

# ACÚMULO DE RESÍDUOS CULTURAIS NA SUPERFÍCIE DO SOLO, NUTRIÇÃO E RENDIMENTO DO MILHO AFETADOS POR MÉTODOS DE PREPARO E SISTEMAS DE CULTURA

CIMÉLIO BAYER<sup>1</sup>, JOÃO MIELNICZUK<sup>2</sup>

**RESUMO** - Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito de três métodos de preparo do solo (convencional, reduzido e plantio direto), três sistemas de cultura (aveia preta/ milho, aveia preta + trevo subterrâneo/ milho e aveia preta + trevo subterrâneo/ milho + caupi) e duas doses de nitrogênio (0 e 120 kg/ha) no acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, nutrição e rendimento do milho. As quantidades de resíduos vegetais acumuladas na superfície do solo e avaliadas no final do quinto ano, variaram de 3,09 a 5,60 t/ha de matéria seca, não sendo afetadas pelos métodos de preparo, sistemas de cultura e doses de N. O nitrogênio foi o nutriente mais limitante ao rendimento do milho e a sua disponibilidade diminuiu com a redução da intensidade do revolvimento do solo. O rendimento do milho variou de 2,39 a 5,72 t/ha, não sendo afetado pelos preparos de solo. Sem aplicação de N, a utilização de leguminosas resultou num incremento de até 81% no rendimento do milho, sendo correlacionado com a quantidade total de N na biomassa sobre o solo (resíduos+culturas de inverno). Os sistemas conservacionistas de manejo, que associam métodos de preparo com menor revolvimento do solo e leguminosas para cobertura e aporte de N, resultaram em altos rendimentos de milho, obtendo-se os benefícios adicionais da cobertura do solo pelos resíduos culturais durante um maior período do ano, comparativamente aos sistemas convencionais de manejo.

*Palavras-chave:* Zea mays L., preparo de solo, plantas de cobertura, nível de nitrogênio.

## RESIDUES ACCUMULATION ON THE SOIL SURFACE, CORN NUTRITION AND YIELD AS AFFECTED BY TILLAGE AND CROP SYSTEMS

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the effect of three methods of soil tillage (conventional, reduced and no-tillage), three crop systems (oats/ corn, oats + clover/ corn, and oats + clover/ corn + cowpea) and two rates of nitrogen (0 and 120 kg/ha) on the accumulation of crop residues on the soil surface, corn nutrition and yield. The accumulated crop residues on the soil surface, evaluated at the end of the 5<sup>th</sup> year, varied from 3.09 to 5.60 t/ha of dry matter, and it was not affected by soil tillage, crop systems and N rates. The nitrogen was the most limitant nutrient to the corn yield, and its availability was lower in no-tillage, as compared with conventional tillage. However the corn yield was not affected by tillage methods and it varied from 2.39 to 5.72 t/ha. Without N application, use of legumes as green manure-cover crops increased corn yield up to 81% and it was correlated with total amounts of N in the biomass on the soil surface (residues plus winter crops). The conservation management systems, that associate no-tillage or reduced tillage, and legumes for cover and N addition, resulted in relatively high corn yields. In addition, they have benefits due to soil cover crop residues during a larger period of the year, compared with conventional soil management systems.

*Key words:* Zea mays L., soil tillage, crop system, cover crops, nitrogen levels.

## INTRODUÇÃO

Nas condições de clima subtropical da região sul do Brasil, na qual o período de preparo de solo para implantação das culturas de primavera-verão coincide com chuvas de alta intensidade (COGO et al. 1978), a cobertura do solo é um dos principais fatores para sua conservação. Nessa região,

sistemas de manejo adequados para a conservação do solo e produtividade das culturas têm por premissa a redução do revolvimento do solo e a utilização de sistemas de sucessão/rotação de culturas com alta produção de resíduos. A adoção desses sistemas de manejo resulta, de maneira geral, numa melhoria das condições físicas (BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990;

1. Eng. Agr., Dr. - Professor do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Caixa Postal 281, 88520-000 Lages, SC. (Autor para Correspondência)

2. Eng. Agr., Dr. - Prof. Titular Aposentado do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre, RS.

Recebido para publicação em 16/06/1999

PALADINI e MIELNICZUK, 1991), químicas (TESTA et al., 1992; TEIXEIRA et al., 1994; BURLE et al., 1997) e biológicas (CATELLAN e VIDOR, 1990) do solo, comparativamente aos sistemas convencionais de manejo.

