

Fotos: Jorge Novi dos Anjos



Recomendação de adubação para aveia, em dois sistemas de plantio, em Latossolo Vermelho Distrófico típico

Ana Cândida Primavesi¹
Odo Primavesi^{1,4}
Heitor Cantarella^{2,4}
Rodolfo Godoy^{1,4}
Lúcio José Vivaldi³

O cultivo de aveia forrageira, como alternativa de alimentação animal no período do inverno seco na região Sudeste, é bastante promissor, tendo em vista sua boa produtividade e seu alto valor nutritivo. Na Embrapa Pecuária Sudeste estão sendo desenvolvidos estudos de manejo de cortes (Primavesi et al., 1999) e de adubação com cultivares de aveia recomendadas por este centro de pesquisa a fim de formar um pacote tecnológico para essas cultivares.

A expansão da prática do plantio direto na palha e a necessidade de comparação com métodos convencionais geram a demanda de informação regional sobre esse tema. Um dos aspectos importantes do plantio direto é o recobrimento do solo com resíduos de palha. Esta cobertura morta tem efeito comprovado na modificação do microclima para as plantas cultivadas (Sediyama & Prates, 1986), por sua grande influência no regime hidrotérmico do solo, diretamente conservando a umidade, reduzindo a evaporação e aumentando a infiltração de água no solo e, indiretamente, controlando

as ervas daninhas, o que pode reduzir a frequência de irrigações no cultivo de aveia. Como a cobertura morta também reduz a temperatura, além de apresentar outros efeitos na biologia do solo e disponibilidade de nutrientes, sua presença torna os primeiros centímetros do solo um ambiente mais adequado biologicamente, com maior desenvolvimento de raízes superficiais (Resende, 1986), podendo haver modificações na resposta das plantas à adição de nutrientes no solo por meio da adubação.

Como a linhagem de aveia UPF 87111 vem se destacando na avaliação e na seleção de linhagens de aveia forrageira a serem lançadas como novas cultivares (Godoy et al., 1998), este trabalho teve por finalidade determinar as doses de N, P e K que possibilitem obter a máxima produção econômica e com qualidade, de forragem dessa linhagem nos sistemas de semeadura convencional e com recobrimento do solo com cobertura morta, simulando condições que ocorrem em plantio direto.

¹ Pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP. anacan@cppse.embrapa.br, odo@cppse.embrapa.br, godoy@cppse.embrapa.br

² Pesquisador do Centro de Solos e Recursos Agroambientais, IAC, Caixa Postal 28, CEP 13001-970, Campinas, SP. hcantare@barao.iac.br

³ Pesquisador da Universidade de Brasília, Departamento de Estatística, IE/UnB, Caixa Postal 4481, CEP 70910-900, Brasília, DF. vivaldi@unb.br

⁴ Bolsista do CNPq.

Os experimentos foram instalados em Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), na fazenda Canchim da Embrapa Pecuária Sudeste, situada em São Carlos, SP, latitude 22°01' S e longitude 47°54' W, em altitude de 836 m, sob clima tropical de altitude, com déficit hídrico no período de outono-inverno, época em que o estudo foi conduzido.

A área experimental foi irrigada e o experimento com plantio convencional recebeu 25 mm de água parcelados em duas irrigações por semana, as quais foram estabelecidas com base na exigência de 4 mm de água por dia pela aveia forrageira, de acordo com Bacchi & Godoy (1997). O experimento usando plantio com cobertura morta recebeu 12,5 mm de água por semana, irrigação preestabelecida pressupondo-se perda menor de água do solo em virtude da cobertura (Sediyama & Prates, 1986). O delineamento experimental foi o fatorial fracionado tipo $(1/2)4^3$ com dois blocos ao acaso, num total de 32 parcelas, sem repetição. Nos tratamentos foram usados quatro doses de N (0, 70, 140 e 210 kg/ha de N), na forma de uréia, quatro doses de P (0, 60, 120, 180 kg/ha de P_2O_5), como superfosfato triplo, e quatro doses de K (0, 70, 140 e 210 kg/ha de K_2O), como cloreto de potássio. As doses de P foram totalmente aplicadas no plantio (16/05/00), e as de N e de K_2O (70, 140 e 210 kg/ha) foram parceladas, respectivamente, no plantio em 16/05/00 (10, 20 e 30 kg/ha), no

