

MANEJO ANTECIPADO DO NITROGÊNIO NAS PRINCIPAIS CULTURAS ANUAIS

João Kluthcouski¹
Homero Aidar¹

Michael Thung¹
Fernanda R. de A. Oliveira²

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas (LOPES et al., 2004). É também o nutriente absorvido em maiores quantidades pela maioria das culturas, especialmente as gramíneas, incluindo as pastagens. Entre as deficiências nutricionais que ocorrem nas culturas, a de nitrogênio é a mais frequente. Além disso, em condições adversas, principalmente as relacionadas ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e método de aplicação do fertilizante, o nitrogênio é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Como decorrência disto, a eficiência de sua utilização pelas plantas é baixa, de 50% a 60%.

O nitrogênio que pode ser disponibilizado às plantas e que define o potencial produtivo das culturas provém do ar atmosférico, no caso da maioria das leguminosas, da matéria orgânica do solo, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica.

Tem sido habitual a recomendação do parcelamento da adubação nitrogenada com o intuito de aumentar sua eficiência ou prevenir as possíveis perdas por volatilização e, sobretudo, por lixiviação. Por outro lado, são poucos os estudos sobre a época de maior demanda de nitrogênio pelas diferentes espécies vegetais, principalmente as de ciclo anual. São poucas também as informações sobre a relação entre N x matéria orgânica x microrganismos x cultura precedente. A suplementação deste nutriente pode, então, estar sendo ministrada tardiamente, neste caso com a principal função de melhorar o nível protéico, e não a produtividade das espécies cultivadas, particularmente as graníferas.

Com a evolução na adoção do Sistema Plantio Direto (SPD), assim como no uso das várzeas tropicais sob qualquer tipo de manejo do solo, é de se esperar um aumento gradativo no teor de



À frente, feijão cv. Valente, no estágio de enchimento de vagens e que recebeu 90 kg ha⁻¹ de N antecipado. Ao fundo, feijão amarelado, sem N antecipado. Lagoa da Confusão, TO.

matéria orgânica e, conseqüentemente, da atividade microbológica dos solos. Isto pode alterar não apenas o ciclo do nitrogênio no solo, tornando-o menos disponível para as plantas, em um determinado período, como também o fluxo de perdas.

Na prática, verifica-se que são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação deste nutriente, especialmente no que diz respeito a doses, épocas e método de incorporação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica, como

aqueles sob sistema plantio direto. Assim, em alguns casos, a antecipação da adubação nitrogenada, em relação às recomendações convencionais ou, até mesmo, em relação à semeadura da cultura, pode ser mais eficiente no aumento da produtividade das culturas graníferas anuais. Mesmo assim, o nutriente continua sendo o mesmo, passível de inúmeras possibilidades de perdas na complexidade do solo. Não é de se esperar, por exemplo, que em solos com baixa fertilidade, excessivamente arenosos e pobres em matéria orgânica, ou em solos mal drenados, a prática da aplicação antecipada do nutriente seja plenamente eficaz.

2. BALANÇO DO NITROGÊNIO COM ÊNFASE EM SUAS PERDAS

De acordo com Yamada e Abdalla (2000), o balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera é dado pela diferença entre ganhos e perdas no sistema, conforme ilustrado na Figura 1. As perdas ocorrem por meio de remoção pelas culturas, erosão, volatilização, imobilização biológica e lixiviação. Ainda segundo esses autores, as principais perdas significativas ocorrem: (1) na forma de gases que são liberados para a atmosfera, ocasionados pela volatilização da amônia (NH₃); (2) desnitrificação, resultado da redução dissimilatória realizada por bactérias originárias do solo capazes de reduzir nitrato em nitrito (NO₂⁻) em gases nitrogenados (NO, N₂O, N₂); e (3) por imobilização biológica, com a diminuição da

¹ Engenheiro agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO; e-mail: joaok@cnpaf.embrapa.br

² Engenheira agrônoma, B.Sc., estagiária da Embrapa Arroz e Feijão.

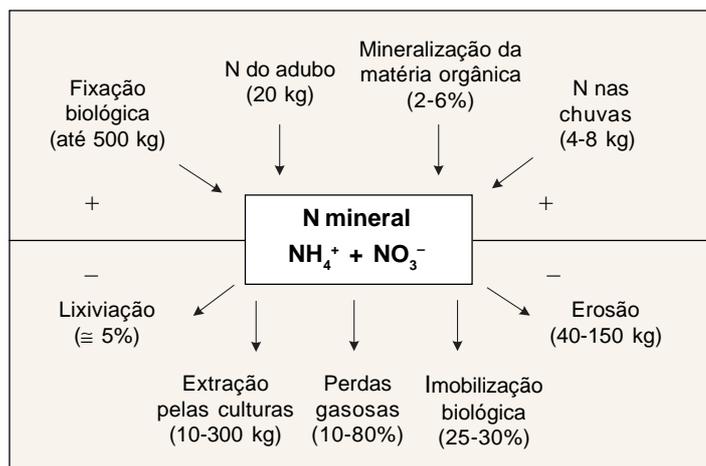


Figura 1. Adições e perdas de N mineral do solo.

Fonte: YAMADA e ABDALLA (2000).

disponibilidade de N na solução do solo, principalmente no sistema plantio direto. Registram-se, ainda, as perdas por lixiviação, em especial a de N-nitrato.

Em geral, tem-se que a principal perda de N ocorre por lixiviação, e para evitá-la recomenda-se seu parcelamento, em cobertura, após a emergência das plantas. No entanto, segundo revisão feita por Reichardt et al. (1982), citados por Yamada e Abdalla (2000), esta modalidade de perda é muito pequena. Observando-se, na Tabela 1, que, em média, o N lixiviado do fertilizante é da ordem de 3,4 kg ha⁻¹, com pluviosidade e período de tempo de 757 mm e 127,8 dias, respectivamente, conclui-se que as perdas de N em condições tropicais são da ordem de 5% do N aplicado, para 1.000 mm de chuva.

Quando o fertilizante foi aplicado na superfície do solo, Lara Cabezas e Yamada (1999) encontraram perdas de N por volatilização da uréia acima de 30% e 70%, em plantio convencional e sistema plantio direto, respectivamente (Figuras 2 e 3). A incorporação de qualquer uma das fontes testadas, independente do sistema de manejo do solo, reduziu drasticamente a volatilização do N, sendo mais expressiva no sistema plantio direto.

As perdas por volatilização podem ser reduzidas pela:

- Incorporação dos fertilizantes nitrogenados em profundidade, especialmente a uréia, sabendo-se que, para a maioria dos solos, deve ser feita entre 5 cm e 10 cm (HARGROVE, 1988);
- Mistura de uréia com cloreto de potássio na forma líquida. Rappaport e Axley (1984) observaram que, com a aplicação de solução de uréia e KCl em partes iguais, houve uma redução de 42%

Tabela 1. Perdas típicas de N por lixiviação, em condições tropicais.

Solo	Cultura	Período (dias)	Dose N ----- (kg ha ⁻¹)	N lixiviado (kg ha ⁻¹)	N lixiviado ¹ (kg ha ⁻¹)	Chuvas (mm)
Alfisol	Feijão	120	120	6,7	-	661
Alfisol	Feijão	365	100	15,0	1,4	1.382
Oxisol	Milho	130	80	9,2	0,4	717
Alfisol	Milho	150	100	32,4	11,0	620
Alfisol	Feijão	86	42	-	0,8	403
Média	-	127,8	88,4	15,8	3,4	757

¹ N lixiviado do fertilizante.

Fonte: REICHARDT et al. (1982), citados por YAMADA e ABDALLA (2000).

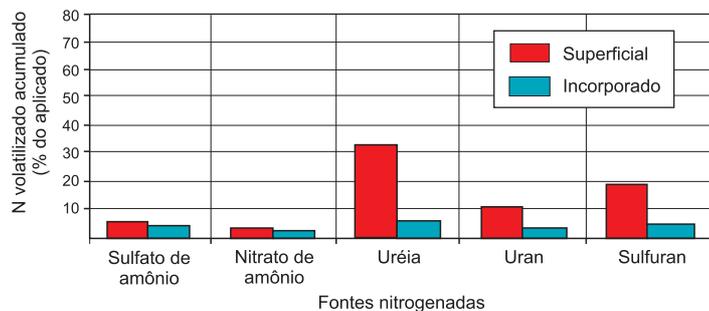


Figura 2. Perdas acumuladas de cinco fontes nitrogenadas de cobertura, em plantio convencional.

Fonte: LARA CABEZAS e YAMADA (1999).

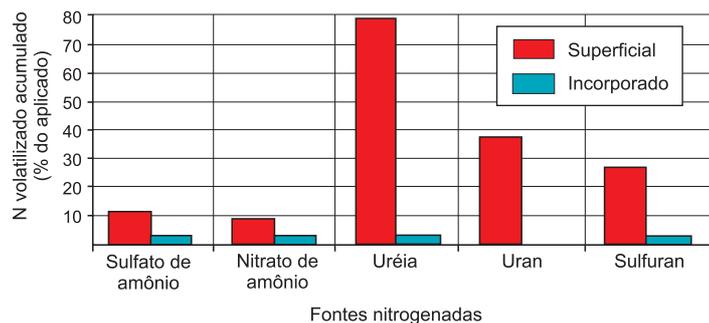


Figura 3. Perdas acumuladas de cinco fontes nitrogenadas de cobertura, no sistema plantio direto.

Fonte: LARA CABEZAS e YAMADA (1999).

(sem KCl) para 5% nas perdas de nitrogênio por volatilização na cultura do milho; e

- Mistura de uréia e sulfato de amônio, na proporção de 60% de N-uréia e 40% de N-sulfato de amônio (LARA CABEZAS et al., 1989).

3. MANEJO DO NITROGÊNIO

É desejável que os fertilizantes nitrogenados, principalmente no sistema plantio direto, sejam incorporados ao solo, evitando-se a prática corriqueira de distribuição a lanço e superficialmente. Neste caso, a maior exigência de mecanização é compensada pelo aumento da produtividade, como mostra a Tabela 2.

Devido ao efeito estimulador do N no desenvolvimento radicular, Garwood e Williams (1967) advertem sobre o risco potencial de haver alta disponibilidade de nitrogênio apenas na superfície do solo, pois há aí uma alta concentração de raízes às expensas de penetração no subsolo. Estes autores concluem que a aplicação profunda dos fertilizantes, particularmente de nitrogênio, melhora o desenvolvimento das plantas mesmo sob estresse hídrico, pois elas podem utilizar-se da ampla reserva de água das camadas profundas do solo.

É fundamental, portanto, saber a época e as doses de aplicação dos fertilizantes nitrogenados, e como incorporá-los com maquinário apropriado, para aumentar a eficiência de seu uso. O manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis, e a única alternativa para se fazer a recomendação desta adubação é pela determinação da curva de resposta em relação a várias doses deste nutriente (SANTOS e SILVA, 2002).

Tabela 2. Produtividade e peso de grãos por espiga de milho híbrido C-901, em função do tempo de aplicação, tipos de adubo e métodos de incorporação ao solo, segundo o Sindicato e Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (OCEPAR), 1994.

Tratamento	Produtividade	Peso de grãos	Tempo de
	de grãos	por espiga	aplicação
	(kg ha ⁻¹)	(g)	(minutos ha ⁻¹)
Uréia a lançar	5.270	131,8	7:07
Sulfato de amônio a lançar	5.640	140,9	7:42
Sulfato de amônio incorporado	7.030	175,8	21:28

Fonte: OLIVEIRA (1995).

Grande parte do N absorvido pela cultura é exportada através dos grãos, enquanto o restante permanece no solo na forma de resíduos culturais. A maior parte do nitrogênio do solo encontra-se sob formas orgânicas, que devem ser mineralizadas a fim de liberá-lo e torná-lo aproveitável pelas plantas. A mineralização é um processo biológico influenciado por vários fatores, tais como a forma orgânica em que o nitrogênio se encontra, as características químicas do solo e as condições ambientais do solo. O N do solo que encontra-se na forma inorgânica está sujeito a perdas por erosão.

Assim, sob o ponto de vista da nutrição de plantas, a dinâmica do N no solo implica em considerar a origem do N fornecido às plantas e as características regionais do solo, do clima e dos sistemas de produção.

No solo, a principal fonte de N é a matéria orgânica, por isto, esclarece Ceretta (2000), a dinâmica do N no solo está intimamente associada à dinâmica da matéria orgânica. Ainda segundo esse autor, se por um lado a imobilização microbiana do N pode comprometer a adequada disponibilidade de N às plantas em momentos pontuais, por outro lado não representa fenômeno de perda de N e sim a sua conservação.

Concomitantemente ao avanço da adoção do sistema plantio direto – que hoje está presente em mais de 20 milhões de hectares no Brasil (CARVALHO, 2005), estimando-se que só nos Cerrados existam mais de cinco milhões de hectares nesse sistema –, tem ocorrido um incremento gradual na matéria orgânica do solo. Não obstante esta constatação, vale destacar que, quando se aplica o fertilizante nitrogenado mineral seguindo a recomendação convencional, ou seja, em cobertura, pode-se provocar um maior retarda-

mento na disponibilização deste nutriente para as plantas. Isto ocorre porque, numa primeira instância, o nitrogênio aplicado ao solo pode ser parcial ou totalmente seqüestrado/absorvido pelos microrganismos do solo para, após algumas semanas, ser novamente liberado para a solução do solo. Este fato pode estar comprometendo a nutrição das plantas em tempo hábil, o que leva a sugerir a aplicação antecipada do nitrogênio, pelo menos de uma parte da dose recomendada (requerida) pela cultura. Para Ceretta (2000), por exemplo, a produtividade do milho na Região Sul do Brasil, em muitos casos, pode estar sendo limitada pela aplicação insuficiente de nitrogênio por ocasião da semeadura.

4. ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

O adubo nitrogenado tem alto custo energético para sua obtenção; mesmo assim, verifica-se que são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação deste fertilizante, especialmente em relação a doses, épocas e método de incorporação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica, como naqueles sob sistema plantio direto ou nas várzeas tropicais.

Trabalhos recentes de pesquisa atestam que, para determinadas condições, a aplicação do total ou de doses maiores de nitrogênio na semeadura, ou em operação distinta da semeadura, tem propiciado as mais altas produtividades. Contudo, em razão do velho paradigma, este elemento essencial continua, na maioria dos casos, a ser fornecido de forma parcelada, em cobertura, para as culturas.

Para a cultura do milho, segundo relatos de Yamada e Abdalla (2000), o nitrogênio é muito importante a partir da primeira semana após a emergência das plantas. Nesta fase, o sistema radicular, ainda em desenvolvimento, já mostra considerável quantidade de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, e a adição de nitrogênio estimula ainda mais sua proliferação, com conseqüente desenvolvimento da parte aérea. Também neste estágio tem início o processo de diferenciação floral, o qual dá origem aos primórdios da panícula e da espiga e define o potencial de produção. Para não limitar este evento fisiológico, é preciso que haja disponibilidade de, pelo menos, 30 kg ha⁻¹ de N. Segundo relato desses mesmos autores, o Departamento Técnico da Pioneer Sementes Ltda. divulgou que os melhores resultados na produção de grãos de milho, em Londrina, PR, foram obtidos com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹ de N, na base e em cobertura, respectivamente (Figura 4).

Sá (1999), hipoteticamente, assegura que a disponibilidade de N-nitrato no solo para a cultura do milho em sucessão à aveia, no

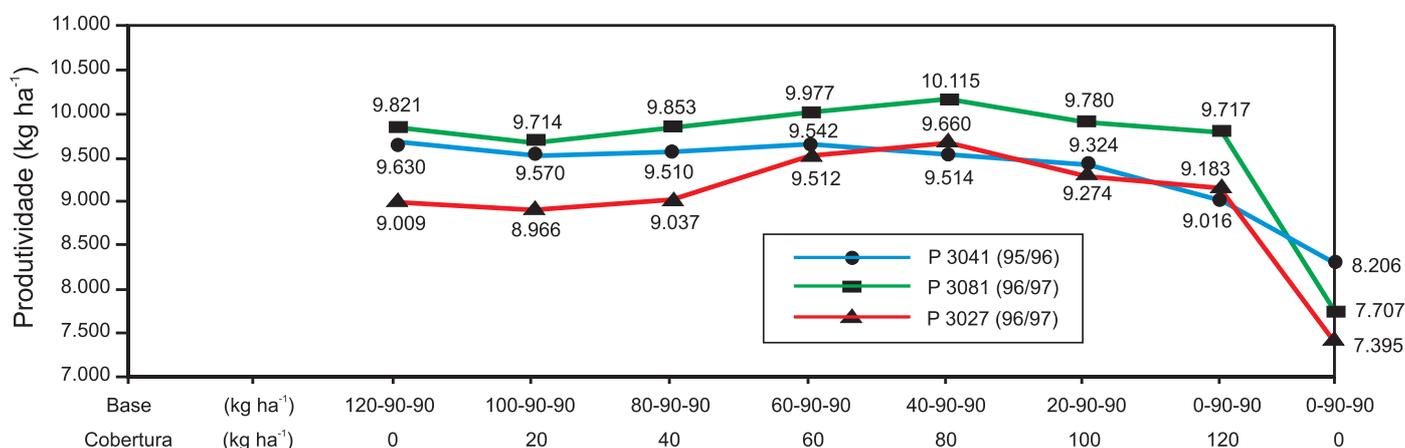


Figura 4. Eficiência do nitrogênio na adubação de base, simultaneamente à semeadura, e em cobertura na cultura do milho.

