
- José Antônio Costabeber – EMATER - RS
- Leandro Wildner – EPAGRI - SC
- Luiz Antônio Rocha Barcellos – EMATER – RS
- Marimônio Alberto Weingärtner – CAPA – São Lourenço do Sul
- Mário Antônio Bianchi –FUNDACEP
- Ricardo Altair Schwarz – EMATER - RS
- Soel Antônio Claro – EMATER – RS
- Tabajara Nunes Ferreira – EMATER- RS

COORDENAÇÃO GERAL

Tabajara Nunes Ferreira
Ricardo Altair Schwarz
Edegar Valdir Streck

SUMÁRIO

1	Introdução	07
2	Levantamento e classificação dos solos	08
2.1	Referências Bibliográficas	11
3	Capacidade de uso das terras	12
3.1	Referências Bibliográficas	14
4	Amostragem do solo no sistema plantio direto	15
4.1	Referências Bibliográficas	15
5	Correção da acidez do solo	16
5.1	Referências Bibliográficas	20
6	Adubação do solo no sistema plantio direto	21
6.1	Adubação verde	23
6.1.1	Reciclagem de nutrientes	23
6.1.2	Adubação somente com biomassa	30
6.2	Adubos orgânicos	31
6.3	Uso de cinzas vegetais	35
6.4	Fosfatos naturais reativos	37
6.5	Referências Bibliográficas	38
7	Plantas protetoras e melhoradoras do solo	41
7.1	Efeito das plantas de cobertura sobre as condições químicas do solo	42
7.2	Efeito das plantas de cobertura sobre as condições físicas do solo	45
7.3	Efeito das plantas de cobertura sobre as condições biológicas do solo	47
7.4	Outros benefícios das plantas de cobertura	49
7.4.1	Apicultura	49
7.4.2	Forrageiras	50
7.4.3	Alelopatia	50
7.5	Espécies usadas para cobertura verde	55
7.6	Manejo das plantas de cobertura	58
7.6.1	Áreas com pedregosidade	58
7.6.2	Áreas localizadas em terrenos mais favoráveis	59
7.6.2.1	Azevém	59
7.6.2.2	Mucuna	59
7.6.2.3	Nabo forrageiro	60

7.6.2.4 Aveia preta	61
7.6.2.5 Ervilhaca comum	61
7.6.2.6 Gorga	61
7.7 Considerações finais	62
7.8 Referências Bibliográficas	63
8 Máquinas e equipamentos para manejo das plantas de cobertura	65
8.1 Rolo faca	65
8.1.1 Manejo da operação de rolagem	66
8.2 Grade de discos	67
8.3 Grade de dentes	68
8.4 Rolo disco.	69
8.5 Rolo picador	70
8.6 Roçadeira	70
8.7 Segadeira	71
8.8 Triturador	72
8.9 Distribuidores de calcário e de esterco sólidos	72
8.10 Referências Bibliográficas	73
9 Técnicas conservacionistas complementares	74
9.1 Métodos de preparo do solo	74
9.1.1 Preparo reduzido do solo	74
9.1.2 Cultivo mínimo	75
9.2 Métodos mecânicos e vegetativos para redução da enxurrada	76
9.3 Rotação lavoura-pecuária	78
9.3.1 Sistema melhorado	79
9.3.2 Pastagens permanentes	80
9.3.3 Período de retirada dos animais	81
9.3.4 Zoneamento agroclimático para forrageiras	83
9.4 Referências Bibliográficas	86
10 Florestas ecológicas	88
10.1 Referências Bibliográficas	91
ANEXO A Características de algumas espécies protetoras e melhoradoras do solo no período de verão	92
ANEXO B Utilização do densímetro para estimar o teor de matéria seca, N, P ₂ O ₅ e K ₂ O no esterco líquido de bovinos e matéria seca e N no esterco líquido de suínos	93

SOLOS - MANEJO INTEGRADO E ECOLÓGICO

Elementos básicos

1 INTRODUÇÃO

A presente publicação se propõe a apontar caminhos teóricos e práticos, com vistas a implantar sistemas de produção a partir do manejo ecológico do solo, sem o uso de agrotóxicos, embasados na cobertura permanente do solo e no Sistema Plantio Direto.

As informações contidas neste trabalho têm fundamentação científica, na tentativa de oferecer maior segurança nas discussões, debates e indicações das técnicas e procedimentos aos agricultores. Apesar das limitações quanto à disponibilidade deste tipo de informação, procurou-se ordenar os conteúdos, dando-se um sentido didático e prático para o exercício de um trabalho melhor tecnificado na agricultura.

Nos primeiros capítulos são abordadas, de forma sucinta, as principais características dos solos e suas relações com as propriedades e limitações de uso, e que conduzem à conceituação das categorias de capacidade de uso das terras. O uso adequado das terras é o primeiro passo para uma agricultura sustentável.

Os capítulos seguintes tratam de aspectos relacionados a fertilidade do solo, tendo como pressuposto básico a adoção do sistema plantio direto, tendo em vista as diversas vantagens que o mesmo representa em relação aos outros sistemas de preparo e plantio. Procurou-se apresentar informações que possam servir de subsídio às atividades dos extensionistas rurais, usando uma linguagem que fosse acessível, com destaque para os assuntos relativos a reciclagem de nutrientes e uso de formas orgânicas de adubação.

Capítulo especial foi destinado ao uso de espécies protetoras e melhoradoras do solo, salientando-se os seus efeitos sobre as condições físicas, químicas e biológicas do solo e a ação alelopática de algumas espécies vegetais, tema que ainda requer muitos estudos. O manejo das principais espécies de cobertura, objetivando o não uso de herbicidas, também é tratado neste capítulo, bem como no seguinte, onde são mostrados os equipamentos e máquinas mais utilizados pelos agricultores.

Em seqüência são apresentadas técnicas complementares para a conservação do solo e água, desde sistemas de preparo do solo até a rotação lavoura-pecuária, com a relação das principais forrageiras indicadas para o estado do Rio Grande do Sul. Finalmente, salientou-se o papel da floresta no equilíbrio dos ecossistemas, na influência que promove sobre o clima, solo e água, e nos reflexos que produz sobre a vida urbana e rural.

Temos consciência que o nível e o volume de informações da Pesquisa Oficial relacionadas a agricultura convencional estão sedimentadas na sua difusão, com apoio dos fóruns tecnológicos específicos (fertilidade, conservação do solo, etc.) formados por praticamente todas as instituições do estado. Acredita-se que no período de transição o conteúdo deva ser bastante discutido com os segmentos geradores de informações, na expectativa de ver implantado o almejado manejo integrado e ecológico do solo.

O presente trabalho poderá ser útil nesta fase de transição, enquanto mais resultados de pesquisa e maior número de validações científicas venham a oferecer a necessária segurança, para que as recomendações possam ser generalizadas, principalmente no âmbito da agricultura familiar.

Em consonância com a linha ecológica preconizada pela Secretaria da Agricultura e Abastecimento e EMATER/RS, espera-se que estes Elementos Básicos possam nortear as ações extensionistas junto aos produtores rurais, para uma agricultura e produção de melhor qualidade, na trilha do desenvolvimento sustentável no Rio Grande do Sul.

2 LEVANTAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A intervenção do homem no meio ambiente tem ocorrido no sentido de usar os recursos naturais para a obtenção de alimentos e, com a expansão populacional, na busca do aumento da produtividade e produção. Os preparos intensivos do solo, os desmatamentos e as queimadas provocaram, no passado, o desequilíbrio e o comprometimento da flora e fauna, da água e do solo, bem como, causaram modificações no clima regional. O manejo inadequado do solo tende a alterar as características químicas, físicas e biológicas, e acelerar o processo de degradação deste e do meio ambiente. Para que o solo seja usado de forma adequada é importante caracterizá-lo quanto às suas propriedades morfológicas, físicas e químicas, que normalmente é feito através dos levantamentos pedológicos. Estes levantamentos têm por objetivo sistematizar o conhecimento dos solos, possibilitando a sua identificação, mapeamento e recomendação de uso.

As informações sobre classificação dos solos, atualmente disponíveis no Rio Grande do Sul, com exceção de algumas áreas restritas onde foram feitos levantamentos mais detalhados, restringem-se a relatórios de levantamentos feitos ao nível de reconhecimento. Nestes, o mapeamento é pouco preciso e inadequado para o planejamento conservacionista em propriedades agrícolas ou em microbacias hidrográficas. Esta forma de planejamento requer levantamentos detalhados dos tipos de solos e das características do meio físico, como profundidade, fases de declive, pedregosidade, grau de erosão e condições de drenagem.

O levantamento de solos é importante para a realização de zoneamentos agroecológicos e previsões quanto a utilização e produtividade das terras de uma região, sob determinadas condições de manejo. Para isso, é essencial dispor-se de conhecimentos sobre a formação do solo, ambiente onde ele se desenvolve e sobre as alterações que, eventualmente, venham ocorrer em consequência do uso. Estas informações podem ser consubstanciadas através da identificação das características morfológicas, físicas e químicas, classificação do solo, mapeamento das unidades e elaboração das interpretações (Soil Survey Manual, 1951; Ranzani, 1969).

É importante conhecer e identificar as características morfológicas do solo, como a presença de slickensides ou superfícies de fricção, mudança textural abrupta,

contato lítico ou litóide, pois é através delas que são feitas as recomendações de uso e manejo das terras.

Denominam-se de **slickensides** as superfícies alisadas e lustrosas e que apresentam, na maioria das vezes, estriamentos marcantes na superfície dos agregados do solo onde predominam as argilas expansivas (esmectitas). Estes estriamentos são produzidos pela movimentação, deslizamento e atrito da massa do solo devido à expansão e contração resultantes dos processos de umedecimento e secamento do solo, respectivamente, determinando a este a característica **vértica**⁽¹⁾ e alta suscetibilidade à erosão hídrica.

A mudança **textural abrupta** é outra característica a ser observada nas recomendações de uso do solo. Ela consiste no aumento significativo do conteúdo de argila, em pequena distância vertical, na zona de transição entre o horizonte A e B. Esta característica tem influência sobre a condutividade hidráulica⁽²⁾ e na capacidade de infiltração de água, tornando o solo mais suscetível à erosão hídrica e passando a exigir práticas conservacionistas mais intensas do que aquele sem gradiente textural ou onde a mudança de textura do solo é mais gradual (Bertoni & Lombardi Neto, 1985; Embrapa, 1999).

Uma outra característica que deve ser observada é quanto ao contato **lítico** ou **litóide** do solo. O solo de contato litóide é composto por rochas fragmentadas e semi decompostas permitindo o livre movimento de água no solo, enquanto aquele de contato lítico é composto por rochas consolidadas que causam impedimento à infiltração de água no solo e ao desenvolvimento das raízes das plantas (Lepsch et al., 1983).

A profundidade e a textura do solo são outras características morfológicas de natureza física importantes de serem identificadas nos levantamentos pedológicos.

A caracterização química do solo, em profundidade, também precisa ser considerada no levantamento para o planejamento e recomendações de uso e manejo das terras. Como exemplo, o teor de alumínio, que aumenta com a profundidade do solo, impede o desenvolvimento das raízes (Embrapa, 1999).

A capacidade de troca de cátions (CTC) é outra característica a ser observada nas recomendações da aptidão agrícola das terras. A CTC de um solo reflete a capacidade

que o mesmo tem de reter ou liberar os nutrientes à solução do solo para serem aproveitados pelas plantas. Solos com baixa CTC, via de regra, possuem baixa fertilidade natural e reduzido conteúdo de matéria orgânica, são mais suscetíveis a lixiviação de cátions e exigem maiores investimentos na correção de acidez e adubação de manutenção do que aqueles solos com alta CTC. Um valor baixo de CTC é decorrente da baixa atividade da argila e do teor reduzido da matéria orgânica do solo, sendo que este último pode ser aumentado através do uso da adubação orgânica, através das plantas de cobertura de solo e do plantio direto.

A declividade é uma importante característica das terras, e que deve ser inventariada para fins de planejamento conservacionista, sendo o principal fator condicionador da capacidade de uso das terras agrícolas (Lepsch, 1983). As áreas quase planas, com até 2% de declividade, sobre as quais o escoamento superficial é lento e que oferecem poucos problemas quanto à erosão hídrica, exigem práticas simples de conservação. À medida que aumenta o grau de declive, aumentam também os riscos de erosão e a exigência de práticas conservacionistas em áreas cultivadas intensivamente. Assim, considerando uma tolerância de perda de solo por erosão hídrica igual à taxa de formação, num solo de relevo ondulado (5 a 10 % de declividade) os preparos para a semeadura devem ser realizados de tal forma que deixem um índice de cobertura por resíduos culturais de, pelo menos, 60%. Enquanto isso, uma área com classe de declive fortemente ondulado (10 a 15%) deve ser utilizada sob plantio direto, procurando-se deixar um índice de cobertura do solo por resíduos culturais, na semeadura, próximo a 100% (Streck, 1992). A exigência nas recomendações de uso é ainda maior nos solos com relevo fortemente ondulado à íngreme (declividade >15%), uma vez que neste tipo de relevo observa-se, com freqüência, redução na profundidade efetiva dos solos. Nas áreas íngremes de regiões montanhosas ocorrem solos litólicos, que apresentam contato lítico e litóide, de profundidade rasa, alto grau de pedregosidade e com afloramentos de rochas, causando o impedimento no uso de máquinas agrícolas, o que leva estas áreas a serem recomendadas para o uso com reflorestamento ou para preservação ambiental.

2.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Livroceres, 1985. 392p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1999. 412p.

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos**. Piracicaba: ESALQ, 1969. 167p.

SOIL SURVEY MANUAL. **Soil Survey staff**. Washington, 1951. 503p. (Handbook, 18)

STRECK, E.V. **Levantamento de solos e avaliação do potencial de uso agrícola das terras da microbacia do Lajeado Atafona (Santo Ângelo/RS)**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, UFRGS, Porto Alegre, 167p.

3 CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS

A sustentabilidade da produção agrícola, no que diz respeito ao fator solo, depende da adoção, por parte dos agricultores, de dois princípios básicos. O primeiro é a utilização das terras de acordo com sua capacidade de uso e o segundo é a utilização de técnicas de manejo e de conservação do solo que mantenham suas propriedades favoráveis à elevação e manutenção da produtividade das glebas, classificadas como aptas para o uso agrícola.

A avaliação da capacidade de uso das terras é a etapa básica para o planejamento conservacionista de propriedades rurais ou de áreas maiores, como microbacias hidrográficas, municípios ou regiões. É uma classificação que, baseada na interpretação das características das terras, visa indicar as possibilidades de uso agrícola das mesmas e as práticas de manejo e conservação necessárias para a manutenção ou elevação da sua produtividade, sem causar degradação dos solos e do ambiente (Schneider et. al., 1998).

Para avaliar a capacidade de uso das terras são usadas as características das terras referidas no capítulo anterior, e que têm influência marcante sobre a resposta dos solos às técnicas agrícolas. As principais características usadas estão relacionadas com solo, clima, relevo, hidrologia, pedregosidade e grau de degradação. Em função de serem muito dinâmicos, aspectos econômicos não são considerados nesta etapa, mas devem ser posteriormente, no planejamento da exploração da propriedade.

Para contornar a deficiência de informações, pode-se fazer um levantamento simplificado, identificando e mapeando apenas as características da terra que possam impor limitações ao uso agrícola, considerando-se principalmente: **declividade, profundidade efetiva, textura, pedregosidade, grau de degradação, complexidade do terreno, drenagem, riscos de inundação, consistência e limitações químicas em horizontes subsuperficiais.**

Os sistemas de classificação da capacidade de uso das terras buscam, com base nas qualidades e nas limitações das terras, indicar as suas possibilidades de uso agrícola e recomendar as práticas de manejo necessários, com vistas a preservação ou melhoria de sua produtividade, sem que haja deterioração dos solos e do ambiente. O

princípio básico é que, à medida que aumentam as limitações de uso de uma gleba, deve diminuir a intensidade de uso e aumentar a intensidade e o rigor das técnicas de manejo.

Uma vez identificadas as características limitantes das terras e avaliado o seu grau de limitação, procede-se a classificação da capacidade de uso das mesmas. Para isto, existem diversos sistemas em uso. Os mais difundidos no Brasil, são o “Sistema de Classificação da Capacidade de Uso”, denominado de “Sistema Americano” e o “Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras”, conhecido por “Sistema Brasileiro”.

O Sistema Americano pressupõe a existência de levantamentos detalhados de solos, onde as unidades de mapeamento são suficientemente homogêneas para diferenciar as glebas de uma propriedade rural em classes, subclasses ou unidades de capacidade de uso, sendo adequado para planejamentos ao nível de propriedade rural. Além disto, este sistema prevê o uso de um nível tecnológico avançado, onde as técnicas de cultivo se baseiam em motomecanização. Este aspecto restringe sua utilização ampla no Brasil, uma vez que existem regiões com agricultura intensiva, onde a motomecanização é dificultada ou impedida. É o caso das encostas basálticas do Rio Grande do Sul, onde terras com bom potencial para culturas anuais e intensamente agricultadas têm sua capacidade de uso subestimada neste sistema, por serem cultiváveis somente com tração animal, devido à pedregosidade e relevo irregular (Schneider et al., 1998).

Segundo a Classificação Americana, adotada pelo INCRA e utilizada pela EMATER nos Programas Especiais, embasadas em microbacias hidrográficas, as classe de capacidade de uso estão agrupadas em quatro categorias de capacidade de uso, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Relação entre classes e categorias de capacidade de uso.

Classe I, II e III	Categoria A
Classe IV	Categoria B
Classe V, VI e VII	Categoria C
Classe VIII	Categoria D

Fonte Zoneamento Agrícola, 1978.

A conceituação das categorias está na seguinte ordem:

Categoria A: Terras cultiváveis de forma continuada e intensivamente e capazes de produzir boas colheitas das culturas anuais adaptadas, sem limitações sérias à mecanização. Exigem o emprego de práticas de manejo, das simples às complexas e intensivas, visando o controle da erosão, manutenção ou melhoramento da fertilidade e a conservação e controle da água. Abrange as classes I, II e III de capacidade de uso e define as melhores terras para a exploração agrícola.

Categoria B: Terras que não se prestam ao cultivo continuado com culturas anuais, mas que podem ser usadas com culturas especialmente adaptadas, com extremo cuidado para neutralizar as limitações, principalmente relacionadas com o controle da erosão, ao manejo da água ou à topografia. São terras especialmente indicadas para a exploração permanente, através de pastagens e de algumas frutíferas perenes. Abrange a classe IV.

Categoria C: Terras que não são cultiváveis com culturas anuais devido à intensidade de fatores restritivos, ou do risco de destinação do solo, mas que permitem o cultivo com culturas permanentes adequadas, com pastagens ou com espécies florestais. A necessidade do emprego de uma ou várias práticas especiais de manejo, ou de práticas de controle à erosão hídrica, de natureza e complexidade variáveis, é condicionada pelas peculiaridades de fatores restritivos (encharcamento, declividade, profundidade dos solos, etc.) e pela intensidade de uso que se lhe pretenda atribuir. Abrange as classes V, VI e VII.

Categoria D: Abrange terras da classe VIII que não se prestam ao estabelecimento de qualquer tipo de agricultura, pecuária ou silvicultura, podendo ser adaptadas para refúgio de fauna, conservação da flora, ou para fins de recreação ou turismo.

Nota: Com a cobertura permanente do solo e praticado o sistema plantio direto, dentro da linha ecológica preconizada, os fatores restritivos e os riscos de destruição dos solos nas Categorias B e C, tornam-se reduzidos ou até neutralizados.

3.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; KLAMT, E.; KAMPF, N. Avaliação da capacidade de uso das terras: manual técnico - Pró-Rural. Porto Alegre, 1998.

ZONEAMENTO AGRÍCOLA. Coordenadoria Estadual de Planejamento Agrícola. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura –RS, 1978.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. CEPA. **Zoneamento agrícola:** indicação de culturas disponibilidade de solo a nível de município. Porto Alegre, 1978. 219p.

4 AMOSTRAGEM DE SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

O passo inicial para a correção da acidez e adubação é a amostragem do solo. Levando-se em conta a permanente cobertura do solo e o sistema plantio direto, a coleta das amostras deve observar a seguinte metodologia:

a. Em áreas com adubação a lanço :

A amostragem é igual ao do sistema convencional, ilustrada no Boletim da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (1994).

b. Em áreas com adubação em linha, na fase de implantação da cultura :

- Realizar a amostragem com pá-de-corte a uma profundidade de 0 – 20 cm;
- Na cultura de maior espaçamento do último ano, iniciar a coleta do meio da linha seguindo-se em direção perpendicular à linha da cultura (adubada), prolongando-se a amostragem até a metade da outra linha, conforme Figura 1.
- Coleta em torno de 10 pontos por gleba ou tipo de solo.

c. Em áreas com adubação em linha, na fase estabelecida :

- Amostragem semelhante a anteriormente citada (da metade de uma linha até a metade de outra linha).
- De 0 – 10 cm para recomendações de adubação
- De 10 – 20 cm em caso de acompanhamento mais detalhado ou monitoramento.
- Coleta em torno de 10 pontos por gleba ou tipo de solo.

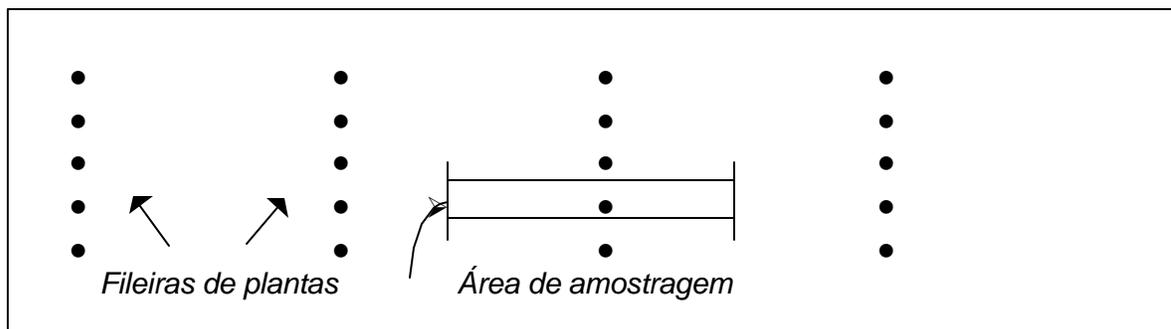


Figura 1: Esquema de coleta de amostra de solo em plantio direto.

4.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3.ed., Passo Fundo: SBCS – Núcleo Regional Sul, 1994. 224 p.

5 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

Com base na pesquisa oficial do Rio Grande do Sul, a aplicação de calcário na superfície mostrou ser uma técnica alternativa eficiente em relação à incorporação no solo, para o controle dos fatores da acidez, tanto em áreas de lavouras cultivadas sob sistema plantio direto, como em áreas de campo natural e destinadas a culturas anuais.