perfilhamento em 09/06/00 (15, 30 e 45 kg/ha), após o primeiro corte em 07/07/00 (15, 30 e 45 kg/ha) e após os cortes de rebrota em 11/08/00 e 15/09/00 (15, 30 e 45 kg/ha). As áreas dos experimentos eram contíguas. Foi feita amostragem de solo da área do experimento em 11/11/99. Não foi necessária a aplicação de calcário no solo. A área do experimento destinada ao plantio convencional foi mantida em pousio por um ano, sendo roçada e rastelada em 12/04/00. Em 13/04/00 foi feita nova coleta de terra da área e em 19/04/00 foi realizada uma gradagem. Em 12/05/00 foi passada enxada rotativa na área e quatro dias depois foram realizados a adubação e o plantio do experimento. Na área destinada ao plantio de aveia simulando o plantio direto anteriormente foi cultivado milho, sem adubação. Em 06/04/00 foram colhidas as espigas de milho e em seguida os restos culturais foram pesados (5.620 kg/ha de matéria seca), picados e redistribuídos uniformemente pela área, que não recebeu qualquer revolvimento mecânico além da abertura dos sulcos para o plantio da aveia. Nova amostra de terra foi coletada e, em 16/05, foi realizado o plantio da aveia. Os resultados da análise da terra coletada na área dos dois experimentos se encontram na Tabela 1. As parcelas foram constituídas de cinco linhas de 6 m espaçadas em 20 cm e com área útil de 3 m². A semeadura foi manual, com 70 sementes viáveis por metro linear em sulcos com 3 cm de profundidade. O

Tabela 1. Resultados da análise do solo em três profundidades, anterior à instalação dos experimentos.

Profundidade cm	pH em CaCl ₂	MO g/dm ³	P mg/dm ³	K	Ca	Mg	H + Al	Al	CTC	V %
-----mmol/dm ³ -----										
Plantio convencional										
0-20	6,0	19	16	1,1	42	18	17	0	79	78
20-40	5,7	13	4	1,1	28	12	18	0	59	70
40-60	5,6	10	1	0,9	18	9	20	0	48	58
Plantio com cobertura morta										
0-20	5,8	21	9	1,4	38	16	19	0	74	75
20-40	5,4	12	2	1,5	22	9	20	0	53	62
40-60	5,5	10	1	0,9	20	8	20	0	49	59

material de aveia usado, linhagem UPF 87111, caracteriza-se por ciclo longo e alta produtividade de forragem. Os cortes das plantas foram manuais, a 7-10 cm da superfície do solo. O manejo de cortes usado foi determinado por Primavesi et al. (2001a) e possibilita a maior produção de matéria seca de aveia com as melhores características nutritivas. O primeiro corte foi

efetuado quando 10% das plantas iniciaram o alongamento do colmo, e os três cortes de rebrota ocorreram com intervalos de 35 dias. Depois da pesagem da matéria fresca da parcela, uma amostra com 500 g foi secada a 60°C em estufa com circulação forçada de ar, até peso constante, para a determinação do teor de água e posterior cálculo da matéria seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão e de variância da regressão, utilizando-se, respectivamente, os procedimentos REG e GLM do pacote estatístico SAS. Para as produções de cada experimento, utilizando modelo polinomial quadrático, foram ajustadas funções da superfície de resposta do tipo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2 + b_3P + b_4P^2 + b_5K + b_6K^2 + b_7NP + b_8NK + b_9PK$, em que Y é a produção de matéria seca de forragem (t/ha), b é o coeficiente de regressão e N, P e K são as doses de N, P₂O₅ e K₂O em kg/ha, respectivamente. As doses e as combinações de nutrientes para máxima produção foram obtidas por meio do cálculo diferencial $Y/N = 0$, $Y/P = 0$ e $Y/K = 0$; já para o lucro máximo foram calculadas por $Y/N = V/C_N$, $Y/P = V/C_P$ e $Y/K = V/C_K$, em que V é o preço de 1 kg de matéria seca de forragem e C_N, C_P e C_K

representam o preço de 1 kg de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Para os cálculos econômicos foram considerados os seguintes preços: feno de aveia = R\$ 0,21/kg; N = R\$ 1,09/kg; P₂O₅ = R\$ 1,19/kg e K₂O = R\$ 0,75/kg. Relações de preços: para K = 0,75/0,21 = 3,57; para P = 1,19/0,21 = 5,67; e para N = 1,09/0,21 = 5,19. Isto significa que será necessário produzir 3,57 kg de forragem de aveia para pagar 1 kg de K₂O; 5,7 kg de forragem de aveia para pagar 1 kg de P₂O₅; de 5,2 kg de forragem de aveia para pagar 1 kg de N.