Fonte: YAMADA e ABDALLA (2000).

sistema plantio direto, é drasticamente reduzida em razão do aumento da atividade biológica do solo (Figura 5). A aplicação do nitrogênio em cobertura, no estágio V-6, resulta em aumento da disponibilização do nitrogênio, mas não coincide com a época de maior demanda por parte da cultura (Figura 6). Com a aplicação antecipada, o nitrogênio fica mais disponível justamente na fase em que é mais requerido pela cultura (Figura 7).

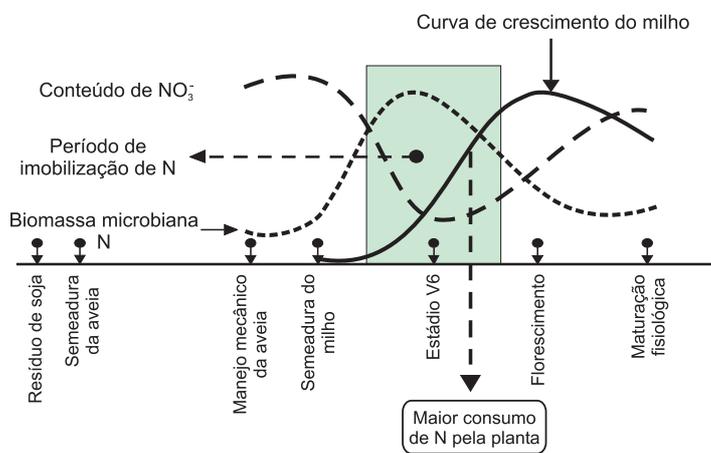


Figura 5. Alterações do nitrogênio do solo em rotação de culturas.
Fonte: SÁ (1999).

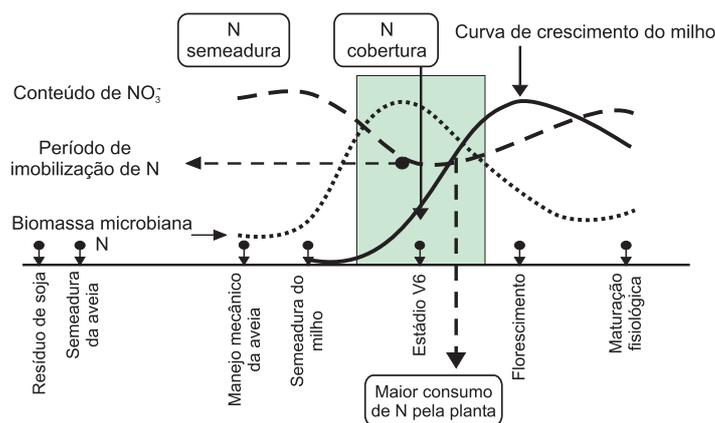


Figura 6. Alterações do nitrogênio do solo em rotação de culturas, em função de sua aplicação em cobertura.
Fonte: SÁ (1999).

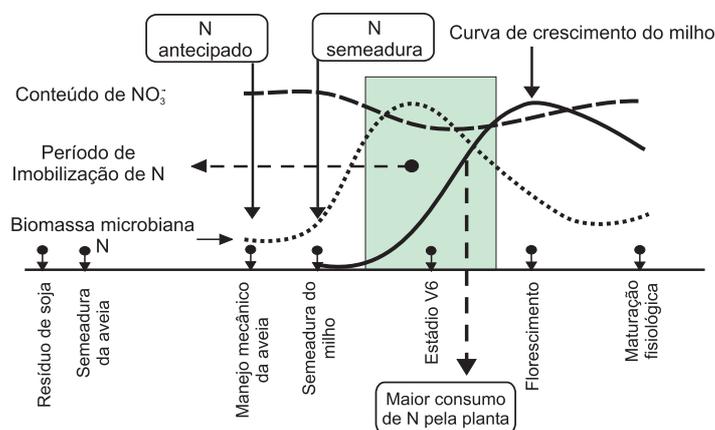


Figura 7. Alterações do nitrogênio do solo em rotação de culturas, em função de sua antecipação em relação à sementeira do milho.
Fonte: SÁ (1999).

Yamada (2002) lembra que quanto mais rico for o solo em nutrientes e sem barreiras físicas, é de se esperar um sistema radicular maior e mais profundo, fundamental para pronta absorção de nutrientes e alta produtividade das culturas. O suprimento de nutrientes minerais afeta fortemente o crescimento, a morfologia e a distribuição do sistema radicular no substrato ou no perfil do solo. Este efeito é bastante claro com o nitrogênio. Nas plantas cultivadas em solo, o efeito do nitrogênio no aumento da área da superfície radicular é, em geral, mais distinto com o nitrogênio amoniacal do que com o nítrico (MARSCHNER, 1995).

Barber (1995) relata que o período de máximo influxo de nutrientes pelas raízes do milho ocorre nos primeiros 20 dias do ciclo da planta. Na Tabela 3 observa-se que a taxa de absorção de nitrogênio, aos 30 dias, é sete vezes menor que aos 20 dias, e aos 50 dias, 20 vezes menor.

Tabela 3. Taxa de absorção de nutrientes pelo milho, em função da idade da planta.

Idade da planta (dias)	N	P	K
	----- (μmol m de raiz ⁻¹ dia ⁻¹) -----		
20	226,9	11,3	52,9
30	32,4	0,90	12,4
40	18,5	0,86	8,00
50	11,2	0,66	4,75
60	5,7	0,37	1,63
70	1,2	0,17	0,15
80	0,5	0,08	0,06
90	2,0	0,10	0,37
100	4,2	0,23	0,16

Fonte: BARBER (1995).

Basso et al. (1998), ao estudarem o manejo do nitrogênio no milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura do solo no inverno, no sistema plantio direto, para avaliar o aumento da disponibilidade de nitrogênio nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho, observaram que o melhor rendimento foi quando se aplicou 60-30-30 kg ha⁻¹ de N, em pré-semeadura, sementeira e cobertura, respectivamente, totalizando 75% do N total recomendado aplicado até a sementeira (Tabela 4).

Yamada (1997) também recomenda a aplicação do nitrogênio por ocasião da sementeira do milho safrinha, pois a deficiência hídrica, comum neste período, pode ter seu efeito reduzido quando o nitrogênio é aplicado antecipadamente. Para este autor, na safrinha, o milho adubado com 80 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, aplicado simultaneamente à sementeira, produz 47% a mais do que a testemunha. De acordo com Pimentel (1999), a quantidade de nitrogênio a ser aplicada no milho safrinha deve ser 100% a 150% maior que aquela usada na safra principal, e esta também deve ser antecipada, por ocasião da sementeira, ou cinco a dez dias após a emergência. Ainda, Yamada (2002) salienta que a aplicação de nitrogênio no milho, em pré-plantio incorporado, aumenta a resistência das plantas ao veranico.

Garcia (2002) mostrou que a alta produtividade do milho, obtida na região pampeana da Argentina, bastante fértil e rica em matéria orgânica, estava correlacionada à alta quantidade de nitrogênio disponível no solo, na forma de N-nitrato, medida até 60 cm de profundidade, por ocasião da sementeira do milho. Esclarece ainda que, para se obter rendimento superior a 12 t ha⁻¹, o nitrogênio disponível no solo, por ocasião da sementeira, deveria ser de, pelo menos, 170 kg ha⁻¹ (Figura 8).

Tabela 4. Produtividade do milho em sucessão a plantas de cobertura do solo no inverno e sob diferentes manejos de nitrogênio.

Manejo do N ¹			Produtividade do milho com plantas de cobertura do solo no inverno			
PSE	SEM	COB	Aveia preta (AP)	AP + ervilhaca	Nabo forrageiro	Média
----- (kg ha ⁻¹) -----						
00	00	00	5.616	6.639	6.017	6.091 b ²
00	30	90	6.804	7.122	6.984	6.970 b
30	30	60	6.867	6.786	6.767	6.807 b
60	30	30	7.756	7.450	7.229	7.478 a
90	30	00	7.230	7.567	6.853	7.216 ab
Média			6.855 A	7.113 A	6.770 A	-

¹ PSE = pré-semeadura; SEM = semeadura e COB = cobertura.

² As letras maiúsculas na linha comparam sistema de cultura no inverno para cobertura do solo, e as minúsculas na coluna comparam tratamentos. CV (%) = 6,7.

Fonte: BASSO et al. (1998).

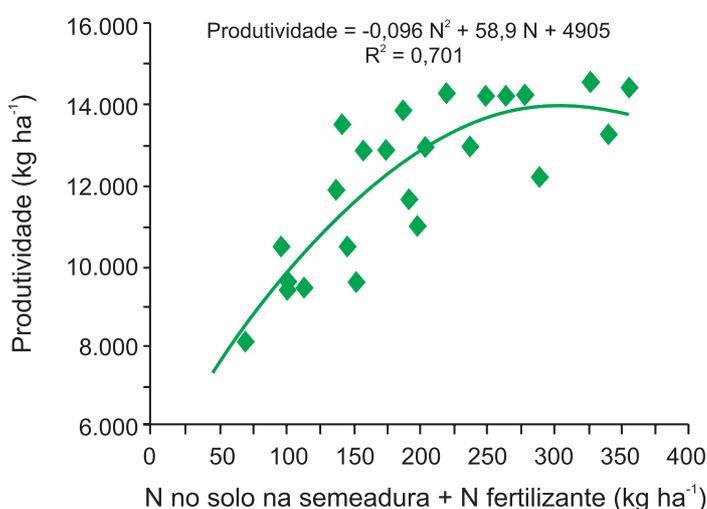


Figura 8. Produtividade do milho em função do N disponível para a semente (N-nitrato no solo a 0-60 cm, acrescido do N aplicado como fertilizante), em ensaios conduzidos em campo, em 2001/02, em Cordoba e Santa Fé, na Argentina.

Fonte: GARCIA (2002).

Para o arroz de terras altas, Stone e Silva (1998) verificaram que a melhor dose de nitrogênio foi de 40 kg ha⁻¹, alertando que, em regiões sujeitas à deficiência hídrica, deve-se proceder o parcelamento do nitrogênio, sendo 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura. Não foi verificada diferença entre a aplicação parcelada de 80 kg ha⁻¹ de N e a aplicação na semeadura (Tabela 5). Ainda, a cobertura nitrogenada só deve ser feita se a lavoura apresentar condições adequadas de desenvolvimento e houver água suficiente no solo para suprir as plantas por, no mínimo, dez dias após o início da floração.

Silva et al. (2002) obtiveram a maior produtividade do feijoeiro cultivado sob palhada picada de milho com 60 kg ha⁻¹ de N, aplicado na semeadura, apesar de não diferir estatisticamente de alguns outros tratamentos (Tabela 6). Considerando a palhada inteira, a maior produtividade foi obtida com a aplicação de metade da dose de nitrogênio na semeadura e metade em cobertura. Isto difere do sistema de preparo convencional do solo, em que geralmente são recomendadas, para o feijoeiro, doses de nitrogênio que variam de 10 kg a 30 kg ha⁻¹, na semeadura, e o restante, em cobertura (EMBRAPA 1993, 1996). A adubação usual da região do Planalto Central é de 350 kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-16 (17,5 kg ha⁻¹ de N), na semeadura, mais 102,5 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio ou

Tabela 5. Número de panículas e produtividade do arroz em função de doses e parcelamento de nitrogênio. Média de dois anos das cultivares Rio Paranaíba e Maravilha¹.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Parcelamento ²	Panículas/m ² (Nº)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
0	-	149 b	2.429 b
40	SP	164 a	2.802 a
40	CP1	170 a	2.875 a
40	CP2	161 a	2.613 ab
80	SP	169 a	2.808 a
80	CP1	162 a	2.772 a
80	CP2	161 a	2.758 a
DMS (5%)	10,2	2.88,5	

¹ Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

² SP = sem parcelamento; CP1 = 1/3 na semeadura e 2/3 na diferenciação do primórdio floral; CP2 = 1/3 na semeadura e 2/3 na floração.

Fonte: STONE e SILVA (1998).

uréia, em cobertura. Ainda segundo esses autores, o atraso no fornecimento de nitrogênio à planta refletiu-se em baixa produtividade, devido provavelmente à imobilização biológica do nitrogênio do solo. A produtividade obtida com o tratamento T7, que recebeu parte da adubação nitrogenada 20 dias antes da semeadura do feijão, não diferiu significativamente das obtidas com os tratamentos que apresentaram as maiores produtividades. Isto significa que esse procedimento, aparentemente, foi eficiente na melhoria da disponibilidade do nitrogênio para as plantas, pois antecipou a imobilização biológica do nitrogênio e a disponibilização para quando as plantas o necessitassem. Esses mesmos autores concluíram que, sob SPD após milho, independentemente da palhada ter sido mantida inteira ou picada, a dose de nitrogênio mais adequada para o feijoeiro é de 60 kg ha⁻¹, aplicada por ocasião da semeadura.

Para se obter altas produtividades do arroz de terras altas, em áreas sob pastagem degradada no sistema plantio direto, Guimarães e Stone (2003) asseguraram que a forma mais eficiente de aplicar nitrogênio é com a incorporação de 100 kg ha⁻¹ na operação de semeadura. Na Figura 9 são expostos os dados de produtividade do arroz em função de doses e métodos de aplicação de nitrogênio.

Tabela 6. Produtividade da cultivar de feijão Aporé e seus componentes de rendimento, em função do manejo de nitrogênio¹.

Tratamento ² (dose de N)	Plantas m ⁻² (N°)	Vagens planta ⁻¹ (N°)		Grãos vagem ⁻¹ (N°)		Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
		1999	2000	1999	2000		
T1 (0-0-120)	20,8 a	9,4 bB	13,5 aA	3,1 aB	4,8 aA	27,4 a	1.658 c
T2 (0-17,5-102,5)	19,4 a	11,3 abB	14,3 aA	3,6 aB	4,7 aA	28,0 a	2.043 abc
T3 (0-40-80)	19,6 a	13,5 abB	14,8 aA	2,8 aB	4,8 aA	28,1 a	1.927 bc
T4 (0-60-60)	19,5 a	13,2 abA	13,6 aA	3,6 aB	4,5 aA	28,4 a	2.162 ab
T5 (0-80-40)	18,7 ab	13,8 abA	13,4 aA	3,2 aB	4,5 aA	28,4 a	2.035 abc
T6 (0-120-0)	15,7 b	14,6 aA	11,6 aB	3,1 aB	5,3 aA	28,7 a	1.844 bc
T7 (40-40-40)	19,5 a	12,9 abA	11,8 aA	3,6 aB	4,9 aA	28,5 a	2.105 ab
T8 (0-17,5-102,5)	20,0 a	12,5 abB	13,9 aA	3,8 aA	3,9 aA	29,2 a	2.181 ab
T9 (0-60-60)	19,1 a	15,5 aA	10,2 aB	3,4 aB	3,7 aA	28,3 a	2.364 a
Média	19,1	12,9 A	13,0 A	3,3 B	4,6 A	28,3	2.035
Efeito ³	T	**	Ns	Ns	ns	**	
	A	**	Ns	**	ns	**	
	T x A	ns	**	*	ns	Ns	
CV (%)	10,04	22,11	24,55	22,00	15,38	5,71	11,44

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

² Os tratamentos correspondem às quantidades de N aplicadas 20 dias antes da semeadura, na semeadura e em cobertura, respectivamente, sendo a palhada do milho picada nos dois últimos tratamentos.