A nutrição adequada e a alta produtividade das culturas envolve a reciclagem dos nutrientes, principalmente do nitrogênio, contidos nos resíduos vegetais. Nesse sentido, a manutenção destes na superfície do solo pode configurar um paradoxo. Entretanto, segundo FREITAS et al. (1996), o grau de incorporação dos resíduos culturais ao solo não afetou o rendimento do milho durante cinco anos, ou seja, a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, no sistema plantio direto, resultou numa nutrição adequada do milho, bem como a proteção do solo contra erosão, entre outros benefícios. Possivelmente, em regiões tropicais e subtropicais, a integração dos fatores determinantes da decomposição dos resíduos orgânicos, principalmente de clima (alta precipitação e temperatura) e de solo (alta população e atividade microbiana), entre outros, resulte numa taxa de decomposição dos resíduos sobre o solo, que possibilite tanto a proteção do solo no início do desenvolvimento da cultura, como o fornecimento de nutrientes no decorrer do ciclo.

Conduziu-se o presente estudo considerando-se a falta de informações, baseadas em experimentos de longa duração, para a avaliação temporal do acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, em diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura, e seus possíveis efeitos na nutrição e rendimento de milho após cinco anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para realização deste estudo foram obtidos de um experimento, no quinto ano de andamento, instalado em 1985 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, num solo Podzólico Vermelho-Escuro. Detalhes da implantação e da condução do experimento podem ser obtidos em FREITAS et al. (1996) e BAYER e MIELNICZUK (1997a; 1997b). O clima, na região, é subtropical úmido-Cfa, segundo classificação climática de Köepen, com temperatura média anual de 19,4° C, com uma amplitude de 13,9° C a 24,9° C entre as médias mensais. A precipitação média anual é de 1440 mm, com uma amplitude de 95,7 mm a 168 mm nas médias mensais (BERGAMASCHI e GUADANIN, 1990).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, em três repetições. As parcelas principais (15 x 20 m) receberam os tratamentos: (A) métodos de preparo de solo [a- convencional (aração e gradagem para incorporação total dos resíduos ao solo); b- reduzido (escarificação para semi-incorporações dos resíduos ao solo); c- plantio direto (resíduos mantidos na superfície do solo)], os quais foram realizados na primavera-verão para implantação da cultura do milho. Nas subparcelas (5 x 20 m) implantaram-se (B) sistemas de cultura [a- aveia preta (*Avena strigosa*)/ milho (*Zea mays* L.) - A/M; b- aveia preta com trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*) milho - A+T/M; c- aveia preta mais trevo subterrâneo/ milho consorciado com feijão caupi (*Vigna unguiculata*) - A+T/M+C]. Em faixa, nos blocos (sub-blocos, de 10 x 45 m), foram aplicadas (C) doses de N (0 e 120 kg/ha), somente na cultura do milho, cerca de 25 dias (1/3 da dose) e 70 dias (2/3 da dose) após a germinação.

As culturas de inverno foram semeadas em abril, a lanço, sem preparo do solo, sendo as sementes semi-incorporadas com grade aberta sobre a resteva do milho. Para a aveia preta, cultivada isoladamente, foram utilizados 50 kg/ha de semente e, quando consorciada com o trevo subterrâneo, utilizou-se 40 kg/ha de aveia preta e 30 kg/ha de trevo subterrâneo. Em setembro, as culturas de inverno foram dessecadas com herbicida à base de glyphosate e, após uma semana, acamadas com rolo-faca nos sistemas plantio direto e preparo reduzido, e incorporadas ao solo com lavração e gradagem, no preparo convencional. No preparo reduzido foi realizada escarificação com distância entre linhas de 0,35 m. Em setembro, anterior ao manejo das culturas de inverno, foi realizada a avaliação dos resíduos culturais sobre o solo e da fitomassa das culturas de inverno. Os resíduos culturais foram avaliados a partir da coleta de duas subamostras de 0,20 x 0,40 m e as culturas de inverno pela coleta de 1 subamostra de 1 x 1 m. Os resíduos vegetais foram analisados em relação à quantidade de matéria seca e teores de carbono e nitrogênio. As culturas de inverno foram analisadas quanto à produção de matéria seca e concentração de nitrogênio. A relação C/N na fitomassa das culturas de inverno foi estimada, considerando-se uma concentração média de 50% de carbono no tecido.

A semeadura do milho foi realizada uma semana após o preparo do solo, com máquina manual (saraquá), em espaçamento de 1 m entre

linhas e 0,20 m entre covas, com 2 sementes cada. Foi realizado desbaste para 50 000 plantas/ha. Durante o ciclo do milho foi realizado controle de plantas daninhas e irrigação por aspersão. O milho foi avaliado quanto à produção de matéria seca e absorção de N, P, K, Ca e Mg, através da coleta de 10 plantas no início do florescimento, e em relação ao rendimento de grãos, através da colheita manual de uma área útil de 9 m<sup>2</sup>.

As análises químicas dos resíduos culturais, culturas de inverno e das plantas de milho foram realizadas segundo metodologias descritas em TEDESCO et al. (1985).

A análise estatística dos efeitos dos métodos de preparo, sistemas de cultura e doses de N sobre as variáveis avaliadas foi realizada através da análise da variância, segundo o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas para os métodos de preparo e sistemas de cultura, e aplicação em faixas para as doses de N. As diferenças entre médias foram testadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%. A relação entre variáveis foi avaliada pela significância dos coeficientes de determinação de regressões polinomiais a 1 e 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de matéria seca dos resíduos culturais remanescentes de cultivos anteriores, localizados na superfície do solo, variaram de 3,20 a 5,60 t/ha, as quais não foram afetadas pelos métodos de preparo, sistemas de cultura e doses de N. As quantidades de N presentes nos resíduos culturais apresentaram a mesma tendência da matéria seca, variando de 25,8 a 28,1 kg/ha (Figura 1). A relação C/N dos resíduos culturais foi maior no sistema aveia preta/milho-A/M (62,8) e menor no sistema aveia preta+trevo subterrâneo/milho-A+T/M (44,6) (Figura 1).

O não acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, em plantio direto, mesmo quando associado a sistemas de cultura com maior produção de fitomassa, como o A+T/M e A+T/M+C, indica que, nas condições ambientais nas quais este estudo foi realizado, a decomposição dos restos culturais, localizados na superfície do solo, foi alta o bastante para que não ocorresse um acúmulo gradual de resíduos com o tempo, e que houvesse reciclagem de nutrientes. Estes resultados são de importância fundamental na adoção de manejos conservacionistas, pois indicam que, possivelmente, a

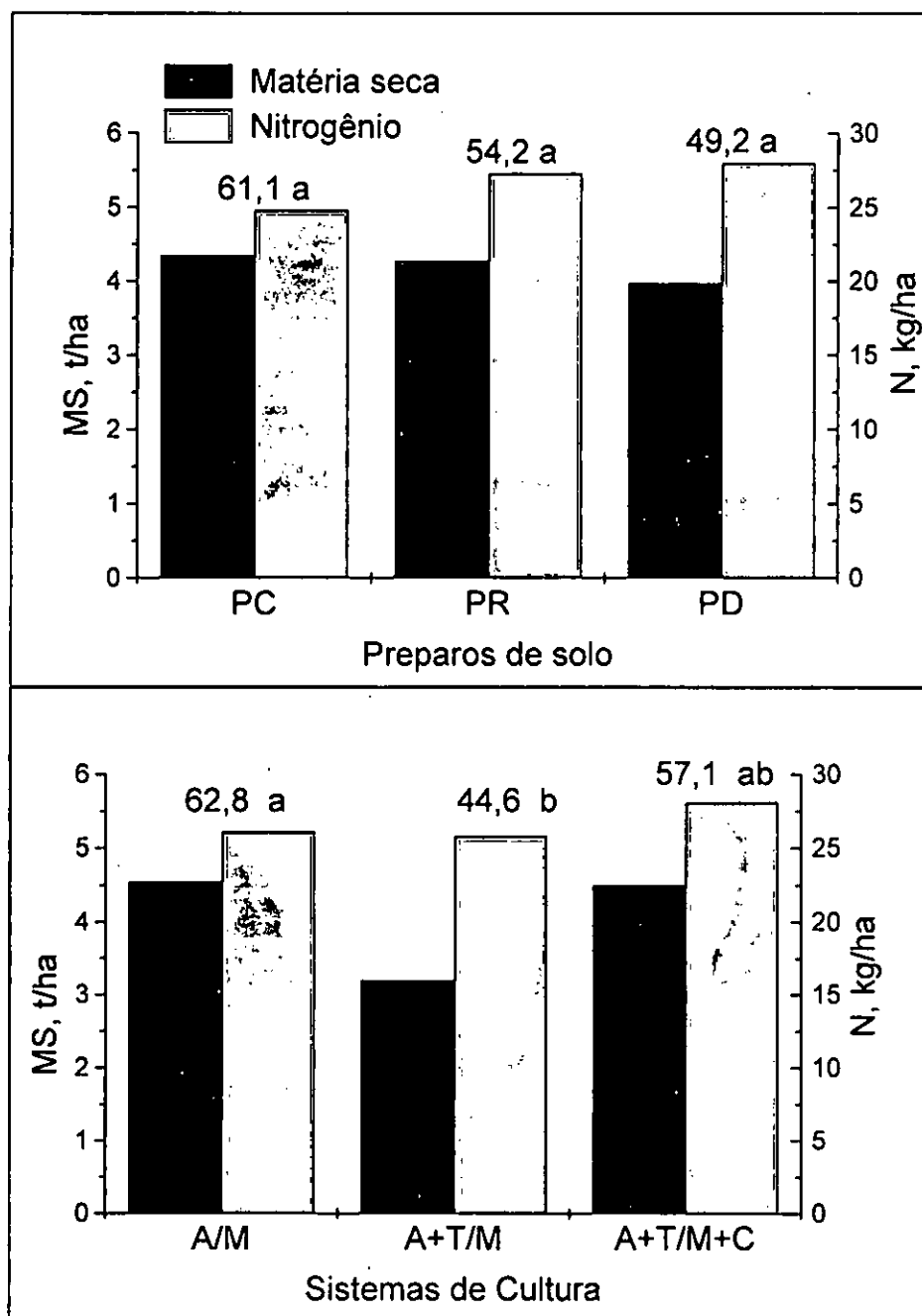
manutenção dos restos vegetais na superfície do solo satisfaz, ao mesmo tempo, as necessidades de cobertura do solo e de fornecimento de nutrientes às culturas.

Na média dos três métodos de preparo do solo e duas doses de N, a produção de matéria seca da parte aérea das culturas de inverno, nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C foi de 4,29, 6,66 e 6,26 t/ha, respectivamente, enquanto a quantidade de N presente na fitomassa da parte aérea foi de 34,1, 99,4 e 70,4 kg/ha, nos mesmos sistemas de cultura. A relação C/N das culturas de inverno foi de 33,5, 44,5 e 62,9 nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C, respectivamente (Figura 2).

As quantidades de matéria seca e N nas culturas de inverno desta safra estão dentro dos limites observados nos primeiros cinco anos de avaliação do experimento. Segundo FREITAS et al. (1996), durante este período, a produção de matéria seca das culturas de inverno variou de 2,6 a 6,7 t/ha, e a absorção de N de 28 a 136 kg/ha. Os autores observaram que, em geral, a quantidade de N na fitomassa das culturas de inverno foi dependente do desenvolvimento do trevo subterrâneo. Em 1988, ano de melhor desenvolvimento do trevo subterrâneo, esta pastagem continha 70 kg/ha de N e a aveia preta, 56 kg/ha, na consorciação de aveia preta + trevo subterrâneo (FREITAS et al., 1996).

A nutrição do milho foi avaliada pelas quantidades absorvidas de N, P, K, Ca e Mg. O nitrogênio é o nutriente cuja dinâmica no solo é mais afetada pelos métodos de preparo de solo e sistemas de cultura, sendo a sua disponibilidade o principal fator determinante da produtividade do milho nas condições de solo em que este estudo foi realizado (FREITAS et al., 1996; TEIXEIRA et al., 1994).

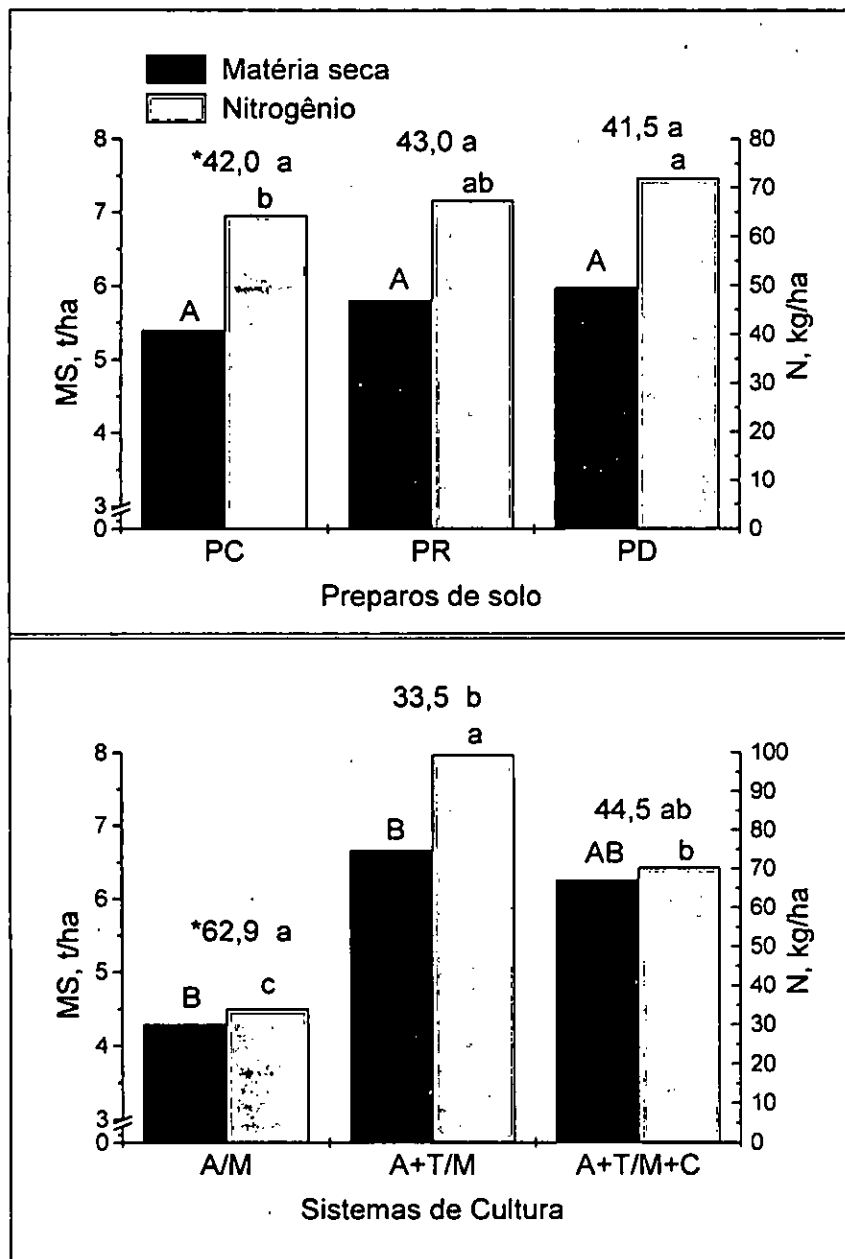
As quantidades de N absorvidas pelo milho variaram de 23,6 a 99,6 kg/ha, sendo afetadas pelos métodos de preparo, sistemas de cultura e dose de N (Tabela 1). Entre os métodos de preparo, a absorção de N pelo milho diminuiu com a redução na intensidade de revolvimento do solo. No preparo convencional o milho absorveu 68,2 kg/ha de N, enquanto que no preparo reduzido e plantio direto, a absorção de N foi de 56,3 e 55,1 kg/ha, respectivamente, na média dos três sistemas de cultura e das duas doses de N. Este mesmo comportamento foi observado em safras anteriores (FREITAS et al., 1996).



Matéria seca e nitrogênio nos resíduos culturais não diferiram entre métodos de preparo e sistemas de cultura, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Valores de relação C/N (valores sobre as barras) seguidos de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 1 - Matéria seca, nitrogênio e relação C/N dos resíduos culturais na superfície do solo em (a) três métodos de preparo do solo (PC=Preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto) e em (b) três sistemas de cultura (A/M=aveia preta/milho, A+T/M=aveia preta+trevo subterrâneo/milho e A+T/M+C=aveia preta+trevo subterrâneo/milho+caupi). EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990



\* Valores sobre as barras representam a relação C/N.

Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 2 - Matéria seca, nitrogênio e relação C/N da fitomassa das culturas de inverno em (a) três métodos de preparo do solo (PC=Preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto), e em (b) três sistemas de cultura (A/M=aveia preta/milho, A+T/M=aveia preta+trevo subterrâneo/milho e A+T/M+C=aveia preta+trevo subterrâneo/milho+caupi). EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

Tabela 1 - Quantidade de nitrogênio absorvido pelo milho em três métodos de preparo do solo, três sistemas de cultura e duas doses de N. EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

Sistemas de manejo	0 kg N/ha	120 kg N/ha	Média
	kg/ha		
PC *	36,7	99,6	68,2 a
PR	25,0	87,7	56,3 ab
PD	26,7	83,5	55,1 b
A/M **	23,6	86,0	54,9 b
A+T/M	34,7	97,0	65,8 a
A+T/M+C	30,1	87,6	58,8 ab
MÉDIA	31,6 B	90,2 A	

\* Médias dos três sistemas de cultura.

PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido e PD=plantio direto

\*\* Médias dos três métodos de preparo de solo.

A=aveia preta, T=trevo subterrâneo, M=milho e C=caupi.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na vertical, e maiúsculas, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O efeito dos métodos de preparo sobre a quantidade de N absorvida é relacionado às taxas de mineralização do N orgânico do solo. DOWDELL e CANNEL (1975) observaram que as maiores taxas de mineralização do N orgânico, no preparo convencional, resultam numa subsequente maior disponibilidade de N para o milho, comparado ao solo sob plantio direto. A maior disponibilidade de N do solo, no preparo convencional, comparado ao plantio direto, deve se restringir aos períodos iniciais de adoção dos métodos de preparo. Com o decorrer dos anos, ocorre um incremento no conteúdo de N do solo sob plantio direto (BAYER e MIELNICZUK, 1997b), o que resulta num aumento gradativo da disponibilidade de N. Resultados obtidos em experimento adjacente ao do presente estudo corroboram esse aumento na disponibilidade de N no solo sob plantio direto. No primeiro e terceiro ano, o N absorvido pelo milho, sem aplicação de N mineral, variou de 17 a 45 kg/ha (MEDEIROS, 1985) e 20 a 52 kg/ha (TEIXEIRA, 1988), respectivamente, aumentando para valores de 21 a 87 kg/ha, no quinto ano, após ao estabelecimento de diferentes sistemas de cultura em plantio direto (TESTA, 1989).

A inclusão de leguminosas nos sistemas de cultura aumentou a absorção de N pelo milho. Na média dos três métodos de preparo do solo e duas doses de N, o milho absorveu 54,9, 65,8 e 58,8 kg/ha de N, nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C, respectivamente (Tabela 1). Considerando a

quantidade de N absorvido pelo milho, isoladamente, em cada dose de N, o efeito dos sistemas de cultura fica mais evidente. Sem aplicação de N, o milho absorveu 23,6, 34,7 e 30,1 kg/ha de N, nos sistemas A/M, A+T/M e A+T/M+C, respectivamente, na média dos três métodos de preparo do solo. Com aplicação de N, o milho absorveu 86,0, 97,0 e 87,0 kg/ha de N nos mesmos sistemas de cultura.

As quantidades de N absorvidas pelo milho, nos sistemas de cultura, foram relacionadas às quantidades de N contidas nos resíduos culturais e na fitomassa das culturas de inverno. Obteve-se coeficientes de correlação de 0,97, 0,92 e 0,96 entre a quantidade total de N na biomassa sobre o solo, nos diferentes sistemas de cultura, e as quantidades de N absorvidas pelo milho sem aplicação de N mineral, nos métodos de preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto, respectivamente.

No sistema A/M a menor absorção de N pelo milho também pode ter sido resultante do menor conteúdo de nitrogênio total do solo (BAYER e MIELNICZUK, 1997b) e da maior relação C/N dos resíduos culturais e da fitomassa das culturas de inverno (Figura 1 e 2), comparativamente aos demais sistemas de cultura. A maior relação C/N resulta numa redução na taxa de decomposição dos resíduos vegetais e numa maior imobilização microbiana do nitrogênio mineralizado (ALEXANDER, 1980), resultando, assim, numa menor disponibilidade de N para o milho.

A eficiência do N mineral, a qual consiste no percentual do N mineral aplicado, que é absorvido

pelo milho, não foi afetada pelos métodos de preparo e sistemas de cultura, sendo de, aproximadamente, 50%, dentro dos limites de 20-70% propostos por SANCHEZ (1976) para regiões tropicais.

A absorção de P, K, Ca e Mg seguiu as mesmas tendências do N. A relação de dependência dos demais nutrientes em função da quantidade de N absorvida pode ser verificada nos altos coeficientes de determinação, apresentados na

Tabela 2. Observa-se que a relação entre a quantidade absorvida de N pelo milho e a dos demais nutrientes é linear, sendo que a absorção de N explica 91, 95, 92 e 93% das quantidades de P, K, Ca e Mg absorvidas, respectivamente. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por TESTA (1989) nas mesmas condições edafoclimáticas.

**Tabela 2 - Relação entre as quantidades de N absorvido e as quantidades absorvidas de P, K, Ca e Mg pelo milho. EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990**

Variável independente (X)	Variável dependente (Y)	Coefficiente linear (a)	Coefficiente angular (b)	Coefficiente de terminação (r <sup>2</sup> )
$Y = a + b \cdot X$				
N	P	4,93	+0,082	0,91**
N	K	27,78	+0,8557	0,95**
N	Ca	0,98	+0,0745	0,92**
N	Mg	2,96	+0,1132	0,93**

\*\* significativo ao nível de 1%.

O rendimento do milho variou de 2,39 a 4,32 t/ha, quando não foi aplicado N mineral, e de 4,68 a 5,72 t/ha, quando foram aplicados 120 kg/ha de N (Tabela 3). Os métodos de preparo não afetaram o rendimento do milho em nenhuma combinação dos sistemas de cultura e dose de N, comprovando os resultados obtidos por FREITAS et al. (1996), neste mesmo local. Isto é um indicativo de que a manutenção da fitomassa produzida pelas diferentes coberturas vegetais na superfície do solo, a qual contém nutrientes reciclados e N fixado

biologicamente, supriu o milho tão eficientemente quanto a sua semi-incorporação ou incorporação total ao solo. Os resultados obtidos são muito importantes em relação à utilização de preparos conservacionistas do solo, como já foi salientado por ROSSO (1989), pois combinam a utilização de métodos de preparo e sistemas de cultura que visam a recuperação e manutenção da capacidade produtiva do solo, sem que isso represente menores rendimentos das culturas, o que significaria um obstáculo na sua adoção pelos agricultores.

**Tabela 3 - Rendimento do milho em três métodos de preparo de solo, três sistemas de cultura e duas doses de N. EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990**

Preparos de solo *	Sistemas de cultura	Dose de N, kg/ha	
		0	120
		t/ha	
PC	AM	2,91 a B	5,40 a A
	A+T/M	4,32 a A	4,85 a A
	A+T/M+C	3,94 a AB	5,45 a A
PR	AM	2,88 a A	5,57 a A
	A+T/M	3,48 a A	4,78 a A
	A+T/M+C	3,56 a A	5,72 a A
PD	AM	2,39 a B	5,45 a A
	A+T/M	3,81 a A	4,68 a A
	A+T/M+C	3,17 a AB	4,92 a A

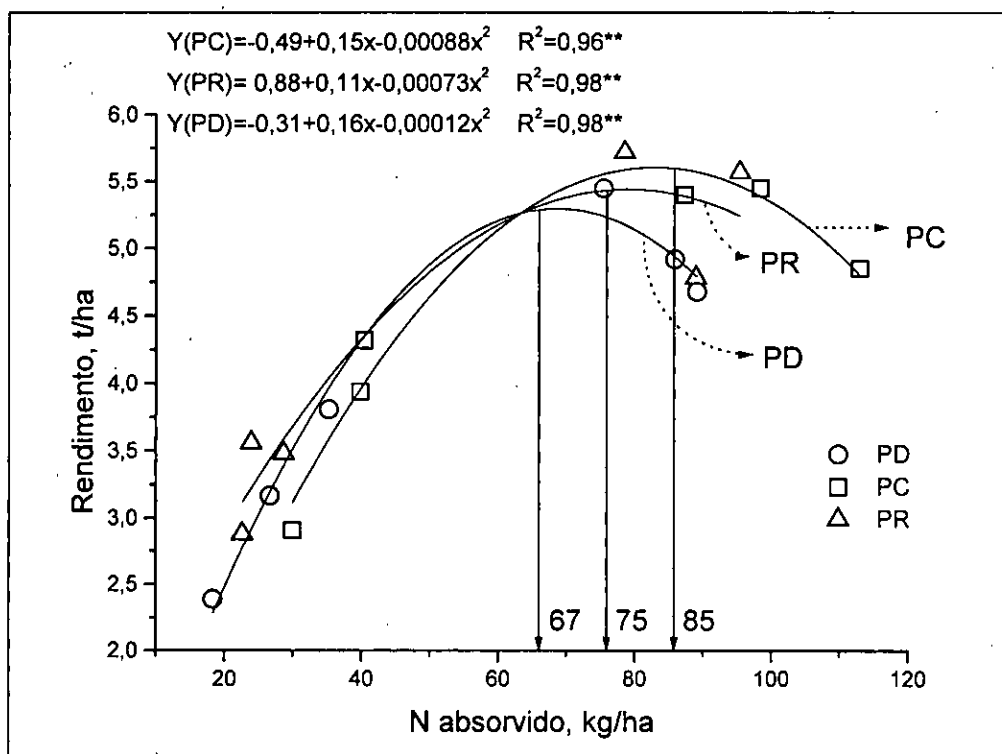
\* PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido e PD=plantio direto

\*\* A=aveia preta, T=trevo subterrâneo, M=milho e C=caupi.

Médias de métodos de preparo, dentro de cada sistema de cultura e dose de N, seguidas de letras minúsculas iguais, e médias de sistemas de cultura, dentro de cada método de preparo e dose de N, seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem entre si ao nível de 5%.

A relação entre a quantidade de N absorvido e o rendimento do milho, nos métodos de preparo do solo, é evidenciada na Figura 3. Segundo as equações ajustadas a partir dos dados obtidos, as quantidades de N absorvidas, necessárias para o milho atingir o rendimento máximo no preparo convencional (5,90 t/ha), preparo reduzido (5,03 t/ha) e plantio direto (5,02 t/ha) são, aproximadamente, 85, 75 e 67 kg/ha de N, respectivamente. Segundo os rendimentos

estimados pela equação e considerando a eficiência média de 50% do N mineral aplicado, necessitaria-se aplicar, aproximadamente, 171, 151 e 133 kg/ha de N no milho, para alcançar os rendimentos máximos no preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto, respectivamente. TESTA (1989), em experimento adjacente, estimou uma necessidade de aplicação de 176 kg/ha de N para obter o máximo rendimento do milho em plantio direto.



\*\* significativo ao nível de 1%.

Figura 3 - Relação entre a quantidade de N absorvido e o rendimento do milho nos sistemas de plantio direto (PD), preparo reduzido (PR) e preparo convencional (PC). EEA/UFRGS-Eldorado do Sul, RS, 1990

A menor quantidade de N estimada, necessária para o milho alcançar o rendimento máximo no plantio direto, comparado ao preparo convencional e preparo reduzido, vão ao encontro de uma provável maior eficiência no aproveitamento do N pelo milho no plantio direto, já salientada por FREITAS et al. (1996). A maior eficiência do N no plantio direto pode estar relacionada à liberação mais lenta e contínua do N durante o ciclo do milho, ocorrendo maior sincronia com a demanda da cultura. O maior conteúdo de água do solo no plantio direto (SALTON, 1991) pode, também, ter afetado a eficiência do N absorvido.

Entre os sistemas de cultura, sem aplicação

de N e na média dos métodos de preparo de solo, o menor rendimento foi observado no sistema A/M (2,39 a 2,91 t/ha) (Tabela 3). Nos sistemas A+T/M e A+T/M+C, os rendimentos do milho variaram de 3,48 a 4,32 t/ha e de 3,17 a 3,94 t/ha, respectivamente, o que representa um incremento de até 81% no rendimento do milho pela inclusão de leguminosas no sistema de cultura. Esse efeito dos sistemas de cultura sobre o rendimento do milho é relacionado com a disponibilidade de N, tanto pelo incremento no conteúdo de N do solo sob plantio direto que ocorreu no decorrer dos cinco anos (BAYER e MIELNICZUK, 1997b), como devido ao N liberado pela decomposição das culturas de



inverno e dos resíduos vegetais. TESTA (1989) obteve incrementos de até 6,32 t/ha no rendimento do milho pela presença de leguminosas nos sistemas de cultura. Os resultados apresentados pelo referido autor, sugerem que, em alguns casos, a utilização de sistemas de cultura com alta capacidade de fixação biológica de N pode suprir totalmente a necessidade de N do milho.

## CONCLUSÕES

No plantio direto, não ocorreu um acúmulo diferenciado de resíduos vegetais na superfície do solo, comparativamente ao preparo reduzido e preparo convencional. A absorção de nitrogênio pelo milho foi menor no plantio direto, intermediária no preparo reduzido, e maior no preparo convencional; o rendimento do milho não foi afetado pelos preparos de solo. A inclusão de leguminosas nos sistemas de cultura resultou num incremento na absorção de N e no rendimento do milho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, M. *Decomposición de la materia orgánica*. In: *Introducción a la microbiología del suelo*. México: AGT. Cap. 9, p.142-162, 1980.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.105-112, 1997a.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.235-239, 1997b.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. *Agroclima da Estação Experimental Agrônômica*. UFRGS: Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia. Porto Alegre, 1990. 96p.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.369-374, 1990.
- BURLE, M. L.; MIELNICZUK, J.; FOCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. *Plant and Soil*, The Hague, v.190, p.309-316, 1997.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.133-142, 1990.
- COGO, N. P.; DREWS, C. R.; GIANELLO, C. Índice de erosividade das chuvas dos municípios de Guaíba, Ijuí e Passo Fundo, no Estado do Rio Grande do Sul. In: *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO*, 2., 1978, Passo Fundo. Anais ... Passo Fundo: CNPT, 1978. p.145-152.
- DOWDELL, R. J.; CANNEL, R. Q. Effect of plowing and direct drilling on soil nitrate content. *Journal Soil Science*, London, v.26, p. 53-61, 1975.
- FREITAS, V.; ROSSO, A. de; BAYER, C.; et al. Efeito de métodos de preparo e sistemas de cultura na absorção de nitrogênio e rendimento de milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.2, p.69-77, 1996.
- MEDEIROS, J.C. *Sistemas de culturas adaptadas à produtividade, recuperação e conservação do solo*. Porto Alegre: UFRGS, 1985. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985, 89p.
- PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-escuro afetado por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.135-140, 1991.
- ROSSO, A. de *Manejo de culturas de cobertura do solo no inverno e sua relação com a produtividade do milho*. Porto Alegre: UFRGS, 1989. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1989. 117p.
- SALTON, J. C. *Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade do solo*. Porto Alegre: UFRGS, 1991. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1991. 91p.
- SANCHEZ, P. A. *Nitrogen. In: Properties and management of soils in the tropics*. New York: J. Wiley, 1976. Cap. 6, p.184-220.
- TEDESCO, M. J.; WOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim técnico, 5).
- TEIXEIRA, L. A. J. *Fornecimento de nitrogênio ao milho por sistemas de cultura*. Porto Alegre: UFRGS, 1988. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1988. 96p.
- TEIXEIRA, L. A. J.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio no solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.207-214, 1994.
- TESTA, V. M. *Características químicas de um solo Podzólico Vermelho-escuro, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura*. Porto Alegre: UFRGS, 1989. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Manejo do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1989. 134p.
- TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, p.107-114, 1992.