A análise de variância indicou resposta apenas para o nitrogênio nos dois sistemas de plantio. Foi verificada interação N x P positiva e significativa, mas apenas para o plantio com cobertura. A Tabela 2 apresenta as

Tabela 2. Produção de matéria seca total dos quatro cortes nos dois sistemas de plantio.

N	P	K	Produção de aveia nos sistemas	
			Plantio convencional	Plantio com cobertura
(kg/ha)			(kg/ha)	(kg/ha)
0	0	0	2.271	2.211
0	0	210	2.049	2.158
0	60	70	2.634	2.469
0	60	140	2.733	2.412
0	120	70	3.175	2.401
0	120	140	3.075	2.772
0	180	0	2.809	2.875
0	180	210	2.711	2.155
70	0	70	5.340	4.549
70	0	140	5.285	4.818
70	60	0	4.994	4.572
70	60	210	5.091	4.531
70	120	0	5.197	5.402
70	120	210	5.136	4.331
70	180	70	4.982	5.134
70	180	140	5.601	4.611
140	0	70	6.166	5.667
140	0	140	6.120	5.433
140	60	0	6.117	6.025
140	60	210	7.187	5.929
140	120	0	6.486	6.814
140	120	210	6.466	6.663
140	180	70	5.862	4.819
140	180	140	6.272	7.050
210	0	0	5.474	6.037
210	0	210	6.056	6.880
210	60	70	7.184	7.559
210	60	140	6.880	7.460
210	120	70	7.424	7.638
210	120	140	6.904	8.234
210	180	0	6.814	7.684
210	180	210	7.437	7.792
		média	5.248	5.159
		teste F	NL** N Q*	NL** N Q*
				N x P*
		CV(%)	7,4	7,8

Em teste F são indicados somente os coeficientes significativos no nível de 5% (*) e 1% (**).

NL, NQ = componente linear e quadrático para N; N x P = interação N x P.

produções de forragem, referentes à soma dos quatro cortes, nos dois sistemas de plantio. No plantio convencional, as produções de forragem nas doses máximas utilizadas de N sugerem proximidade do ponto de máxima, enquanto para o plantio com cobertura os dados indicam que a produção poderia ser ainda maior com doses superiores desse nutriente (Tabela 3).

A Tabela 3 traz os dados de produção de forragem de

aveia, por corte e total, nos dois sistemas de plantio. Verificou-se decréscimo na produção de forragem no quarto corte nos dois sistemas de plantio. Provavelmente este decréscimo ocorra em razão da idade fisiológica da planta, que no último corte já está finalizando seu ciclo. Verificou-se também que o nitrogênio foi o fator mais limitante na produção de forragem.

Apesar de o solo do local dos experimentos apresentar

Tabela 3. Média de produção estimada de matéria seca de forragem de aveia (kg/ha), por corte e total, nos dois sistemas de plantio.

Doses	Produção de matéria seca nos sistemas									
	Convencional					Com cobertura				
	Cortes					Cortes				
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
<i>Nitrogênio</i>										
0	687	775	815	405	2.682	462	821	793	355	2.431
70	1.160	1.870	1.384	789	5.203	793	1.723	1.459	770	4.744
140	1.389	2.699	1.380	867	6.334	1.003	2.557	1.728	762	6.050
210	1.551	2.905	1.341	974	6.772	1.269	3.287	2.012	843	7.411
<i>Fósforo</i>										
0	977	1.996	1.223	649	4.851	788	1.880	1.496	556	4.719
60	1.191	2.129	1.237	796	5.352	886	2.072	1.468	694	5.200
120	1.291	2.023	1.282	741	5.483	977	2.185	1.527	843	5.532
180	1.328	2.101	1.178	850	5.311	876	2.251	1.502	637	5.265
<i>Potássio</i>										
0	1.125	1.920	1.084	891	5.020	925	2.163	1.505	610	5.203
70	1.275	1.946	1.224	902	5.346	891	2.050	1.410	679	5.030
140	1.181	2.210	1.293	676	5.359	917	2.108	1.553	771	5.349
210	1.206	2.173	1.319	568	5.267	794	2.067	1.524	670	5.055