³ ns = efeito não significativo; * = significativo no nível de 5% de probabilidade pelo teste F; e ** = significativo no nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: SILVA et al. (2002).

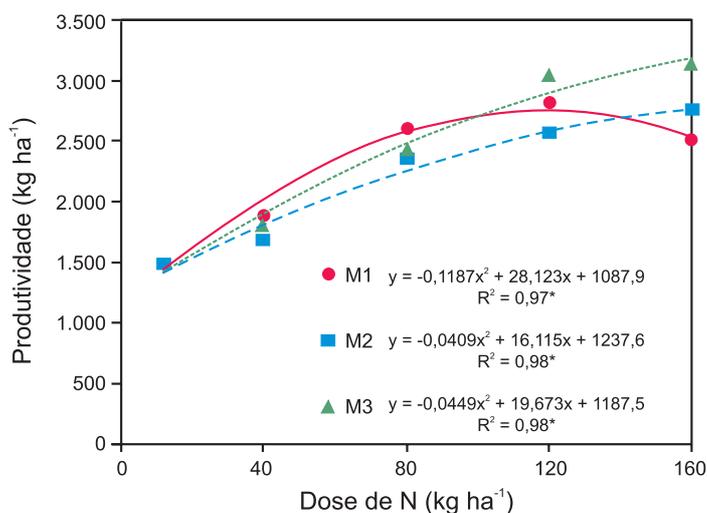


Figura 9. Produtividade do arroz de terras altas, sob plantio direto após pastagem, em função de doses de N aplicadas: totalmente na semeadura (M1); metade na semeadura e metade em cobertura (M2); e dois terços na semeadura e um terço em cobertura (M3).

Fonte: GUIMARÃES e STONE (2003).

Hipoteticamente, Sá (1999) demonstra que, nos primeiros anos de adoção do sistema plantio direto, até pelo menos oito anos, a imobilização do nitrogênio é maior que a sua mineralização. A partir deste período, a mineralização passa a ser importante (Figura 10).

5. EFEITO SALINO DOS ADUBOS NITROGENADOS

À medida que a fertilidade do solo vai melhorando, mediante sucessivas adubações, mais atenção deve ser dada ao equilíbrio nutricional e ao posicionamento correto dos fertilizantes, sob pena

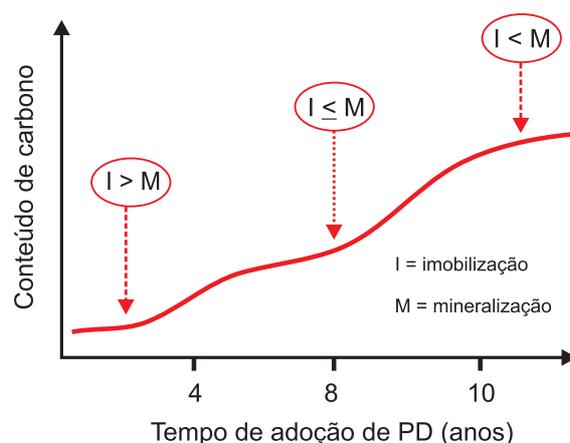


Figura 10. Aumento da matéria orgânica no solo (MOS), conforme o tempo de plantio direto (PD), e influência na mineralização e imobilização do nitrogênio no solo.

Fonte: SÁ (1999).

destes fatores interferirem negativamente até mesmo no rendimento das culturas anuais, seja pela ineficiência de seu uso pelas plantas, seja por possíveis injúrias que possam ocorrer às raízes.

Por outro lado, das partes da planta, as raízes são as menos conhecidas, as menos estudadas e as menos entendidas, pelo fato de não poderem ser vistas e, ainda, pelas dificuldades encontradas para o seu estudo. As raízes têm as importantes funções de absorver e translocar água e nutrientes, sintetizar carboidratos e suportar a planta. De acordo com Miller (1986), estas funções são afetadas por estresses aos quais as raízes podem estar sujeitas, tais como: falta ou excesso de água, deficiência de O₂, temperaturas adversas, impedimento físico, presença de elementos tóxicos, ataque de insetos e doenças e deficiência ou desequilíbrio de nutrientes. Para complementar, Guimarães e Castro (1982) mencionam que o desen-

volvimento radicular, no que se refere à profundidade e à massa, é também afetado pelo posicionamento do fertilizante no perfil do solo. Na agricultura dependente exclusivamente das chuvas, em particular nas regiões sujeitas a curtos períodos de estresse hídrico, é desejável o desenvolvimento profundo das raízes.

Os fertilizantes minerais, por apresentarem, na sua maioria, efeitos osmóticos e salinos, podem comprometer a germinação e o desenvolvimento das plântulas e raízes, principalmente num ambiente com disponibilidade hídrica deficiente. Knott (1957) foi quem alertou, pela primeira vez, sobre a salinização provocada pelos fertilizantes minerais, principalmente os potássicos e nitrogenados (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito salino dos principais fertilizantes e corretivos utilizados para a produção das culturas anuais.

Fertilizante	Índice salino
Nitrato de sódio	100,0
Amônia anidra	47,1
Nitrato de amônio	104,7
Fosfato monoamônico	34,2
Calcário calcítico	4,7
Nitrato de cálcio	52,5
Fosfato diamônico	29,9
Calcário dolomítico	0,8
Cloreto de potássio	116,3
Nitrato de potássio	73,6
Sulfato de potássio	46,1
Superfosfato simples	7,8
Superfosfato triplo	10,1
Uréia	75,4
Sulfato de amônio	69,0

Fonte: KNOTT (1957).

No início da década de 60, Vieira e Gomes (1961) demonstraram que alguns fertilizantes podem causar injúrias à germinação de sementes do feijoeiro comum (Tabela 8), enfatizando que o contato direto de sementes de feijão com 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 140 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio reduziu o estande de plantas em 44% e 58%, respectivamente, e na aplicação da mistura de ambos, a redução foi de 74%.

Tabela 8. Estandes médios de plantas, em percentagem, em ensaio de adubação, atribuindo-se valor 100 para o tratamento sem adubo. Muriaé, MG.

Dose de superfosfato simples (kg ha ⁻¹)	Dose de cloreto de potássio (kg ha ⁻¹)		
	0	70	140
	----- (%) -----		
0	100	65	42
300	56	43	35
600	41	33	26

Fonte: VIEIRA e GOMES (1961).

Kluthcouski et al. (1982), ao pesquisarem o efeito da mistura NPK, verificaram que a alteração na profundidade de adubação para cerca de 6 cm a 8 cm abaixo das sementes resultou em ganhos significativos no rendimento do feijoeiro comum, em relação à pro-

fundidade usual de aplicação do adubo, a qual, na prática, tem sido próxima das sementes. Também para o feijoeiro cultivado no SPD, Kluthcouski (1998) obteve produtividades significativamente superiores com a adubação a uma maior profundidade (Tabela 9). Neste contexto, aumentos no rendimento de grãos, devidos à incorporação mais profunda do fertilizante, também foram registrados para as culturas do feijão (THUNG et al., 1982; CHAIB et al., 1984) e do milho (BARBER, 1985; ALONÇO e FERREIRA, 1992).

Tabela 9. Efeito do manejo do solo e da profundidade de adubação sobre a produtividade da cultivar de feijoeiro Pérola, na Fazenda Três Irmãos, em Santa Helena de Goiás, GO.¹

Profundidade de adubação (cm)	Produtividade	
	Sistema plantio direto	Convencional com aiveca
	----- (kg ha ⁻¹) -----	
Sem adubo	2.499 a	2.899 a
5	2.629 a	2.520 b
10	2.846 a	3.087 a
Média	2.658	2.835
DMS	376,0	
CV (%)	11,26	
Manejo x profundidade de adubação	ns	

¹ Experimento conduzido no esquema fatorial com oito repetições.

² Adubação de 350 kg ha⁻¹ da fórmula 2-20-20, em um Latossolo Roxo de alta fertilidade, cultivado no sistema plantio direto por oito anos, e irrigado por pivô central.

³ Condutividade elétrica (CE) de 1,46 dS m⁻¹ e 0,23 dS m⁻¹, medida nos 5 cm ao redor das sementes, uma semana após a emergência das plântulas, nos tratamentos adubo a 5 cm no sistema plantio direto e sem adubo na aivecagem, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: KLUTHCOUSKI (1998).

Silva et al. (2002) verificaram que a aplicação da totalidade do nitrogênio (80 kg ha⁻¹ ou 120 kg ha⁻¹) na mesma linha de semeadura não resultou em altas produtividades de feijão devido à diminuição do número de plantas. Supõe-se que a alta concentração do sal nitrogenado tenha prejudicado a germinação do feijoeiro, visto que Sá (1999) também observou fitotoxicidade em plântulas de milho com a aplicação de doses elevadas de nitrogênio na semeadura. Já Fernandes et al. (1999), estudando a cultura do milho sob SPD, na região dos Cerrados, demonstraram que o uso de nitrogênio, no sulco de semeadura, em doses superiores a 40 kg ha⁻¹, prejudica o estande da cultura e, conseqüentemente, diminui a produção de grãos.

Esses resultados sugerem que o nitrogênio deve ser incorporado ao solo antes da semeadura, com equipamento específico para o sistema plantio direto (Figura 11).

6. RESULTADOS PRÁTICOS OBTIDOS COM O MANEJO ANTECIPADO DO NITROGÊNIO

6.1. Feijoeiro cultivado nas várzeas tropicais irrigadas por subirrigação

A grande maioria das recomendações de adubação nitrogenada para o feijoeiro, por exemplo, refere-se ao cultivo sem irrigação ou irrigado por aspersão em terras altas, sob maiores altitude e latitude, em relação às várzeas tropicais. Dentre os vários resultados de estudos realizados atestando o efeito positivo da fertiliza-



Figura 11. Equipamento para aplicação antecipada de N no sistema plantio direto.

ção nitrogenada, destaca-se a resposta do feijoeiro a doses acima de 100 kg ha^{-1} de N, especialmente em sistemas de cultivo de menor risco, como aqueles em que se utiliza a irrigação.

O manejo do nitrogênio na cultura do feijoeiro nas várzeas tropicais do Estado do Tocantins, mais especificamente nos municípios de Lagoa da Confusão e Formoso do Araguaia, em solos classificados como Inceptissolos, tem sido objeto de investigação de vários pesquisadores. Santos et al. (2002), por exemplo, verificaram, em áreas de várzeas irrigadas por subirrigação, em Formoso do Araguaia, que os efeitos das doses 0, 40 kg, 80 kg, 120 kg e 160 kg ha^{-1} de N, em cobertura, seguindo as recomendações convencionais, aos 25 dias após a emergência dos feijoeiros, foram lineares, em dois anos, sobre o rendimento do feijão, sendo a produtividade máxima estimada de 2.753 kg ha^{-1} com 175 kg ha^{-1} de N. A adubação na semeadura constituiu-se de 400 kg ha^{-1} do formulaço 8-28-16, o que equivaleu a 32 kg ha^{-1} de N na base, e o restante do nitrogênio, em cobertura (Figuras 12 e 13).

Pode-se inferir que a magnitude em que a imobilização do nitrogênio mineral afeta a disponibilidade de nitrogênio para a cultura subsequente depende da relação C/N; portanto, da composição e quantidade de resíduos produzidos pela cultura anterior. Com isto, a elevada exigência de nitrogênio pelo feijoeiro possivelmente se deve ao grande volume de resíduos deixados na superfície do solo pela cultura do arroz irrigado que propiciou maior imobilização, pois parte do nitrogênio é consumida pela população microbiana do solo no processo de decomposição da palhada do arroz. Apesar de não se ter determinado a quantidade de palhada de arroz deixada sobre o solo, pode-se admitir que foi elevada, considerando as altas produtividades obtidas deste cereal nas áreas de várzea.

As várzeas tropicais do Estado do Tocantins, mais especificamente do município de Lagoa da Confusão, constituem um caso bem singular. Possuem solos férteis, com alto teor de matéria orgânica, apresentam produtividade máxima de feijão em torno de 2 t ha^{-1} , resposta linear do feijoeiro até, aproximadamente, 160 kg ha^{-1} de N e ausência de resposta a outros macro e micronutrientes. Com tais características, o que se deve fazer?

Em solos com altos teores de matéria orgânica, como os do Tocantins, a aplicação do nitrogênio, exclusivamente em cobertura, pode resultar em maior retardamento na disponibilização deste nutriente para as plantas, bem como dos demais nutrientes que se encontram no complexo orgânico do solo. Isto ocorre porque o nitrogênio aplicado é, parcial ou totalmente, seqüestrado/absorvido pelos microrganismos do solo para, após algumas semanas, ser

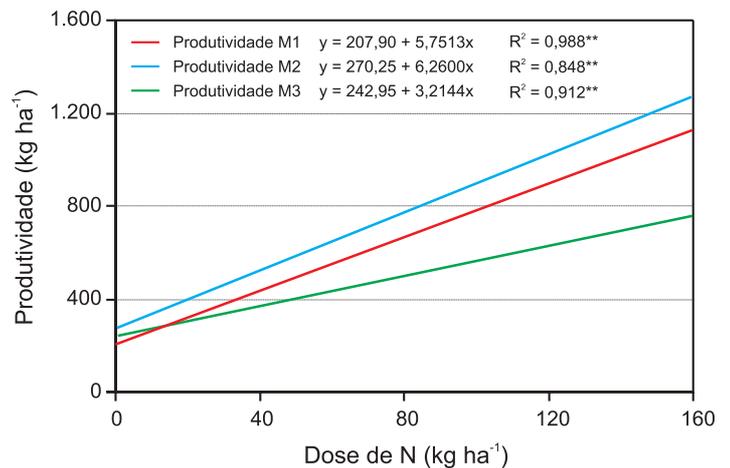


Figura 12. Efeitos de doses e de métodos de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de feijoeiro Rudá, em várzea, em 1998, em que: M_1 = todo N no plantio; M_2 = metade no plantio + metade incorporado ao solo aos 25 dias após a emergência (DAE); M_3 = metade no plantio + metade a lançar aos 25 DAE.

Fonte: SANTOS et al. (2002).

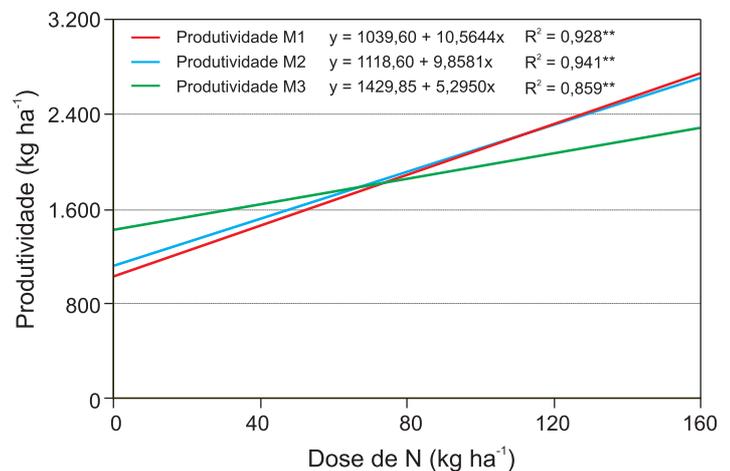


Figura 13. Efeitos de doses e de métodos de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de feijoeiro Rudá, em várzea, em 1999, em que: M_1 = todo N no plantio; M_2 = metade no plantio + metade incorporado ao solo aos 25 dias após a emergência (DAE); M_3 = metade no plantio + metade a lançar aos 25 DAE.

Fonte: SANTOS et al. (2002).

novamente liberado para a solução do solo. Este fato pode comprometer a nutrição das plantas em tempo hábil. Em muitos casos, assume-se, então, que a produtividade das culturas pode estar sendo limitada pela aplicação insuficiente de nitrogênio por ocasião da semeadura.

A partir de 2002, foram realizados vários trabalhos com nitrogênio no município de Lagoa da Confusão, cujos solos apresentam as características químicas expostas na Tabela 10.

Em um dos trabalhos conduzidos naquele município, estudou-se a inoculação, duas fontes de nitrogênio (uréia Petrobras e sulfato de amônio) e três épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado: na semeadura, 10 dias após a emergência (DAE) e 20 DAE, considerando a dose de 90 kg ha^{-1} de N, a qual, na semeadura, foi aplicada de uma só vez, misturada à adubação básica e incorporada mecanicamente na profundidade de 6-8 cm. A uréia Petrobras, aplicada toda na base – apesar do efeito salino ter diminuído substancialmente o estande – ou aos 10 DAE, propiciou produ-

Tabela 10. Características químicas dos solos de várzeas do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2002.

Profundidade	pH água	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
(cm)		----- (mmol _c dm ⁻³) -----				----- (mg dm ⁻³) -----						(g dm ⁻³)
0-10	5,8	43,2	11,2	1	90	32,5	145	1,7	4,2	82	16	54
10-20	5,9	42,0	10,7	1	91	30,6	78	1,6	3,5	85	17	50

tividades maiores que a da testemunha sem nitrogênio, e foi mais eficiente que quando aplicada aos 20 DAE. Quando aplicada aos 10 DAE, a uréia Petrobras também foi mais eficiente que o sulfato de amônio. Neste caso, pode-se presumir que, com a aplicação mais antecipada do nitrogênio, ocorre seu seqüestro pela matéria orgânica, contudo, alguns dias após a decomposição dos resíduos (palhadas da cultura do arroz e plantas daninhas), o nitrogênio foi novamente disponibilizado para o feijoeiro (Tabela 11). Mesmo utilizando a fonte sulfato de amônio, que pode não ser recomendável para a região devido à reação ácida no solo, o nitrogênio aplicado antecipadamente – neste caso, na base e não mais em cobertura – proporcionou os melhores resultados, em relação às aplicações feitas aos 10 DAE ou 20 DAE.

Já na safra de inverno de 2003, foram conduzidos experimentos para avaliar o efeito da antecipação do nitrogênio em relação à semeadura do feijoeiro. Foram estudadas doses de nitrogênio, sob a forma de uréia, distribuídas a lanço, dois dias antes da semeadura, e incorporadas com grade niveladora, combinadas com a incorporação ou não de nitrogênio em cobertura. Em razão da gleba nunca ter tido a acidez corrigida (Tabela 12) e ter ficado em pousio por vários anos, e, ainda, pelo método de incorporação com grade, os rendimentos de grãos obtidos foram relativamente baixos. Assume-se que, mesmo em pousio por vários anos, não ocorreu a acumulação suficiente de nitrogênio no solo (geralmente, via matéria orgânica). É também provável que tenha ocorrido deficiências de outros nutrientes essenciais, neste caso, fósforo, cálcio, magnésio

e potássio. Contudo, observa-se na Tabela 13 o efeito crescente das doses de nitrogênio, até 225 kg ha⁻¹, no rendimento de grãos da cultivar de feijão Valente. As maiores doses de nitrogênio modificaram a arquitetura dessa cultivar, propiciando um crescimento exuberante em detrimento da produção de grãos, elevando a produção de massa vegetativa e acamando os feijoeiros, devido provavelmente ao desequilíbrio nutricional. O grande volume de massa verde proveniente das plantas daninhas, incorporada superficialmente imediatamente antes de semeadura do feijão, pode ter sido responsável pela grande imobilização de nitrogênio, que o tornou limitante para o feijoeiro. A resposta apreciável à adubação com nitrogênio em cobertura, aplicada aos 10 DAE dos feijoeiros, até a dose de 225 (135) kg ha⁻¹ de N, incorporada antes da semeadura do feijão, mostra esta carência de nitrogênio na área.

Paralelamente àquele mesmo período, avaliou-se o efeito da antecipação do nitrogênio em área adequadamente corrigida (Tabela 14), anteriormente ocupada com arroz, por vários anos, e feijão de inverno, por duas safras consecutivas, na entressafra. Neste caso, o nitrogênio, sob a forma de uréia, foi incorporado ao solo com equipamento apropriado, em linhas, na profundidade aproximada de 8 cm. Não houve efeito da cobertura nitrogenada aos 10 DAE, em relação ao tratamento que recebeu apenas 12 kg ha⁻¹ de N na adubação de base (Tabela 15). Em contrapartida, a aplicação antecipada do nitrogênio, imediatamente antes da semeadura, promoveu aumento significativo no rendimento da cultivar de feijão Carioca Precoce.

Tabela 11. Manejo de nitrogênio na cultura do feijão, cv. Valente, em Lagoa da Confusão, TO, em 2002*.

Fonte e época de aplicação de nitrogênio ¹	População final (1.000 plantas ha ⁻¹)	Vagem planta ¹ (Nº)	Sementes vagem ¹ (Nº)	Massa de 100 sementes (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha, sem N	250	6,1 a	4,7 a	21,3 b	1.672 cd
Uréia Petrobras, base	151	17,3 a	4,7 a	20,4 b	2.165 ab
Sulfato de amônio, base	265	8,7 a	4,3 a	22,1 ab	1.987 abc
Uréia Petrobras, 10 DAE	223	26,5 a	3,7 a	22,4 ab	2.433 a
Sulfato de amônio, 10 DAE	170	10,4 a	3,7 a	20,6 b	1.510 d
Uréia Petrobras, 20 DAE	137	8,9 a	3,5 a	26,0 a	1.687 cd
Sulfato de amônio, 20 DAE	176	9,3 a	4,6 a	23,2 ab	1.573 cd
Inoculação	220	8,1 a	4,9 a	21,5 ab	1.752 bcd
CV (%)	-	81,9	23,4	8,9	10,8
DMS	-	23,2	2,4	4,7	475,4

¹ Nitrogênio aplicado na dose de 90 kg ha⁻¹.

* Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si no nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 12. Características químicas dos solos de várzeas do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

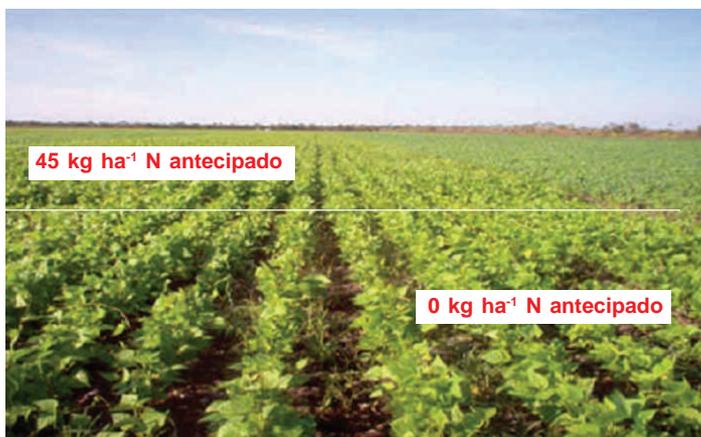
Profundidade	pH água	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
(cm)		----- (mmol _c dm ⁻³) -----				----- (mg dm ⁻³) -----						(g dm ⁻³)
0-20	4,5	14,4	4,7	12	99	3,9	48	0,7	1,2	26	4	27

Tabela 13. Rendimento da cultivar de feijão Valente, em várzea tropical irrigada por subirrigação, em função de doses de nitrogênio, aplicadas antes da semeadura, na presença ou não de nitrogênio em cobertura, em Lagoa da Confusão, TO, 2003.

N antecipado ¹	N cobertura ²		Média
	0	90	
----- (kg ha ⁻¹) -----			
0	233	1.573	903 c
45	880	1.510	1.195 b
90	1.111	1.429	1.270 b
135	1.181	1.426	1.303 b
225	1.512	1.529	1.520 a
Média (kg ha ⁻¹)	983	1.493	-
CV (%)	16,7		
DMS	193		

¹ Dose aplicada a lanço e incorporada com grade, imediatamente antes da semeadura.

² Dose incorporada a 8 cm de profundidade aos 10 dias após a emergência.



Manejo de nitrogênio em feijão, cv. Valente. Lagoa da Confusão, TO, 2004.

Nas mesmas condições de solo, comparou-se o efeito da aplicação antecipada de nitrogênio combinada com diferentes fontes de fertilizantes, observando-se respostas similares (Tabela 16). Independentemente do fertilizante aplicado, a antecipação do nitrogênio resultou em um aumento médio de 66% na produtividade de grãos da cultivar de feijão Carioca Precoce. O efeito da antecipação

Tabela 15. Efeito da época da adubação nitrogenada sobre a produtividade da cultivar de feijão Carioca Precoce, em várzea tropical irrigada por subirrigação, Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

Tratamento ¹	Produtividade
	(kg ha ⁻¹)
Sem nitrogênio antecipado	1.857 b
Com nitrogênio antecipado ²	2.996 a
Nitrogênio em cobertura aos 10 DAE ³	1.696 b

¹ Todas as parcelas foram adubadas com 300 kg ha⁻¹ de 04-24-12.

² Aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

³ Aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N aos 10 DAE do feijão.

Tabela 16. Efeito de fontes de fertilizantes e da antecipação ou não da aplicação do nitrogênio sobre a produtividade do feijão, cv. Carioca Precoce, em várzea tropical irrigada por subirrigação, em Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

Fertilizante ¹	Produtividade		
	Sem N antecipado	Com N antecipado ²	Média
----- (kg ha ⁻¹) -----			
Sem adubo	954	2.321	1.638 c
04-24-12	1.857	2.996	2.427 a
Escória ³	1.505	2.872	2.189 b
N3Yoorin S2 ⁴	2.311	2.830	2.571 a
Média	1.657	2.755	-
CV (%)	11,4		
DMS	171,5		

¹ Aplicação de 400 kg ha⁻¹.

² Aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

³ Resíduo de siderurgia contendo, principalmente, silício, cálcio e magnésio.

⁴ Fertilizante contendo micronutrientes.

do nitrogênio no tratamento em que não foi aplicado nenhum macro ou micronutriente demonstra a importância do nitrogênio no cultivo do feijoeiro, nas condições de várzeas, o que comprova que este é o nutriente mais limitante na fase inicial de desenvolvimento da cultura.

Posteriormente, com a cultivar de feijão Carioca, também em um Inceptisol parcialmente corrigido (Tabela 17), foram estudadas doses antecipadas de nitrogênio (0, 45 kg, 90 kg e 135 kg ha⁻¹), combinadas com três épocas de aplicação de nitrogênio em cober-

Tabela 14. Características químicas dos solos de várzeas do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

Profundidade	pH água	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
(cm)		----- (mmol _c dm ⁻³) -----				----- (mg dm ⁻³) -----						(g dm ⁻³)
0-20	5,3	36,0	10,0	5	138	41,9	145	1,8	6,4	8	10	40

Tabela 17. Características químicas dos solos do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Profundidade	pH água	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
(cm)		----- (mmol _c dm ⁻³) -----				----- (mg dm ⁻³) -----						(g dm ⁻³)
0-10	5,8	43,2	11,2	1	90	32,5	145	1,7	4,2	82	16	54
10-20	5,9	42,0	10,7	1	91	30,6	78	1,6	3,5	85	17	50

tura (0, 10 DAE e 25 DAE), à razão de 45 kg ha⁻¹ de N, sob a forma de uréia. As doses de nitrogênio foram incorporadas ao solo, no sentido transversal ao alinhamento da sementeira, com adubadora apropriada, a 8 cm de profundidade, com kites de adubação espaçados de 54 cm, imediatamente antes da sementeira. Assim, para se evitar o efeito salino da uréia, a incorporação de nitrogênio e a sementeira do feijão foram feitas em operações distintas.

A dose de 90 kg ha⁻¹ de N foi a mais eficiente, proporcionando os maiores rendimentos ao feijoeiro (Tabela 18). A incorporação do nitrogênio imediatamente antes da sementeira, sem o uso da complementação de nitrogênio em cobertura, elevou o teto da produtividade para níveis superiores a 3 t ha⁻¹.

Na Tabela 19 estão expostos os dados sobre o comportamento médio das cultivares e linhagens testadas, em relação às doses de nitrogênio incorporadas imediatamente antes da sementeira. A dose de 90 kg ha⁻¹ de N, em pré-sementeira, foi também a mais eficiente para todas as cultivares e linhagem avaliadas, destacando-se a cultivar Carioca.

Em um outro trabalho, também realizado em Lagoa da Confusão, TO, foi avaliado o comportamento da cultivar de feijão

Tabela 18. Efeitos de doses de nitrogênio, incorporado imediatamente antes da sementeira, e de épocas de cobertura de nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de feijão Carioca, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Dose de N	Produtividade				
	Época de cobertura				
	Sem cobertura	0 DAE*	10 DAE	25 DAE	Média
	----- (kg ha ⁻¹) -----				
0	1.707	2.585	2.074	1.508	1.969 c
45	2.660	2.621	3.115	2.713	2.778 b
90	3.116	2.967	3.148	3.026	3.064 a
135	2.742	2.987	3.003	2.677	2.852 b
Média	2.556 b	2.790 a	2.835 a	2.481 b	-
CV (%)	8,2				
DMS	156,7				

* DAE = dias após a emergência.

Tabela 19. Efeitos de doses de nitrogênio, aplicado imediatamente antes da sementeira, sobre a produtividade de cultivares e linhagens de feijão, em várzea tropical, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Dose de N	Produtividade				
	Cultivar				
	Carioca	ETA*	Carioca Precoce	BRS Valente	Média
	----- (kg ha ⁻¹) -----				
0	1.707	1.244	985	1.074	1.252 c
45	2.660	2.324	2.337	2.480	2.450 b
90	3.116	2.547	2.574	2.709	2.736 a
135	2.742	2.480	2.402	2.386	2.502 b
Média	2.556 a	2.149 b	2.074 b	2.162 b	-
CV (%)	10,9				
DMS	107,9				

* ETA = mistura de linhagens de feijão preto.

Carioca em relação a diferentes doses de P₂O₅ (0, 30 kg e 80 kg ha⁻¹), provenientes, respectivamente, de 0, 150 kg e 400 kg ha⁻¹ da formulação 0-20-10, combinadas com doses de nitrogênio (0, 45 kg, 90 kg e 135 kg ha⁻¹), proveniente da uréia Petrobras, aplicadas imediatamente antes da sementeira. As produtividades não diferiram entre si quando foram utilizados 30 kg ou 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 20), ou seja, as mesmas produtividades obtidas com 150 kg ou 400 kg ha⁻¹ do formulado. Neste caso, também as produtividades médias dos feijoeiros não diferiram entre si, nas doses de 45 kg e 90 kg ha⁻¹ de N, em pré-sementeira incorporada. Houve interação entre N e P₂O₅; portanto, do ponto de vista econômico, a combinação das doses de 45 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ deve ser a melhor alternativa para as condições de fertilidade do solo na referida gleba. Os resultados obtidos até então sugerem que os produtores poderão fazer substancial economia na adubação, sem perdas na produtividade, utilizando-se do manejo adequado do nitrogênio e da fertilidade residual dos solos de várzeas, após sucessivos cultivos de arroz. Em sua maioria, os solos de várzea do Vale do Araguaia, cultivados por alguns anos com arroz, são de boa fertilidade e ricos em matéria orgânica e não respondem a adubações mais pesadas ou a doses maiores de fósforo.

Tabela 20. Efeitos de doses de fósforo e de nitrogênio, aplicados antes da sementeira, sobre a produtividade da cultivar de feijão Carioca, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Dose de N	Produtividade			
	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			
	0	30	80	Média
	----- (kg ha ⁻¹) -----			
0	2.105	1.870	1.707	1.894 c
45	2.630	3.048	2.660	2.779 a
90	2.563	2.804	3.116	2.828 a
135	2.280	2.562	2.742	2.528 b
Média	2.394 b	2.571 a	2.556 a	-
CV (%)	15,5			
DMS	124,3			

Ressalta-se que, devido à exuberância de crescimento dos feijoeiros naquele ambiente, é sempre problemática a entrada de máquinas na lavoura, resultando em sérios danos às plantas, a partir, aproximadamente, de 10 dias após a emergência.

Com a possibilidade de se fazer a adubação nitrogenada por ocasião da sementeira, abriu-se a perspectiva de redução do espaçamento entre fileiras de plantas, o que resultaria em diminuição do número de tratos culturais na lavoura de feijoeiro, bem como do uso de herbicidas pós-emergentes. Assim, procurou-se avaliar também o efeito da antecipação do nitrogênio, combinada com a redução do espaçamento entrelinhas, mantendo-se a mesma densidade de sementeira nas linhas e adubação por planta.

Os resultados obtidos, apresentados na Tabela 21, atestam que, nas condições de várzea irrigada por subirrigação, é possível produzir feijão utilizando-se espaçamentos menores.