Para que a correção da acidez do solo proporcione ao agricultor os retornos econômicos e ambientais esperados, em sua execução devem ser seguidas algumas normas técnicas, que se referem principalmente à escolha, quantidade necessária, época e modo de aplicação do corretivo no solo (Comissão ..., 1994) Por exemplo, o teor de magnésio (Mg) é considerado como fator importante na qualidade do corretivo. Portanto, é desejável que o corretivo apresente um teor de magnésio entre 1/5 e 1/2 do teor de cálcio (Ca), como ocorre nos calcários dolomíticos. Entretanto, para a maior parte das culturas, o teor de Mg do corretivo pode variar dentro de limites muito amplos.

A calagem em lavouras com sistema plantio direto pode ser feita nas seguintes situações :

- em aplicação ou reaplicação quando:
 - pH em água < 5,5
 - ou saturação de bases < 60%
 - presença de alumínio em índices altos
- na dosagem de 1/2 SMP para pH = 5,5
 - na linha pode ser usado de 200 a 300 kg/ha
- quando nova amostragem, a cada três anos, indicar.

Observação: monitorar a 0 – 5 cm, para evitar excesso, quando julgar conveniente.

A calagem em campo nativo pode ser realizada em duas situações :

- a. No sistema de sucessão lavoura – pecuária :
 - Calagem de 1/2 SMP para pH = 5,5
 - Calcário na linha, de 200 a 400 kg/ha no sistema plantio direto.
- b. Para o melhoramento do campo nativo:
 - Calagem de 1/2 SMP a lanço (pH = 5,5), não devendo ser usado na linha.

Tipo do produto

É fundamental que na decisão de quanto e que tipo de calcário aplicar, dolomítico (> 12% MgO), magnesiano (de 5 a 12% de MgO) ou calcítico (< 5% MgO), todos os fatores inicialmente mencionados sejam criteriosamente considerados e avaliados na interpretação da análise de solo. Inclusive os teores de micronutrientes podem influir na decisão, porque a disponibilidade deles depende também do pH do solo.

Época de aplicação do calcário

Na correção da acidez do solo deve-se levar em consideração, além da distribuição e da qualidade do produto, também a época de aplicação e as culturas subseqüentes. A aplicação do calcário no outono pode potencializar seus efeitos na correção da acidez, com posterior implantação de algumas espécies vegetais de inverno, influenciando diretamente na mobilização do cálcio e complexação do alumínio.

O Carbono orgânico originado dos resíduos vegetais na superfície do solo é o mais importante componente da solução do solo em plantio direto, participando de inúmeros processos químicos no ecossistema, principalmente na mobilidade e toxicidade de metais. No caso, os resíduos de aveia são mais ativos na mobilização do Ca e os de nabo na complexação de alumínio (Pavan, 1997).

Os ácidos orgânicos solúveis desempenham um papel fundamental no solo, dos quais destacam-se o cítrico, oxálico, fórmico, acético, málico, succínico, malônico, láctico, aconítico e fumárico. A natureza e a concentração desses ácidos determinam a extensão pela qual o processo é afetado. Por exemplo, a mobilidade do Ca no solo é afetada pela presença do ácido succínico, liberado pelos resíduos da aveia, enquanto que a quelatização do Al é realizada pelo ácido cítrico, liberado pelo resíduo do nabo (Pavan, 1997). O mesmo autor afirma que a aveia é o vegetal que proporciona a maior lixiviação de Ca, evidenciado pelo aumento gradativo na sua concentração, em profundidade, no solo. Por outro lado, ocasiona a maior retenção de potássio (K) no solo, com a remoção de Ca sendo proporcional ao aumento da retenção de K na presença de resíduos vegetais na superfície do solo.

A cultura do nabo é a que desenvolve a maior capacidade de lixiviação dos íons de alumínio. A química do Al em solução está envolvida com a extração do Ca na presença

do resíduo de nabo. A imobilização do Al originada pelos resíduos de nabo, ocorreu principalmente na forma orgânica. Já, os resíduos de aveia, quando manejados em solo que recebeu calagem superficial, como em plantio direto, apresentam um potencial para o transporte do Ca para subsuperfície. O resíduo de nabo teria a vantagem de imobilização do Al tóxico. O uso de ambos em sistemas de rotação de culturas permite a reciclagem, reduzindo as perdas de Ca por lixiviação, aumentando a retenção de K e a imobilização do Al (Pavan, 1997).

Calagem na fruticultura

Segundo Claro (1999), de modo geral e, principalmente em fruticultura, a calagem deve considerar a inter-relação entre os diversos componentes da análise de solo completa e promover o ajuste destes, conforme os seguintes parâmetros :

- a) O pH em água deve, preferencialmente, ser de 5,3 a 6,5. Entretanto há casos em que mesmo com o pH abaixo de 5,3 a calagem pode tornar-se desnecessária, em função de outros fatores como os teores de Ca e Mg, porcentagem de saturação da CTC com bases e valores das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K.
- b) O teor de cálcio deve oscilar entre 4,0 e 10,0 $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ e a saturação da CTC com este elemento ser igual ou maior que 65%.
- c) O teor de magnésio deve situar-se entre 1,2 e 1,8 $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ e a saturação da CTC com este mineral ser de 10 a 15%.
- d) A CTC deve ser superior a 10,0 $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$, e preferencialmente, acima de 15,0.
- e) As relações de Ca/Mg, Ca/K e Mg/K devem, preferencialmente, estar entre 3 e 4; 9 e 12 e, 3 e 4, respectivamente.
- f) O teor de Al deve ser inferior 0,5 $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$, em regra geral, com exceção de algumas culturas que toleram ou até exigem teores elevados deste elemento, como mandioca e batata doce. Há situações que, mesmo com teores de Al acima de 0,5 $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$, não é preciso aplicar calcário, ou seja, quando a porcentagem dele em relação às bases Ca, Mg e K não for superior a 16%. Esta porcentagem é calculada através da fórmula :

$$\% \text{ Al} = \frac{\text{Al} \times 100}{\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}}$$

A unidade para os teores de Al, Ca, Mg e K que compõe a fórmula é $\text{Cmol}_c \text{L}^{-1}$.

g) A saturação da CTC com bases (Ca+Mg+K) deve ser em torno de 70 a 80%. Também o teor de matéria orgânica pode influir na decisão de quanto calcário aplicar. A fórmula para o cálculo da necessidade de calcário pelo método de saturação de bases é a seguinte :

$$NC = \frac{CTC \times (V2 - V1)}{100}$$

NC = necessidade de calagem (em t ha⁻¹ de calcário com 100% de PRNT).

V2 = saturação de bases desejada

V1 = saturação de bases atual

CTC = H+Al+Ca+Mg+K , em Cmol_cL⁻¹

No modelo em referência, ainda segundo Claro (1999), não aplica-se mais de 4 t ha⁻¹ de calcário de uma só vez quando incorporado, assim com, não mais de 2 t ha⁻¹ quando aplicado na superfície sem incorporação. Se for necessário maior quantidade, aplica-se metade na pré-implantação da adubação verde de verão e a outra metade na de inverno. Em pomar em produção, se for necessário calcário, a dosagem deve ser a menor possível, preferencialmente menos de 1,0 t ha⁻¹ . ano e no máximo 2 t, em duas vezes. A melhor época é em março/abril, pouco antes da semeadura de aveia e leguminosas, realizando-se posteriormente a roçada e/ou leve escarificação.

Outras formas de correção do solo

Pesquisa desenvolvida em casa de vegetação (Adubos verdes X Alumínio, 1992) mostrou que a matéria orgânica fresca adicionada ao solo pode, a curto prazo, substituir a ação do calcário na redução do alumínio solúvel e no aumento da produção. O experimento avaliou o potencial de três espécies vegetais como adubo verde para desintoxicação de solos ácidos: o feijão caupi (*Vigna unguiculata*), a leucena (*Leucaena leucocephala*) e o capim colônia (*Panicum maximum*), comparando com o efeito da adição de calcário, em quatro níveis. Como planta indicadora de melhoria do solo cultivaram a sesbania (*Sesbania cochinchensis*), que é uma leguminosa muito sensível à toxicidade do alumínio e usaram o seu crescimento como uma medida de desintoxicação do solo. Entre os adubos verdes, a leucena foi o mais eficiente em aumentar o pH e, conseqüentemente, reduzir a solubilidade do Al. O capim colônia causou um efeito negativo sobre o crescimento da sesbania, provavelmente pela imobilização de nutrientes do solo durante a decomposição das folhas dessa gramínea que, ao natural, já são pobres em nutrientes. Mas, uma adição mais pesada de capim colônia produziu um leve aumento no crescimento da sesbania.

A discrepância de eficiência dos diferentes adubos verdes sugere que a relação entre o pH e o Al solúvel varia significativamente de acordo com a fonte de matéria orgânica incorporada. As mudas de sesbania produziram mais biomassa nos tratamentos de níveis mais altos de incorporação de caupi e leucena, do que nos tratamentos de maiores níveis de calcário, apesar dos tratamentos com adubação verde apresentarem maiores concentrações de Al solúvel. Isso significa que as formas de Al solúvel nos solos onde houve incorporação de adubação verde, provavelmente, diferem daquelas encontradas nos solos com calcário. E, provavelmente, a fitotoxicidade do Al também é diferente nos dois casos. As análises de solo revelaram que, com a incorporação da leucena e do caupi, os solos continham cerca de 10 vezes mais carbono solúvel do que os solos com calcário. Também, foram encontrados vários complexos orgânicos com Al que não são fitotóxicos.

O trabalho concluiu que a adubação verde pode substituir a adição de calcário quando utilizado para reduzir a fitotoxicidade do Al solúvel, pelo menos em tempo hábil que permita o estabelecimento de mudas jovens. A adição de matéria orgânica fresca pode reduzir o alumínio solúvel e aumentar a produção.

5.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLARO, S. A. Pessegueiro e ameixeira em sistema de cultivo agroecológico - manejo ecológico do solo. Sobradinho: EMATER/RS, 1999. 15p. Apostila. Não publicada.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo: SBCS – Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

PAVAN, M. A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. Plantio Direto,. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, 1997, n.41, p.8 – 12, set./out. 1997.

ADUBOS VERDES X ALUMÍNIO. Informativo Agroflorestal REBRAAF, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 11-12, mai. 1992. Original publicado em International AG-Sieve, Rodale Institute, Emmaus, Pa., v.4, n.4, p.6

6 ADUBAÇÃO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

O sistema de recomendação de adubação e calagem no Rio Grande do Sul e Santa Catarina incorpora resultados de pesquisa de três décadas. A finalidade do mesmo é servir como referência para a indicação da quantidade de fertilizante necessário para a máxima eficiência econômica das culturas, com base nas necessidades nutricionais. Aliado a isto, deve-se considerar nas recomendações finais o histórico de produtividade das culturas na gleba, o histórico de adubação e calagem, a experiência do técnico local, o nível de produtividade almejado, as condições sociais e econômicas do agricultor, o impacto ambiental, o manejo da cultura e o clima local.

A configuração das curvas de respostas das culturas à adubação é similar no sistema convencional e sistema plantio direto. As doses de adubação recomendadas nos dois sistemas têm mantido elevadas as produtividades das culturas (Anghinoni & Salet, 1998). Cabe lembrar o químico alemão Justus von Liebig, que em 1840 criou a conhecida Lei do Mínimo, onde afirma que “o rendimento de uma safra será limitado pela deficiência de qualquer um dos nutrientes essenciais, embora todos os outros estejam presentes em quantidades adequadas”.

A partir do conhecimento das necessidades de nutrientes das plantas e das reações químicas dos solos, dentro dos princípios de manejo ecológico do solo, deve-se buscar a melhor, mais eficiente e adequada, mais econômica e mais ecológica fonte de nutrientes. Nas alternativas para o suprimento dos nutrientes de maior consumo (N-P-K) encontram-se:

- a) na forma mineral (na solução do solo e adsorvidos nas argilas);
- b) as plantas protetoras e melhoradoras do solo pela reciclagem e fixação simbiótica;
- c) os adubos orgânicos de origem animal;
- d) as cinzas;
- e) os adubos minerais.

A Tabela 2 mostra as necessidades nutricionais da soja, do milho, do milheto, e de gramíneas e leguminosas diversas.

Tabela 2 : Necessidades de nutrientes para a produção de 1,0 t de grãos, mais 1,0 t de resíduos culturais de soja e milho e de 1,0 t de matéria seca de espécies forrageiras gramíneas e leguminosas (valores médios).

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Mn	Cu
Soja	82	6,7	32	12,2	6,7	15,4	61	77	130	26
Milho	25	5,9	27	6,6	7,9	2,5	67	21	85	21
Gramíneas	13	3,0	18	5,0	2,5	3,0	71	28	-	27
Leguminosas	15	1,5	20	10,0	1,7	1,5	27	40	-	8
Milheto	12	0,6	16	1,0	-	-	-	-	-	-

Fonte: Haas, 1999.

Os quatro elementos mais trabalhados na agricultura, em razão de sua importância e limitações em sua disponibilidade no solo, merecem que sejam destacadas as suas funções nas plantas, como vemos a seguir:

Nitrogênio

Promove a formação das proteínas que fazem parte dos tecidos vegetais. Confere cor verde às folhas. Sem nitrogênio a planta não cresce.

Fósforo

Estimula o desenvolvimento das raízes e aumenta o perfilhamento. Contribui para a formação dos grãos e melhora seu valor nutritivo. Tem alta mobilidade na planta e baixa mobilidade no solo.

Potássio

Provoca o espessamento dos tecidos conferindo às plantas maior resistência ao acamamento e às doenças. Reduz a perda de água nos períodos secos.

Cálcio

Faz parte da parede celular das plantas, dele dependendo vingar os frutos jovens. Move-se somente das raízes para a parte aérea. Sem cálcio no subsolo as raízes param de crescer, não absorvendo água e nutrientes nesta camada.

6.1 ADUBAÇÃO VERDE

Dentro da premissa de manter o solo permanentemente coberto, apresentam-se como prioridade as plantas protetoras e melhoradoras do solo, funcionando também como adubos verdes. Isto ocorre pela deposição sobre o solo de plantas não maduras, cultivadas exclusiva ou parcialmente para esta finalidade. É uma prática que mantém os resíduos vegetais na superfície do solo, protegendo-o e liberando nutrientes para as culturas subsequentes, além de aumentar a estabilidade dos agregados.

Em regra, qualquer espécie vegetal pode ser utilizada como cultura de cobertura. Porém, considerando as características desejadas, algumas espécies devem ser prioritárias para integrar um sistema de produção que inclua a adubação verde, destacando-se as seguintes características :

- Ter sistema radicular profundo para facilitar a reciclagem dos nutrientes;
- Ter elevada produção de massa seca, tanto da parte aérea como na radicular;
- Ter velocidade de crescimento e cobertura do solo;
- Ser agressiva e rústica;
- Possuir baixo custo de sementes;
- Apresentar facilidade na produção de sementes;
- Possuir, preferencialmente, efeitos alelopáticos e/ou supressores em relação às plantas não cultivadas.

No sistema plantio direto, além da quantidade de palha, começa-se a avaliar também a qualidade da palha, ou seja, sua capacidade em permanecer protegendo o solo e suprindo de nutrientes a cultura em sucessão (Tabela 3).

6.1.1 RECICLAGEM DE NUTRIENTES

A reciclagem de nutrientes é possibilitada devido ao processo de mineralização dos resíduos que estão na superfície do solo, especialmente em áreas com o sistema plantio direto. A reciclagem acontece em função do sistema radicular profundo das plantas de cobertura que retiram os nutrientes de camadas subsuperficiais do solo, transformando-os em material orgânico, posteriormente liberados na superfície. Os nutrientes são mineralizados e disponibilizados em doses contínuas para o aproveitamento das lavouras

cultivadas em sucessão, sendo que a permanência dos resíduos de gramíneas é mais duradoura.

Tabela 3: Rendimento de palha e percentual de cobertura da superfície do solo, aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura da soja.

Espécie	Palha (kg ha ⁻¹)	Área coberta por resíduos (%)		
		60 dias	120 dias	180 dias
Aveia preta	8.231	51	42	36
Aveia branca	7.400	52	39	34
Centeio	4.062	74	73	61
Azevém	4.007	40	31	21
Cevada	3.239	59	51	41
Triticale	3.025	61	50	40
Trigo	2.965	66	59	58

Fonte: Embrapa-Trigo 1989/90 e Roman, 1990, citados por Haas, 1999.

Outro efeito importante da adubação verde é a mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis e que se encontram em maiores profundidades do perfil. Dependendo da qualidade do material em termos de relação C/N (acima de 30) pode ocorrer inicialmente um processo de imobilização dos elementos pelos microorganismos do solo, para mais tarde serem mineralizados.

A mineralização da matéria orgânica é um processo lento, a partir do qual serão retornados ao solo os nutrientes que foram retirados dele pelas plantas de cobertura, acrescentado do nitrogênio (N) fixado de forma simbiótica (no caso de leguminosas). Considerando-se ainda os baixos teores dos principais nutrientes existentes na composição das plantas, não se deve deixar de usar outras fontes de nutrientes, e sim buscar a sua complementação, de forma a possibilitar a obtenção de maiores produções.

O nitrogênio é um dos principais elementos necessários ao desenvolvimento das plantas e, do total existente no solo, cerca de 95% encontra-se na forma de N-orgânico. A maior fonte de N é o ar atmosférico (78%) e existem duas formas principais pelas quais o N é transferido de forma natural ao solo. Uma é através das descargas elétricas que agem

sobre a água da chuva, e a outra é pela fixação biológica e simbiótica do N atmosférico por microorganismos (Raij, 1991). Destaca-se em importância a simbiose que ocorre entre leguminosas e bactérias, especialmente do gênero *Rhizobium*, com o aproveitamento do nitrogênio elementar (N₂) do ar sendo transferido para as plantas em formas assimiláveis em quantidades bastante significativas (Tabela 4), e que variam de acordo com a espécie e condições de solo e clima (Tisdale et al., 1985).

Segundo Kluthcouski (1980) podem ser fixadas quantidades de até 400 kg ha⁻¹. ano de N em espécies perenes como a leucena. O autor obteve maior rendimento de feijão com a incorporação de 5,0 t ha⁻¹ de matéria seca de leucena do que com o uso apenas de adubação mineral, só sendo superado quando houve a combinação das adubações orgânica e mineral (Tabela 5). Ainda, com uma produção de 5,3 t ha⁻¹ de matéria seca de leucena podem ser incorporadas ao solo quantidades equivalentes a 210, 21, 70, 45 e 29 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, Ca e Mg, respectivamente, sendo que, com exceção do N, os demais nutrientes já encontravam-se no solo mas possivelmente em camadas profundas e inacessíveis às raízes das plantas cultivadas. Esta espécie apresenta a vantagem de poder ser cultivada de forma isolada (solteira) com o objetivo de forragem para o gado ou para produção de adubo verde, ou de forma consorciada com espécies de finalidade econômica, atuando também como quebra-vento.

Tabela 4: Quantidades anuais de nitrogênio fixado por algumas leguminosas.

Cultura	Valores observados	Valores médios
	----- kg ha ⁻¹ -----	
Alfafa	50 - 450	194
Trevo vermelho	76 - 169	114
Caupi (feijão miúdo)	58 - 116	90
Ervilhaca	80 - 138	80
Ervilha forrageira	30 - 140	72
Soja	58 - 160	100
Fava	51 - 148	130

Fonte : Tisdale et al., 1985.

Tabela 5: Resultados médios de produtividade de feijão em função de adubação verde e mineral.

Tratamento	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Leucena + 30 kg ha ⁻¹ N + 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	2.394
Leucena + 30 kg ha ⁻¹ N	2.206
Leucena + 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	2.134
Leucena	2.151
Somente com 30 kg ha ⁻¹ N	1.944
Com 30 kg ha ⁻¹ N + 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	1.713
Somente com 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	1.582
Testemunha	1.381

Fonte : Kluthcouski, 1980.

Resultados de pesquisa (Da Ros, 1993) têm mostrado que é possível reduzir em, pelo menos, 50% a adubação nitrogenada na cultura do milho, quando cultivado em sucessão a leguminosas de inverno ou nabo forrageiro, considerando o N-total acumulado na parte aérea e nas raízes de algumas espécies de inverno (Tabela 6).

Tabela 6: Quantidade de N-total acumulado pela parte aérea e raízes das espécies de inverno. Média de 4 repetições. (1990 e 1991).

Tratamentos	Parte Aérea		Raízes
	1990	1991	1990
	----- kg ha ⁻¹ -----		
Ervilha forrageira	117	66	3,8
Ervilhaca comum	84	78	6,0
Chícharo	118	94	12,4
Tremoço azul	131	117	16,6
Aveia preta	46	38	5,2
Pousio invernal*	27	20	2,2

Fonte: Da Ros, 1993.

*A quantidade acumulada de N-total se refere às plantas silvestres de inverno.

A utilização de ervilhaca, tremoço, nabo forrageiro, aveia mais ervilhaca e aveia preta como plantas de cobertura do solo no inverno, antecessoras ao milho, tem proporcionado, além de uma alta produção de fitomassa, grandes quantidades de nutrientes fixados e/ou reciclados (Tabela 7).

Tabela 7: Produção de massa seca, reciclagem de nutrientes e relação C/N de cultivos de cobertura do solo no inverno. Média de dois anos.

Espécies	Massa Seca	N	kg ha ⁻¹				C/N
			P	K	Ca	Mg	
Ervilhaca	4879	148	20	198	47	16	13
Tremoço	5252	129	21	168	65	27	16
Nabo	5917	138	22	204	96	35	16
Aveia + ervilhaca	6058	139	21	202	43	16	18
Aveia preta	5151	72	14	125	18	10	34

Fonte: Fiorin , 1999 (Adaptado).

Da Ros (1993) demonstrou que tanto as leguminosas de inverno como a aveia preta, acumularam quantidades significativas de fósforo e potássio, principalmente na parte aérea, em estudo desenvolvido sobre solo arenoso (Argissolo Vermelho Amarelo arênico), conforme apresentado na Tabela 8.

A quantidade de nitrogênio liberada ao solo depende da taxa de decomposição dos resíduos pelos microrganismos, de fatores relacionados ao solo e ao próprio material. A decomposição dos resíduos é influenciada pela temperatura, aeração, umidade, reação do solo, quantidade de nutrientes inorgânicos, relação C/N e quantidade de lignina do material. Em termos gerais pode-se contar com 20 kg de N para cada 1% de matéria orgânica no solo (Haas, 1999).

Deve-se levar em consideração a influência do período de manejo das plantas de cobertura do solo. No início da adoção do sistema plantio direto e no plantio sobre grande volume de palha de gramíneas, deve-se aumentar em até 30% o volume de N mineral aplicado, especialmente se a cultura em sucessão também for uma gramínea, a fim de compensar a imobilização do N pelos microrganismos do solo. Este fato é mais uma razão para alternar o uso de leguminosas, gramíneas e outras espécies.

Tabela 8: Quantidades de P₂O₅ e K₂O absorvidos pela parte aérea e raízes de espécies de inverno. Média de 4 repetições. (1990 e 1991).

Tratamentos	Parte aérea				Raízes	
	1990		1991		1990	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- kg ha ⁻¹ -----					
Ervilha forrageira	50	92	19	79	0,8	3,5
Ervilhaca comum	25	116	29	93	1,4	5,8
Chícharo	34	167	25	107	4,2	12,6
Tremoço azul	34	202	26	154	3,7	31,2
Aveia preta	21	123	22	93	2,0	8,3
Pousio invernal *	16	16	11	49	1,7	7,5

Fonte: Da Ros, 1993.

*As quantidades absorvidas de P₂O₅ e K₂O se referem às plantas espontâneas de inverno.

É importante planejar o período de semeadura das espécies de verão sucedendo o manejo das espécies de inverno, em função da liberação de nitrogênio, fósforo e potássio para as culturas, e do efeito alelopático e/ou supressor. O nitrogênio das leguminosas ou crucíferas (nabo forrageiro) começa a ser liberado logo após o manejo das espécies com métodos mecânicos. Através de trabalho de Da Ros (1993), é possível recomendar aos agricultores a semeadura do milho até 30 dias após o manejo das leguminosas de inverno, porque 60% do N é liberado até este período, enquanto que no caso de gramíneas, somente 30% do N é liberado. Segundo o mesmo autor, em relação a P₂O₅ e K₂O, a maior parte também é mineralizada nos primeiros 30 dias. Confirmando os dados, Aita et al. (1991) observaram que a mineralização do N nas leguminosas foi em média de 64% e de 37% na aveia, aos 30 dias após o manejo das espécies.

No caso de aveia preta, em que a relação C/N é alta, haverá imobilização do nitrogênio do solo pelos microrganismos logo após o manejo, sendo necessário adicionar N mineral na base da cultura em sucessão, como milho ou sorgo.

A imobilização do nitrogênio é realizada pelos microrganismos do solo que, a partir do momento da interrupção do ciclo vegetativo da planta, passam a atuar na decomposição dos resíduos vegetais. No início da decomposição, principalmente de

espécies com alta relação C/N, há um pico de imobilização (imobilização maior que mineralização), ocorrendo o consumo de N mineral do solo, dos restos vegetais, da matéria orgânica e da adubação. Com o passar do tempo ocorre o restabelecimento gradativo das transformações que acontecem no solo (imobilização igual a mineralização) e, a partir deste momento, os processos de transformação começam a liberar o N, ora imobilizado, para a solução do solo.

Alguns autores observaram que a liberação do N acumulado no tecido de aveia preta, após a mesma ser manejada como planta de cobertura, somente ocorre a partir do florescimento do milho. Com isto, o manejo deste tipo de resíduo vegetal deve ser de maneira a proporcionar um maior espaço de tempo em relação a semeadura do milho. Porém este período não pode ser tão longo que acarrete implicações negativas em relação a necessidade de controle de ervas e insetos e semeadura fora da época mais recomendada para o milho. Na sucessão gramínea de inverno/milho, uma atenção maior deve ser dada ao manejo da adubação nitrogenada, principalmente a maior dose de N no momento da semeadura, resultando numa maior oferta de N-mineral para a planta e reduzindo o efeito na imobilização de N no solo (Fiorin,1999).

A otimização no aproveitamento dos nutrientes, somente poderá ser atingida se houver uma boa sincronização entre a velocidade em que o nutriente é liberado dos resíduos culturais e a velocidade em que o mesmo é absorvido pelas culturas subsequentes (Giacomini & Aita, 1999).

Ferro (1989) verificou o efeito residual de diferentes espécies de adubos verdes de inverno sobre o rendimento do milho, sendo que no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada em cobertura as respostas foram mais expressivas, com os melhores rendimentos sendo obtidos após as leguminosas e crucíferas, na seguinte ordem : tremoço, nabo forrageiro e ervilhaca. Pesquisa realizada por Aita et al. (1991) concluiu que é possível suprir totalmente a demanda de nitrogênio no milho, através de leguminosas de inverno. Wildner et al. (1992) destacam *Crotalaria juncea* e *C. spectabilis* como excelentes plantas recicladoras de nutrientes do solo, principalmente de K₂O, CaO e MgO.

6.1.2 ADUBAÇÃO SOMENTE COM BIOMASSA

De acordo com Claro (1999), o suprimento de nutrientes para pomares de pessegueiro e ameixeira pode ocorrer através do manejo da vegetação espontânea e de espécies melhoradoras de inverno e verão, mas as respostas, em termos de produtividade, são mais demoradas, principalmente se o solo for pobre em matéria orgânica e nutrientes. Dependendo do tipo de solo, ou seja, do tipo de rocha que o originou, poderá haver a necessidade de importação de biomassa para o pomar. Plantar o capim cameron em áreas marginais, roçar sua vegetação por 3 a 4 vezes durante o ciclo de primavera – verão - outono e colocar sobre a projeção da copa das árvores do pomar é uma forma de suprir com mais rapidez as necessidades nutricionais do pomar, além de ajudar no controle ou manejo ecológico de ervas nativas, bem como os demais benefícios que a cobertura morta proporciona. Segundo o mesmo autor, o corte de apenas 0,3 ha deste capim fornece massa verde para a cobertura de solo de um hectare de pomar em um só corte. Devem ser plantas bem desenvolvidas, com um mínimo de dois anos de idade. Após o corte do Cameron, deve-se esperar de 15 a 20 dias para colocá-lo no pomar, visando evitar o enraizamento deste no solo. Segundo Claro (1999), a produção de um hectare de cameron, num ciclo de aproximadamente seis meses, pode fornecer no mínimo dez toneladas de massa seca, 90 a 200 kg de N, 60 a 250 kg de P_2O_5 e 250 a 500 kg de K_2O . Na impossibilidade do uso desta espécie, pode-se utilizar outras gramíneas, como sorgo forrageiro, milheto e teosinto, sendo importante incluir a biomassa de leguminosas de porte alto e rústicas como crotalárias, guandú e leucena.

Um pomar de pessegueiro e ameixeira com espaçamento de 6m x 4m (em torno de 400 a 420 plantas por hectare) deve ser suprido com 14 , 27 e 40 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para o 1º, 2º e 3º ano de idade (Comissão ..., 1994). Esta quantidade de N, de acordo com Claro (1999), pode ser completamente suprida com massa verde de plantas recuperadoras do solo (mistura de gramíneas com leguminosas) colocando-se uma camada de massa verde sobre o solo, na área da projeção da copa. No primeiro ano, deve-se fornecer para cada planta uma quantidade de massa verde equivalente a roçada de 3m², roçando-se, preferencialmente, a massa verde das áreas mais próximas das árvores, para facilitar o transporte. É importante que a massa verde roçada seja aquela resultante de adubação verde previamente implantada no próprio pomar, corretamente trabalhada para fornecer uma exuberante biomassa.

No segundo ano a quantidade de massa verde fornecida a cada planta deve ser o dobro da do primeiro e no terceiro o triplo, ou seja, 9 m² por planta. Se com estas quantidades de biomassa for constatada deficiência de N, a área de 1 ha de pomar coberta com massa verde permite o corte de uma área de biomassa três vezes maior que 9 m² /planta, para suprir tal deficiência. No primeiro ano coloca-se a massa verde na projeção da copa, em torno de 15 a 30 dias após a brotação (agosto/setembro) e, no segundo e terceiro ano, no início dela, tolerando-se aplicação até 40-50 dias após. Mais sensato é colocar metade da biomassa no início da brotação e o restante 45 dias depois. Caso necessário, pode-se complementar o N, via biomassa, até 100 dias após o início da brotação. Para viabilizar esta forma de adubação é necessário que a adubação verde seja implantada em março/abril ou, no máximo, em maio.

O nitrogênio também pode ser fornecido através do uso dos dejetos de animais sem a necessidade da utilização de leguminosas, sendo importante a manutenção do solo coberto com a vegetação cultivada ou espontânea, a qual deve ser roçada ou acamada na pré-floração ou início dela, e em períodos de estiagem.

6.2 ADUBOS ORGÂNICOS

Adubos orgânicos são resíduos utilizados na agricultura e que contêm elevados teores de componentes orgânicos, como lignina, celulose, lipídios, graxas, carboidratos e óleos, principalmente. O carbono é o elemento principal existente nestes compostos, mas destaca-se também a presença de N, P, K, Ca, Mg e micronutrientes. A adubação orgânica pode ser definida como a deposição de resíduos orgânicos de diferentes origens sobre o solo com o objetivo de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo. Em termos gerais os adubos orgânico podem ser agrupados em:

- a) Origem animal (esterco de bovinos, aves, suínos e outros animais)
- b) Origem vegetal (adubos verdes e coberturas mortas)
- c) Resíduo urbano (lixo sólido e lodo de esgoto)
- d) Resíduos industriais (cinzas e outras)
- e) Compostos orgânicos (vermicomposto).
- f) Biofertilizantes (enriquecidos ou não)
- g) Adubos orgânicos comerciais

A adubação orgânica apresenta importantes vantagens: (i) aumenta a matéria orgânica do solo, (ii) melhora a estrutura do solo, (iii) aumenta a capacidade de retenção de água para as plantas, (iv) aumenta a infiltração da água da chuva, (v) aumenta a CTC, (vi) complexa ou solubiliza alguns metais tóxicos ou essenciais às plantas (Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo, Pt, Pb), (vii) diminui os efeitos tóxicos do Al e (viii) aumenta a atividade microbiana do solo.

No entanto, a acumulação dos dejetos orgânicos de origem animal nas propriedades rurais onde predominam a bovinocultura de leite, suinocultura e confinamentos de gado de corte, podem gerar sérios danos ao meio ambiente se os materiais gerados pelos animais não forem armazenados de forma correta, através de reservatórios revestidos.

As águas superficiais e subsuperficiais podem ser contaminadas pelos dejetos devido a excessiva presença de poluentes, entre os quais o nitrato. De acordo com a portaria nº 36/90 do Ministério da Saúde, a concentração limite de nitrato nas águas é de 10mg l^{-1} . Acima disto é considerado tóxico tanto para animais como para o homem. Outro problema que pode ocorrer com extrema gravidade é a eutroficação das águas superficiais, onde estão incluídas, lagoas, açudes e rios, em função do excesso de fósforo proveniente do esterco dos animais. Este processo facilita o crescimento exagerado de algas, as quais, quando em processo de decomposição, consomem o oxigênio da água e reduzem a sua disponibilidade para os peixes, podendo ocasionar a mortandade dos mesmos. Em função destes problemas é fundamental que os dejetos dos animais passem a ser armazenados corretamente em reservatórios revestidos, impedindo a contaminação química e biológica das águas do meio rural (Barcellos, 1997).

Os resíduos orgânicos utilizados na agricultura geralmente contém uma pequena fração mineral (solúvel em água, ácidos diluídos ou soluções salinas), enquanto a maior parte é constituída de compostos orgânicos, os quais devem ser transformados enzimaticamente, para tornar os nutrientes disponíveis às plantas. Este processo é denominado de mineralização, sendo influenciado de acordo com o suprimento de oxigênio, com as características do material orgânico e com as condições ambientais. Considerando-se que a relação C/N da microbiota decompositora de resíduos no solo apresenta valor aproximado de 10:1, e que sejam liberadas duas moléculas de CO_2 para cada carbono incorporado à biomassa microbiana, a mineralização de N pode ocorrer com a adição de resíduos com relação C/N menor que 30:1. Esta relação de C volatilizado e C incorporado à

biomassa pode entretanto ser muito variável, dependendo principalmente da temperatura, do suprimento de oxigênio e da umidade (Tedesco et al., 1999).

Resíduos com altos teores de celulose e lignina são decompostos mais lentamente do que os restos vegetais com baixos teores (folhas e raízes). A incorporação de resteva com alta relação C/N não imobiliza o N do solo porque o nitrogênio liberado na decomposição mais rápida das folhas (com C/N próxima a 30:1) já é suficiente para suprir as necessidades dos microorganismos decompositores, e também devido à lenta decomposição lenhosa (Peruzzo, 1982, citado por Tedesco et al., 1999). Considerações semelhantes podem ser feitas para a liberação de fósforo orgânico. O potássio nos resíduos é considerado prontamente disponível, para fins de recomendações de adubação.

A composição físico-química dos esterco é apresentada em seqüência, de acordo com trabalho de Barcellos (1997) e de Claro (1999), onde algumas características importantes são destacadas. A matéria seca dos esterco tem grande variação nos reservatórios das propriedades rurais em função da chuva, local de coleta do esterco (estábulo ou pocilga), temperatura ambiente e excesso de água da lavagem diária. A quantidade de nutriente, especialmente de N, P_2O_5 e K_2O , está diretamente relacionada com o teor de massa seca dos esterco. O esterco é considerado sólido se a matéria seca for maior que 20%, pastoso se for de 8 a 20% e líquido se for menor de 8%. No Rio Grande do Sul a maior parte dos esterco dos animais é manejada na forma líquida, em função da suinocultura e bovinocultura de leite serem sistemas de produção usados em grande escala e onde a água é usada sistematicamente na limpeza das instalações.

O teor de nitrogênio, fósforo e potássio está diretamente relacionado com alimentação e tamanho dos animais, e com parâmetros fisiológicos. Quanto mais excedente em nutrientes for a alimentação, em relação às exigências nutricionais dos animais, melhor a qualidade dos esterco. Em média, 75% do N, 80% do P_2O_5 e 85% do K_2O presentes nos alimentos são excretados nas fezes. Portanto, a formulação da dieta influencia diretamente na composição dos esterco. O N é o parâmetro principal que é usado na recomendação de adubação, em função de ser o nutriente que as plantas mais necessitam. O nitrogênio amoniacal, que é o disponível para a planta no momento da aplicação dos esterco, está presente em maior quantidade no esterco de suíno em relação ao de bovino. Isso faz com que as plantas adubadas com os biofertilizantes de suínos, especialmente as gramíneas, tenham uma resposta mais rápida em termos de crescimento vegetativo. O aproveitamento

da urina nos estábulos ou pocilgas é fundamental porque, em média, 50% do N existente nos dejetos animais é proveniente da mesma.

O pH é outro parâmetro importante para ser avaliado nas esterqueiras porque auxilia o extensionista a decidir se o biofertilizante pode ser aplicado em cobertura nas culturas, especialmente nas forrageiras. A aplicação de materiais com pH ácido pode provocar danos às culturas, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento, especialmente nas horas mais quentes do dia. Para estimar os valores de pH do esterco, a campo, o técnico pode fazer uso de papel indicador ou tornassol. Nas esterqueiras onde o material é bem fermentado o pH deve variar entre 6,5 e 7,5, o que dá segurança suficiente para o técnico recomendar a aplicação do biofertilizante em cobertura nas plantas.

O efeito dos estercos no rendimento das culturas é função da dosagem a ser utilizada, a qual, para ser definida, depende diretamente da densidade ou massa seca dos estercos que são disponíveis na propriedade rural. O esterco de suínos apresenta um efeito imediato superior ao esterco de bovinos em função do seu maior potencial fertilizante, especialmente em relação ao N e P_2O_5 . A estimativa do potencial fertilizante dos estercos, ao nível da propriedade, pode ser obtida através de um método fácil e rápido, utilizando-se um densímetro, conforme método desenvolvido por Barcellos (1994). Após feita a determinação da densidade do material e correlacionando-a com o teor de nutrientes, é possível recomendar a adubação orgânica isolada ou associada a adubação mineral (Anexo 2).

A distribuição do esterco no solo merece alguns cuidados, os quais estão relacionados com os horários de aplicação no solo e sua incorporação ou não. Os horários para a aplicação devem ser até 10 horas da manhã, principalmente em dias quentes ou à tardinha. O esterco não incorporado ao solo pode perder, em média, 30% do nitrogênio. Com o sistema de plantio direto este deve ser colocado na superfície do solo, em contato com a palha, mesmo que ocorram perdas significativas de amônia. Além disso, é preciso lembrar que a taxa de mineralização do nitrogênio é de 50% durante o primeiro ano, devendo este fator ser levado em conta para o cálculo do N na adubação orgânica (Comissão..., 1994).

As fontes de matéria orgânica podem apresentar teores bastante diferenciados de N, P_2O_5 e K_2O , como pode ser observado na Tabela 9. No cálculo da quantidade de nutrientes contidos em uma tonelada de esterco sólido, ou 1000 litros de esterco líquido,

deve-se considerar a concentração de nutrientes na matéria seca e o índice de eficiência de liberação do nutriente, da forma orgânica para a mineral, que, no primeiro ano, é de 50% para o nitrogênio, 60% para o fósforo e 100% para o potássio. No ano seguinte à aplicação dos esterco, ainda podem ser disponibilizados para a cultura 20% de N e 20% de P_2O_5 do total que eles continham. Este residual deve ser descontado nas aplicações de esterco nos anos subsequentes (Comissão..., 1994).

Tabela 9: Concentração média de N, P_2O_5 e K_2O de alguns adubos orgânicos de origem animal, calculada com base na matéria seca do material.

Nutriente	Cama de frango (1 lote)	Esterco			
		sólido de suínos	fresco de bovinos	líquido de bovinos	líquido de suínos
	-----	%	-----	-----	kg m ⁻³
N	3,0	2,1	1,5	1,4	4,5
P_2O_5	3,0	2,8	1,4	0,8	4,0
K_2O	2,0	2,9	1,5	1,4	1,6

Fonte : Comissão ... , 1994.

É de se salientar que os adubos orgânicos constituem-se em excelente fontes para o aporte de microelementos, via de regra não contemplados nas formulações químicas convencionais que se limitam aos macroelementos.

6.3 O USO DE CINZAS VEGETAIS

Determinados setores industriais (olarias, secagem de grãos, indústrias de calcário, etc.) produzem elevadas quantidades de cinzas, resultantes da queima de material vegetal (lenha) como fonte de energia. O uso de cinzas na agricultura, além de minimizar o potencial poluente, pode servir como corretivo do solo para beneficiar a produtividade das culturas. No entanto, antes de ser utilizada como corretivo, é importante realizar a análise química para conhecer a quantidade de nutrientes nela contida e seu potencial corretivo, pois a concentração de nutrientes varia de acordo com o tipo de material vegetal queimado. Apenas como referência, a Tabela 10 apresenta teores de nutrientes e potencial corretivo de cinzas de material vegetal com predominância de bracatinga (Darolt et al., 1993).

Tabela 10: Resultado da análise química de cinzas de material vegetal com predominância de bracatinga.

pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	PRNT
	-----		%	-----	
10,6	1,5	7,1	23,2	7,1	43,8

Fonte: Darolt et. al., 1993.

Os mesmos autores, com o objetivo de avaliar o efeito deste material como fertilizante de áreas olerícolas e corretivo do solo, na região metropolitana de Curitiba – PR, incorporaram a cinza vegetal (de bracatinga, principalmente) ao solo, em quantidades equivalentes a 0, 10, 15, 20 e 30 t ha⁻¹. Os valores de pH apresentaram praticamente uma relação linear com as dosagens de cinza, com aumentos de pH proporcionais às quantidades de cinza adicionadas. Este aumento pode ser atribuído, especialmente, à liberação de carbonato de potássio quando da reação da cinza no solo, o qual representa mais da metade da parte solúvel do material. A redução do teor de alumínio trocável também comportou-se de modo proporcional às doses de cinzas, com uma diminuição substancial já na primeira dose (Tabela 11). Estes resultados evidenciaram que, para as condições do experimento, a incorporação de cinzas ao solo nas doses de 10 e 20 t ha⁻¹ pode ser considerada como um substituto ao calcário na redução do Al tóxico do solo, bem como contribuir para a elevação do pH. O uso desta alternativa na pequena propriedade poderá ser viável, devendo-se atentar para algumas questões importantes, tais como: a disponibilidade de cinzas vegetais, a qualidade do material (realizar análise química), a distância da fonte do material à propriedade (frete) e o custo de distribuição e incorporação. A elevação dos teores de cátions acompanhou as doses de cinza, especialmente em potássio, sugerindo um certo desequilíbrio em relação a cálcio e magnésio. O aumento do teor de K no solo foi tão expressivo que os autores sugerem que todo o K fornecido pela cinza ficou em forma trocável no solo. A mesma consideração pode ser feita para o caso do fósforo, que apresentou um aumento significativo nos teores, em especial na dose de 10 t ha⁻¹, considerando que o teor inicial já estava num patamar relativamente alto para aquele tipo de solo (Darolt et al., 1993).

Tabela 11: Teores de pH, Al trocável, P, K e Ca + Mg extraível e CTC do solo, após 100 dias da incorporação de doses crescentes de cinza vegetal.

Dose	pH	P	K	Ca + Mg	Al	CTC
t ha ⁻¹	(CaCl ₂)	----- mg L ⁻¹ -----		-----	cmol _c dm ⁻³ -----	
0	4,4	41	403	9,25	1,48	19,0
10	5,0	86	1216	10,50	0,50	20,3
15	5,4	67	1865	10,53	0,30	20,2
20	5,6	54	2002	13,80	0,10	21,6
30	6,5	69	3441	12,06	0,00	23,3

Fonte : Adaptado de Darolt et al., 1993

Pauletto et al. (1990) também constataram elevação do pH e de teores de P e K no solo devido a aplicação de cinzas de casca de arroz em Planossolo e Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico da região de Pelotas–RS. O aumento do pH em ambos os solos foi de 0,01 unidade por tonelada aplicada, o que foi considerado pelos autores como pouco expressivo, em termos práticos. Amostras desta cinza foram analisadas, e se observaram os seguintes resultados : pH = 10,0 ; P = 187 ppm ; K = 1.665 ppm. A grande diferença destes valores com aqueles relativos ao estudo anteriormente citado reforça a necessidade de avaliação analítica da qualidade das cinzas, tendo em vista a diversidade dos materiais de origem.

6.4 FOSFATOS NATURAIS REATIVOS

São considerados fosfatos naturais os compostos fosfatados de cálcio, que apresentam flúor, cloro, hidroxila ou carbonato na molécula, de ocorrência na quase totalidade, em depósitos naturais. Quando eles são de origem ígnea, com estrutura cristalina bem definida, têm-se as apatitas, e quando de origem sedimentar amorfa, as fosforitas. As apatitas são duras, bastante estáveis e insolúveis em água (Cooke, 1967). Devido a estas características, no geral, são utilizadas como matéria prima para a obtenção dos fosfatos acidulados solúveis (superfosfato simples, superfosfato triplo e fosfatos de amônio). A maioria dos fosfatos naturais brasileiros são desse tipo (Peruzzo et al., 1999).

Os fosfatos de origem sedimentar são brandos, menos estáveis que as apatitas, possuindo alto grau de substituição na molécula e, conseqüentemente, maior solubilidade. São conhecidos atualmente como fosfatos naturais reativos ou fosfatos moles. Muitas pesquisas têm mostrado que, quando usados diretamente na lavoura, proporcionam aumento no rendimento das culturas.

A reatividade química de um fosfato natural é avaliada com base no grau de substituição do fosfato pelo carbonato em sua estrutura química. Quanto mais elevado for o grau de substituição, maior será a solubilidade em citrato de amônio e a eficiência agrônômica (Ferreira, 1978). Os estudos de solubilidade dos fosfatos naturais, independente da sua origem, salientam a lenta reação dos mesmos no solo, a curto prazo. Em vista disto procura-se, através de tratamentos com ácidos ou calor, aumentar a solubilidade do material. Os fosfatos naturais reativos usados no Brasil, são o de Gafsa, da Tunísia, o Carolina do Norte, dos EUA e, Arad, de Israel.

Com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de Arad e de Gafsa em relação ao superfosfato triplo (SFT), em culturas seqüenciais de soja, trigo e milho, e utilizando idênticas dosagens de P_2O_5 , Peruzzo et al. (1997) obtiveram produtividades médias em torno de 3% menores nas áreas com fosfatos naturais. Considerando os valores de P_2O_5 total nos fosfatos de Arad (33%) e de Gafsa (29%), o autor concluiu que, se os preços desses fosfatos, por tonelada de produto, forem menores que 67% do preço do superfosfato triplo, estas fontes podem tornar-se alternativas economicamente viáveis para as referidas culturas.

Se o superfosfato triplo responde com maior produtividade, por outro lado causa alguma acidificação ao solo. O retorno econômico entra em choque com a preservação ambiental. Este fato na agricultura em geral, merece ser avaliado pelos agricultores para a tomada de decisões.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; DA ROS, C. O.; CERETTA, C. A.; AMADO, T. J. C. Leguminosas de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema plantio direto. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 3., Cascavel, 1991. **Resumos**. Cascavel: OCEPAR, 1991. p. 132.

ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NEUERNGERG, N.J., Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lajes: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998. p.27-52.

BARCELLOS, L.A.R. Manejo e utilização do esterco de bovinos e suínos. In: PRÓ-GUAÍBA. Manual Técnico – Manejo e Conservação do Solo. Porto Alegre: EMATER/RS, 1994. p. 133-148

BARCELLOS, L. A. R. Manejo e utilização do esterco líquido de bovinos e suínos. Santa Maria, EMATER/RS, [1997]. 9f. (não publicado).

CLARO, S.A. Pessegueiro e ameixeira em sistema de cultivo agroecológico. Sobradinho-RS, EMATER/RS, 1999, 15 p.. Apostila, não publicado.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3 ed. Passo Fundo: SBCS – Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.

COOKE, G. W. Phosphate Fertilizers. In: THE CONTROL OF SOIL FERTILITY. London, Crosby Lockwood & Son, 1967, p. 122 – 38.

DAROLT, M. R.; NETO, V. B.; ZAMBON, F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura da alface. Horticultura Brasileira. Brasília, v.11, n.1, p. 38-40, 1993.

Da ROS, C. O. Plantas de inverno para a cobertura do solo e adubação nitrogenada ao milho em plantio direto. 1993. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

FERREIRA, T. N. Eficiência agronômica dos fosfatos naturais de Patos de Minas e Gafsa Puros, em mistura com Superfosfato Triplo e modificados por acidulação e calcinação. Santa Maria. 1978. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

FERRO, M. Efeito residual de diferentes espécies de adubos verdes de inverno sobre o rendimento de soja e milho. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 3., Cascavel, 1991. **Resumos**. Cascavel: OCEPAR 1991. p. 126.

FIORIN, J. E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, Fertilidade do solo em Plantio Direto, 1999, Cruz Alta, RS. **Resumos**. Passo Fundo: Ed. Aldeia Norte, 1999. p.39-55.

GIACOMINI, S.J. & AITA, C. Liberção de nitrogênio durante a decomposição de plantas de cobertura em cultura pura e em consórcio. Santa Maria, maio de 1999. Trabalho apresentado na disciplina Seminário de Solos I no Programa de Pós-graduação em Agronomia – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo - CCR, UFSM. Não publicado.

HAAS, F. D. Aspectos básicos de fertilidade sob plantio direto. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO

DIRETO, 1999: Fertilidade do solo em Plantio Direto. Cruz Alta, RS. **Resumos.**, Passo Fundo: RS, Ed. Aldeia Norte 1999, p.19-31.

KLUTHCOUSKI, J. Leucena: alternativa para pequena e média agricultura. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1980. 23 p. (Circular Técnica, 06)

PAULETTO, E. A.; NACHTIGALL, G. R. & GUADAGNIN, C. A. Adição de cinza de casca de arroz em dois solos do município de Pelotas, RS. R. bras. Ci. Solo, Campinas, n.14, p.255-58, 1990.

PERUZZO, G.; PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Avaliação da eficiência agronômica dos fosfatos naturais reativos de Arad e de Gafsa. In : SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo, RS. **Anais.** Passo Fundo : EMBRAPA-CNPT, 1997. p. 259-61

PERUZZO, G.; WIETHÖLTER, S. Fosfatos Naturais Reativos: Resultados obtidos no sul do Brasil. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Brasília, 1999. **Anais ...** Brasília : EMBRAPA CERRADO, 1999. CD-ROM

RAIJ, B. van. Fertilidade do Solo e Adubação. São Paulo: Ed. Ceres, 1991. 343 p.

TEDESCO, M. J. ; CAMARGO, F. A. de O.; GIANELLO, C. Resíduos orgânicos de origem agrícola, urbana e industrial. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais ...** Brasília : EMBRAPA CERRADO, 1999. CD-ROM

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. Soil Fertility and Fertilizers. 4.ed. New York, Macmillan, 1985, 754 p.

WILDNER, L. P. & DADALTO, G. G. Avaliação de espécies de verão para adubação verde, cobertura e adubação do solo na região oeste Catarinense: I. Espécies anuais. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 3., Cascavel, 1991. **Resumos.** Cascavel: OCEPAR 1991. p. 148.

7 PLANTAS PROTETORAS E MELHORADORAS DO SOLO

Entre as diversas medidas conhecidas para o controle da erosão, uma das mais importantes é a cobertura do solo, com vegetação viva ou seus resíduos, de forma a impedir o impacto direto das gotas de chuva sobre as partículas do solo. O controle da erosão significa a manutenção e a possibilidade de melhoria das condições de fertilidade do solo, com repercussão em melhores produções agrícolas. Por isso a importância do uso de sistemas de cultivo que priorizem a cobertura do solo e o seu mínimo revolvimento, como é o caso do sistema plantio direto.

Assim sendo, a busca de produções mais estáveis e eficazes, que preservem os recursos naturais e que sejam de custo mais baixo, passa necessariamente por um sistema de rotação de culturas. Em seu conceito mais amplo significa o uso de plantas em rotação ou consorciação de culturas, sendo depositadas na superfície do solo, visando a proteção e a melhoria das suas condições físicas, químicas e biológicas. Os termos, culturas de cobertura e adubação verde, embora erroneamente, às vezes são caracterizados como sinônimos, sendo que o primeiro ressalta mais o aspecto de proteção do solo aos agentes climáticos, enquanto no segundo a ênfase é quanto ao aspecto fertilizante. As culturas de cobertura são responsáveis por uma série de benefícios para a agricultura, cujos resultados perduram ao longo do tempo. Em síntese, podemos citar algumas funções que são desempenhadas pelas plantas protetoras e melhoradoras do solo:

- a) Protege o solo das chuvas de elevada intensidade, evitando a desagregação do solo e o selamento superficial;
- b) Facilita a infiltração da água no solo pela redução da velocidade de escoamento da enxurrada e a formação de canálculos após a decomposição das raízes;
- c) Permite a manutenção e elevação do teor de matéria orgânica do solo pelo aporte contínuo de material vegetal;
- d) Reduz as oscilações de temperatura da camada superficial do solo, com reflexo em menor evaporação e maior disponibilidade de água às plantas;
- e) Rompe as camadas adensadas de solo, através do sistema radicular agressivo de algumas espécies, funcionando como uma subsolagem biológica;
- f) Melhora a estrutura do solo em função da massa de raízes produzidas e das substâncias orgânicas por elas liberadas, resultando num processo de cimentação, aumentando o tamanho dos agregados do solo;

g) Aporta nitrogênio a partir do uso de leguminosas, possibilitando a redução do uso deste nutriente na cultura em sucessão;

h) Recicla nutrientes através do sistema radicular profundo de algumas espécies de cobertura.

i) Reduz a lixiviação de nutrientes, em especial do nitrato (NO_3^-);

j) Diminui a população de plantas espontâneas através de efeito alelopático e/ou supressor.

l) Fornece substrato para os microorganismos do solo, considerados como os principais agentes na formação e estabilização dos agregados.

Além destes aspectos, que posteriormente serão abordados com mais detalhes, as culturas de cobertura ainda podem trazer benefícios econômicos diretos quando utilizados na alimentação animal, devido ao elevado valor nutritivo de algumas espécies.

7.1 EFEITOS DAS PLANTAS DE COBERTURA SOBRE AS CONDIÇÕES QUÍMICAS DO SOLO

A matéria orgânica (MO) é indispensável para a manutenção da micro e mesovida do solo e tem forte influência sobre a estrutura e a produtividade do solo. Com as plantas de cobertura, incorporadas ou depositadas sobre a superfície, tem-se como benefício a manutenção do teor de MO e a possibilidade de aumentá-lo. No entanto, para este fim, são requeridas grandes quantidades e por um longo tempo. Se, por exemplo, adiciona-se ao solo 2.400 kg ha^{-1} de matéria seca de determinada espécie, cerca de $2/3$ do carbono é perdido na forma de CO_2 (Tedesco, 1983), restando apenas 800 kg ha^{-1} do material orgânico. Considerando-se a camada arável do solo (0 – 20 cm), com massa igual a 2.000 toneladas, necessitar-se-ia de aporte contínuo por 25 anos para aumentar em 1% o teor de matéria orgânica. Entretanto, diversos autores citados por Freitas (1988) atestaram aumentos do teor de MO na camada superficial do solo com o uso de espécies de cobertura como ervilhaca e trevo, em rotação com milho, após vários anos (5 a 10), quando o material orgânico não foi incorporado ao solo. Assume importância fundamental, portanto, um processo contínuo de aporte de resíduos vegetais em quantidade e qualidade e, preferencialmente, depositado na superfície do solo, para que sejam mantidas de forma estável e até aumentadas as produtividades agrícolas.

Com a continuidade da adubação verde existe tendência de aumento do teor de humus e, por conseqüência, da capacidade de troca de cátions (CTC), uma das propriedades mais importantes do solo. Na Tabela 12 verifica-se a elevada CTC do humus em relação a da caulinita, argila predominante nos solos do estado e país. Se fosse possível colocar todas as minúsculas partículas coloidais do humus lado a lado, teríamos uma superfície específica de $700 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, enquanto que com a caulinita atingiríamos de 5 a $10 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, o que confere ao humus maior CTC e um papel fundamental na fertilidade do solo e na nutrição das plantas. O uso de plantas destinadas a adubação verde reduz as perdas de nutrientes por lixiviação, especialmente o nitrato (NO_3), e a disponibilização de elementos que estavam em formas não aproveitáveis pelas plantas. Como exemplo, o tremoço pode aproveitar o fósforo (P) a partir de fosfatos insolúveis em água e em ácidos fracos, transformando-os em P orgânico na forma de humofosfato, assimilável por outros vegetais (Cruz, 1958, citado por Monegat, 1991).

Tabela 12: Capacidade de troca catiônica do húmus e de outros constituintes do solo.

Constituintes do solo	CTC em me 100 g ⁻¹
Areia	Menos de 1
Óxidos hidratados de Fe e Al	3 a 5
Caulinita	3 a 15
Ilita e Clorita	10 a 40
Montmorilonita	80 a 120
Vermiculita	100 a 150
Húmus	200 a 400

Fonte: Kiehl, 1985

Além do que é obtido pelo processo de fixação simbiótica, uma significativa parcela do N, senão a maior parte, é obtida pela alta capacidade dos materiais reciclarem este elemento que é bastante instável no solo. Segundo dados de Derpsch (1984) e de Primavesi (1997), a aveia preta e o nabo forrageiro foram as espécies que apresentaram a maior quantidade de N-total, devido a grande produção de massa verde e pela capacidade de absorver o N do solo, enquanto as leguminosas aportaram de 60 a 90 kg ha^{-1} de N (Tabela 13). Portanto, o uso de espécies como aveia preta e nabo forrageiro, é

recomendado para aproveitar o nitrogênio que está em camadas mais profundas do solo, diminuindo as perdas de NO_3 , por lixiviação.

Tabela 13 : Avaliação de fitomassa e N-total em resíduos de algumas culturas de inverno.

Espécies	Matéria Seca		N-total		
	Raízes	Parte aérea	Raízes	Parte aérea	Total
	-----kg ha ⁻¹ -----				
Aveia preta	3080	5590	50	97	147
Centeio	1450	3330	17	39	56
Chícharo	1270	2060	28	36	64
Colza	1980	2220	39	52	91
Ervilhaca peluda	1580	1590	27	34	61
Nabo forrageiro	1760	4750	34	101	135
Tremoço branco	1500	2710	33	57	90
Trigo	1490	1960	24	23	47

Fonte: Derpsch, 1984

Do nitrogênio total existente nas leguminosas, cerca de 2/3 é originário do N-atmosférico, enquanto 1/3 é absorvido da solução do solo. De um modo geral os resíduos das leguminosas apresentam um teor de N-total que varia de 1,5 a 3,0%, enquanto que nas gramíneas este percentual é mais baixo, em torno de 1,0 a 1,5% (Igue, 1984).

Também precisa ser destacado o papel da matéria orgânica na formação de complexos organo-metálicos (quelatos), disponibilizando micronutrientes às plantas e aos microrganismos, diminuindo a toxicidade de alguns metais. Segundo Igue (1984), o humus também tem a capacidade de reagir com outros compostos orgânicos como herbicidas, tornando-os menos ativos no solo e influenciando nas suas propriedades.

7.2 EFEITOS DAS PLANTAS DE COBERTURA SOBRE AS CONDIÇÕES FÍSICAS DO SOLO

Os resíduos das plantas de cobertura, como de outros vegetais, influenciam nas características físicas do solo, como infiltração e capacidade de retenção de água, porosidade, densidade, aeração e grau de agregação do solo. Estes efeitos são variados em função da qualidade, quantidade e do manejo dado aos resíduos.

O grau de proteção do solo pelas plantas varia em função da densidade da cultura e da arquitetura foliar da espécie, e a proteção pela cobertura morta depende da quantidade de resíduos e da uniformidade de distribuição. Esta cobertura pode evitar a desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva e o selamento superficial, possibilitando o aumento da velocidade de infiltração de água no perfil e reduzindo as perdas de água e solo (Tabela 14).

Tabela 14 : Efeitos da cobertura morta sobre as perdas de solo e na infiltração de água.

Resíduos	Escorrimento	Infiltração	Perda de solo
t ha ⁻¹	-----%		t ha ⁻¹
0,00	45,3	54,7	13,69
0,275	40,0	60,0	3,57
0,550	24,3	74,7	1,56
1,102	0,5	99,5	0,33
2,205	0,1	99,9	0,0
4,410	0,0	100,0	0,0

Fonte : Ramos, 1976

De acordo com resultados de Phillips & Young (1973) citados por Ramos (1976), com uma quantidade de cobertura morta superior a 1000 kg ha⁻¹ as perdas de solo são praticamente nulas e a infiltração de água é quase total. No entanto, este efeito benéfico pode ser anulado se existir alguma camada compactada no solo e que, após o período inicial de uma determinada chuva, logo deixe o solo saturado. Ainda deve ser observado que a existência de camada adensada reduz o espaço de desenvolvimento das raízes, com menor volume de solo para explorar, menor absorção de água e nutrientes, menor resistência a períodos de estiagem e maiores possibilidades de acamamento das plantas. Neste aspecto muitas espécies são eficazes para “subsolagem vegetal” devido ao sistema radicular agressivo, destacando-se as leguminosas de verão, como guandu e crotalaria

(Primavesi, 1997) e de inverno, como os tremoços branco e azul e colza (Cintra & Mielniczuk, 1983), pela capacidade de penetração da raiz pivotante que estas plantas possuem. Daí a necessidade de se acrescentar espécies com esta condição num sistema de rotação de culturas.

Por outro lado, as gramíneas têm maior eficiência na formação e estabilização dos agregados do solo, devido ao sistema radicular vigoroso e abundante e pela produção de secreções radiculares, que agem com ação cimentante entre as partículas de solo. A melhoria na estrutura do solo resulta em benefícios quanto à porosidade e aeração do solo, bem como na capacidade de retenção de água no solo. Em ambos os casos (leguminosas e gramíneas), após a decomposição das raízes, formam-se galerias no solo, facilitando a infiltração da água das chuvas. Sempre que possível, deve-se utilizar como adubação verde a consorciação destas espécies.

A manutenção dos resíduos no sistema de plantio direto tem influências sobre a oscilação térmica da camada superficial do solo, conforme pode ser observado na Tabela 15. Estudos conduzidos por Derpsch et al (1991) utilizando resíduos de aveia preta, constataram menor amplitude na temperatura, na profundidade de 3 cm, no plantio direto em comparação com o plantio convencional, onde a temperatura chegou a alcançar mais de 45° C. Este aspecto é importante em função dos efeitos negativos causados pelas altas temperaturas sobre a atividade microbiana, na germinação das sementes, no desenvolvimento das raízes e parte aérea das plantas e nas perdas de água por evaporação, principalmente no verão.

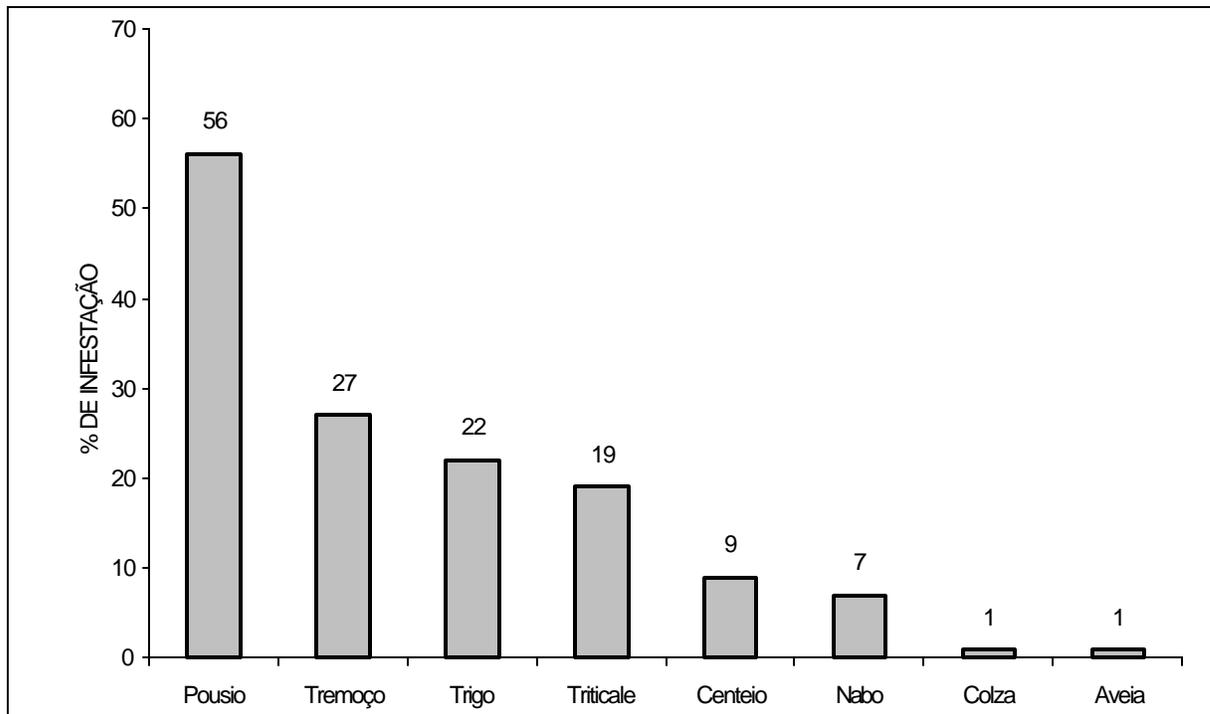
Tabela 15: Temperatura do solo a 3 cm de profundidade, em diferentes manejos.

Sistema de manejo	8 h	10 h	12 h	14 h	16 h	18 h
	-----°C-----					
Plantio direto	19	26	32	36	36	30
Cultivo mínimo	21	29	38	41	38	28
Plantio convencional	21	32	44	45	44	28

Fonte: Derpsch et al., 1991.

A utilização da cobertura morta com espécies de inverno também tem mostrado efeitos importantes sobre o nível de infestação da vegetação espontânea, com destaque

para aveia e colza, conforme pode ser visto na Figura 2, onde por efeitos físicos e químicos (alelopatia) houve um controle quase total das ervas, permitindo benefícios sob o ponto de vista econômico e ambiental.



Fonte: IAPAR, 1984.

Figura 2: Porcentagem do terreno coberto por ervas que se desenvolveram em diferentes coberturas mortas, 7 dias após a colheita das culturas de inverno.

7.3 EFEITOS DAS PLANTAS DE COBERTURA SOBRE AS CONDIÇÕES BIOLÓGICAS DO SOLO

A atividade biológica do solo é dependente de diversos fatores como a umidade, a temperatura, o pH, o teor de nutrientes e a matéria orgânica, entre outros. A população microbiana, em especial, oscila amplamente quando alguma destas variáveis é modificada. Os benefícios da adubação verde nas características físicas e químicas do solo também causam efeitos positivos sobre as suas condições biológicas. Assim, à medida que os resíduos vegetais se mantêm depositados na superfície do solo, diminui a variação térmica do solo, aumenta a retenção da umidade, beneficiando a atividade da microbiota. A adição de material orgânico é fundamental na atividade e população dos microorganismos, pois a matéria orgânica é a fonte principal de energia e de carbono para os mesmos, a partir da qual realiza-se o processo de mineralização, com a liberação de nutrientes para a solução do solo.

Nos sistemas de preparo que exigem o revolvimento do solo ocorrem maiores oscilações térmicas e de umidade, acarretando a diminuição da população de organismos do solo. No preparo convencional, com a aração sendo feita a uma profundidade média de 20 cm, ocorre uma incorporação mais uniforme dos resíduos, resultando numa distribuição mais homogênea da população microbiana na camada arável (Cattelan & Vidor, 1990). Por outro lado, a contínua cobertura do solo, como no sistema plantio direto, pela concentração dos resíduos na superfície, há uma tendência de aumentar a atividade biológica do solo. Entre a microbiota, assumem maior importância as espécies capazes de formar simbiose com as leguminosas, como as bactérias do gênero *Rhizobium*. Trabalhos de Voss & Sidiras (1985) confirmaram a influência do plantio direto sobre a nodulação de soja, após uma rotação trevo-milho-triticale-soja (Tabela 16).

Tanto num como noutro sistema de plantio a quantidade de material orgânico é a mesma, alterando a velocidade de decomposição deste material, que é maior quando ocorre a sua incorporação, devido ao maior contato do resíduo com os microorganismos. É por este motivo que as camadas superficiais do solo no sistema plantio direto apresentam maiores teores de matéria orgânica do que o solo cultivado no sistema convencional, com conseqüente maior atividade microbiana (Muzilli, 1983). Entre os fatores de solo, a matéria orgânica e a fertilidade, são os que mais estimulam a população microbiana (Cattelan & Vidor, 1990).

Tabela 16: Efeito de dois anos de plantio direto e convencional na massa nodular em soja, na rotação trevo-milho-triticale-soja. Média de 4 repetições.

Tipo de preparo	Número de Nódulos / planta	Peso de nódulo mg / nódulo	Peso total nódulos mg / planta
Plantio direto	40,75	4,78	194,1
Plantio convencional	31,14	3,64	113,5

Fonte: Voss & Sidiras, 1985.

A principal função dos microorganismos é decompor o material orgânico (húmus) liberando substâncias químicas em formas assimiláveis pelas plantas. Deve-se salientar que eles não aumentam o teor de elementos orgânicos ou inorgânicos no solo, mas apenas transformam o que já existe em uma forma aproveitável. Portanto, não se deve dispensar o uso de outro tipo de adubo.

Além dos microorganismos existentes no solo, em especial fungos e bactérias, que desempenham um papel de grande importância ao desenvolvimento das plantas e que podem ser denominados como “a parte invisível da vida” no solo, deve ser destacada a ação desenvolvida pela mesofauna, particularmente pelos seus indivíduos mais conhecidos: as minhocas. Elas atuam na decomposição do material orgânico, ingerindo os resíduos que possuem alta relação C/N e transformando-os em tecido vivo com baixa relação C/N, permitindo uma rápida mineralização do nitrogênio. As minhocas consomem diariamente uma quantidade de alimento equivalente ao peso de seu corpo, misturando resíduos de culturas com partículas de solo, aumentando a superfície sujeita ao ataque de microorganismos.

Outro benefício atribuído às minhocas é a formação de galerias no solo, as quais contribuem para a elevação da taxa de infiltração de água, aeração, penetração das raízes e descompactação do solo. Ainda, pelos seus movimentos verticais no perfil do solo, as minhocas transportam terra das camadas superficiais para as mais profundas e vice-versa, promovendo maior homogeneização do solo.

O controle de doenças radiculares através das plantas de cobertura também é um fato conhecido. Como exemplo, cabe lembrar os problemas causados pelo mal-do-pé na cultura do trigo e seu controle com o uso de aveia preta. São promissores também os resultados no controle da população de nematóides no solo, através de espécies de verão como as crotalárias, mucunas e guandú, assim como aveia, centeio, azevém e outras espécies de inverno, conforme Santos & Ruano (1987), citados por Costa et al. (1992), podendo o uso destas espécies de cobertura constituir-se em uma forma barata e eficiente no controle de nematóides.

7.4 OUTROS BENEFÍCIOS DAS PLANTAS DE COBERTURA

7.4.1 APICULTURA

Algumas espécies usadas na cobertura do solo possuem a propriedade de produzir grandes quantidades de pólen e néctar que podem ser utilizados pelas abelhas, inclusive em épocas do ano em que as floradas são menos freqüentes. Merecem destaque as seguintes espécies:

Inverno/primavera: nabo forrageiro, chícharo, tremoço, ervilha forrageira, trevos, colza, gorga, ervilhacas, etc.

Verão/outono : girassol, melilotus, guandú, crotalárias, trigo mourisco, etc.

7.4.2 FORRAGEIRAS

A grande maioria das espécies usadas na cobertura do solo apresenta boas características forrageiras, podendo ser cultivada de modo isolado (solteira) ou na forma de consórcio, objetivando aumentar a sua qualidade nutricional. O exemplo mais conhecido de consórcio envolve espécies gramíneas e leguminosas, onde normalmente a primeira tem maior produção de massa, enquanto a segunda apresenta maiores teores de proteína bruta, além de aportar significativa quantidade de nitrogênio fixado simbioticamente. Uma consorciação bastante comum nas pequenas propriedades é a de aveia preta com ervilhaca, a qual produz forragem em grande quantidade e qualidade, com vistas, especialmente, à alimentação de gado leiteiro. Este tipo de consorciação ainda tem como vantagens uma relação C/N média do material, com tempo de decomposição intermediária em relação ao uso isolado das espécies, e um aporte inicial de N à cultura sucessiva, como por exemplo o milho.

7.4.3 ALELOPATIA

As plantas espontâneas crescem junto com as culturas agrícolas, interferindo no seu desenvolvimento e manejo, podendo reduzir a produção, por competição e/ou ação alelopática e o seu valor comercial.

Não se deve confundir alelopatia com competição, pois a primeira causa efeitos em função da liberação de substâncias químicas ao meio, enquanto a competição é a retirada ou redução de alguns fatores do meio (água, nutrientes, etc.) e que são disputados pelas plantas, sejam espontâneas ou cultivadas.

O termo alelopatia é a conjugação das palavras gregas *alleton* = mútuo + *pathos* = prejuízo. Embora a precisão da etimologia, o termo tem recebido diversas interpretações, segundo Almeida (1988): 1) interferência causada pela liberação de substâncias químicas produzidas por organismos e que afetam os demais organismos da comunidade

(Szczepanski, 1977) ; 2) abrange efeitos benéficos e prejudiciais em função das substâncias químicas liberadas (Molisch, 1937); 3) conceito mais geral estabelecido por Whittaker (1971) como sendo todas as interferências entre seres vivos causadas pelas substâncias químicas por eles elaboradas, do reino vegetal ou não. Se refere não mais só aos vegetais e microorganismos, mas também insetos e outros animais, como os herbívoros. Um dos casos mais expressivos de alelopatia é a produção de substâncias antibióticas por determinados tipos de bactérias para inibir a ação de outras.

Considerando que um mesmo organismo pode produzir diversos aleloquímicos e que os mesmos interagem, fica difícil identificar qual o produto secundário que provoca determinado sintoma ou resultado, necessitando-se mais pesquisas nesta área. Já existem mais de 10.000 aleloquímicos identificados, pertencentes a diversos grupos químicos como o dos ácidos fenólicos, flavonóides, terpenóides, esteróides e alcalóides. Estas substâncias podem ser liberadas da planta por diferentes formas. Assim, os compostos aromáticos são volatilizados das folhas, caules, flores e raízes das plantas, e os aleloquímicos solúveis em água são lixiviados do material vivo (parte aérea e raízes) ou dos resíduos em decomposição.

A lixiviação e exsudação de substâncias assume maior importância no sistema plantio direto, uma vez que ocorre a deposição de expressiva quantidade de material vegetal sobre o terreno. Isto representa uma concentração de produtos químicos na camada mais superficial do solo, e por um tempo mais longo, devido ao período maior de decomposição dos resíduos.

A capacidade que as plantas têm de produzir substâncias alelopáticas, assim como a natureza química e sua concentração são diferentes entre as espécies, da mesma forma que a suscetibilidade delas aos aleloquímicos liberados por outras plantas. Em função deste comportamento variado, algumas espécies são beneficiadas e outras são prejudicadas, influenciando a composição florística de determinado meio. Alguns casos que antes atribuíam-se a outros fatores, atualmente são reconhecidos como efeitos de alelopatia. Segundo Rice (1974), citado por Almeida (1988), a lixiviação de ácidos fenólicos e liberação de terpenos voláteis das folhas de eucaliptos são os responsáveis pela quase inexistência de vegetação nos bosques desta espécie, o que também ocorre com plátanos quando da decomposição de seus resíduos.

A alelopatia pode ocorrer entre espécies de plantas cultivadas, entre plantas silvestres ou ambas. No primeiro caso, cientistas japoneses detectaram a autotoxicidade de trevo vermelho devido a secreção de isoflavonóides, os quais se decompõem em compostos fenólicos que se acumulam e inibem a germinação das sementes da mesma espécie. Trabalho desenvolvido por Peters et al. (1982) detectou a ação alelopática de substâncias produzidas pelas plantas de colza, inibindo a germinação de sementes de outras espécies, o que pode explicar a redução da população e menor crescimento da soja, quando cultivada em sucessão à colza. Este é mais um motivo que justifica a necessidade de ser implementado um sistema de rotação de culturas nas propriedades.

A presença de ervas junto com as culturas, dependendo do grau de infestação pode acarretar prejuízo econômico, podendo ser atribuído à competição entre as plantas, mas também pode ser devido à alelopatia. Trabalho de Coelho (1986) mostra que o capimannoni (*Eragrostis plana*), gramínea bastante agressiva e que domina outras espécies, libera fitotoxinas no solo que interferem na germinação e no desenvolvimento do azevém e trevo branco sem, no entanto, afetar o cornichão. Em outro experimento, a ação alelopática de capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) influiu de forma negativa sobre o desenvolvimento radicular e a nodulação de soja conforme foi demonstrado por Almeida et al (1986).

Estudo desenvolvido em laboratório por Almeida & Rodrigues (1985) comprovou o efeito alelopático de extratos aquosos da parte aérea de sete culturas comerciais quando pulverizados sobre as sementes de capim papuã (*Brachiaria plantaginea*), leiteiro/amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla*) e capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*). Os resultados indicaram que todos os extratos apresentaram efeitos de alelopatia em pelo menos algumas destas espécies, tanto na germinação, quanto no comprimento das plântulas e da raiz (Tabela 17).

Tabela 17: Influência de extratos aquosos a 10% p/v da parte aérea de algumas culturas de inverno na germinação de três espécies silvestres.

Extratos de culturas	<i>Brachiaria plantaginea</i>	<i>Cenchrus echinatus</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>
-----% de germinação-----			
Água	100	100	100
Trigo	73	81	106
Triticale	98	75	106
Aveia	63	75	110
Centeio	84	63	106
Nabo forrageiro	22	50	88
Tremoço	19	6	110
Colza	9	18	0

Fonte: Almeida & Rodrigues, 1985

Em estudos realizados em condições de campo, os mesmos autores observaram que as restevas de aveia, centeio, nabo forrageiro e colza foram as que mantiveram o terreno mais limpo de invasoras. Essas mesmas espécies também apresentaram o efeito mais prolongado sobre as ervas, especialmente a resteva de aveia, que aos 85 dias depois de seu manejo ainda mantinha o terreno com baixa infestação (Tabela 18). Além destas, o azevém é mais outra espécie cuja resteva apresenta características de controlar a infestação do terreno por períodos prolongados (Almeida, 1988).

Tabela 18 : Efeito das coberturas mortas na incidência de plantas invasoras.

Coberturas mortas	Nº de dias após a formação da cobertura morta		
	9 (% solo coberto por ervas)	21 (nº de plantas)	85 (biomassa verde) (g/m ²)
Pousio	67	83	1540
Trigo	14	13	1350
Triticale	10	31	1270
Centeio	3	6	700
Aveia	0	5	360
Tremoço azul	21	9	1610
Nabo forrageiro	0	2	860
Colza	1	6	990

Fonte: Almeida & Rodrigues, 1985.

De acordo com diversos autores citados por Lorenzi (1984), o controle da tiririca (*Cyperus rotundus*), tradicionalmente de difícil solução e requerendo o uso de produtos químicos, pode ser feito utilizando-se as propriedades aleloquímicas de algumas plantas, através do cultivo de mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) ou feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) na área infestada, ou a deposição de resíduos das plantas de cana-de-açúcar.

Existem diversas outras culturas que, em função de suas características alelopáticas e/ou de supressão, têm condições de controle em graus variados sobre algumas ervas conhecidas (Tabela 19).

Efeitos alelopáticos também podem ocorrer entre espécies cultivadas em sucessão, como é o caso de milho após algumas culturas de cobertura de inverno, afetando diretamente a germinação e o desenvolvimento inicial da cultura de verão, e com conseqüências no rendimento final. Algumas indicações de pesquisa (Ruedell, 1995) encontraram os melhores resultados de rendimento do milho quando o manejo das leguminosas (tremoço e ervilhaca) e do nabo forrageiro foi efetuado 10 dias antes da semeadura do milho. No caso de gramíneas de inverno (aveia preta e azevém) antecedendo o milho, as melhores respostas foram obtidas com o manejo daquelas 20 dias antes da semeadura do milho (Tabela 20). Neste caso, provavelmente, esteja ocorrendo uma conjugação de efeitos devidos à imobilização de N do solo e de alelopatia pela

decomposição de resíduos vegetais. Portanto, deve-se considerar os efeitos alelopáticos como critério importante para definir a recomendação da época de semeadura do milho e sorgo após o manejo das espécies de cobertura.

Tabela 19: Efeito alelopático e/ou supressor de algumas culturas sobre certas plantas silvestres.

Culturas	Plantas silvestres
Mucuna, Feijão de porco e Crotalaria juncea	Tiririca
Aveia preta e centeio	Capim papuã
Mucunas preta e cinza	Picão preto, picão branco, capim carrapicho
Azevém anual	Guanxuma
Ervilhaca comum	Plantada antes do milho é eficiente no controle de capim papuã
Crotalaria juncea	Diversas ervas
Cravo de defunto	Corde de viola, Caruru, Leiteiro, Carrapicho beijo de boi .

Fonte : Costa et al, 1992.

Tabela 20: Rendimento de milho (kg ha^{-1}), semeado em 3 épocas, em sucessão a plantas de cobertura do solo de inverno.

ESPÉCIES	ÉPOCA DE MANEJO		
	0 DAS ¹	10 DAS ¹	20 DAS ¹
Ervilhaca	7294	8776	8274
Tremoço	7018	8536	7980
Nabo forrageiro	7720	7957	7796
Aveia	6352	6544	7335
Azevém	4738	5065	5728

¹ DAS = Dias antes da semeadura

Fonte: Ruedell, 1995.

7.5 ESPÉCIES USADAS PARA COBERTURA VERDE

Nas condições do Rio Grande do sul, no verão as áreas agrícolas são ocupadas, quase que totalmente, por culturas comerciais, mas no inverno, com a grande redução da área plantada com a cultura do trigo, ocorrem extensas áreas ociosas, sujeitas à erosão

hídrica e, por conseqüência, a perda de fertilidade. Por este motivo já são bastante conhecidos trabalhos com espécies de adubo verde de inverno, verificando-se nos últimos anos um aumento da participação destas culturas nas práticas correntes dos médios e pequenos agricultores familiares.

No entanto, existem diversas situações em que é possível e desejável a adubação verde de verão, em pequenas áreas da propriedade onde a degradação do solo é limitante à maiores produtividades, necessitando ser submetidas a um intenso processo de recuperação, sendo a adubação verde uma das práticas recuperadoras indispensáveis.

O cultivo de cobertura de verão deveria ser realizado naquelas áreas em que a colheita da cultura comercial ocorre em dezembro-janeiro, como é o caso de feijão, fumo, milho do cedo, e nas quais não há previsão de um novo cultivo comercial imediato. Deve ser lembrado que nos meses de verão ocorrem as chuvas com a maior erosividade, reforçando a necessidade de ocupar o terreno com alguma espécie de cobertura, objetivando um determinado manejo durante o outono/inverno, seja por rolagem, corte ou pela ocorrência de geada, permitindo assim o plantio de outras culturas.

A pesquisa já dispõe de um razoável número de informações sobre as espécies protetoras e melhoradoras do solo no período de verão, tornando disponível para a Extensão Rural uma ficha técnica, contemplando as características das espécies mais usadas no Estado, a qual apresenta-se no Anexo 1.

Ainda, é possível o uso de espécies de verão, cultivadas de forma consorciada nas entrelinhas de milho. A sementeira de espécies como feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), mucunas ou outras, é feita com saraquá, 70 dias (milho precoce) a 100 dias (variedades tardias) após o plantio do milho (Derpsch, 1991), impedindo que um crescimento vigoroso do adubo verde implique em dificuldade para a colheita do milho. Ao mesmo tempo, esta forma de cultivo pode facilitar a colheita de sementes das espécies de cobertura, fato que não deve ser desconsiderado, uma vez que a produção de sementes pode tornar-se mais uma fonte de renda para os pequenos agricultores.

É importante destacar que na adubação verde deve-se trabalhar com vários tipos de plantas, pertencentes a diversas famílias botânicas, como gramíneas, leguminosas, crucíferas e outras, objetivando a diversidade de sistemas radiculares, o controle de invasoras, de doenças e pragas, e outros benefícios.

Ao se estabelecer um sistema de rotação de culturas, incluindo espécies de cobertura, é preciso conhecer algumas características agrônômicas destas plantas, que são importantes no que se refere à conservação do solo, visando o melhor enquadramento das mesmas no sistema. A Tabela 21 mostra algumas características observadas no período de 1985 a 1989 no CETREC, em Chapecó – SC, que podem servir como referência para as nossas condições (Monegat, 1991).

Tabela 21 : Características de algumas espécies de cobertura de inverno e verão.

Espécie (nome comum)	Cobertura plena do solo (dias)	Início da floração (dias)	Plena floração		
			Dias	Altura da massa (cm)	Prof. de raiz ¹ (cm)
Aveia preta	45-65	100-120	125-155	120-150	8-12
Centeio	45-60	70-90	90-140	130-160	6-10
Chícharo	60-80	75-120	100-170	50-80	15-20
Ervilhaca comum	60-80	100-130	120-170	50-80	15-25
Ervilhaca peluda	70-90	115-190	135-255	60-100	15-30
Gorga	40-60	65-110	90-140	40-60	10-15
Nabo forrageiro	40-60	65-75	90-135	130-160	20-40
Tremoço branco	75-100	75-100	90-135	70-120	20-30
Caupi (F. miúdo)	50-60	60-70	80-120	40-50	30-35
Crotalaria (spec.)	70-85	70-85	90-130	120-160	30-35
Feijão de porco	50-70	60-90	80-120	60-90	25-35
Guandu	70-90	100-150	170-200	150-300	30-50
Mucuna rajada	50-65	70-130	90-150	50-65	20-30

1 – refere-se a maior concentração de raízes.

Fonte : Monegat (1991), adaptado.

O momento ideal para efetuar o manejo das plantas de cobertura, sob o ponto de vista da quantidade de massa vegetal, riqueza em nitrogênio e melhores condições de decomposição, é quando a maioria das plantas encontra-se em plena floração. Excetua-se desta recomendação quando a cultura tenha sido implantada com o objetivo de colheita de grãos. Nesta situação é importante que os restos culturais sejam distribuídos sobre o terreno da forma mais uniforme possível. O manejo destas espécies pode ser realizado de diversas formas, dependendo dos equipamentos disponíveis ao agricultor, sendo preferencial a

manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo, formando um manto de massa vegetal com a finalidade de proteger o solo contra o processo erosivo e fornecer nutrientes, principalmente.

7.6 MANEJO DAS PLANTAS DE COBERTURA

Serão apresentados basicamente os aspectos práticos e a exequibilidade dos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto, sem o uso de herbicidas, tanto em áreas com ocorrência de pedregosidade, como naquelas que apresentam um terreno mais favorável.

7.6.1 ÁREAS COM PEDREGOSIDADE

Em condições de pedregosidade e sem a construção de cordões em contorno, a mucuna é uma das poucas espécies que pode possibilitar a realização do plantio direto ou cultivo mínimo (plantio no sulco), sem recorrer a agroquímicos. Para tanto, três requisitos são necessários para que o sistema seja viável (Monegat, 1999): 1) produção de bom volume de massa verde ($> 30 \text{ t ha}^{-1}$); 2) baixa incidência de vegetação espontânea de outono/inverno; 3) ocorrência normal de geadas para dessecação e posterior acamamento natural da cobertura vegetal. Quando a primeira geada ocorre precocemente (abril e maio) e houver pouca produção de massa verde e incidência de vegetação espontânea, somente torna-se viável o plantio de milho e outras culturas mais espaçadas (mandioca, fumo e outras) no sistema de cultivo mínimo (sulco). Posteriormente realiza-se o controle de ervas através de capinas, se a incidência for fraca à moderada, ou com arado cultivador complementado com capinas manuais. Por sua vez, os consórcios de milho (+) feijão da safrinha e, milho (+) soja, não permitem o uso de mucuna, bem como no plantio de milho realizado de outubro em diante, em função da coincidência de ciclo.

Em áreas com pouca ou moderada pedregosidade e com declividade máxima de até 20%, é viável a amontoa das pedras para a construção de cordões em contorno, possibilitando assim o uso de equipamentos tracionados por animais para o manejo das plantas de cobertura (incorporação das sementes com preparo reduzido, acamamento com rolo-faca) e plantio das culturas comerciais com matraca e até semeadora-adubadora. Neste caso, as plantas de cobertura utilizadas poderão ser as mesmas indicadas para áreas sem pedregosidade, conforme descrito a seguir.

7.6.2 ÁREAS LOCALIZADAS EM TERRENOS MAIS FAVORÁVEIS

Nas áreas sem pedregosidade e com declividade até 20%, aumentam as possibilidades de realização do plantio direto e do cultivo mínimo sem uso de herbicidas, visto que existem mais opções de plantas de cobertura e de equipamentos que podem ser utilizados. A seguir, estão descritas algumas opções de plantas de cobertura do solo que podem viabilizar os sistemas plantio direto e cultivo mínimo (Monegat, 1999):

7.6.2.1 Azevém

Em regiões onde o sistema de produção é caracterizado pelo plantio de milho ou soja no tarde (novembro e dezembro), o azevém pode ser útil como planta de cobertura, por apresentar ressemeadura espontânea fácil, desde que haja bom controle da vegetação silvestre. Caso isto não aconteça, em áreas pequenas, ao invés de realizar o plantio direto com matraca, poderia ser realizado o cultivo mínimo (plantio no sulco) e posterior controle de ervas com capinas ou cultivo com arado cultivador complementado com capinas.

7.6.2.2 Mucuna

Além das observações feitas anteriormente, em regiões sem ocorrência de geadas, a mucuna pode ser acamada com grade de discos (tração motorizada) ou com rolo-faca (sem facas afiadas), após o início da floração, não havendo neste caso rebrote. A implantação da cobertura vegetal com mucuna é viabilizada nos seguintes sistemas: a) nas entrelinhas do milho, quando o mesmo é plantado no cedo (agosto/setembro), sendo a mucuna plantada com matraca, a partir da formação da espiga ou na fase de grão leitoso; b) após a colheita do feijão das águas (dezembro/janeiro). Recomenda-se utilizar o espaçamento de 50 cm x 40-50 cm e com 2 a 3 sementes por cova. Em regiões com menor altitude (até 300 m) é possível utilizar o espaçamento de 1,0 m entre filas, quando o plantio for realizado em dezembro.

7.6.2.3 Nabo forrageiro

Esta espécie não necessita da incorporação das sementes para sua germinação. No entanto, a incorporação antecipa a germinação, que será mais uniforme e com crescimento das plantas também mais uniforme, sendo isto importante para inibir a vegetação espontânea e favorecer o acamamento com rolo faca. Este pode ser prejudicado quando houver desenvolvimento baixo e desuniforme das plantas, prejudicado pelos fatores anteriormente descritos, bem como por problemas de fertilidade baixa ou não homogênea da área, ou ainda devido à densidade de semeadura muito elevada. Nestas condições, as plantas que não puderam competir, geralmente rebrotam.

Para a formação de uma boa cobertura vegetal de nabo forrageiro são necessários de 15 a 20 kg de sementes por hectare. Como o nabo forrageiro possui uma quantidade grande de folhas com baixa relação C:N, ocorre uma decomposição rápida desta parte da massa verde, permanecendo sobre o terreno apenas os talos, com relação C:N mais elevada (> 30:1). Assim sendo, recomenda-se a associação desta espécie com ervilha forrageira e centeio, que apresentam um ciclo similar, possibilitando conseqüentemente, o acamamento, sem haver rebrota de uma das espécies. O acamamento do nabo deve ser feito quando cerca de 30% da floração estiver com siliquis formadas, mas com sementes ainda não viáveis para germinação, ocorrendo isto, normalmente dos 90 aos 135 dias após o plantio. O nabo pode ser acamado com rolo-faca, com grade de discos (tração motorizada) relativamente fechada, ou roçado com foice, em pequenas áreas. Neste último caso, além de exigir muita mão-de-obra, a cobertura da palhada resultante é desuniforme, dificultando o plantio com matraca, bem como a capina com enxada prejudica as plântulas de milho e de feijão, principalmente. Havendo uma incidência simultânea de vegetação espontânea, torna-se inviável o plantio direto de feijão sem a aplicação de um dessecante ou pós-emergente. Neste caso, poderia ser realizada uma gradagem leve (preparo reduzido). Para o plantio do milho, poderia ser realizado o cultivo mínimo (sulco), logo após o acamamento ou a roçada. O controle de ervas poderá ser efetuado com capinas manuais ou cultivo com arado cultivador e complementação com capinas manuais, dependendo do nível de infestação das ervas competitivas.

7.6.2.4 Aveia preta

Esta espécie pode ser acamada com rolo-faca. Objetivando obter uma boa cobertura vegetal (quantidade e uniformidade), devem ser levadas em conta as observações feitas para o nabo forrageiro. Uma quantidade de sementes adequada, situa-se entre 80 e 100 kg ha⁻¹. Para evitar o rebrote, a aveia deve ser acamada quando os grãos encontram-se leitosos, ocorrendo isto, normalmente, dos 130 aos 160 dias (depende da época de semeadura e das condições climáticas) após a semeadura. Para o controle de ervas devem ser levadas em conta as observações feitas para o nabo forrageiro e mucuna.

7.6.2.5 Ervilhaca comum

O acamamento da ervilhaca comum deve ser realizado quando esta estiver com a 3ª floração completa, ocorrendo isto, normalmente, a partir do mês de outubro. Isto significa que é possível realizar o plantio direto (matraca ou semeadora-adubadora) em regiões onde o plantio do milho é realizado nos meses de outubro e novembro. Além disso, a exemplo das espécies anteriores, é necessário que haja um bom controle da vegetação espontânea durante o crescimento vegetativo da ervilhaca e na fase inicial da cultura do milho. Não ocorrendo isto, deve ser realizado o cultivo mínimo (sulco) ou preparo reduzido (gradagem).

7.6.2.6 Gorga

Esta espécie somente é viável no sistema de cultivo mínimo e com as culturas do milho, mandioca e fumo, ou seja, plantio (matraca ou semeadora-adubadora) ou colocação das manivas ou mudas após o sulcamento, realizado logo após a plena cobertura do solo. Iniciando a maturação das plantas da gorga, aplica-se manualmente o adubo de base no sulco feito previamente, realizando-se em seguida um outro sulco (arado de pá média) imediatamente acima (cerca de 10 cm) para efetuar a cobertura e posterior plantio com matraca na parte de baixo. Não sendo feita a aplicação manual, realiza-se o 2º sulcamento, seguido de semeadura com semeadora-adubadora de tração animal convencional ou matraca-adubadora para o caso do milho. Outra forma refere-se a adubação com adubadora de tração animal e posterior colocação de manivas de mandioca

ou mudas de fumo. As ervas competitivas são controladas da mesma forma que foi caracterizado anteriormente, com exceção da mandioca.

Deve ser ressaltado que a gorga permite uma ressemeadura muito grande, podendo ocorrer a germinação das sementes imediatamente após, dependendo das condições climáticas (ocorrência de chuvas e frio) e nos anos subseqüentes (15 anos ou mais), dificultando o plantio de feijão das águas (agosto/setembro).

7.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que existem algumas possibilidades de realização do cultivo mínimo e plantio direto sem a aplicação de herbicidas dessecantes e pós-emergentes. O sucesso dependerá fundamentalmente dos seguintes fatores: a) histórico da área em termos do tipo e nível de ocorrência simultânea de vegetação espontânea; b) capacidade de supressão da vegetação espontânea de outono/inverno pela planta de cobertura do solo utilizada (azevém > aveia > nabo forrageiro > gorga > ervilhaca comum); em relação à mucuna, dependerá também da época de sementeira e da precocidade de incidência da 1ª geada; c) quantidade de sementes utilizadas e incorporação ou não das mesmas; d) situação do nível de incidência da vegetação espontânea de primavera/verão (capim marmelada, capim milhã, etc.) por ocasião da implantação da cobertura vegetal; e) nível de fertilidade do solo (fertilidade elevada favorece a incidência da vegetação de outono/inverno como serralha, falsa-serralha, etc.); f) nível atual de ocorrência da vegetação imediatamente pós-emergente em relação à cultura comercial (capim milhã, picão, etc.); g) capacidade de “fechamento” da cultura comercial.

Todos os fatores associados determinarão a forma de controle da vegetação espontânea remanescente e não acamada, e daquela germinada e crescida na fase inicial de crescimento da cultura comercial e, conseqüentemente, do nível de revolvimento do solo após a operação de plantio, ou seja: a) área suficientemente limpa, com necessidade de pouca mão-de-obra para capinas; b) área levemente limpa, com necessidade regular de mão-de-obra para capinas; c) área com moderada à forte incidência de vegetação espontânea competitiva, exigindo muita mão-de-obra para capinas, ou cultivo com arado cultivador e complementação com capinas manuais.

O método de catação de ervas indesejadas e com grande capacidade de produção de sementes ou perpetuáveis (capim marmelada, capim milhã, carurú, língua de vaca, etc.) em épocas apropriadas, contribui significativamente para reduzir o nível de infestação, com o passar dos anos (Skora Neto, 1994).

7.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. S. A alelopatia e as plantas. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p. (Circular, 53).

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. Plantio direto. In: Guia de herbicidas; contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. p. 341-99.

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N.; VOSS, M.; LEITE, C. R. Efeitos alelopáticos e de competição da *B. plantaginea* na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16, Campo Grande, 1986. **Resumos...** Campinas, Sociedade Brasileira de Herbicidas e Ervas Daninhas, 1986. p.5-6

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, n.14, p.125-131, 1990.

CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solo com propriedades físicas degradadas. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, n.7, p.19-21, 1983.

COELHO, R. W. Substâncias fitotóxicas presentes no capim-annoni. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.21, n.3, p.255-263, 1986.

COSTA, M. B. B. da (Coord.). Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA. 1992. 346 p.

DERPSCH, R. Alguns resultados sobre adubação verde no Paraná. In: Adubação Verde no Brasil, FUNDAÇÃO CARGILL,. Campinas: 1984. p.268-279.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.20, p.761-773, 1985.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991. 271 p.

FREITAS, V. H. Eficiência de sistemas de preparo do solo e de culturas no fornecimento de nitrogênio para o milho. 1988. 148 p. Dissertação (de Mestrado). UFRGS, Porto Alegre.

IAPAR. Relatório Técnico Anual, 1982. Londrina,1984. 326 p.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação Verde no Brasil. Campinas, 1984. p. 232-267.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Ed. Ceres, 1985. 492 p.

LORENZI, H. Inibição alelopática de plantas daninhas. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Adubação Verde no Brasil. Campinas, 1984. p. 183-98.

MONEGAT, C. Manejo das espécies de cobertura. Chapecó: – EPAGRI, 1999. 6 p. Não publicado.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo; características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó/SC, 1991. 337 p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, n.7, p. 95-102, 1983.

PETERS, E. J.; GASTAL, M. F. C.; FINGER, F. L. Estudo das possíveis propriedades alelopáticas da colza (*Brassica napus* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 14, Campinas, 1982. **Resumos** ... Campinas, Sociedade Brasileira de Herbicidas e Ervas Daninhas, 1982. p. 14-15.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1997. 549 p.

RAMOS, M. Sistemas de preparo mínimo do solo: técnicas e perspectivas para o Paraná. Ponta Grossa: EMBRAPA. 1976. 23 p. (EMBRAPA, Comunicado Técnico, 01)

RUEDELL, J. Plantio Direto na Região de Cruz Alta. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SKORA NETO, F. Redução da infestação do solo através da prevenção da produção de sementes de plantas daninhas. In: IAPAR. Relatório do experimento/atividade. Ponta Grossa, 1994. (mimeografado).

TEDESCO, M. J. Matéria orgânica e nitrogênio. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO. Londrina, 1983. p. 87-123.

VOSS, M. & SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.20, n.7, p. 775-782, 1985.

8 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA MANEJO DAS PLANTAS DE COBERTURA

As alternativas mecânicas de manejo das espécies de cobertura encontram-se em fase de adaptação e adequação. Mesmo com o conhecimento parcial ou total dos equipamentos há necessidade de mais pesquisas e estudos quanto ao ciclo evolutivo das diferentes espécies, para que sejam manejadas no período mais oportuno e se obtenham os melhores resultados.

Relaciona-se a seguir as características de alguns implementos e sua forma de operação para o manejo mecânico das espécies de cobertura, objetivando a redução ou a eliminação de herbicidas (Melo, 1999).

8.1 ROLO-FACA

O rolo-faca é um equipamento simples e de custo acessível, usado no sistema plantio direto para o manejo da vegetação e de restos culturais superficiais, que pode ser construído na propriedade. Sua finalidade básica é o manejo mecânico cultural de espécies de plantas protetoras e recuperadoras do solo, visando o acamamento da biomassa vegetal e um melhor desempenho das semeadoras de plantio direto tração animal, evitando embuchamentos e facilitando as operações de plantio com matracas. É um implemento complementar indispensável para o manejo integrado e ecológico do solo.

O rolo-faca é constituído de um corpo cilíndrico no qual se inserem lâminas dispostas ao longo de sua superfície e igualmente espaçadas, apoiado em dois mancais, e girando livremente em torno do seu eixo longitudinal (Figura 3). Pode ser acionado por tração animal ou motomecanizada.

A regulação do rolo-faca é de extrema simplicidade, constituindo-se em adequar a velocidade de operação e peso do equipamento. A execução da operação de rolagem deve ser de forma a golpear as plantas ou resíduos vegetais seccionando-os ou apenas impedindo a circulação da seiva das plantas. Normalmente, para aumentar o peso e o efeito de corte das facas (regularmente afiadas) coloca-se água ou areia no interior do equipamento.



Figura 3: Rolo-faca em operação, tracionado através de microtrator. Detalhe das lâminas longitudinais seccionadas

8.1.1 MANEJO DA OPERAÇÃO DE ROLAGEM

Com o uso do rolo-faca o material não é triturado de forma demasiada, ficando deitado em camadas sobre a superfície do solo, deixando uniformizada a cobertura no terreno (Figura 4) e ainda proporcionando menor área de contato do material vegetal com o solo. Por consequência, oportuniza uma decomposição gradativa e um período de cobertura maior do que os demais sistemas mecânicos de manejo.

A função da operação de rolagem é amassar e prostrar as plantas de cobertura, desidratando-as, para facilitar a operação de semeadura. É importante evitar o efeito de corte na porção inferior das plantas, cujas espécies possuem tendência natural ao rebrote, geralmente gramíneas, que são indicadas para o pastoreio. O trajeto da operação deve ser no mesmo sentido em que ficarão posteriormente as linhas de plantio, agilizando assim o trabalho da semeadora. O acamamento evita o estiolamento das culturas, principalmente de soja e milho, devido a menor concorrência pela luminosidade.

É importante salientar que em situações de restevas densas (Figura 4), com plantas secas e com baixo estágio de decomposição (milho), a rolagem deve ser executada no período da tarde em função do menor teor de umidade dos resíduos culturais e do solo.

Nas áreas de pousio, com capoeiras para posterior uso com culturas anuais, que ocorre com frequência em áreas com tração animal, é importante evitar a prática da queimada após as operações das roçadas. Em tais situações, uma alternativa proposta e adaptável é o manejo da vegetação com rolo-faca a cada dois anos, evitando que a

vegetação remanescente se torne muito lenhosa e crie dificuldades na implantação do sistema plantio direto. Com as queimadas perde-se um incremento significativo de biomassa nos solos de baixa aptidão agrícola. O rolo-faca é também um excelente implemento para manejar vegetais de porte médio a alto e resíduos da cultura do milho em pós-colheita.

Por outro lado, quando o espaço de tempo entre a colheita e a introdução de uma nova cultura for longo, provocando o surgimento de plantas espontâneas, o uso de rolo-faca antes da frutificação das mesmas pode quebrar o seu ciclo de desenvolvimento, impedindo o aumento do banco de sementes no solo.



Figura 4 : Resteva de milho bastante densa e manejada com rolo-faca.

Foto : Moacir Darolt

Em áreas com pouca biomassa vegetal e elevada umidade do solo, não é recomendável o uso do rolo-faca, pois este poderá golpear diretamente a superfície do solo, promovendo sua compactação. O acamamento das espécies protetoras e melhoradas do solo também pode ser feito com grade de discos (não travada), ou outros dispositivos de arraste, como pneus deitados ou simples palanques de madeiras.

8.2 GRADE DE DISCOS

A grade de discos é um implemento que realiza um trabalho de controle relativo das plantas espontâneas durante a fase de sistematização da área, requisito que antecede a implantação do sistema plantio direto. Outro uso é na incorporação de sementes de espécies de inverno, proporcionando maior contato da semente com o solo. A grade de discos também é utilizada com frequência no acamamento de plantas protetoras e recuperadoras do solo (Figura 5), que apresentam diferentes hábitos de crescimento. Neste caso ela deve ser usada com pouco travamento ou totalmente destravada. Opera em

qualquer situação, especialmente em condições de plantas eretas ou prostradas na superfície do solo, com raízes densas subsuperficiais, apresentando elevado rendimento operacional, dando condições para reduzir os embuchamentos por ocasião da semeadura das culturas de verão.

Em relação à grade de dentes, a grade de discos apresenta a vantagem de poder ser utilizada em situações com grande volume de resíduos culturais superficiais, operando normalmente em restevras densas não decompostas, que é o caso característico da cultura do milho, seccionando os colmos, e em trabalhos suplementares no pousio de inverno com vegetação remanescente lenhosa, facilitando a semeadura direta.

As grades podem ser tracionadas por animais (Figura 6) ou por trator. Neste caso, em se tratando de grades de porte maior, podem apresentar alguns inconvenientes, como a exigência de maior esforço de tração, o risco de mobilização do solo e a incorporação de parte dos restos culturais.



Figura 5 : Grade de discos com tração mecanizada, em operação.



Figura 6 : Grade de discos com tração animal.

8.3 GRADE DE DENTES

As grades de dentes são implementos tradicionalmente tracionados por animais, constituídas de ferro, aço ou madeira, variando de peso, número e distância entre dentes,

forma, tipo e inclinação dos dentes. Estas grades tem uma largura total de trabalho que varia de 1 a 2 metros (Figura 7). Sua função é nivelar o terreno, durante a sistematização da área, controlar as ervas espontâneas, ainda que parcialmente, além de outras operações que precedem a implantação do sistema plantio direto.

A grade de dentes também pode operar no manejo da resteva e acamamento de plantas de cobertura do solo, em operação de arraste, invertendo sua posição, deixando os dentes para cima e reforçando o peso da grade com um poste, tora de madeira ou trilho de trem.

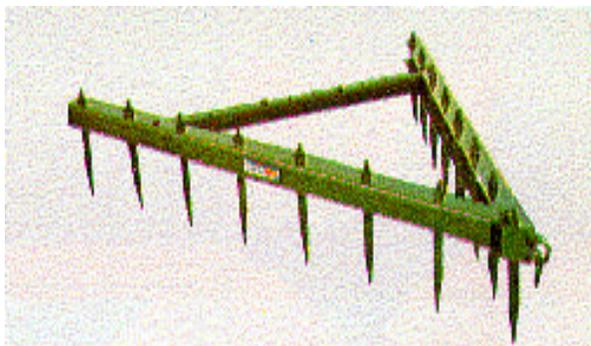


Figura 7: Grade de dentes tração animal



Figura 8: Rolo-disco

8.4 ROLO-DISCO

Atualmente existe no mercado um modelo de equipamento com dupla combinação, exercendo a função de rolo-faca ou rolo-disco (Figura 8). Possui um chassi único no qual pode ser inserido o corpo cilíndrico do rolo-faca e acessórios, composto de 16 facas. Quando em carga máxima exerce uma pressão individual de corte de 200 kg. No mesmo chassi pode ser adaptado um conjunto de 06 discos, de 22 polegadas de diâmetro cada, com boa eficiência operacional no manejo das culturas, restevas ou plantas espontâneas mais densas (vegetação remanescente relativamente lenhosa). O implemento pode ser tracionado por diferentes fontes, como animais, micro-tratores ou tratores de pequeno porte.

8.5 ROLO-PICADOR

O rolo-picador é um equipamento que atua com relativa eficiência no manejo de materiais lenhosos como guandú, crotalaria, plantas daninhas arbustivas e ainda restevras densas de milho pós-colheita (Figura 9). O acoplamento dá-se na parte frontal de micro-tratores, acionado através de correias ligadas à polia auxiliar do motor. A largura útil de trabalho corresponde a 1,0 m , com altura de corte regulável através de duas rodas laterais de acionamento manual. As facas são em formato de "Y", móveis, com afiação dupla, dispostas em quatro linhas contendo, cada uma, cinco facas em posições desencontradas.

posições desencontradas.



Figura 9 : Rolo-picador

8.6 ROÇADEIRA

A roçadeira é um equipamento de corte mais recomendado para o manejo de culturas que apresentam bastante lenho, consórcio de espécies lenhosas de verão com a cultura do milho ou vegetação espontânea densa estabelecida em áreas de pousio. O uso da roçadeira para rebaixar forragens entouceiradas ou cortar plantas daninhas perenes torna-se excelente opção, com bom rendimento operacional (Figura 10).

É importante ressaltar que, em situações com ocorrência de espécies de plantas mais tenras, esse equipamento corta e segmenta o material, acelerando o processo de decomposição dos resíduos vegetais, o que não é indicado em termos de manejo ecológico do solo e na sustentabilidade do sistema plantio direto. Outro inconveniente é a distribuição desuniforme da massa vegetal sobre a superfície do solo, formando faixas com acúmulo de material em detrimento de espaços sem

cobertura residual. Tais fatores tendem a dificultar o desempenho operacional das semeadoras e contribuem para a ocorrência da flora infestante.



Figura 10: Roçadeira tração animal

8.7 SEGADEIRA

A segadeira é mais um implemento destinado ao corte de pastagens ou das espécies de cobertura, podendo ainda ser usado nos restos culturais de milho, sorgo e outras espécies.

No manejo das espécies de cobertura, o rendimento de trabalho das segadeiras é grande, tanto para as gramíneas como para leguminosas. É um implemento simples e forte que corta sem arrancar as plantas. No geral dependem de tração mecânica (Figura 11).

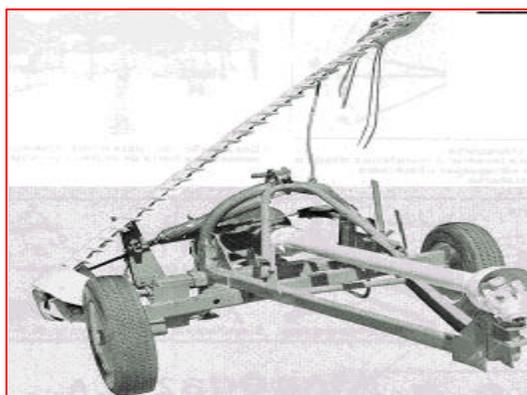


Figura 11: Segadeira de tração mecanizada

8.8 TRITURADOR

A exemplo da roçadeira, o triturador (Triton) pode ser utilizado eficientemente em situações de restevas densas com plantas lenhosas (cultura do milho em consórcio com guandú de porte alto, crotalárias, etc.) e resíduos de espécies fibrosas, que apresentam alta relação C/N e são de difícil decomposição.

Na pequena propriedade, onde é usual a colheita manual do milho, a maior parte dos restos culturais permanece intacta (colmo e palha rígida das espigas), facilitando a ocorrência de plantas espontâneas arbustivas e infestantes perenes. Em tais situações pode ser aconselhável o manejo da resteva com triturador ou equipamentos semelhantes. O triturador é um equipamento que fragmenta o material e o distribui de modo uniforme na superfície do solo, facilitando o desempenho operacional das semeadoras, principalmente no sistema plantio direto com uso de tração animal. Com a trituração pode-se combinar a semeadura de culturas, com um elevado volume de massa verde e sombreamento. Assim, cria-se um ambiente favorável aos microorganismos decompositores de resíduos vegetais. O aumento da atividade biológica provoca a competição pelos nutrientes e pode causar a morte de patógenos de plantas por inanição.

O fracionamento do material não deve ser demasiado pois, neste caso, aumenta a superfície de contato dos resíduos, acelerando sua decomposição e diminuindo a camada de resíduos na superfície do solo. Isto pode facilitar a incidência de inços e expor o solo aos efeitos negativos da radiação solar e do impacto das gotas de chuva.

8.9 DISTRIBUIDORES DE CALCÁRIO E DE ESTERCOS SÓLIDOS

A correção da acidez do solo na fase de implantação do sistema plantio direto é uma prática recomendada que objetiva a adequação química do solo, oportunizando um melhor desenvolvimento das culturas, maior produção de grãos e massa seca da parte aérea, com o conseqüente incremento na massa de resíduos culturais superficiais. Posteriormente à fase de implantação, são feitas calagens superficiais, sem incorporações, visando elevar os teores de cálcio e magnésio. A reacidificação do solo deve ser monitorada por meio de análises.

Na pequena propriedade é comum a distribuição de corretivos a lanço, manualmente. Porém, já existem diversos modelos de distribuidores de calcário com tração animal que executam tal tarefa, de maneira uniforme e regulada (Figura 12). São equipamentos de duplo propósito, pois também podem ser utilizados para a distribuição de adubos orgânicos sólidos e secos, possibilitando a redução do uso de fertilizantes e outros insumos externos à propriedade.

Normalmente os distribuidores de calcário possuem na sua estrutura agitadores e aletas que servem para fragmentar torrões dos produtos, minimizando os efeitos da agregação do material em decorrência do teor de umidade dos componentes, uniformizando a sua distribuição.

Os implementos de tração animal existentes no mercado possuem capacidade aproximada de 200 kg, com rendimento operacional médio de dois hectares/dia, sem exigir esforço físico do operador e com plena compatibilidade em relação à capacidade de tração dos animais.



Figura 12: Distribuidor de calcário e esterco

8.10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MELO, I. J. B. de Máquinas e equipamentos para manejo das plantas de cobertura. Porto Alegre: EMATER-RS, 1999. 10p. Não publicado.

9 TÉCNICAS CONSERVACIONISTAS COMPLEMENTARES

Neste capítulo estão sendo apresentadas e discutidas algumas técnicas e procedimentos que podem contribuir decisivamente para o manejo integrado e ecológico do solo. Incluem-se aqui, o preparo reduzido do solo, o cultivo mínimo, o terraceamento, os cordões em contorno vegetados ou de pedras e a rotação lavoura-pecuária.

9.1 MÉTODOS DE PREPARO DO SOLO

O preparo do solo de forma convencional, utilizado na agricultura por várias décadas, consiste na lavração e, dependendo da quantidade de torrões, seguida de uma ou mais gradagens, tornando o solo bastante pulverizado e extremamente sujeito aos processos de erosão. A fase de transição entre o preparo convencional e o sistema plantio direto, foi representada pelo “preparo reduzido” e pelo “cultivo mínimo”, que constituem-se em passos intermediários importantes.

9.1.1 PREPARO REDUZIDO DO SOLO

Superfícies rugosas, com restos culturais e presença de agregados, dificultam o escoamento superficial, reduzindo a velocidade de escoamento, propiciando maiores taxas de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, diminuindo a quantidade de sedimentos em transporte na enxurrada. O preparo reduzido não implica na redução da profundidade de trabalho do solo, mas no número de operações necessárias para dar condições ao estabelecimento das culturas. Os preparos superficiais proporcionam uma má distribuição dos nutrientes no perfil do solo, concentrando-os numa camada de poucos centímetros de profundidade.

O uso de escarificador para o preparo do solo foi intensificado por ser um implemento que se caracteriza por mobilizar o solo em menor intensidade do que o arado de discos e a grade pesada. Esse tipo de implemento, quando equipado com ponteiros estreitas (4 a 8 cm de largura), espaçadas de 25 a 32 cm entre uma e outra e operando em solo com teor de umidade equivalente ao ponto de friabilidade, proporciona uma superfície de solo preparada. Outra característica importante neste tipo de implemento é a inclinação da haste em relação à superfície do solo. Quando a haste formar com a superfície do solo

um ângulo de 90°, a força de tração exigida é máxima, a penetração no solo é dificultada e o resultado da prática de escarificação é mínimo. Quando o ângulo for de 45° a força de tração é pequena, a possibilidade de penetração é facilitada e a movimentação do solo é média. Porém, escarificadores equipados com hastes que formam com a superfície do solo um ângulo ao redor de 20° a 25° propiciam força de tração baixa, penetração fácil e movimentação adequada no solo. Um implemento com estas características, adaptado com pentes de discos ou rolo destorroador dispensa a gradagem de nivelamento do solo (Denardin, 1984).

Para que possam operar de forma eficaz em áreas submetidas a preparos reduzidos do solo, as semeadoras devem ser, preferencialmente, equipadas com disco duplo para a colocação da semente e com roda reguladora de profundidade de semeadura.

9.1.2 CULTIVO MÍNIMO

O cultivo mínimo consiste no plantio de uma determinada cultura comercial em sulcos com espaçamentos adequados, sobre uma área coberta com alta densidade de plantas de espécies protetoras e melhoradoras do solo, no período de maturação desta, sem a necessidade de lavrar e/ou gradear integralmente o terreno. O principal exemplo deste modo de preparo ocorre com a cultura do milho, quando plantado em uma área coberta com ervilhaca.

O aspecto mais importante a ser considerado é a combinação com as culturas comerciais trabalhadas, em termos de época de plantio e uso de consorciação, intercalação ou sucessão, e condições para que as mesmas se desenvolvam normalmente. Além dos benefícios proporcionados pela cobertura em si, o cultivo mínimo possibilita reduzir a mão de obra na época de preparo do solo, em comparação ao sistema convencional (Monegat, 1991). Esta forma de trabalho, dentro dos princípios ecológicos, proporciona muitas vantagens, principalmente aos pequenos produtores rurais. Entre as quais pode-se destacar:

- Melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo;
- Eficiente controle da erosão;
- Dispensa da lavração e/ou gradagem integral da área, pois a lavração é apenas em sulcos distanciados conforme o espaçamento da cultura comercial;
- Controle de plantas indesejáveis, evitando a competição;

- Retenção de maior quantidade de água, reduzindo as perdas por evaporação;
- Propicia forragem de alto valor nutritivo e de boa palatabilidade;
- Aumento da produtividade das lavouras comerciais;
- Redução do custo de produção.

9.2 MÉTODOS MECÂNICOS E VEGETATIVOS PARA REDUÇÃO DA ENXURRADA

A erosão hídrica é resultante da interação dos fatores erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento e grau do declive, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte. Qualquer alteração de um deles resultará em mudanças nos valores da erosão. A redução no comprimento do declive, por exemplo, ocasiona uma redução na enxurrada ou escoamento superficial e, conseqüentemente, na erosão hídrica (Bertol & Cogo, 1996).

As técnicas conservacionistas complementares ao manejo integrado e ecológico do solo, como o terraceamento, cordões em contorno vegetados e de pedras, são importantes no controle da erosão hídrica e redução da degradação do solo. Os terraços e os cordões em contorno vegetados ou de pedras são construídos com a finalidade de reduzir o comprimento dos declives, com reflexos na redução da velocidade do escoamento da enxurrada, no aumento da retenção da água superficial e na sua infiltração no solo, objetivando ainda aumentar o armazenamento de água para as plantas. Uma vez reduzido o comprimento do declive e a velocidade da enxurrada, caso ocorra erosão, a deposição dos sedimentos acontecerá no local onde é interrompido o fluxo superficial.

O escoamento superficial é o fator básico que condiciona tanto o espaçamento entre terraços numa lavoura quanto o dimensionamento dos seus canais. Em preparos conservacionistas de solo, a distância entre os terraços pode ser estabelecida com base na enxurrada constante que incide sobre seus canais. Quando o volume ou taxa constante de enxurrada que chega ao canal de um terraço planejado com dimensões adequadas for superior à capacidade do canal para armazenar ou escoar a referida enxurrada, o espaçamento dos terraços deve ser diminuído (Bertol & Cogo, 1996).

A taxa de enxurrada constante varia com o tipo de solo e sistema de manejo. No primeiro caso, ela dependerá das características e propriedades de cada solo,

principalmente da textura e estrutura do solo e da declividade do terreno. O sistema de manejo, tipo e quantidade de resíduos culturais, percentagem de cobertura do solo por resíduos, grau de consolidação e índice de rugosidade da superfície do solo são outros fatores que, também, influenciam no escoamento superficial e são determinantes no espaçamento entre terraços. Neste sentido Bertol & Cogo (1996) determinaram experimentalmente o espaçamento máximo permitido entre terraços, para contenção da enxurrada, no sistema de plantio direto com trigo e trigo + milho, imediatamente e 140 dias após a colheita e com escarificação após a colheita do milho e trigo + milho, sobre um Argissolo Vermelho Amarelo com declividade média de 6,6 %. Os autores obtiveram o espaçamento máximo entre terraços de 40 e 56 m para o sistema plantio direto com trigo e trigo+milho logo após a colheita, respectivamente, e de 33 m para o trigo+milho 140 dias pós-colheita. O espaçamento máximo obtido no sistema escarificado foi de 44 metros na resteva de milho e 51 m na resteva de trigo+milho.

O terraceamento é considerado uma prática mecânica eficiente no controle da erosão, especialmente se combinado com práticas de caráter vegetativo, abrangendo com a maior amplitude possível os diversos aspectos do problema. No Brasil não temos dados experimentais que mostrem o grau de eficiência dos terraços no controle da erosão hídrica. Marques (1950), citado por Bertoni & Lombardi Neto (1985), utilizando uma média de sete estações experimentais americanas, determinou que eles controlam 87% das perdas de solo e 12% das de água, em relação à área preparada convencionalmente e sem terraço.

Além dos terraços, os cordões vegetados ou de pedras são técnicas bastante eficiente no controle de erosão, chegando quase a equívalerem-se. Bertoni & Lombardi Neto revelam que estas práticas controlam cerca de 80% das perdas de solo e 60 % das perdas de água. Dados experimentais também mostram a quantidade de sedimentos por eles contidos ao longo do tempo. Entre eles, os resultados de pesquisa de Silva & da Silva (1997) mostram que a massa de sedimentos retidos pelos cordões de pedras em contorno, após treze anos, num solo Litólico sob pastagem, com declividade média de 3% e precipitação média anual de 705 mm, foi de 60 t ha⁻¹ ano. Em declividades maiores (15%) eles observaram que a retenção e a deposição da terra superavam muitas vezes a massa de sedimentos retidos na declividade de 3%, visto que algumas áreas já haviam sido transformadas em patamares antes dos treze anos e os cordões já se apresentavam soterrados pelo acúmulo de solo transportado e depositado, evidenciando assim a importância desta prática na contenção da erosão hídrica. Por outro lado, é importante

ressaltar a necessidade da utilização simultânea de outras práticas conservacionistas objetivando o aumento da eficiência das mesmas.

Os mesmos autores observaram, também, que nos locais de retirada e de deposição dos sedimentos houve alteração nas características físicas e químicas do solo. No local de retirada houve um prejuízo nas propriedades de retenção e armazenamento de água no solo, diminuindo a porosidade total e a disponibilidade de água para as plantas, com reflexos significativos no rendimento da cultura do milho. A redução das propriedades físicas e químicas originais do solo, nos locais de remoção dos sedimentos, ocorre devido ao espaçamento entre cordões ser muito grande. O espaçamento entre os cordões vegetados ou de pedras deve ser relacionado com a declividade e, também, com a profundidade do solo.

Os sistemas de preparo conservacionista, especialmente a semeadura direta e a pastagem, causam expressiva diminuição das perdas de solo em relação ao plantio convencional, podendo criar a falsa idéia de que não há necessidade de preocupar-se com as práticas conservacionistas complementares para a contenção da enxurrada e erosão hídrica. Em certas ocasiões, grandes enxurradas podem ocorrer , até mesmo no plantio direto, capazes de ocasionar a remoção dos resíduos culturais e, conseqüentemente, deixar o solo exposto à ação de chuvas e de enxurradas subseqüentes, as quais podem sulcar o solo e aumentar a erosão hídrica. Nestas situações, o terraceamento e o cordão vegetado ou de pedra é uma alternativa segura para manejar a enxurrada superficial, reduzir a erosão hídrica, manter a capacidade produtiva do solo e evitar a contaminação ambiental.

9.3 ROTAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA

No manejo integrado e ecológico dos solos, as pastagens apresentam contribuições significativas entre as plantas cultivadas, pois tem a importante função de manter a cobertura do solo, protegendo-o do desgaste provocado pela erosão hídrica e eólica. As pastagens são relevantes no sistema de integração lavoura-pecuária. Neste sistema, as funções de produção de biomassa e recicladoras de nutrientes, exercidas pelas pastagens, potencializam ganhos que permitem aos produtores rurais trabalharem com margens de resultados positivos. A pecuária gaúcha tem apresentado avanços significativos a partir da substituição de um sistema tradicional por um sistema melhorado, com âncora na integração lavoura-pecuária. Assim, um plano de rotação de culturas permite

aumentar a oferta de alimentos aos animais nos períodos críticos e modificar o sistema de exploração, com reflexos positivos nos principais índices tecnológicos. Conseqüentemente, os coeficientes técnicos e econômicos dos sistemas de produção em campo nativo alteram-se quando se introduz o sistema melhorado, tendo pastagem de inverno e com base na integração lavoura-pecuária (Freitas, 1999).

9.3.1 SISTEMA MELHORADO

Além da análise de aspectos comparativos entre sistemas completos de produção (cria-recria-terminação), quando integrados ou não com a lavoura, evidenciam reflexos na melhoria dos índices tecnológicos e econômicos, e observa-se que as potencialidades se maximizam ao conjugar-se o plantio direto, proporcionando basicamente:

- Menor custo ambiental com diminuição de erosão eólica e hídrica.
- Melhor preservação dos recursos naturais.
- Maior sustentabilidade dos sistemas com menor custo fixo, diminuindo a ociosidade dos recursos, otimizando a maquinaria e, conseqüentemente, aumentando as margens líquidas.

A prática da rotação de culturas na integração lavoura-pecuária consiste em mudar periodicamente o tipo de planta utilizada em cada gleba, bem como o respectivo manejo, com variações dos diversos sistemas, podendo ser anualmente ou a cada 2 – 3 anos. Exemplificando, onde no 1º ano foi feito cultivo mínimo com gramínea (aveia), no 2º ano seria utilizada leguminosa (ervilhaca) em cultivo isolado ou consorciado com gramíneas para adubação verde. É necessário dividir as áreas da propriedade em diversas glebas para melhor funcionamento do sistema e, em cada uma delas, utilizar plantas de cobertura diferentes (leguminosas e gramíneas) na seqüência de cada safra, no mesmo ano preferencialmente, mas admitindo-se também, ano após ano.

Diversas vantagens advém do uso desta prática, salientando-se o melhor controle de doenças, pragas e ervas espontâneas, bem como, a racionalização do tempo, mão-de-obra e dimensionamento mais adequado das máquinas disponíveis na propriedade.

Os modelos de rotação de culturas devem ser regionalizados e definidos a partir de discussões amplas entre Extensão Rural, Pesquisa e produtores rurais que validarão as

tecnologias para microrregiões edafoclimáticas específicas. Seguem algumas alternativas que podem compor sistemas de rotação de culturas:

- cevada → soja → ervilhaca → milho
- tritcale → soja → ervilhaca → milho →
- trigo → soja → aveia preta + ervilhaca → milho
- trigo → soja → ervilhaca → milho/sorgo
- trigo → soja → colza → soja
- trigo → soja → cevada → soja
- cevada → soja → serradela → milho
- aveia branca → soja → ervilhaca → sorgo

Em outro exemplo clássico e usual cita-se:

- ervilhaca → milho (no cedo) ou feijão ou fumo → nabo → trigo → soja

9.3.2 PASTAGENS PERMANENTES

No manejo integrado e ecológico dos solos é fundamental atentar-se para a sustentabilidade da agropecuária. Por isto, recomenda-se introduzir no sistema de rotação de culturas, pastagens de ciclo longo. Estas podem ser manejadas em rotação nos sistemas de longa duração, por exemplo, arroz durante dois anos, seguido de pastagem consorciada com leguminosas e gramíneas que tenham persistência por 4, 5 ou 6 anos.

As pastagens permanentes também podem ser utilizadas em lavouras onde se deseja interromper a rotação de ciclo curto, mantendo a área durante médio ou longo período com pastagem perene, não retornando à agricultura. São áreas que se beneficiaram pelo aporte de fertilização residual da agricultura e, assim melhoradas, passam a ser pastagens naturalizadas. Exemplo disto pode ser o uso de Pensacola na sucessão de uma cultura ou após um ciclo de culturas anuais, implantada pelo método de culturas companheiras com custo reduzido.

O manejo do campo natural com pastagem permanente deve receber especial atenção, pois não tem sido tratado como uma cultura anual. Na concepção da maior parte dos produtores rurais ela é eterna e por esta razão vem se degradando continuamente.

Os principais métodos de manejo de pastejo são (Freitas, 1999):

1. Pastejo contínuo – método em que praticamente não há cercas divisórias ou muito poucas. O gado escolhe onde e o que quer comer.
2. Pastejo alternado - trabalha-se basicamente com apenas duas divisões. Quando os animais terminam o pastejo de uma área são passados para a outra e assim sucessivamente.
3. Pastejo rotativo – neste as subdivisões já são mais numerosas e o gado fica num piquete o tempo necessário para comer toda a forragem, sendo que o número de piquetes é que determina o tempo de permanência do gado, com conseqüências no repouso e no rebrote das plantas
4. Pastejo rotativo racional – consiste na utilização da pastagem no momento exato em que termina o crescimento máximo desta, e a retirada dos animais antes que se inicie o rebrote. Este sistema permite que as plantas consigam armazenar reservas nas raízes e se recuperar rapidamente. O início do pastejo e a retirada dos animais é regulada pela quantidade de forragem oferecida à unidade animal por dia. Isto permite o cálculo da carga animal suportada por uma área pastoril durante determinado número de dias e define o número de poteiros necessários.
5. Pastejo horário – Neste sistema os animais permanecem apenas de 1 a 3 horas por dia.

9.3.3 PERÍODO DE RETIRADA DOS ANIMAIS

Segundo Freitas (1999), o momento da retirada dos animais está relacionado ao objetivo principal da lavoura que os apascenta ou seja:

- a) **Produção de biomassa:** neste caso devem ser retirados o mais cedo possível, de forma tal que não seja prejudicada a produção de massa verde, a qual originará uma maior quantidade de palha para proteção do solo, para ser transformada em humus e, conseqüentemente, aumentar os teores de matéria orgânica no solo. Também, quanto maior a altura por ocasião da retirada dos animais, maior será o índice de área foliar remanescente e mais rápida será a recuperação da planta, pois haverá maior aproveitamento da energia solar para fotossíntese;
- b) **Terminação ou manutenção:** quando o objetivo é a engorda os animais devem permanecer nas pastagens, conforme o sistema de pastoreio utilizado (contínuo –

rotativo – horário), até apresentarem o acabamento final ou terminar o ciclo das mesmas;

- c) **Produção de sementes:** recomenda-se para a colheita de sementes o diferimento (vedação da área à utilização dos animais) a partir do final do mês de setembro, período em que a carência alimentar nos campos nativos termina. Entretanto, pode-se prolongar até meados de outubro quando há necessidade de utilizar as áreas por mais tempo e o objetivo final for a ressemeadura natural da pastagem para utilização no ano seguinte.

É interessante salientar, que nas três situações de manejo anteriormente citadas, há excelente reciclagem de nutrientes, proporcionada pela biomassa restante sobre o solo e pelo retorno via esterco/urina, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas, com reflexos positivos no rendimento das culturas de grãos que sucedem as pastagens. Concomitante aos princípios de melhoria da fertilidade, as pastagens tem por objetivo, aumentar a oferta de massa verde aos animais, em todos os períodos do ano.

O período de retirada dos animais, bem como a introdução deles na pastagem, depende da carga animal com base na disponibilidade de matéria seca da forragem. A determinação da carga animal adequada sobre pastagens cultivadas é um requisito fundamental para o êxito no manejo de forrageiras. Muitas vezes o produtor, ou mesmo o técnico, encontram dificuldades para definir o número de animais que determinada área de pastagem pode receber em certo momento. No entanto, isto pode ser definido com bastante precisão, desde que estejam disponíveis as informações para a tomada de decisão por parte de quem maneja a pastagem. Os dados que permitem esta definição, citados por Miranda (1997), são :

- Matéria seca (MS) existente na pastagem;
- Taxa de crescimento médio da pastagem (determinada através de método específico);
- Pressão de pastejo desejada.

A determinação da MS é feita cortando-se e pesando-se a massa verde existente em um quadrado de 0,5m x 0,5m (0,25m²), colocado em pontos aleatórios da pastagem. A seguir, a amostra é homogeneizada, retirando-se uma sub-amostra de exatamente 0,5 kg que será usada para a determinação da matéria seca (MS). Após a secagem do material a sub-amostra é pesada, sendo determinado o percentual (%) e a produção de MS (kg ha⁻¹). A secagem é feita em estufas de ar forçado, a uma temperatura de 65°C por 48 horas, estando a sub-amostra acondicionada em saco de papel. Algumas

amostras tem sido secadas em fornos de microondas, por aproximadamente 10 minutos em potência máxima, com razoável nível de precisão.

A taxa de crescimento médio da pastagem é determinada através de cortes em intervalos de tempo definidos

A pressão de pastejo é estabelecida em termos de kg de MS por 100 kg de peso vivo por dia. Assim, uma pressão de pastejo de 10%, corresponde a uma disponibilidade de MS de 10kg para 100 kg de peso vivo animal por dia de utilização. Já uma pressão de pastejo de 9%, corresponde um aumento de carga animal, pois serão ofertados 9 kg de MS para 100 kg de peso vivo animal. Desta forma, segundo Miranda (1997) a determinação da carga animal média de uma pastagem, para um período de 28 dias, pode ser feita partindo-se do exemplo apresentado a seguir. Vamos considerar uma pastagem composta de azevém + trevo vesiculoso com 15.000 kg ha⁻¹ de massa verde e 1.600 kg ha⁻¹ de matéria seca, e cujo crescimento estimado de matéria seca (MS) seja de 20 kg ha⁻¹ dia. A determinação da carga animal neste exemplo de pastagem, considerando-se novilhos com peso médio de 250 kg, é feita da seguinte forma:

- Período de utilização da pastagem: 28 dias
- 1.600 kg ha⁻¹ de MS em 28 dias = 57,1 kg ha⁻¹ dia
- 57,1 kg ha⁻¹ dia + 20 kg (crescimento diário) = 77,1 kg ha⁻¹ dia
- 77,1 x 10 (pressão de pastejo de 10%) = 771 kg ha⁻¹ de peso vivo
- Peso de cada novilho no início do pastejo = 250kg
- 771 kg ha⁻¹ de peso vivo divididos por 250kg = 3,1 cab. ha⁻¹
- Potreiro com 40 ha (exemplo) = 124 cabeças.

Assim pode-se proceder para a retirada dos animais ou introdução dos mesmos nas pastagens.

9.3.4 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA FORRAGEIRAS

Recomenda-se observar o zoneamento climático (Rio Grande do Sul, 1994) para uso de forrageiras, adotando a temperatura como critério fundamental (Tabelas 22 e 23). No estudo o Estado foi dividido em regiões preferenciais, toleradas, marginais e inaptas, tanto para forrageiras tropicais como perenes temperadas (Figura 13). As principais

recomendações de forrageiras de estação quente, de estação fria e as zonas climáticas do RS estão nas tabelas 24 e 25.

Tabela 22 : Critérios para zoneamento climático “pastagem de inverno” no Rio Grande do Sul. Forrageiras de clima temperado.

ZONAS	Nº de meses com temperatura média abaixo de 10°C	temperatura média do mês mais quente (°C)
Preferenciais III, IV, V, VII, IX, XI	3 meses	24°C
Toleradas I, VIII	3 meses	24°C
Marginais I, VIII	2 meses	24°C
Inaptas	-----	-----

Fonte: Rio Grande do Sul, 1994.

Tabela 23: Critérios para zoneamento climático “pastagem de verão” no Rio Grande do Sul. Forrageiras de clima tropical e subtropical.

ZONAS	ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO EFETIVO	TEMPERATURA MÉDIA DAS MÍNIMAS NA ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO (°C)
Preferenciais I, VI	10 meses	10°C
Toleradas I, III, VII, VIII	9 meses	10°C
Marginais IV, IX, XI	7 a 8 meses	10°C
Inaptas V, X	6 meses	10°C

Fonte: Rio Grande do Sul, 1994.



Figura 13. Zonas climáticas para a cultura das forrageiras
Fonte: Rio Grande do Sul, 1994.

Tabela 24 : Forrageiras para estação quente.

Forrageiras	Zonas climáticas				Época de semeadura	Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)	
	Prefer.	Tolerante	Marginal	Inapta		Singular	Consoiciada
ANUAIS							
Milheto	1; 6	2; 3; 7; 8	4; 9; 11	5; 10	Set / dez	15 / 20	12 / 15
Sorgos	“	“	“	“	“	“	“
Feijão	“	“	“	“	“	50 / 60	30 / 40
Miúdo							
PERENES							
Capim elefante	1; 6	1; 3; 7	4; 9; 11	5; 10	Set / dez	mudas	mudas
Pensacola	“	“	“	“	“	20 / 25	15 / 20
Pangola	“	“	“	“	“	mudas	mudas
Capim Rhodes	“	“	“	“	“	8 / 12	6 / 10.
Brachiária	“	“	“	“	“	3 / 6	2 / 4
Setária	“	“	“	“	“	6 / 10	4 / 6
Soja perene	-	-	-	-	“	7 / 8	5 / 6
Alfafa	1; 2; 3; 4; 7; 8	5; 6; 9; 10	11	-	Mar / mai set / out	12 / 15	-

Fonte: Rio Grande do Sul, 1994

Tabela 25 : Forrageiras para estação fria.

Forrageira	Zonas climáticas			Época de semeadura	Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)	
	Preferencial	Tolerada	Marginal		Singular	Consoiciado
ANUAIS						
Aveias branca e amarela	3; 4; 5; 7; 9; 10; 11	2; 8	1; 6	Março/Julho	80 - 100	50 - 60
Aveia preta	“	“	“	“	60 - 80	40 - 50
Azevém	“	“	“	Março/Maio	20 - 25	10 - 15
Centeio	“	“	“	“	60 - 80	40 - 50
Ervilhaca	“	“	“	“	40 - 50	20 - 30
T. Vermelho	“	“	6	“	10 - 15	8 - 10
T. Vesiculoso	“	“	1; 6	“	6 - 8	4 - 6
PERENES						
Festuca	“	“	6	“	12 - 15	7 - 10
Cevadilha	“	“	“	“	30 - 50	20 - 25
Cornichão	“	“	1; 6	“	8 - 10	6 - 8
Trevo Branco	“	“	6	“	1 - 3	0,5 - 2

Fonte: Rio Grande do Sul, 1994

9.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOL, I. ; COGO, N. P. **Terraceamento em sistemas de preparo conservacionista do solo: um novo conceito**. Lages: NRS-SBCS, 1996. 41p. (NRS-SBCS, Boletim Técnico, 2).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**: São Paulo: Livroceres, 1985. 392p.

DENARDIN, J. E.. Manejo adequado do solo para áreas motomecanizadas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., Passo Fundo, 1984. **Anais** ... Passo Fundo: UPF-PIUCS, RS, 1984. p.107 – 23.

FREITAS, F. R. R. de. Rotação lavoura-pecuária. Porto Alegre: EMATER/RS. 1999. Não publicado.

MIRANDA, A. C. Determinação da carga animal em pastagens, com base na disponibilidade de MS de forragem. Informativo Técnico Regional, ESREG Depressão Central, Santa Maria, n. 15, p. 1-2, 1997

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo; características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó (SC), 337p, 1991.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura; EMBRAPA/CNPTrigo. Zoneamento climático para a cultura de forrageiras de clima tropical e subtropical. In: Macrozoneamento agroecológico e econômico. Porto Alegre, 1994. v.2, p.33.

SILVA, F.J.da; SILVA, J.C.R. Produtividade de um solo Litólico associada ao controle da erosão por cordões de pedra em contorno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 21, p.435-440, 1997.

SILVA, J.R.C.; SILVA, F.J. da. Eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramento de propriedades de um solo Litólico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21: p.441-446, 1997.

10 FLORESTAS ECOLÓGICAS

O papel da floresta no equilíbrio dos ecossistemas sempre ocupou um lugar de destaque. Existe ilimitado número de registros salientando a importância que a floresta exerce na vida urbana e rural, porém, somente nas últimas décadas é que foi dada a devida atenção sobre a influência das florestas sobre o clima, solo e a água, motivada provavelmente pela industrialização e urbanização, pelo crescimento populacional na complexidade urbana, e pelas necessidades de melhoria na qualidade de vida dos habitantes.

As ações florestais desenvolvidas no Estado, ainda que esparsas, têm contabilizado, de alguma forma, ganhos ecológicos importantes, devido a produção de biomassa originada de áreas reflorestadas, sejam com espécies exóticas ou nativas. Embora seja necessário uma melhor mensuração de alguns parâmetros, existem benefícios que são inequívocos, como a preservação das florestas nativas pela redução da pressão de corte; seqüestro do gás carbônico da atmosfera e liberação de oxigênio; aumento da infiltração da água no solo, beneficiando o abastecimento do lençol freático e na regularização dos cursos de água; participação no ciclo de nutrientes retirados e absorvidos do subsolo e trazidos para a superfície, fazendo parte da espessa camada de húmus, e revitalização de algumas espécies de animais e vegetais que estariam por ser dizimadas (Ferron, 1999).

Cientistas de diversas universidades americanas estimaram o valor econômico corrente dos benefícios proporcionados aos seres humanos por 16 grandes ecossistemas existentes no planeta. Neles se incluem as florestas tropicais, os oceanos, os estuários e as áreas de mangue, entre outros. O resultado da equação foi surpreendente: 33 trilhões de dólares anuais (Costanza, et al., 1997). Ressalte-se que o somatório do produto nacional bruto de todos os países encontra-se ao redor de 18 trilhões de dólares anuais. Referente a área florestal, o que os pesquisadores tentaram medir não foi o valor da riqueza em si, como as árvores ou os pássaros de uma floresta, por considerarem isso incalculável. Eles levaram em conta apenas o efeito dos ecossistemas na natureza, com a capacidade que as árvores tem para regular o clima. Foi considerado ainda, a capacidade das florestas de conter a erosão do solo. O estudo mostra que o produto econômico de uma floresta cortada, sempre tem uma contrapartida oculta na natureza. O exemplo mais expressivo é a floresta Amazônica com a possibilidade de quantificação. Se forem consideradas algumas funções naturais, como controle da erosão, produção de alimentos e a prevenção do efeito estufa,

cada hectare da floresta virgem produz o equivalente a 2.000 dólares anuais em benefícios. Multiplicados pelos 55 milhões de hectares amazônicos, fazem um serviço pelo homem equivalente a 1,1 trilhões de dólares por ano. Isto, levando-se em conta apenas a floresta Amazônica (Costanza, 1997).

A Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS) registra que nossas florestas plantadas de eucalipto no Brasil fixam 9,2 toneladas de carbono por hectare por ano, contra 3,5 t nos EUA e 1,5 t na Suécia, comparadas suas áreas produtivas. A indústria de base florestal no Brasil (papel, celulose, carvão, chapas, aglomerados e outros) tem hoje 4,6 milhões de hectares plantados e depende de um crescimento de 400 mil hectares por ano para atender o aumento da demanda prevista para os próximos 10 anos. Nesse ciclo, a estimativa é seqüestrar mais 26 milhões de toneladas de carbono, segundo a SBS (Martins, 1999).

Os ecossistemas florestais, distribuídos em grandes áreas da biosfera, são constituídos por vasta complexidade e grande diversidade de espécies, as quais utilizam a energia solar para a produção de biomassa. A produtividade de um ecossistema florestal está relacionada diretamente com o consumo e com a disponibilidade de dióxido de carbono no meio, pois este é o elemento que movimenta o processo de absorção das plantas. A assimilação do dióxido de carbono (CO₂) ocorre através de uma absorção passiva por meio dos estômatos das folhas, cuja abertura é regulada principalmente pela intensidade de luz e pelo regime hídrico interno da planta (Schumacher et al., 1997).

No caso de uma cobertura florestal que não tenha sofrido nenhum tipo de alteração, principalmente causada pelo homem, a taxa de infiltração de água no solo é tida como máxima. No interior de uma floresta qualquer, a camada de matéria orgânica que se encontra depositada sobre o solo, desempenha papel fundamental na manutenção das condições ideais para que ocorra o processo de infiltração da água (Schumacher et al., 1998).

As matas ciliares são sistemas que funcionam como reguladores do fluxo de água, sedimentos e nutrientes entre os terrenos mais altos da bacia hidrográfica e o ecossistema aquático. Essas matas desempenham o papel de filtro entre as partes mais altas da bacia hidrográfica, utilizada pelo homem para a agricultura ou urbanização, e a rede de drenagem, onde se encontra o recurso mais importante para o suporte da vida, que é a água.

O principal papel desempenhado pela mata ciliar na hidrologia de uma bacia hidrográfica pode ser verificado na quantidade de água do deflúvio. Em estudos realizados para verificar o processo de filtragem superficial e subsuperficial dos nutrientes, N, P, Ca, Mg e Cl, através da presença da mata ciliar, as conclusões foram as seguintes:

- A manutenção da qualidade da água em microbacias hidrográficas depende da presença da mata ciliar;
- A remoção da mata ciliar facilita o aumento de nutrientes no curso de água;
- O efeito benéfico da mata ciliar é devido a absorção de nutrientes do escoamento subsuperficial pelo ecossistema ripário (Schumacher et. al., 1998).

A floresta contribui muito para a conservação dos sítios, na circulação e purificação do ar, na manutenção da flora e da fauna e, especialmente, na qualidade da água doce que a população humana, animal e vegetal consomem. Ainda, a floresta e suas comunidades vegetais se transformam na maior fonte de produção primária que irá fornecer a sustentação para toda a cadeia alimentar. Além disso, fornecem a madeira que é a matéria-prima para diversas finalidades que atendem as necessidades do homem.

Conhecer as interações e o funcionamento dos ecossistemas florestais é importante porque as florestas têm participação especial no equilíbrio do ambiente, proporcionando condições de produtividade em todos os aspectos.

O desconhecimento e as próprias dificuldades que se possui, para entender os emaranhados ambientes dos ecossistemas levam o homem ao uso irracional do meio ambiente. Por outro lado, a falta de um gerenciamento racional da natureza não estimula a autêntica conservação do ambiente (Schumacher et al., 1997). Desta maneira, a paisagem natural passa a ser agredida de modo inconseqüente na busca de retornos imediatos, sem a preocupação com as conseqüências futuras. Face à grande desconsideração com os aspectos ecológicos, é importante uma tomada de consciência e um alerta geral no que se refere à sobrevivência da humanidade sobre a terra.

O conhecimento do ecossistema é o exercício de juntar diferentes percepções. Uma descrição acadêmica do ambiente local pode ser encontrada geralmente em documentos da área geográfica e edafoclimática, que vai desde o relevo, hidrografia, microbacia hidrográfica, zoneamento de espécies, composição da formação vegetal, até a densidade, ciclos sazonais, reprodução, nichos e usos (Vivan, 1998).

A realidade nos mostra que os esforços realizados até o momento, por alguns setores da sociedade para a preservação ambiental, não atingiram resultados satisfatórios. Isto pode ser atribuído ao complexo mundo dos ecossistemas que, além de ser o suporte da humanidade, é o grande meio da vida silvestre.

No Rio Grande do Sul existe grande número de espécies que apresentam bom desenvolvimento, resultando em promissoras florestas. Estas espécies estão sendo cada vez mais estudadas e recomendadas para o plantio, pelo fato de serem ecologicamente adaptadas aos ecossistemas existentes, tornando-se indispensáveis para o equilíbrio da natureza. Podem ser recomendadas com prioridade para um reflorestamento ecológico as espécies florestais a seguir: araucária, canafístula, canjerana, capororoca, cedro, erva-mate, guapuruvú, grábia, ingá, louro pardo, ipê, palmitero, guatambú, sibipiruna, sobragi, timbaúva, entre outras (Silveira, 1999).

10.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTANZA, R.; d'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P. & BELT, M. van den. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, London, v. 387, p. 253-60, 1997.

FERRON, R. M. Os ganhos ecológicos e econômicos do Plano Cotrel de Reflorestamento. Erechim-RS: Cotrel, 1999. 2p. Apostila. Não publicado.

MARTINS, E. Compensação de Emissões – superlativo ambiental. Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia. v. 19, n.11, p. 26-27. 1999.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. A Complexidade dos ecossistemas. Porto Alegre: Palloti, 1997. 70p.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. A Floresta e a água. Porto Alegre: Palloti, 1998. 70p.

SILVEIRA, J. S. Florestas Ecológicas. Erechim: EMATER-RS, 1999. 8p. Não publicado.

VIVAN, J. Agricultura & Florestas: princípios de uma interação vital. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1998. 207p.

ANEXO A: Características de algumas espécies protetoras e melhoradoras do solo no período de verão.

Espécie	Agressividade inicial	Floração plena (dias)	Altura da planta (cm)	Massa verde (t ha ⁻¹)	Massa seca (t ha ⁻¹)	Relação (C/N)	Carbono (Kg ha ⁻¹)
Crotalaria retuza	Lenta	86 – 107	60 – 80	30 – 40	5 – 8	18/20	2500 – 3500
Crotalaria ochroleuca	Mediana						
Crotalaria juncea	Rápida	107 – 157	215 – 250	40 – 50	10 – 13	20	4000
Guandú BN	Mediana/ Rápida	109 – 129	95 – 120	35 – 45	8 – 10	15/18	3000
Nabo forrageiro	Rápida	70 – 80	90 – 180	20 – 30	3 – 4	11	1500
Guandú anão	Mediana/ Rápida	107 – 129	95 – 120	25	8	16	2500
Feijão de porco	Mediana	79 – 124	90 – 100	35	9	11	3600
Lab-lab	Mediana	130	Hábito rasteiro	40	10	11	4000
Mucuna cinza	Mediana/ Rápida	152 – 165	Hábito rasteiro	45	10	11	4500

Espécie	Raízes (cm)	Exigência fertilidade solos	Fixação N (kg ha ⁻¹)	Sementes (kg ha ⁻¹)	Nº sementes/m Espaçamento: (40 cm)	Necessidade água (mm)
Crotalaria retuza	Agressiva		50 – 80	15	36	
Crotalaria ochroleuca				8	47	
Crotalaria juncea	Agressivas /60cm	Mediana/ solos pobres	100 – 150	25	20	Mínimo 300 mm
Guandú BN	Agressivas /50 cm	Baixa/ solos pobres	100	25	15	Mínimo 300 mm
Nabo forrageiro	Agressivas /50 cm	Média	Recicla N e P	12 – 18		Normal
Guandú anão	Agressivas	Baixa	100	25	15	Mínimo 300 mm
Feijão de porco	Medianamente agressiva	Média	50 – 60	150	5	400
Lab-lab	Medianamente agressiva	Boa	Fraca/poucos nódulos	45	7	+ 1000
Mucuna cinza	Medianamente agressiva	Baixa	100	80	3	400

ANEXO B : Utilização do densímetro (aerômetro) para estimar os teores de matéria seca, N, P₂O₅ e K₂O no esterco líquido de bovinos e matéria seca e N no esterco líquido de suínos.

Densidade (kg/m ³)	Esterco Líquido de Bovinos				Esterco Líquido de Suínos	
	MS (%)	N ----- (kg/m ³)	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	K ₂ O -----	MS (%)	N (kg/m ³)
1000	0,00	0,06	0,05	0,06	0,00	0,30
1001	0,00	0,13	0,09	0,12	0,00	0,48
1002	0,11	0,20	0,12	0,19	0,10	0,67
1003	0,34	0,26	0,16	0,25	0,38	0,85
1004	0,58	0,33	0,20	0,32	0,68	1,04
1005	0,81	0,40	0,24	0,38	0,96	1,22
1006	1,05	0,47	0,28	0,45	1,25	1,41
1007	1,28	0,54	0,31	0,51	1,54	1,59
1008	1,52	0,61	0,35	0,58	1,83	1,78
1009	1,75	0,68	0,39	0,64	2,12	1,96
1010	1,99	0,74	0,43	0,71	2,41	2,15
1011	2,22	0,81	0,46	0,77	2,70	2,33
1012	2,46	0,88	0,50	0,83	2,99	2,52
1013	2,69	0,95	0,54	0,90	3,30	2,70
1014	2,93	1,02	0,58	0,96	3,57	2,89
1015	3,16	1,09	0,61	1,03	3,85	3,07
1016	3,40	1,16	0,65	1,09	4,14	3,26
1017	3,63	1,22	0,69	1,16	4,43	3,44
1018	3,87	1,29	0,73	1,22	4,72	3,63
1019	4,10	1,36	0,77	1,29	5,01	3,81
1020	4,34	1,43	0,80	1,35	5,30	4,00
1021	4,57	1,50	0,84	1,42	5,59	4,18
1022	4,81	1,57	0,88	1,48	5,88	4,37
1023	5,04	1,63	0,92	1,54	6,17	4,55
1024	5,28	1,70	0,95	1,61	6,46	4,74
1025	5,51	1,77	0,99	1,67	6,74	4,92
1026	5,75	1,84	1,03	1,74	7,03	5,11
1027	5,98	1,90	1,07	1,80	7,32	5,29
1028	6,22	1,98	1,10	1,87	7,61	5,48
1029	6,45	2,05	1,14	1,93	7,90	5,66
1030	6,69	2,11	1,18	2,00	8,19	5,85
1031	6,92	2,18	1,22	2,06	8,48	6,03
1032	7,16	2,25	1,26	2,13	8,77	6,22
1033	7,39	2,32	1,29	2,19	9,06	6,40
1034	7,63	2,39	1,33	2,26	9,35	6,59
1035	7,86	2,46	1,37	2,32	9,63	6,77
1036	8,10	2,53	1,41	2,38	9,92	6,96
1037	8,33	2,59	1,44	2,45	10,21	7,14
1038	8,57	2,66	1,48	2,51	10,50	7,33
1039	8,80	2,73	1,52	2,58	10,79	7,51
1040	9,04	2,80	1,56	2,64	11,08	7,70
1041	9,27	2,87	1,59	2,71	11,37	7,88
1042	9,51	2,93	1,63	2,77	11,66	8,07
1043	9,74	3,00	1,67	2,84	11,95	8,25

1044	9,98	3,07	1,71	2,90	12,24	8,44
1045	10,21	3,14	1,74	2,97	12,52	8,62
1046	10,45	3,21	1,78	3,03	12,81	8,81
1047	10,68	3,28	1,82	3,09	13,10	8,99
1048	10,92	3,35	1,86	3,16	13,39	9,18
1049	11,15	3,42	1,90	3,22	13,68	9,36
1050	11,39	3,48	1,93	3,29	13,97	9,55
1051	11,62	3,55	1,97	3,35	14,26	9,73
1052	11,86	3,62	2,01	3,42	14,55	9,92
1053	12,09	3,69	2,05	3,48	14,83	10,10

Barcellos, 1991; Aita, 1984.

RECOMENDAÇÕES PARA O USO CORRETO DA TABELA

- Homogeneizar completamente a biomassa na esterqueira líquida, através de agitadores manuais de preferência até o fundo do reservatório.
- Coletar as amostras de esterco (fração pastosa + líquida) e transferir para uma proveta de 500 ml, onde é realizada nova homogeneização com bastão de vidro.
- Realizar a leitura da densidade com um densímetro graduado de 1000 a 1100 kg/m³ (Arba ou Incoterm).
- Corrigir o valor da densidade em função da temperatura conforme tabela de correção da densidade.

Tabela de correção da densidade dos resíduos de acordo com a temperatura.

15,5	a	18,5 °C	Diminui 1
18,6	a	21,5 °C	Não corrige
21,6	a	24,5 °C	Aumenta 1
24,6	a	27,0 °C	Aumenta 2
27,1	a	29,5 °C	Aumenta 3
29,6	a	32,0 °C	Aumenta 4

(Tedesco et al., 1985)

As amostras cuja consistência não permite a leitura direta, são diluídas com água na proveta em iguais proporções (1 : 1), e posteriormente o cálculo da densidade é feito pela fórmula $D = 1000 + 2 \text{ (Densidade lida - 1000)}$.

APLICAÇÃO PRÁTICA DA UTILIZAÇÃO DO DENSÍMETRO

Para fins de exemplo do uso do densímetro, através da tabela seguinte consideremos que numa esterqueira com esterco líquido de bovinos a densidade seja de 1001 (kg/m³) e o produtor aplicará 40 m³/ha. Num distribuidor de 2.000 litros, o trator fará 20 viagens de ida até a lavoura e estará levando apenas 5 kg de nitrogênio por hectare. Considerando que a taxa de mineralização do nitrogênio é de 50% no 1º ano de aplicação, a planta vai dispor teoricamente de 2,5 kg ha⁻¹ de N para a absorção. No entanto, se a densidade desse esterco fosse de 1040 (kg/m³) o produtor levaria o equivalente a 112 kg ha⁻¹ de N, usando a mesma dosagem. É possível aumentar a densidade através do aumento de matéria seca pela diminuição do excesso de água da lavagem e das chuvas. Assim, o densímetro, além de estimar o teor dos nutrientes, pode identificar através da matéria seca

se o esterco está ou não com a diluição correta antes de ser distribuído ao solo. O mesmo exemplo pode ser aplicado para o esterco de suínos conforme a tabela a seguir.
Exemplo prático do uso do densímetro em esterqueiras com esterco de bovinos e suínos.

Esterco Líquido de Bovinos			
Densidade	Dosagem (m ³ /ha)	Nº de viagens até a lavoura	Nitrogênio Aplicado (kg/m ³)
1001	40	20	5
1040	40	20	112
Esterco Líquido de Suínos			
1001	40	20	12
1036	40	20	278

Estimativa do teor de nutrientes a campo permite ao técnico definir junto com o produtor as dosagens de esterco que podem ser recomendadas isoladamente ou associadas aos adubos minerais, nas diversas culturas.