concentração de P dentro ou próximo da faixa de valores baixos para P-resina [0 a 15 mg/dm³ para culturas anuais (Raij et al., 1996)], não houve resposta à aplicação desse nutriente. No sistema de plantio com cobertura de palhada de milho, as respostas às doses de P, em produção de matéria seca, aumentaram com a adição das doses de N (Tabela 4).

As equações que relacionaram produção de forragem e doses de N, P e K aplicadas nos dois sistemas de plantio, com indicação de significância dos coeficientes, foram:

a) para o plantio convencional:

$$Y = 2.390 + 38,79N - 0,1063N^{2(**)} + 9,582P - 0,047P^2 + 3,96K - 0,0213K^2 + 0,012984NP + 0,014379NK + 0,000869PK;$$

b) para o plantio com cobertura:

$$Y1 = 2.359 + 28,93N - 0,0486N^{2(**)} + 10,37P - 0,0463P^2 - 0,0815K - 0,0062K^2 + 0,024792NP^{(*)} + 0,021333NK - 0,011586PK.$$

Apesar da significância estatística apenas para o N, optou-se por considerar a equação com os três elementos para a análise econômica, uma vez que o coeficiente de determinação diminuiu muito para o modelo ajustado apenas para o nitrogênio. No caso do plantio convencional, pela equação do ajuste (Y), verificou-se que para cada quilograma de K₂O aplicado houve aumento de rendimento de 3,96 kg de matéria seca de aveia. Como a relação de preços potássio/aveia foi muito próxima do aumento de rendimento, pois são necessários 3,57 kg de aveia para pagar 1 kg de K₂O, é vantajoso adubar com K para manter o nível desse nutriente no solo, o que indica que a cultura provavelmente seja eficiente em extrair esse elemento. Na área do plantio convencional, a análise da terra indicou baixos teores de K. Os coeficientes lineares para N e P (N = 38,8 e P = 9,6) também foram maiores que a relação de preços (N = 5,2 e P = 5,7).

Tabela 4. Produção estimada de matéria seca de forragem de aveia (kg/ha) para as doses de N e de P no plantio com cobertura.

Doses de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Doses de N (kg/ha)			
	0	70	140	210
0	2.185	4.684	5.550	6.459
60	2.440	4.552	5.977	7.509
120	2.587	4.867	6.739	7.936
180	2.515	4.873	5.934	7.738

Tabela 5. Recomendação de N, P₂O₅ e K₂O para máxima produção agrônômica e econômica de forragem de aveia (kg/ha).

Sistemas de plantio	Máxima produção agrônômica			Máxima receita líquida*		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Convencional	201	130	161	165	50	53
Com cobertura	210	142	210	210	90	0

Plantio convencional: produção máxima = 7.235 kg/ha; produção na dose mais econômica = 6.641 kg/ha. Plantio com cobertura: produção máxima = 7.878 kg/ha; produção na dose mais econômica = 7.322 kg/ha. *Calculado com os seguintes preços (R\$/kg): de N = 1,09; de P₂O₅ = 1,19; de K₂O = 0,75. Feno de aveia (R\$/kg) = 0,21.

No plantio com cobertura, os coeficientes lineares para N e P (N = 28,93 e P = 10,4) foram maiores do que a relação de preços (N = 5,2 e P = 5,7), mas, para o K, o coeficiente linear foi negativo, portanto, não houve resposta à adição desse nutriente. Provavelmente, na área com cobertura morta o potássio foi fornecido pela palhada.