6.2. Feijoeiro cultivado em terras altas sob irrigação por aspersão

Em Santa Helena de Goiás, GO, em um Latossolo Roxo de alta fertilidade (Tabela 22), mantido sob sistema plantio direto por

Tabela 21. Efeito do espaçamento e da antecipação do nitrogênio sobre a produtividade de cultivares de feijão, em várzea tropical por subirrigação, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Cultivar	N antecipado	Produtividade		Produtividade média
		Espaçamento (cm)		
----- (kg ha ⁻¹) -----				
		22,5	45	
Carioca	0	2.273	1.799	2.036 c
	45	2.982	2.653	2.817 b
	90	3.358	3.195	3.276 a
	135	3.871	2.730	3.300 a
Média		2.921	2.587	2.754 A
ETA	0	1.692	1.244	1.468 b
	45	2.685	2.324	2.504 a
	90	2.682	2.546	2.614 a
	135	2.492	2.491	2.491 a
Média		2.387	2.151	2.269 C
Carioca Pitoco	0	1.514	985	1.249 b
	45	2.683	2.337	2.510 a
	90	2.671	2.574	2.622 a
	135	2.763	2.402	2.582 a
Média		2.408	2.074	2.241 C
Valente	0	1.725	1.074	1.399 c
	45	3.261	2.480	2.870 a
	90	3.204	2.708	2.956 a
	135	3.045	2.386	2.715 b
Média		2.809	2.162	2.585 B
Média geral		2.631	2.245	-
CV (%)	13,1			
DMS	136			

periores a 4,2 t ha⁻¹, nas condições de terras altas, faz-se necessário complementar o nitrogênio em cobertura, podendo este ser aplicado, preferencialmente, nos primeiros 10 DAE.

A prática de adubação em cobertura, além de onerar o custo de produção, pode provocar danos à cultura devido ao tráfico do maquinário agrícola. Pelos resultados apresentados na Tabela 24 pode-se observar redução no estande inicial da cultura em todos os tratamentos que receberam nitrogênio incorporado em cobertura. A aplicação do nitrogênio a lanço foi feita manualmente. Verifica-se também que o incremento do nitrogênio resulta em aumento no número de vagens por planta e, conseqüentemente, em aumento da produtividade.

Solos sob cultivo contínuo, principalmente no sistema plantio direto, tendem, ao longo do tempo, a acumular nutrientes no perfil explorado pelas raízes, tornando menos freqüente a resposta à adubação com outros macro e micronutrientes. Nota-se, na Tabela 25, que, nas condições do estudo, a aplicação antecipada do nitrogênio promoveu um aumento na produtividade superior àquele obtido com o incremento na dose de P₂O₅.

Em um outro estudo, com o objetivo de avaliar os efeitos da ausência absoluta de nitrogênio mineral, caso do superfosfato simples, fez-se a comparação da antecipação do nitrogênio e de duas fontes de fósforo. A resposta do feijoeiro ao incremento do nitrogênio antecipado foi similar a dos demais ensaios, principalmente quando se aplicou superfosfato simples (Tabela 26). Na presença de MAP, houve efeito mais pronunciado da antecipação de nitrogênio, quando associado a 60 kg ha⁻¹ de K₂O. O melhor efeito do superfosfato simples, no que se refere à curva de resposta, pode estar relacionado ao suprimento de enxofre.

Tabela 22. Características químicas do solo do município de Santa Helena de Goiás, GO, em 2004.

Profundidade	pH água	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
(cm)		----- (mmol _c dm ⁻³) -----				----- (mg dm ⁻³) -----					(g dm ⁻³)	
0-20	5,1	32	10,2	1,5	60	43	70	2,8	2,1	12	7,2	33

mais de duas décadas, foram conduzidos vários experimentos sobre o manejo do nitrogênio no sistema plantio direto, tendo como cobertura morta a palhada de braquiária (*Brachiaria brizantha*).

Os dados expressos na Tabela 23 evidenciam que, em áreas sob longo período em sistema plantio direto, o aporte de nitrogênio do solo é bastante representativo, podendo obter-se produtividades de quase 3 t ha⁻¹ de feijão apenas com a aplicação de 13 kg ha⁻¹ de N mineral, provenientes dos 150 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico, aplicados simultaneamente à sementeira. Contudo, a aplicação antecipada do nitrogênio resultou em aumento significativo da produção de feijão até a dose de 90 kg ha⁻¹ de N, sendo mais expressivo até 45 kg. Verificou-se também que, na ausência de nitrogênio antecipado, a aplicação da mesma dosagem, em cobertura imediatamente após a emergência das plantas, ou seja, 0 DAE, resultou em ganho de rendimento similar, comparado à antecipação de sua aplicação. Isto demonstra que o feijoeiro, no período inicial de desenvolvimento, necessita de uma dose maior de nitrogênio que aquela rotineiramente aplicada. Entretanto, para a obtenção de produtividades su-

Tabela 23. Efeitos de métodos e épocas de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

Tratamento ¹	Produtividade					Produtividade média
	Nitrogênio antecipado (kg ha ⁻¹) ²					
	0	45	45 + 60 ³	90	135	
----- (kg ha ⁻¹) -----						
Sem cobertura	2.894	3.995	4.075	3.952	3.861	3.755 c
0 DAE	4.001	4.189	4.220	4.473	4.132	4.203 b
10 DAE	3.315	4.162	5.077	5.455	4.924	4.527 a
20 DAE	3.540	3.705	3.821	4.232	4.193	3.898 c
30 DAE ¹	3.515	4.123	4.093	4.499	4.268	4.100 b
Média⁴	3.453 d	4.035 c	4.257 b	4.462 a	4.275 ab	-
CV (%)	7,9					
DMS	204,9					

¹ Aplicou-se 45 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia.

² Nitrogênio aplicado um dia antes da sementeira, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobrás como fonte.

³ Refere-se a 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

⁴ Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 24. Efeito de métodos e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre a produtividade da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO¹.

Tratamento ²	Estande (plantas 10 m ²)	Vagem planta ¹ (N°)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Sem cobertura	179,7 b	16,3 c	3.755 c
0 DAE	151,5 c	17,1 c	4.203 b
10 DAE	150,1 c	18,4 bc	4.527 a
20 DAE	143,3 c	19,1ab	3.898 c
20 DAE ²	192,8 a	18,0 bc	4.495 a
30 DAE	150,1 c	21,2 a	4.100 b
DMS	10,2	2,3	199,1
CV (%)	10,0	20,0	21,4

¹ Todos os valores representam média das aplicações de todos os níveis de antecipação de nitrogênio. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Dose de 45 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia.

³ Nitrogênio aplicado manualmente a lanço.

Tabela 25. Efeito de doses de nitrogênio antecipado e de níveis de fósforo sobre a produtividade da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

N antecipado ¹	Produtividade média		Produtividade média ²
	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		
	0	75	
	----- (kg ha ⁻¹) -----		
0	2.894	3.288	3.091 b
45	3.995	3.778	3.886 a
45 + 60	4.075	3.893	3.964 a
90	3.952	3.964	3.958 a
135	3.861	3.976	3.918 a
Média	3.755	3.780	-
DMS	277,3		
CV(%)	6,7		

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 26. Efeitos de duas fontes de fertilizante e da aplicação antecipada de nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

N antecipado ¹	Produtividade do feijão		
	Fosfato monoamônico (MAP)	Superfosfato simples	Média ²
	----- (kg ha ⁻¹) ² -----		
0	2.894	3.436	3.165 c
45	3.995	3.530	3.763 b
45 + 60	4.075	3.825	3.950 b
90	3.952	4.483	4.218 a
135	3.861	3.826	3.843 b
DMS	229,2		
CV (%)	5,9		

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Solos sob cultivos contínuos, na intensidade de duas a três colheitas por ano agrícola, sob irrigação por aspersão, possuem, via de regra, alta infestação de plantas daninhas e fungos patogênicos com origem no solo. Pode-se presumir, com base na literatura, que a palhada de braquiária, como cultivo antecessor e como palhada de cobertura, ajuda no controle destes efeitos bióticos nocivos ao feijoeiro.

Para avaliar o efeito da omissão de herbicidas pós-emergentes no feijoeiro, conduziu-se um outro experimento em Santa Helena de Goiás, GO. Apesar da palhada, em nível de campo, ter suprimido as plantas daninhas, houve um pequeno ganho na produção de grãos devido à aplicação de herbicidas (Tabela 27). Neste caso, pode-se assumir que os herbicidas podem ter tido uma ação reguladora de crescimento já que, nas condições deste trabalho, com solo de alta fertilidade, as plantas têm crescimento vegetativo exuberante. Qualquer redução na massa foliar pode resultar em melhor produção de grãos. Quanto à antecipação do nitrogênio, houve resposta significativa até a dose de 90 kg ha⁻¹ de N. Todos os componentes do rendimento foram afetados pela suposta carência de nitrogênio no estágio inicial de desenvolvimento do feijoeiro.

Tabela 27. Efeito da antecipação do nitrogênio e de herbicida pós-emergente sobre a produtividade e os componentes do feijoeiro, cv. Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

Dose de N ¹	Com herbicida				
	Estande	Vagem planta ¹	Grãos vagem ¹	P 100 ³	Prod.
	(10 m ²)	(N°)	(g)	(g)	(kg ha ⁻¹)
(kg ha ⁻¹)	----- (N°) -----				
0	213	13,5	4,2	23,0	3.302
45	203	14,6	5,3	23,8	3.672
45 + 60	206	15,8	4,8	25,5	3.959
90	209	16,1	5,3	27,3	4.280
135	199	19,2	4,7	24,6	4.063
Média	206	15,9	4,9	24,8	3.855
Dose de N ¹	Sem herbicida				
	Estande	Vagem planta ¹	Grãos vagem ¹	P 100 ³	Prod.
	(10 m ²)	(N°)	(g)	(g)	(kg ha ⁻¹)
(kg ha ⁻¹)	----- (N°) -----				
0	184	14,0	4,0	22,6	2.894
45	197	16,9	4,8	25,3	3.995
45 + 60	180	17,7	5,3	25,6	4.075
90	175	16,2	4,2	25,0	3.952
135	162	16,5	4,6	24,3	3.861
Média	180	16,3	4,6	24,5	3.755
Dose de N ¹	Média				
	Estande	Vagem planta ¹	Grãos vagem ¹	P 100 ³	Prod.
	(10 m ²)	(N°)	(g)	(g)	(kg ha ⁻¹)
(kg ha ⁻¹)	----- (N°) -----				
0	198 a	13,8 b	4,2 b	22,1 b	3.098 d
45	200 a	15,7 ab	5,1 a	24,5 ab	3.834 b
45 + 60	193 a	16,7 ab	5,1 a	25,5 a	4.017 ab
90	192 ab	16,2 ab	4,8 ab	26,1 a	4.116 a
135	181 b	17,9 a	4,7 ab	24,4 ab	3.962 ab
Média	180	16,3	4,6	24,5	3.755
CV (%)	-	6,1	18,8	18,3	7,8
DMS	-	12,2	3,1	0,89	2,0

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo como fonte a uréia Petrobras.

² Flex e fuzilade.

³ Peso de 100 grãos.

No que diz respeito ao tratamento de sementes, observou-se que, apesar da redução no estande médio de plantas, em razão do tratamento, a produtividade foi superior quando as sementes não receberam nenhum tratamento (Tabela 28). Este fato pode ser explicado pelo efeito da braquiária como depuradora do solo ou como supressora, física ou alelopaticamente, do desenvolvimento de fungos com origem no solo.

O sistema de sulcagem com botinha para a incorporação de fertilizantes tem sido indicado e preferencial no SPD, graças a sua capacidade de descompactar a camada superficial do solo e de incorporar o adubo de forma mais profunda e homogênea. A braquiária, por sua vez, tem-se destacado pela habilidade de produção de maior volume de raízes até maiores profundidades, estruturação e elevação da matéria orgânica do solo. Quando se comparou o efeito do sulcador com botinha, em área sob SPD e com cobertura morta de braquiária, com o do sulcador tipo disco de corte liso, não se observou diferença (Tabela 29). O efeito da antecipação do nitrogênio também proporcionou efeito significativo na produção de grãos de feijão.

Em trabalho conduzido em Unaí, MG, também se obteve resposta à antecipação do nitrogênio, porém, em menor intensidade. A aplicação em cobertura foi significativa apenas quando o nitrogênio foi aplicado imediatamente após a emergência do feijoeiro (Ta-

bela 30). Neste estudo, o uso do clorofilômetro indicou teor adequado de nitrogênio, evidenciando que, nas áreas sob longo período no sistema plantio direto, a mineralização do nitrogênio é maior que a imobilização.



Vista panorâmica da Unidade Demonstrativa sobre antecipação de N em Santa Helena de Goiás-GO, em 2004. Não se identifica diferença entre os tratamentos: sem N, N antecipado e N em cobertura. Área sob palhada de braquiária e sistema plantio direto durante 20 anos.

Tabela 28. Efeito da antecipação do nitrogênio e do tratamento de sementes sobre o rendimento e componentes do feijoeiro, cv. Pérola, em Santa Helena de Goiás-GO.

Dose de N ¹	Tratamento de sementes						Média		
	Com			Sem			Estande	Vagem planta ¹	Prod.
	Estande	Vagem planta ¹	Prod.	Estande	Vagem planta ¹	Prod.			
(kg ha ⁻¹)	(10 m ²)	(N ^o)	(kg ha ⁻¹)	(10 m ²)	(N ^o)	(kg ha ⁻¹)	(10 m ²)	(N ^o)	(kg ha ⁻¹)
0	193	15,9	2.674	202	16,8	3.617	198 a	16,4 a	3.145 d
45	199	18,1	3.225	185	17,6	3.794	192 ab	17,8 a	3.509 c
45 + 60	212	16,5	3.659	198	18,0	4.037	205 a	17,3 a	3.848 b
90	199	19,1	4.110	181	18,7	4.523	190 ab	18,9 a	4.316 a
135	190	17,7	3.725	171	19,6	4.419	181 b	18,7 a	4.072 ab
Média	198	17,5	3.478	188	18,1	4.078	-	-	-
CV (%)							8,4	14,2	8,5
DMS							16,9	2,6	333,5

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Vitavax + thiram.

Tabela 29. Efeito da antecipação do nitrogênio e de mecanismos sulcadores sobre o rendimento e componentes do feijoeiro, cv. Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

Dose de N ¹	Sulcador						Média		
	Disco de corte liso + botinhas			Disco de corte liso + duplo desencontrado			Estande	Vagem planta ¹	Prod.
	Estande	Vagem planta ¹	Prod.	Estande	Vagem planta ¹	Prod.			
	(10 m ²)	(N ^o)	(kg ha ⁻¹)	(10 m ²)	(N ^o)	(kg ha ⁻¹)	(10 m ²)	(N ^o)	(kg ha ⁻¹)
0	207	14,3	3.173	193	15,9	2.674	200a	15,1b	2.923 e
45	210	16,1	3.280	199	18,1	3.225	204a	17,1b	3.252 d
45 + 60	164	17,6	3.242	212	16,5	3.659	188a	17,1b	3.451 c
90	198	21,1	3.596	199	19,1	4.109	199a	20,1a	3.853 a
135	199	22,1	3.826	190	17,5	3.725	195a	19,9a	3.776 b
Média	196	18,3	3.423	198	17,5	3.479			
CV (%)							10,0	13,5	9,2
DMS							20,4	2,5	10,4

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo como fonte a uréia Petrobras.

² Peso de 100 grãos.

Tabela 30. Efeito da antecipação do nitrogênio e de sua aplicação em cobertura sobre o rendimento do feijoeiro, cv. Pérola¹, sob palhada de braquiária, em Unai, MG, em 2005.

Época	N em cobertura ²	Produtividade do feijão					Média
		Nitrogênio antecipado (kg ha ⁻¹)					
		0	22,5	45	90	135	
----- (kg ha ⁻¹) -----							
	Sem cobertura	1.974 ijk	1.958 jk	2.191 defghij	2.048 hijk	2.217 defghi	2.077 D
0 DAE ³	45	2.132 efghij	2.501 ab	2.343 abcdef	2.303 acdefg	2.333 abcdef	2.322 A
0 DAE	90	2.056 ghijk	2.226 defghi	2.209 defghij	2.188 defghij	2.299 abcdefg	2.196 BC
15 DAE	45	2.031 hijk	2.172 defghij	2.206 defghij	2.093 fghijk	2.222 defghi	2.145 CD
15 DAE	90	1.586 l	2.043 hijk	2.363 abcde	2.357 abcde	2.302 abcdefg	2.130 CD
30 DAE	45	1.869 k	2.058 ghijk	2.099 fghijk	2.022 hijk	2.327 abcdef	2.075 D
30 DAE	90	1.580 l	2.406 abcd	2.258 bcdefgh	2.476 abc	2.528 a	2.250 AB
Clorofilômetro ⁴		2.354 abcde	2.170 defghij	2.018 hijk	2.308 abcdefg	2.235 cdefgh	2.217 BC
Média		1.948 C	2.192 B	2.211 B	2.224 B	2.308 A	
DMS tratamento		91,35					
DMS nitrogênio		72,22					
CV (%)		6,69					

¹ Alta incidência de ácaro e mancha angular.

² Tendo como fonte a uréia Petrobras.

³ DAE = dias após a emergência.

⁴ Não acusou deficiência de nitrogênio; portanto, não se aplicou cobertura nitrogenada.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto ao nitrogênio, na horizontal, e quanto ao tratamento, na vertical. A mesma letra minúscula não difere entre si pelo teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

6.3. Arroz de terras altas

Tanto nas várzeas como em terras altas, os efeitos da antecipação na aplicação do nitrogênio parecem proporcionar resultados positivos também para outras culturas. Com a cultura do arroz de terras altas, por exemplo, em trabalho desenvolvido na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, quando foram avaliados quatro métodos de manejo do solo combinados com quatro épocas de aplicação de nitrogênio, em solo sob pastagem degradada de baixa fertilidade (Tabela 31), foi evidenciado que a aplicação antecipada do nitrogênio é mais eficiente que o método tradicional, em cobertura, sobre o rendimento de grãos deste cereal (Tabela 32 e Figura 14).

Resultados semelhantes foram, também, obtidos quando se avaliaram 12 cultivares e linhagens de arroz de terras altas, sob sistema plantio direto, em área de pastagem degradada (Tabela 33).

No Médio Norte do Mato Grosso, onde as chuvas somam mais de 2.500 mm ao ano e predominam solos com alto teor de matéria orgânica, podem ser obtidos altos rendimentos de arroz de terras altas, principalmente após o desmatamento ou na recuperação de pastagens degradadas. Nota-se, na Tabela 35, que, mesmo sob condições adversas para o nitrogênio, no que se refere a excesso de chuvas e textura arenosa do solo, houve efeito significativo da aplicação antecipada do nitrogênio na produtividade do arroz, cujos melhores rendimentos, acima de 4,6 t ha⁻¹, foram obtidos com a aplicação antecipada de 45 kg ou 90 kg ha⁻¹ de N no manejo do solo com grade aradora.

Tabela 32. Efeito da aplicação antecipada do nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de arroz de terras altas Primavera, em área de pastagem degradada.

Manejo do solo ²	Produtividade ¹				Média
	SNS	SNS+CO	CNS	CNS+CO	
----- (kg ha ⁻¹) -----					
GA	1.246 Ba	1.633 Bab	1.783 Bbc	2.492 Aa	1.789 b
SPD	1.240 Aa	1.366 Ab	1.661 Ac	1.664 Ab	1.482 c
SPD + ESC	1.545 Ba	2.192 Aa	2.282 Ab	2.582 Aa	2.394 a
GA+AI	1.552 Ca	2.120 Ba	2.953 Aa	2.952 Aa	2.550 a
Média	1.396 d	1.828 c	2.170 b	2.421 a	
DMS manejo	472				
DMS N	437				
CV (%)	16				

¹ SNS = sem nitrogênio antes da sementeira; CNS = com nitrogênio antes da sementeira (45 kg ha⁻¹ de N); CO = cobertura com 45 kg ha⁻¹ de N.

² GA = grade aradora; SPD = sistema plantio direto; ESC = escarificação profunda; AI = arado de aivecas.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, e minúscula, na vertical, exceto para as médias, não diferem entre si pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31. Características químicas do solo de Santo Antônio de Goiás, GO, 2004.

Profundidade	pH água	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
(cm)		----- (mmol _c dm ⁻³) -----				----- (mg dm ⁻³) -----						(g dm ⁻³)
0-10	5,7	27,9	6,4	1	58	0,8	69	1,7	0,6	88	34	16
10-20	5,7	26,1	6,2	1	50	0,6	44	1,6	0,6	79	29	16
20-40	6,2	24,3	9,4	0	44	0,3	26	1,5	0,4	60	23	10

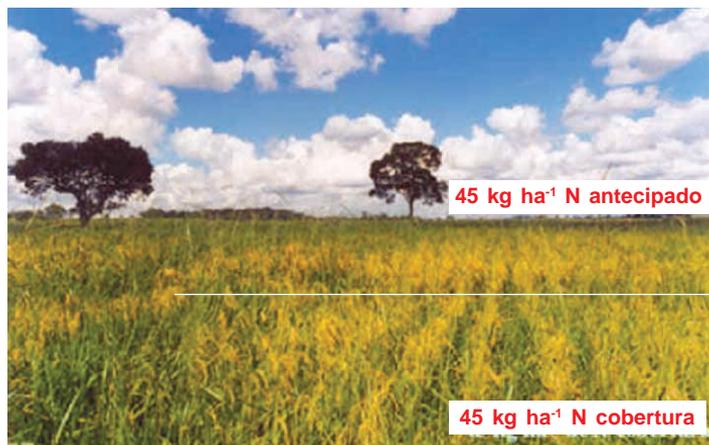


Figura 14. Antecipação do N na cultura do arroz de terras altas, cv. Primavera, em área de pastagem degradada. Santo Antônio de Goiás-GO.

Tabela 33. Desempenho de diferentes cultivares/linhagens de arroz de terras altas, no sistema plantio direto, em área de pastagem degradada, em função de diferentes épocas de aplicação do nitrogênio.

Cultivar	Rendimento			
	Época de aplicação do N ¹			
	NAS	NAS + C	SN	SN + C
----- (kg ha ⁻¹) -----				
Curinga	1.451 a	1.325 a	540 a	1.171 b
Talento 2	1.419 a	1.416 a	308 a	405 a
BRA01658	1.953 b	1.842 b	813 b	111 b
Colosso	1.592 a	2.024 b	786 b	1.068 b
BRA01506	2.739 c	2.571 c	1.079 b	1.224 b
BRA01578	2.021 b	2.062 b	719 b	667 a
BRA01537	2.430 c	2.145 c	1.232 a	1.434 a
Guarani	2.469 c	1.580 a	550 a	955 b
Soberana	1.645 a	1.941 b	514 a	807 a
Caiapó	1.629 a	1.879 b	238 a	857 b
Aimoré	1.822 b	2.285 c	791 b	1.002 b
Primavera	1.967 a	1.056 a	589 a	558 a

¹ NAS = nitrogênio antes da sementeira; SN = sem nitrogênio antes da sementeira; e C = cobertura. Em cada operação utilizaram-se 100 kg ha⁻¹ de uréia Petrobras.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, no nível de 5% de probabilidade.

O complemento da adubação com nitrogênio em cobertura, na dose de 45 kg ha⁻¹, foi feito aos 15 dias após a emergência do arroz. Na Tabela 35 observa-se que, além do efeito expressivo da antecipação da adubação com nitrogênio, não houve efeito dos preparos profundos do solo, aiveca e escarificação, feitos normalmente nas regiões de média pluviosidade e fundamentais para se obter maior produção deste cereal.

Em região de média pluviosidade, como em Santa Helena de Goiás, GO, verificou-se também efeito positivo da antecipação do nitrogênio. Neste caso, contudo, há registro de deficiência hídrica acentuada a partir da emissão das panículas, o que, sem dúvida, reduziu o efeito desta prática. No experimento com a cultivar Aimoré, o efeito mais expressivo da antecipação foi para a dose de 45 kg ha⁻¹ de N (Tabela 36). Já no caso da cultivar Primavera

Tabela 34. Efeito da antecipação do nitrogênio e de sua aplicação em cobertura sobre a produtividade da cultivar de arroz de terras altas Curinga, após pastagem, na Fazenda Santana, em Sinop, MT, em 2005.

Tratamento ¹	Produtividade			Média
	N antecipado (kg ha ⁻¹)			
	0	45	90	
----- (kg ha ⁻¹) -----				
Cobertura 0 DAE ¹	4.670 cd ²	4.772 c	4.945 bc	4.796 B
Cobertura 15 DAE	4.429 de	5.122 b	5.439 a	4.997 A
Cobertura 30 DAE	4.248 e	4.711 cd	4.633 cd	4.531 C
Sem cobertura	3.761 f	4.869 bc	4.901 bc	4.510 C
Média	4.277 B	4.869 A	4.980 A	
DMS N	153			
DMS manejo	177			
CV(%)	5,5			

¹ Cobertura com 45 kg ha⁻¹, tendo como fonte a uréia Petrobras.

² Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto a nitrogênio, na horizontal, e quanto ao tratamento, na vertical. Mesma letra minúscula não difere entre si pelo teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

Tabela 35. Efeito da antecipação do nitrogênio e do manejo do solo sobre a produtividade da cultivar de arroz de terras altas Curinga, após pastagem, na Fazenda Santana, em Sinop, MT, em 2005.

Tratamento ¹	Produtividade			Média
	N antecipado (kg ha ⁻¹)			
	0	45	90	
----- (kg ha ⁻¹) -----				
Grade/SPD ²	4.429 c	5.122 ab	5.439 a	4.997 A
Escarificação ³	4.755 bc	4.479 bc	4.662 bc	4.632 B
Aeromix ⁴	4.279 c	4.728 bc	4.629 bc	4.550 B
Aiveca ⁵	3.561 d ⁶	4.681 bc	4.621 bc	4.288 C
Média	4.256 B	4.753 A	4.838 A	
DMS N	65			
DMS manejo	230			
CV (%)	6,9			

¹ Manejo do solo: todos com cobertura de 45 kg ha⁻¹ de uréia Petrobras aos 15 DAE.

² Grade aradora três meses antes da sementeira.

³ Escarificação profunda com Matabroto.

⁴ Escarificação superficial com Aeromix.

⁵ Aração com arado de aiveca seguida de nivelamento.

⁶ Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto ao nitrogênio, na horizontal, e quanto ao tratamento, na vertical. Mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

foram registradas, em geral, produtividades crescentes até a dose de 135 kg ha⁻¹ de N (Tabela 37). Nas duas cultivares houve efeito significativo da escarificação profunda do solo, provavelmente em razão da deficiência hídrica.

Nas condições de várzeas tropicais, normalmente ricas em matéria orgânica, e a qual é periodicamente renovada a partir da cultura de arroz no verão, pode-se esperar alta deficiência de nitrogênio. Assim, neste ambiente, mais especificamente nas várzeas de Lagoa da Confusão, TO, o efeito da antecipação do nitrogênio foi ainda mais pronunciado na altura das plantas, na densidade de panículas e, conseqüentemente, no rendimento de grãos (Figura 13).

Tabela 36. Efeito dos manejos do nitrogênio e do solo na produtividade da cultivar de arroz de terras altas Aimoré, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

N antecipado ¹	Produtividade			Média
	Manejo do solo ²			
	SPD	Aeromix ³	Matabroto ⁴	
----- (kg ha ⁻¹) -----				
0	1.399 c ⁵	2.340 abc	2.847 a	2.195 B
45	2.727 a	2.201 abc	3.096 a	2.674 A
90	1.612 bc	1.383 c	3.000 a	1.998 B
135	2.856 a	2.489 ab	2.518 ab	2.621 A
Média	2.148 B	2.103 B	2.865 A	2.372
CV (%)	16,9			

¹ Tendo como fonte a uréia Petrobras.

² Semeadura: 17/11/2004.; colheita: 1/3/2005; chuvas no período: 778,2 mm, com veranico entre 4 e 26/2/2005, cujas chuvas somaram 4,8 mm neste período.

³ Escarificação superficial com facas.

⁴ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁵ Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem quanto ao manejo, na horizontal, e quanto ao nitrogênio antecipado, na vertical. Mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

Tabela 37. Efeito dos manejos do nitrogênio e do solo na produtividade da cultivar de arroz de terras altas Primavera, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

N antecipado ¹	Produtividade			Média
	Manejo do solo ²			
	SPD	Aeromix ³	Matabroto ⁴	
----- (kg ha ⁻¹) -----				
0	1.168 c ⁵	1.365 bc	2.062 ab	1.532 B
45	1.813 abc	1.478 bc	2.174 ab	1.821 AB
90	1.872 abc	1.562 abc	2.343 a	1.925 A
135	1.965 abc	1.757 abc	1.982 abc	1.901 A
Média	1.704 B	1.540 B	2.140 A	1.795
CV (%)	18,1			

¹ Tendo como fonte a uréia Petrobras, incorporada a cerca de 7 cm de profundidade.

² Semeadura: 17/11/2004; colheita: 1/3/2005; chuvas no período: 778,2 mm, com veranico entre 4 e 26/2/2005, cujas chuvas somaram 4,8 mm neste período.

³ Escarificação superficial com facas.

⁴ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁵ Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem quanto ao manejo, na horizontal, e quanto ao nitrogênio antecipado, na vertical. Mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

A análise de benefício/custo de dois ensaios conduzidos no Mato Grosso mostrou que a prática de antecipação do nitrogênio na cultura do arroz de terras altas resulta em ganhos econômicos expressivos (Tabela 38). Dependendo da cultivar utilizada, para cada quilograma de nitrogênio aplicado à cultura, o retorno varia de 17% a até 193%.

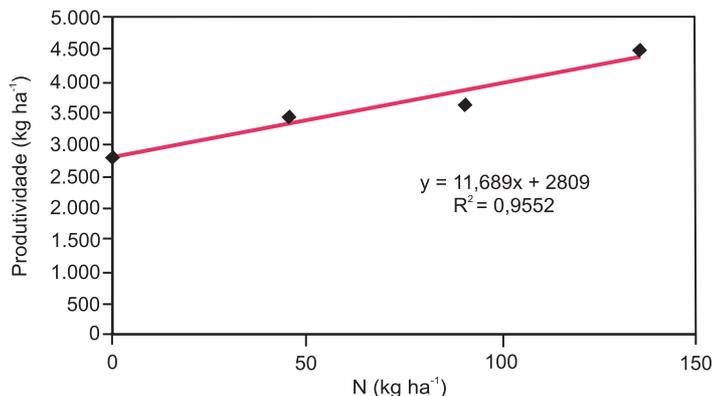


Figura 13. Rendimento da cultivar de arroz de terras altas Aimoré, irrigada por subirrigação, nas várzeas tropicais da Lagoa da Confusão, TO, em 2004.



6.4. Milho

Espelhando-se no caso do arroz, é de se esperar que outras gramíneas produzam melhor com maior oferta de nitrogênio nos primeiros estádios de desenvolvimento, principalmente no SPD. Assim, foram estudados os efeitos da antecipação de nitrogênio, nas condições de várzeas tropicais, na cultura do milho, irrigada por subirrigação. Vale lembrar que essas várzeas estão localizadas em região de baixas latitude e altitude, fatores estes, geralmente, limitantes à obtenção de altas produtividades. Não obstante este fato, houve efeito significativo da aplicação antecipada do nitrogênio e de seu parcelamento incorporado ao solo, em cobertura (Tabela 39, Figuras 14 e 15); contudo, quando não se fez a aplicação antecipada de nitrogênio, a cobertura teve efeito irrisório no aumento da produtividade de grãos.

Em áreas de terras há muitos anos sob sistema plantio direto, como é o caso de Santa Helena de Goiás, GO, não são esperados efeitos expressivos da adubação nitrogenada, pois, ao longo dos anos no SPD, a imobilização do nitrogênio passa a ser menor, dando lugar à mineralização deste nutriente. Neste contexto, observa-se que, independentemente do manejo do solo, a prática exclusiva da antecipação da adubação nitrogenada não altera a produtividade do milho em área com mais de 20 anos sob SPD (Tabelas 40 e 41). Também não foram verificadas grandes variações na aplicação do nitrogênio em cobertura, isoladamente ou como complemento da quantidade antecipada.

Tabela 38. Análise econômica da prática de antecipação do nitrogênio em duas cultivares de arroz de terras altas: Primavera, após pastagem, na Fazenda Santana, e Curinga, após soja, na Fazenda Alto da Glória, em Sinop, MT, 2005*.

N antecipado	Produtividade	Diferença	Receita	Custo ²	Ganho	Taxa de retorno
(kg ha ⁻¹)	(sc ha ⁻¹) ¹	(sc ha ⁻¹)	----- (R\$) -----			(%)
Cultivar Primavera						
0	70,8	-	-	-	-	-
45	78,6	7,8	171,60	110,00	61,60	56
90	82,6	11,8	259,00	220,00	39,00	17
Cultivar Curinga						
0	71,8	-	-	-	-	-
45	91,5	19,7	433,00	110,00	323,00	193
90	90,3	18,5	407,00	220,00	187,00	85

* Dados não publicados, coletados por Tarcísio Cobucci e Flávio Wruck, pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão.

¹ Inclui 45 kg ha⁻¹ de N, em cobertura.

² Tendo como fonte a uréia Petrobras, incorporada a 8 cm de profundidade.

Tabela 39. Produtividade do milho, em função da aplicação antecipada do nitrogênio e de diferentes épocas de aplicação do nitrogênio em cobertura, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Dose de N	Produtividade ²				Produtividade média
	Sem cobertura	0 DAE	10 DAE	25 DAE	
----- (kg ha ⁻¹) -----					
0	1.455	2.676	2.703	3.072	2.476 c
45	2.834	3.928	4.174	5.283	4.055 b
90	3.845	4.830	5.779	5.763	5.054 a
135	3.713	5.680	4.931	5.900	5.056 a
Média	2.962 c	4.278 b	4.397 b	5.010 a	-
CV (%)	17,6				
DMS	525,3				

¹ Tendo como fonte a uréia Petrobras.

² Aplicando-se 45 kg ha⁻¹ de N em cobertura.



Figura 14. Manejo de nitrogênio em milho. Lagoa da Confusão-TO, 2004.

Já para a produção de silagem, nas mesmas condições de solo e tempo de cultivo em SPD, a antecipação do nitrogênio resultou em acréscimo expressivo na acumulação de biomassa até a dose de 90 kg ha⁻¹ de N (Tabela 42). Neste caso, verificou-



Figura 15. Efeito de diferentes épocas de aplicação de N (45 kg ha⁻¹) em cobertura no milho. Vista geral aos 35 DAE. Lagoa da Confusão-TO, 2004.

Tabela 40. Efeito do manejo de solo e do nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de milho DKB 466, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, 2005.

Dose de N ¹	N antecipado	Produtividade do milho			Produtividade média
		Manejo do solo			
		SPD	Aeromix ²	Matabroto ³	
----- (kg ha ⁻¹) -----					
0 N ⁴ + 0 N ⁴		9.232 Ba ⁵	9.828 bA	8.332 aA	9.131
45 N + 0 N		9.565 bA	10.611 bA	9.837 bA	10.005
90 N + 0 N		9.196 bA	10.031 bA	9.876 bA	9.701
135 N + 0 N		9.571 bA	10.012 bA	10.327 bA	9.970
0 N + 45 N	0 DAE	7.484 aA	8.823 aB	9.665 bB	8.658
45 N + 45 N	0 DAE	9.601 bA	8.389 aB	7.736 aB	8.576
90 N + 45 N	0 DAE	9.315 bA	9.683 bA	9.248 bA	9.415
135 N + 45 N	0 DAE	9.780 bA	9.995 bA	9.464 bA	9.746
0 N + 45 N	10 DAE	8.075 aA	9.436 bA	8.612 aA	8.708
45 N + 45 N	10 DAE	9.797 bA	9.761 bA	8.778 aA	9.445
90 N + 45 N	10 DAE	10.910 bA	10.648 bA	10.133 bA	10.564
135 N + 45 N	10 DAE	8.571 aA	8.718 aA	10.345 bB	9.211
0 N + 45 N	20 DAE	9.154 bA	8.419 aA	8.298 aB	8.624
45 N + 45 N	20 DAE	8.253 aA	9.460 bA	8.265 aA	8.660
90 N + 45 N	20 DAE	9.502 bA	9.232 aA	11.350 bB	10.028
135 N + 45 N	20 DAE	10.127 bB	8.321 aA	9.564 bB	9.338
Média		9.258	9.460	9.365	

¹ Tendo como fonte a uréia Petrobras, incorporada a 8 cm de profundidade.

² Escarificação superficial com facas.

³ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁴ N antecipado e em cobertura.

⁵ Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de média Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 41. Efeito do manejo do nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de milho DKB 466, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, 2005.

N antecipado ¹	Produtividade				Média
	N em cobertura (kg ha ⁻¹) ²				
	Sem cobertura	0 DAE	10 DAE	20 DAE	
----- (kg ha ⁻¹) -----					
0	9.131 bc ³	8.657 c	8.708 Ac	8.624 c	8.780 C
45	10.005 ab	8.576 c	9.445 bc	8.659 c	9.171 BC
90	9.701 ab	9.416 bc	10.564 a	10.028 ab	9.927 A
135	9.970 ab	9.747 ab	9.211 bc	9.338 bc	9.567 AB
Média	9.701 A	9.099 B	9.482 AB	9.162 B	
CV (%)	10,8				

¹ Tendo como fonte a uréia Petrobras, incorporada a 8 cm de profundidade.

² Aplicando-se 45 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

³ Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são diferentes entre si pelo teste de média Duncan, a 5% de probabilidade.

Tabela 42. Efeito da aplicação antecipada do nitrogênio sobre o rendimento forrageiro da cultivar de milho DKB 466, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

N antecipado ¹	Produtividade			Média ⁴
	Manejo do solo			
	SPD	SPD + Aeromix ²	SPD + Matabroto ³	
----- (kg ha ⁻¹) -----				
0	36.406	37.552	38.229	37.396 B
45	36.302	43.125	41.771	40.399 BB
90	39.792	47.083	59.688	48.854 A
135	38.229	45.313	47.083	43.542 AB
Média	37.682	43.268	46.693	42.548
DMS	6.859			
CV (%)	19,24			

¹ Tendo como fonte a uréia Petrobras.

² Escarificação superficial com facas.

³ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁴ Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si quanto ao nível de nitrogênio pelo teste de DMS (diferença mínima significativa).

se também o efeito benéfico da escarificação profunda do solo. Também em Santa Helena de Goiás, GO, comparou-se o efeito de vários manejos nas culturas do milho e sorgo forrageiros, com ênfase na antecipação da adubação nitrogenada e pareamento de fileiras. Na Tabela 43 pode-se observar que o milho respon-

deu significativamente à antecipação do nitrogênio e ao arranjo espacial das plantas, pelo pareamento de fileiras, enquanto no caso do sorgo ficou evidenciada a superioridade do SPD, da maior densidade de semeadura, da cobertura nitrogenada e do pareamento das fileiras.

Tabela 43. Efeitos dos manejos do solo, do nitrogênio, da densidade de semeadura e do espaçamento do milho, cv. Pioneer 30F90, e do sorgo, cv. AG 1F305, com irrigação por aspersão, sobre os seus rendimentos forrageiros, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

Manejo	Variável	Milho ¹	Sorgo ¹
		----- (kg ha ⁻¹) -----	
Manejo do solo	Sistema plantio direto	51.924 ns	46.899 a
	Escarificação com Matabroto	52.783 ns	42.646 b
N antecipado	Sem N	49.404 b	44.946 ns
	60 kg ha ⁻¹ de N (uréia Petrobras)	55.303 a	44.600 ns
N cobertura ²	Sem N	51.455 ns	41.699 b
	45 kg ha ⁻¹ de N (uréia Petrobras)	52.285 ns	45.381 a
Densidade	8 (14) ³ plantas m ⁻¹	53.252 ns	47.846 a
	4 (7) plantas m ⁻¹	51.455 ns	41.699 b
Espaçamento	80 cm entre linhas	45.127 b	42.554 b
	Fileiras pareadas de 30 cm x 50 cm	59.580 a	46.992 a
CV (%)	-	10,8	9,4

¹ Adubação com 150 kg ha⁻¹ de MAP. Semeadura em 12/2/2005 e colheita em 11/5/2005. As médias foram comparadas dentro de cada manejo. Os valores médios de cada manejo refletem a média dos demais tratamentos.

² Cobertura com nitrogênio apenas na menor densidade de semeadura. Para milho e sorgo: CV (%) = 10,3 e 10,7, respectivamente.

³ Entre parênteses, a densidade do sorgo.

6.5. Sorgo

Em estudos desenvolvidos na Embrapa Arroz e Feijão com a cultura do sorgo granífero, foram avaliados quatro métodos de manejo do solo, combinados com e sem a aplicação antecipada de nitrogênio, em solo sob pastagem degradada, de baixa fertilidade (Tabela 31). Também para esta espécie, a prática da aplicação antecipada de nitrogênio foi eficiente no aumento da produtividade de grãos, qualquer que fosse o método de manejo do solo (Tabela 44).

Tabela 44. Produtividade do sorgo em função de diferentes manejos do solo e da aplicação antecipada do nitrogênio, em Santo Antônio de Goiás, GO.

Preparo do solo	Produtividade		
	Com N ¹	Sem N	Média
	----- (kg ha ⁻¹) -----		
Grade aradora (GA)	3.506	3.275	3.390
GA + aiveca	4.096	2.755	3.425
Sistema Plantio Direto (SPD)	4.087	3.075	3.581
SPD + escarificação	4.163	2.689	3.516
Média	3.963	2.948	-

¹ Aplicando-se 45 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

6.6. Soja

Nos estádios iniciais de desenvolvimento, a cultura da soja pode apresentar deficiência de nitrogênio, devido à insuficiência de nodulação. Isto pode ocorrer:

(1) Em áreas sob pastagens degradadas, pela inexistência de *Bradyrhizobium* residual no solo;

(2) Em cultivo de primeiro ano em solos arenosos, principalmente se aliado ao tratamento de sementes com fungicidas; e

(3) Nas várzeas tropicais, devido ao ciclo de inundação da área e ao alto teor de matéria orgânica, resultando na imobilização quase total do nitrogênio pelo complexo orgânico do solo. Com o objetivo de estudar esse problema, foi conduzido um experimento em área sob pastagem degradada, cujos resultados evidenciam que, nessas condições, pode ser necessário aplicar pequenas doses de nitrogênio para promover um melhor desenvolvimento inicial das plantas. Na Tabela 45 pode-se observar que, apesar do ataque intenso de ferrugem asiática na fase de enchimento de grãos, mesmo em se tratando de solo em fase inicial de correção, tanto o SPD quanto a antecipação de 45 kg ha⁻¹ de N foram eficientes no aumento de rendimento de grãos.

Na condição de solo com alto teor de matéria orgânica, em torno 5%, como no caso das várzeas tropicais, entretanto, observou-se efeito significativo, tanto da antecipação do nitrogênio como de sua aplicação em cobertura, apesar das sementes terem sido inoculadas com quatro vezes a dose recomendada de inoculante turfoso (Tabela 46).

Tabela 45. Produtividade da soja em função de diferentes manejos do solo e da aplicação antecipada de nitrogênio, em área de pastagem degradada, em Santo Antônio de Goiás, GO, em 2004¹.

Preparo do solo	Produtividade da soja	
	Sem N antecipado	Com N antecipado ²
	----- (kg ha ⁻¹) -----	
Grade aradora (GA)	771	832
GA + aiveca	836	1.050
Sistema Plantio Direto (SPD)	1.103	1.233
SPD + escarificação	1.053	1.338
Média	941	1.113

¹ Ocorrência de ataque severo de ferrugem asiática durante o período de enchimento de grãos.

² Aplicando-se 45 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

Tabela 46. Produtividade da soja em função da aplicação antecipada do nitrogênio e de diferentes épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, em várzea tropical, no município de Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Dose de N ¹	Produtividade			Produtividade média
	Sem cobertura	10 DAE	25 DAE	
	----- (kg ha ⁻¹) -----			
0	2.778	4.084	3.879	3.580 b
45	2.663	4.381	4.133	3.726 b
90	3.559	4.531	4.236	4.109 a
135	3.929	4.349	4.298	4.192 a
Média	3.232 c	4.336 b	4.136 a	-
CV (%)	14,5			
DMS	178,4			

¹ Uréia Petrobras aplicada imediatamente antes da semeadura da soja.

² Aplicando-se 45 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Cabe mencionar, contudo, que este incremento pode não ser economicamente viável. Isto indica que, no manejo convencional do solo, aliado à grande disponibilidade de resíduos culturais e matéria orgânica do solo, a imobilização do nitrogênio pela biologia do solo é acentuada, ao ponto deste nutriente ser deficiente até mesmo para a soja nos estádios iniciais de desenvolvimento. Por outro lado, em Santa Helena de Goiás, GO, em solo cultivado no SPD por mais de 20 anos, também rico em matéria orgânica, acima de 3,5%, o comportamento da soja foi diferenciado. A antecipação do nitrogênio resultou em decréscimo da produtividade em razão do crescimento exuberante da leguminosa e conseqüente acamamento precoce das plantas (Tabela 47). Neste caso, porém, a escarificação profunda do solo resultou em aumento significativo da produtividade da soja.

Tabela 47. Efeito do manejo do nitrogênio e do solo sobre a produtividade da cultivar de soja Suprema, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

N antecipado ¹	Manejo do solo			Produtividade
	SPD	Aeromix ²	Matabroto ³	
0	3.978 bc ⁴	4.003 bc	4.710 a	4.230 A
45	4.412 ab	4.120 bc	3.818 bc	4.117 A
90	3.561 c	4.088 bc	3.685 c	3.778 B
135	3.584 c	3.895 bc	3.575 c	3.685 B
Média	3.884	4.026	3.947	
DMS N	319,5			
DMS manejo	264			
CV (%)	9,22			

¹ Tendo como fonte a uréia Petrobras.

² Escarificação superficial com facas.

³ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁴ Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si pelo teste de média Scott & Knott, a 5% de probabilidade.



Manejo de nitrogênio em soja sem inoculação. Lagoa da Confusão-TO, 2004.

7. CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES

No início da década de 70, a expansão da fronteira agrícola chegou até os Cerrados do Centro-Oeste, e as culturas de arroz, milho e feijão foram pioneiras neste novo ecossistema. Com isso, intensificou-se o uso de tecnologias melhores, principalmente dos

fertilizantes minerais. Neste contexto, a utilização de fertilizantes, em razão da generalizada baixa fertilidade natural dos solos, vem aumentando gradualmente, mas ainda não atingiu a demanda real, principalmente porque a maioria das áreas de cultivo são dependentes exclusivamente de chuva. Assim, as adubações em níveis ideais tornam a atividade agrícola em um risco econômico para os agricultores, devido às constantes fases de deficiência hídrica que sofrem as culturas durante seus ciclos.

A toxidez de alumínio, antes tida como séria limitação aos cultivos, foi relativamente corrigida pela aplicação de calcário, contudo, as doses encontradas ainda não elevaram o valor de pH até o nível favorável para se obter maior eficiência na absorção de nutrientes.

Também no início do desbravamento dos Cerrados, conduziram-se estudos sobre doses de adubação nitrogenada para o feijão buscando elevar sua produtividade para mais de 1,5 t ha⁻¹. A maioria dos resultados obtidos com adubação nitrogenada relata que, na operação de semeadura, não se pode aplicar nitrogênio em grande quantidade, de uma só vez. Primeiro, porque, na deficiência de outros nutrientes, o excesso de nitrogênio pode causar desequilíbrios fisiológicos capazes de majorar excessivamente o crescimento vegetativo, em detrimento do reprodutivo; e segundo, porque altas doses causam injúrias às plantas – queimadura nas raízes e, posteriormente, nas plântulas –, com conseqüente redução no estande, devido à alta concentração salina no solo provocada pelos componentes químicos oriundos do adubo nitrogenado. Vale lembrar que o potássio originário do cloreto de potássio é ainda mais salino que os fertilizantes que contêm nitrogênio. Não é o caso, por exemplo, do fósforo, cálcio e magnésio, dentre outros nutrientes, que necessitam de um tempo maior para serem disponibilizados, por isso suas aplicações devem ser feitas antes ou simultaneamente à semeadura.

A metodologia de aplicação do nitrogênio em cobertura é recomendada desde o início dos anos 70, em decorrência da expansão do feijoeiro, bem como das demais culturas anuais de grãos, nos Cerrados recém-desbravados, cujos solos, em geral, tinham baixo teor de matéria orgânica, eram pobres na maioria dos macro e micronutrientes essenciais e apresentavam alta toxidez por alumínio.

Os resultados obtidos naquele período mostraram que a melhor época para aplicação de nitrogênio em cobertura é entre 15 e 30 dias após a emergência das plantas. Há que se considerar, contudo, que o potencial de rendimento das cultivares era, até então, muitas vezes, inferior a 2 t ha⁻¹, acrescido das limitações de solo – baixo teor de matéria orgânica e baixo pH. Não obstante a prática de parcelamento do nitrogênio ter se generalizado, é preciso lembrar que a nossa agricultura evoluiu bastante no que se refere ao potencial de produtividade do solo.

A partir da década de 90, novas cultivares, com alto potencial de rendimento, foram liberadas aos produtores. Hoje consegue-se produzir até mais de 4 t ha⁻¹, 6 t ha⁻¹, 6 t ha⁻¹ e 12 t ha⁻¹ de grãos de feijão, soja, arroz e milho, respectivamente. Soma-se a isto, a grande expansão da irrigação, a acumulação de nutrientes no perfil do solo após muitos anos de aplicações de adubo minerais, o aumento da saturação por bases, com conseqüente redução da toxidez, e, finalmente, o advento do sistema plantio direto, que possibilita um maior acúmulo de matéria orgânica, em forma de palha ou resíduo das plantas, na superfície e no perfil do solo.

Neste novo cenário, em região tropical, a palha ou o resíduo orgânico na superfície do solo são imediatamente atacados pelos

microrganismos, os quais necessitam de nitrogênio para seu crescimento e atividade. A atividade microbiana do solo imobiliza temporariamente o nitrogênio aplicado/disponível, que será posteriormente liberado pelo processo de mineralização da matéria orgânica, após a morte dos microrganismos. Este fato pode se tornar um gargalo no suprimento de nitrogênio nos atuais sistemas de produção.

Na verdade, enquanto insistirmos em seguir o velho paradigma referente à aplicação parcelada de nitrogênio, os três fatores supracitados – a tradição da prática de aplicação do nitrogênio em cobertura, o maior requerimento de nitrogênio pelas novas e eficientes cultivares; e o maior teor de matéria orgânica/palha na superfície do solo – podem trazer como consequência uma endêmica deficiência de nitrogênio nas lavouras. A planta do feijoeiro *per se*, assim como a maioria das demais culturas anuais de grãos, é exigente no tocante à absorção de nutrientes, requerendo alto suprimento de nutrientes, via solo, no início da fase de crescimento, e muito mais, na fase de floração. O início da floração indica o término da fase vegetativa da planta; assim, até o florescimento, a maior parte de todos os nutrientes deve ter sido assimilada, porque, na fase generativa, a taxa de absorção mineral diminui devido à redução do crescimento radicular. Daí por diante, a translocação de nutrientes ocorre dentro da planta, da parte vegetativa, caule, folhas e ramas, para a parte reprodutiva, as vagens.

Há que se considerar ainda que o ciclo vegetativo do feijoeiro e de algumas outras espécies graníferas varia entre 75 e 110 dias, dependentemente da latitude e altitude, e, neste período, a planta deve ser abastecida de nutrientes para que a transformação em grãos seja eficiente e atinja rendimentos de até 4 t ha⁻¹ de grãos com alto valor nutricional, especialmente alto teor de proteína. Para tanto, a planta deve absorver mais de 70% de suas necessidades nutricionais na fase vegetativa, transformando-se em uma planta vigorosa, alta e forte para, futuramente, formar o grão. Isto implica que a planta deve estar bem formada antes de atingir a fase reprodutiva. Neste caso, o suprimento de nitrogênio, quando aplicado tardiamente, pelo método tradicional, em cobertura, não coincide com a época de maior demanda pela planta, considerando-se as necessidades de cada fase do ciclo de crescimento. A aplicação total da dose recomendada durante a operação de semeadura, ou um pouco antes desta, é possível porque há matéria orgânica na superfície do solo suficiente para amenizar o efeito das altas concentrações de sais minerais na solução do solo. Já na soja, cujo ciclo vegetativo é, geralmente, de mais de 120 dias, a aplicação tardia de adubo pode ser compensada pelo longo período da fase vegetativa.

No sistema de várzeas tropicais, a aplicação em grande quantidade de nitrogênio não deve redundar em danos às plantas, ou à perda deste nutriente, devido aos altos teores de matéria orgânica no solo e à palhada da cultura precedente (arroz). Neste caso, qualquer excedente de nitrogênio pode ajudar na decomposição do acúmulo demasiado de palhada. Habitualmente, o excesso de palha do arroz, que atrapalha a produção da cultura subsequente, é queimado, mas esta prática, com a nova lei ambiental, está proibida.

Sabe-se hoje que, de uma maneira geral, a aplicação antecipada do nitrogênio pode proporcionar redução no espaçamento ou pareamento de fileiras, minimizar os danos mecânicos, baratear o custo da operação e diminuir a quantidade de fertilizantes e de herbicidas pós-emergentes. Contudo, tem-se observado na literatura que esta prática pode não ser tão eficiente em solos excessivamente arenosos, mal drenados ou com limitação de fertilidade quí-

mica. Especificamente para o sistema de terras altas, é preciso desenvolver mais estudos para avaliar o efeito, a longo prazo, da aplicação antecipada de nitrogênio, os benefícios desta prática na população e na atividade microbiana do solo, bem como os efeitos na melhora física do solo.

8. PERGUNTAS, NA VISÃO DA FITOTECNIA, SOBRE A PRÁTICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA, PARA AS QUAIS, POSSIVELMENTE, AINDA NÃO SE TEM RESPOSTA

As principais linhas de pesquisa que devem ser mais exploradas dizem respeito a:

- Doses e épocas de aplicação em função do precedente cultural/palhada de cobertura;
- Doses e épocas de aplicação em função do tempo em que a área esteve sob SPD e do teor de matéria orgânica no solo; e
- Interação do nitrogênio com microrganismos e matéria orgânica do solo.

Não obstante tais questionamentos, entende-se que outras dúvidas ainda não foram suficientemente esclarecidas, tais como:

- Quais as formas químicas em que o nitrogênio é absorvido pelas diferentes culturas anuais graníferas, durante os diferentes estádios de desenvolvimento da planta?
- Quais as dosagens, fontes e métodos de aplicação de nitrogênio recomendados para a soja no estágio R3-R4?
- Qual a possibilidade de antecipação, quais fontes utilizar e como incorporar o nitrogênio, em cobertura, para as diferentes espécies?
- Qual a interação entre sistema de manejo, rotação/precedente cultural, teor de matéria orgânica do solo e a resposta das culturas à adubação nitrogenada em cobertura?
- Na hipótese de que planta sadia é sinônimo de planta resistente, qual o efeito da antecipação da adubação nitrogenada sobre a incidência da brusone na cultura do arroz de terras altas e de várzeas?
- Quais os reais prejuízos causados pelos fungicidas e outros produtos químicos adicionados às sementes de soja sobre a fixação biológica de nitrogênio?
- Considerando-se a hipótese que a soja, no(s) primeiro(s) ano(s) de cultivo em um determinado solo, é ineficiente na fixação biológica do nitrogênio, qual(is) a(s) forma(s) de compensação para suprir a demanda necessária?
- Baseando-se na hipótese que a principal restrição na fixação biológica do nitrogênio pelo feijoeiro é a debilidade de seu sistema radicular, qual(is) é(são) a(s) possibilidade(s) de cruzamento(s) para melhorá-lo?
- Baseando-se na prática empírica da adubação nitrogenada para a fonte de cobertura, no caso do milho, qual é a viabilidade desta técnica?
- Baseando-se nos índices salinos das diferentes fontes de nitrogênio, quais são os seus efeitos e correlações com KCl na germinação e no sistema radicular das plantas?
- Na hipótese de que parte do nitrogênio aplicado ao solo, numa primeira etapa, é sequestrado pelos microrganismos e incor-

porado ao complexo orgânico do solo, qual o período deste seqüestro, e após quanto tempo e em que quantidade o nitrogênio é devolvido à solução do solo e, por conseguinte, às plantas?

- Considerando-se a mobilidade do nitrogênio no solo, qual o período de permanência do nitrogênio na zona radicular das plantas, em função da fonte, método e época do ano, em cultivo irrigado ou não, e da textura do solo?

- Como é a partição do seqüestro do nitrogênio (perdas, palhada e planta), quando aplicado por diferentes métodos, fontes e sistema de manejo do solo?

- Considerando-se a baixa produção da enzima de nitrato redutase pelas plântulas de arroz, qual(is) a(s) forma(s) de incrementá-la?

- Quais as perdas de nitrogênio e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático, considerando-se diferentes dosagens, fontes e formas de aplicação, nos ecossistemas terras altas e várzeas?

- Qual é a viabilidade de uso do clorofilômetro na predição da necessidade de cobertura nitrogenada para as diferentes espécies vegetais?

- Quais são as vantagens relacionadas ao aproveitamento do nitrogênio nos cultivos consorciados entre leguminosas e gramíneas e outras famílias?

- Qual é a demanda de nitrogênio pelas culturas anuais no sistema plantio direto e associado a diferentes precedentes culturais?

9. CONCLUSÕES PRELIMINARES

Com os resultados práticos obtidos nos vários ensaios conduzidos em terras altas e nas várzeas, pode-se concluir que:

- Há falta de nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento para as principais culturas anuais de grãos;

- Nas condições de várzea tropical, irrigada por subirrigação, a aplicação única de todo o nitrogênio, antes da semeadura do feijão, é mais eficiente que a prática do parcelamento, em cobertura;

- Nas várzeas tropicais, doses entre 60 kg e 90 kg ha⁻¹ de N são suficientes para a obtenção do teto máximo de produtividade das principais cultivares de feijão;

- Em terras altas, no caso do feijão, é importante aumentar a dose de nitrogênio na semeadura ou antes dela, e, para se obter produtividades acima de 4 t ha⁻¹, é necessário fazer a complementação de nitrogênio, em cobertura, entre 10 e 20 dias após a emergência das plantas;

- A antecipação do nitrogênio também é importante para o arroz de terras altas, podendo ser uma das principais práticas para a sua inclusão no SPD;

- Há desperdício de nitrogênio em algumas situações, por exemplo, sistema plantio direto x alto teor de matéria orgânica no solo x precedente cultural; e

- A predição da aplicação de nitrogênio no SPD decresce de importância.

10. CONCLUSÃO FINAL

Na exploração lavoureira do nosso País, novos sistemas agrícolas foram criados, onde o meio produtivo e o ambiente estão

sendo gradativamente melhorados e adequadamente manejados. Se, por um lado, a matéria orgânica e a biologia do solo estão sendo privilegiados, por outro, o mesmo não ocorre com o nitrogênio e suas fontes e as condições climáticas regionais, as quais não sofreram qualquer alteração. Assim, a instabilidade do N *in situ* continua a existir.

Concluindo, é imperativo quebrar paradigmas entre os pesquisadores na formulação de novos projetos de pesquisa sobre o nitrogênio, enquanto os produtores devem, primeiro, testar em pequenas áreas os resultados já disponibilizados pela pesquisa, para depois utilizá-los em escala.

11. AGRADECIMENTOS

Várias foram as empresas, as fazendas de referência e as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho, propiciando importantes avanços tecnológicos e o necessário estreitamento com os diferentes segmentos da cadeia produtiva das principais culturas anuais, destacando-se: Agri-tillage do Brasil-Baldan; Indústrias Reunidas Colombo Ltda.; Ikeda; Convênio Embrapa-Petrobras; Grupo Cardoso; Fazenda Barreira da Cruz, em Lagoa da Confusão, TO; Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO; Fazenda Santana, em Sinop, MT; Fazenda Guaribas, em Unaí, MG.

Com a mesma ênfase, devem ser registrados o apoio e a dedicação imprescindíveis dos empregados da Embrapa Arroz e Feijão, os quais, muito longe de sua base física, operacionalizaram os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

Às indústrias de máquinas e implementos agrícolas que, além de viabilizaram os recursos financeiros e materiais necessários, se dispuseram a fazer deslocamentos constantes para a implantação das Unidades Demonstrativas e participar dos dias de campo.

Aos produtores rurais que franquearam suas propriedades agrícolas, proporcionando o apoio logístico necessário.

A todos, o nosso reconhecimento e profunda gratidão!

12. LITERATURA CONSULTADA

ALONÇO, A. dos S.; FERREIRA, O. O. Incorporação profunda de fertilizantes e calcário: sua influência na produção de milho (*Zea mays* L.) sob stress hídrico e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um solo cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA, 1992. p. 1206-1225.

BARBER, S. A. Fertilizer rate and placement effects on nutrient uptake by soybeans. In: WORD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. **Proceedings...** Boulder: Westview, 1985. p. 1007-1115.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach.** 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414 p.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; MARCOLAN, A. L.; DURIGON, R. Manejo do nitrogênio no milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura no inverno, no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: UFLA, SBCS, SBM, 1998. p. 145.

BLAIR, G. J.; MAMARIL, C. P.; MILLER, M. H. Influence of nitrogen source on phosphorus uptake by corn from soils differing in pH. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 235-238, 1971.

- CARVALHO, G. Riqueza preservada. **Panorama Rural**, v. 5, n. 73, p. 30-33, 2005.
- CERETTA, C. A. **Dinâmica do nitrogênio em sistemas de produção na região Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica; Embrapa Agrobiologia, 2000. 163 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 28/Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).
- CHAIB, S. L.; BULISANI, E. A.; CASTRO, L. H. S. M. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta à profundidade da aplicação do adubo fosfatado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 817-822, 1984.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 32 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão: zonas 61 e 83**. Brasília: Embrapa-SPI, 1993. 93 p.
- FERNANDES, L. A.; NASCENTE, C. M.; SILVA, M. L. N.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELOS, C. A. Sistemas de preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 51, p. 15-16, 1999.
- GARCIA, F. O. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina. In: CONFERENCIA FERTILIZANTES CONO SUR, 4., 2000, Porto Alegre. **Resumos...** British Sulphur Pub., 2002.
- GARWOOD, E. A.; WILLIAMS, T. E. Growth, water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards. **Journal of Agricultural Science**, v. 69, p. 125-130, 1967.
- GUIMARÃES, C. M.; CASTRO, T. de A. P. Sistema radicular do feijoeiro condicionado aos efeitos da profundidade de aplicação e tipo de adubo fosfatado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 138-141. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 1).
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 210-214, 2003.
- HARGROVE, W. L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B. R. e KISSEL, D. E. (Eds.) **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Alabama: NFDC-TVA, 1988. cap. 2, p. 17-36.
- KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de Sistema Plantio Direto**. 1998. 179 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/USP.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; TEIXEIRA, M. G. Profundidade de incorporação de adubos para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 142-143. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 1).
- KNOTT, J. E. **Handbook for vegetable growers**. London: John Wiley & Sons, 1957. 238 p.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; YAMADA, T. Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 86, p. 9-10, jun. 1999.
- LARACABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; BOARETTO, A. E.; MORENO, O. G. Volatilização de amônia de fontes nitrogenadas aplicadas em diferentes condições de umidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 22., 1989, Recife. **Resumos...** Campinas: SBCS, 1989. p.165.
- LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995.
- MILLER, D. E. Root systems in relation to stress tolerance. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 4, p. 963-970, 1986.
- OLIVEIRA, E. F. **Eficiência do modo de aplicação do sulfato de amônio e uréia nas culturas de milho e algodão**. Cascavel: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1995. 48 p. (OCEPAR. Resultados de Pesquisa, 1/95).
- PIMENTEL, M. S. Milho safrinha: grãos que valem ouro. **Panorama Rural**, v. 1, p. 18-24, março 1999.
- RAPPAPORT, B. D.; AXLEY, J. H. Potassium chloride for improved urea fertilizer efficiency. **Soil Science of American Journal**, v. 48, p. 399-401, 1984.
- SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBSC/Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 291-309.
- SANTOS, A. B.; SILVA, O. F. da. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Eds.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 207-230.
- SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; MELO, L. B. de. Manejo de nitrogênio para o feijoeiro em várzeas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Resumos expandidos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 665-667.
- SILVA, G. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2002.
- STONE, L. F.; SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 891-897, 1998.
- THUNG, M.; ORTEGA, J.; RODRIGUEZ, R. Respuesta y aprovechamiento del fósforo aplicado a dos profundidades y su efecto en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 205. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 1).
- VIEIRA, C.; GOMES, F. R. Ensaio de adubação química do feijoeiro. **Ceres**, Viçosa, v. 11, p. 253-264, 1961.
- YAMADA, T. Há déficit de mais de 1 milhão de toneladas de nitrogênio na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 98, p. 20, junho 2002.
- YAMADA, T. Nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 78, p.14, junho 1997.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 91, p. 1-5, setembro 2000.