Foi constatado que, para a determinação da produção máxima e da receita líquida máxima, ocorreu extrapolação das doses de nutrientes, provavelmente em consequência de limitações no ajuste das equações. Assim, as estimativas das doses de nutrientes para maior produtividade e maior retorno econômico (Tabela 5) ficaram restritas aos limites dos tratamentos utilizados. As doses de fertilizantes para o máximo retorno econômico da aveia para feno, produzida em quatro cortes consecutivos e com irrigação, foram de 165, 50 e 53 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, no cultivo convencional, e de 210 e 90 kg/ha de N e P₂O₅, no sistema com cobertura de solo (Tabela 5). Esses valores são substancialmente maiores que os recomendados para a produção de grãos de aveia no Estado de São Paulo, que atingem doses máximas de 70, 90 e 60 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O,

respectivamente (Camargo et al., 1996). Entretanto, deve-se levar em conta que a exportação de nutrientes pelos grãos, para rendimento de 3 t/ha, está em torno de 60, 21 e 25 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O (Cantarella et al., 1996), ao passo que, para produzir cerca de 7 t/ha de matéria seca de feno, são exportados aproximadamente 175, 35 e 253 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O - com base na média dos teores foliares de plantas de três cultivares de aveia forrageira cortadas com intervalos de 35 dias, de 25, 2,2 e 30 g/kg de N, P e K (Primavesi et al., 2001b). Nos dois sistemas de plantio, foi a resposta ao nitrogênio que apresentou o maior retorno em produção de forragem por unidade de nutriente aplicado. No plantio com cobertura morta, a eficiência do N foi menor, provavelmente em razão de sua imobilização parcial pelos microrganismos do solo durante a oxidação da palhada. Cassol et al. (1993), estudando a dinâmica do nitrogênio depois da adubação nitrogenada em sistemas de manejo de solo, encontraram teores de N mineral significativamente superiores na solução do solo submetido ao sistema convencional, indicando que no plantio direto ocorreu imobilização do N mineral do

adubo pelos microrganismos do solo. Níveis maiores de N poderão ser testados nessas condições.

É possível concluir que o potencial de produção de forragem de aveia em Latossolo Vermelho Distrófico típico é maior em sistemas de plantio com cobertura morta e fazer as seguintes **recomendações**: para o sistema de plantio convencional, 165 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 e 53 kg/ha de K_2O ; para o sistema de plantio com cobertura morta, 210 kg/ha de N e 90 kg/ha de P_2O_5 .

Referências Bibliográficas

- BACCHI, O. O. S.; GODOY, R. Demanda hídrica de aveia forrageira na região de São Carlos, SP. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 17., 1997, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: CSBPA, 1997. p.388- 390.
- CAMARGO, C. E. O; FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H. Aveia e centeio. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. p.52-53 (IAC. Boletim Técnico, 100).
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. p.45-71 (IAC. Boletim Técnico, 100).
- CASSOL, L. C.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Dinâmica do nitrogênio após calagem e adubação nitrogenada em sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBSC, 1993. p.130-140.
- GODOY, R.; REIS, R. A.; HERLING, V. R.; DANTAS, R.; SILVA, J. R.; PRIMAVESI, A. C. A.; BATISTA, L. A. R. Ensaio regional de aveia forrageira no Estado de São Paulo, 1997. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: CBPA, 1998. p.391- 394.
- PRIMAVESI, A. C.; GODOY, R.; PRIMAVESI, O.; PEDROSO, A. F. Manejo de aveia forrageira. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 13., 1999, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. p.130-140.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CHINELLATO, A.; GODOY, R. Indicadores de determinação de cortes de cultivares de aveia forrageira. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 79-89, 2001a.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. Efeito de intervalos de corte e de épocas de plantio sobre os teores de minerais em cultivares de aveia. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, p. 3-18, 2001b.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RESENDE, M. Clima do solo e suas relações com o ambiente agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, p. 43-59, 1986.
- SEDIYAMA, G. C.; PRATES, J. E. O microclima: possibilidades de modificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, p. 38-42, 1986.

Comunicado Técnico, 34

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Pecuária Sudeste
Endereço: Rod. Washington Luiz, km 234
Fone: (16) 261-5611
Fax: (16) 261-5754
E-mail: sac@cppse.embrapa.br

1ª edição
 1ª impressão (2002): 100 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Edison Beno Pott
Secretário-Executivo: Armando de Andrade Rodrigues
 Executivo. **Membros:** Ana Cândida Primavesi, Carlos Roberto de Souza Paino, Sônia Borges de Alencar

Expediente

Revisão de texto: Dirlene Ribeiro Martins
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito