

## Resposta de Variedades de Milho a Níveis e Fontes de Nitrogênio





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-918X

Outubro, 2003

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 93***

## **Resposta de Variedades de Milho a Níveis e Fontes de Nitrogênio**

Altair Toledo Machado  
Cynthia Torres de Toledo Machado  
Glaucio Vieira de Miranda  
Celso Henrique Moreira Coelho  
Lauro José Moreira Guimarães

Planaltina, DF  
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

http\www.cpac.embrapa.br

sac@cpac.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial: *Jaime Arbués Carneiro*

Revisão de texto: *Jaime Arbués Carneiro*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

*Shirley da Luz Soares*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto da capa: *Cynthia Torres de Toledo Machado*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

*Jaime Arbués Carneiro*

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

**1ª edição**

1ª impressão (2003): tiragem 100 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Cerrados.

---

R434 Resposta de variedades de milho a níveis e fontes de nitrogênio / Altair Toledo Machado... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2003.

27 p.— (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 93)

1. Milho - melhoramento vegetal. 2. Nitrogênio. I. Machado, Altair Toledo. II. Série.

---

633.15 - CDD 21

© Embrapa 2003

# Sumário

Introdução .....	7
Material e Métodos .....	8
Variedades locais .....	8
Variedades melhoradas .....	10
Compostos experimentais .....	11
Resultados e Discussão .....	14
Conclusões .....	22
Agradecimentos .....	22
Referências Bibliográficas .....	22

# Resposta de Variedades de Milho a Níveis e Fontes de Nitrogênio

---

*Altair Toledo Machado<sup>1</sup>*

*Cynthia Torres de Toledo Machado<sup>2</sup>*

*Glauco Vieira de Miranda<sup>3</sup>*

*Celso Henrique Moreira Coelho<sup>4</sup>*

*Lauro José Moreira Guimarães<sup>5</sup>*

**Resumo** – A resposta de variedades de milho a nitrogênio (N) foi avaliada em cinco ensaios. Dois experimentos realizados em Coimbra (MG) e dois dos realizados em Seropédica (RJ) foram repetidos com 120 kg e 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo que o terceiro ensaio de Seropédica recebeu adubação verde. Cinco variedades locais, cinco experimentais e quinze melhoradas compuseram os ensaios, nos quais utilizou-se o delineamento experimental látice 5 x 5, com três repetições. O parâmetro de comparação foi o rendimento de grãos. Em Seropédica, avaliou-se também o teor de N nos grãos e na planta. As variedades Caiano de Sobrália, Saracura, MC 3 e BR 5039 mostraram melhor resultado a baixos níveis de N, enquanto BR 106, Caiano de Sobrália, Eldorado e MC 9 foram as mais produtivas nos ensaios com alto N. No ensaio com adubação verde, se destacaram as variedades MC 9, MC 3, BRS 5039 e Eldorado. Na média dos cinco ensaios, se destacaram Caiano de Sobrália, Saracura, BR 106 e MC 9. CMS 52 mostrou a maior eficiência na utilização de N sob baixo nível do nutriente, enquanto CMS 03-A foi mais eficiente no nível alto, e BR 473 na adubação verde. Quanto à translocação do N, a variedade Caiano de Sobrália foi a mais eficiente ao baixo N; MC 5 ao alto N e Caiano de Sobrália à adubação verde. Os resultados ilustram a possibilidade da seleção de variedades de milho adaptadas às diferentes situações de fornecimento de N.

**Termos para indexação:** *Zea mays* L., eficiência, utilização, translocação, melhoramento de milho.

---

<sup>1</sup> Eng. Agrôn., Ph.D, Embrapa Cerrados, altair@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., Ph.D, Embrapa Cerrados, cynthia@cpac.embrapa.br

<sup>3</sup> Eng. Agrôn., Ph.D, Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa-MG

<sup>4</sup> Eng. Agrôn., Mestrando em Genética, UFV, Viçosa-MG

<sup>5</sup> Bolsista de Iniciação Científica - CNPq, UFV, Viçosa-MG

# Maize Varietal Response to Nitrogen Levels and Sources

---

**Abstract** – *The response of maize to nitrogen (N) sources was evaluated in five experiments. Two experiments from Coimbra, Minas Gerais state, and two of those from Seropédica, Rio de Janeiro state, were repeated with 120 kg and 20 kg.ha<sup>-1</sup> N, and the third experiment from Seropédica received green manure only. Five local varieties, five experimental and fifteen improved varieties were included in the tests. A lattice 5x5 experimental design with three replicates was used. Grain yield was used to compare varieties, and N content in the plant and grain were determined for Seropédica's experiment. 'Caiano de Sobrália', 'Saracura', 'MC 3' and 'BR 5039' showed the best results at low N, while 'BR 106', 'Caiano de Sobrália', 'Eldorado' and 'MC 9' were outstanding at high N. 'MC 9', 'MC 3', 'BRS 5039' and 'Eldorado' were the best when N source was green manure. On average for the best grain yield performers were 'Caiano de Sobrália', 'Saracura', 'BR 106' and 'MC 9'. 'CMS 52' was more efficient in N utilization at low N, while CMS 03-A showed efficiency at high level of the element, and 'BR 473' was the most efficient from green manure. When N translocation is considered, 'Caiano de Sobrália' was the most efficient at low N; 'MC 5' at high N level and 'Caiano de Sobrália' at green manure. These results illustrate the possibility to select maize varieties with potential to different sources and levels of N.*

*Index terms: Zea mays L., efficiency, utilization, translocation, maize breeding.*

## Introdução

O nitrogênio (N) apresenta relevância entre os elementos essenciais às plantas, responde por considerável parcela dos custos, por ser requerido em maiores quantidades pela maioria das culturas, como o milho. Embora o elemento ocorra em teores totais elevados nos solos, equivalente a toneladas por hectare ([Raij, 1981](#)), somente uma fração se encontra em forma disponível ([Stevenson, 1982](#)). Define-se como N disponível o encontrado na zona radicular em forma química facilmente absorvível pelas plantas ([Scarsbrook, 1965](#)). Proveniente de várias fontes, na produção agrícola o elemento deriva de fertilizantes minerais, fixação biológica e mineralização de formas orgânicas de esterco animais, resíduos de culturas e matéria orgânica do solo ([Keeney, 1982](#)).

A superfície dos solos contém entre 0,08% e 0,4% de N total, dos quais até 90% encontram-se na forma orgânica ([Keeney, 1982](#); [Stevenson, 1982](#)). Se ocorrer a mineralização de 1% a 3% em um ano agrícola, entre 8 e 120 kg/ha podem estar disponíveis. Essa quantidade é suficiente para a maioria dos cultivos, embora muitos deles, como o milho, necessitem de N em épocas específicas como o crescimento e florescimento ([Keeney, 1982](#)).

O N inorgânico do solo é resultante dos processos de mineralização da matéria orgânica e da imobilização ([Raij, 1981](#)). Os íons  $\text{NH}_4^+$  (amônio) trocável e  $\text{NO}_3^-$  (nitrato) constituem as formas presentes em maiores quantidades e prontamente absorvidas pelas plantas ([Mattos Júnior, 1993](#)).

O N inorgânico representa pequena fração do N total (menos de 2%, em média). Determinados solos podem conter teores apreciáveis de N na forma de N-  $\text{NH}_4^+$  não trocável ou fixado ([Keeney & Nelson, 1982](#)). O N inorgânico está sujeito a variações no solo, devido à elevada solubilidade e à mobilidade dos sais de  $\text{NO}_3^-$ , à aplicação desuniforme, às diferenças na composição da matéria orgânica e no teor de água do solo, à lixiviação, desnitrificação e imobilização ([Mattos Júnior, 1993](#)).

A variação na disponibilidade de N afeta o desenvolvimento das plantas e a produção de grãos em milho ([Girardin et al., 1987](#); [Mc Cullough et al., 1994](#); [Uhart & Andrade, 1995 a e b](#)). Os períodos vegetativos e reprodutivos podem ser retardados pela deficiência de N; a expansão e a taxa de emergência das folhas também são afetadas ([Muchow, 1988 a e b](#); [Mc Cullough et al., 1994](#)), assim como o desenvolvimento e a morfologia do sistema radicular ([Eghball et al., 1993](#)).

O N é particularmente importante por sua atuação no metabolismo vegetal, principalmente na síntese de proteínas, sendo muito importante, além do

incremento na produção de grãos de milho, na elevação do teor protéico. Além de onerar a cultura, os fertilizantes nitrogenados constituem uma das maiores fontes de poluição ambiental ([Ruttan, 1991](#)).

Respostas diferenciadas à utilização de N ocorrem entre genótipos de milho ([Balko & Russel, 1980 a e b](#); [Tsai et al., 1984](#); [Smiciklas & Below, 1990](#); [Bänziger et al., 1995](#); [Lafitte & Edmeades, 1995](#); [Rizzi et al., 1995](#); [Machado, 1997](#)); e têm sido observadas diferenças de resposta às formas de N ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ) ([Reed et al., 1980](#); [Jackson et al., 1986](#); [Mollaretti et al., 1987](#); [Magalhães & Huber, 1991](#); [Magalhães et al., 1993](#); [Magalhães & Machado 1995](#); [Machado et al., 2001 b](#)).

Essas diferenças genéticas sugerem a possibilidade de se obter genótipos de milho eficientes no uso de N ([Murulli & Paulsen, 1981](#)), e a constituição de variedades ou híbridos superiores para essa condição ([Kamprath et al., 1982](#); [Tsai et al., 1984](#); [Rizzi et al., 1995](#); [Lafitte & Edmeades, 1995](#)).

A identificação de variedades eficientes no uso de N contribui para aumentar a eficiência do adubo nitrogenado, incrementar a produção da cultura, minimizar as perdas e reduzir os efeitos nocivos ao meio ambiente. Variedades locais, cultivadas há vários anos por pequenos produtores, em áreas e situações de estresses ambientais, como deficiências hídrica e de fertilidade, podem apresentar características desejáveis de eficiência no uso de N ([Machado, 1997](#); [Machado et al., 1998 a e b](#)).

O presente trabalho teve, portanto, o objetivo de avaliar variedades de milho quanto ao uso eficiente do N suprido a partir de três fontes e em diferentes níveis.

## Material e Métodos

Foram utilizados 25 genótipos de milho, entre variedades locais, melhoradas, e compostos experimentais, descritos a seguir:

### Variedades locais

As variedades locais foram obtidas de agricultores em diferentes partes do Brasil. A constituição genética é muito variada, devido a processos de seleção e cruzamentos que ocorreram por longo período. A relação das variedades locais e suas principais características são apresentadas na [Tabela 1](#), na qual incluem-se as variedades Campeão e Quarentão que fizeram parte da formação dos compostos experimentais MC3 e MC10.



**Tabela 1.** Características fenológicas e local de resgate de variedades locais de milho.

Variedade	Comprimento da espiga* (mm)	Diâmetro da espiga* (mm)	Nº de fileiras de grãos*	Nº de grãos por fileira*	Cor(1) do endosperma*	Tipo(2) do endosperma*	Local do resgate
Caiano Sobrália	143	47	12	34	AM	D	Sobrália, MG
Asteca	180	37	10	44	AM, LA	D	Zona da Mata, MG
Pedra Dourada	139	41	12	35	AM	D, SD	Zona da Mata, MG
Campeão	145	44	12	38	AM, VE	D, SD	Francisco Beltrão, PR
Carioca	160	42	12	39	AM, CZ	SD	Laranjeiras do Sul, PR
Quarentão	180	36	12	35	VE/LA	FL	Montes Claros, MG

\*Média de 10 espigas.

<sup>(1)</sup> AM: amarelo, VE: vermelho; CZ: cinza; LA: laranja

<sup>(2)</sup> D: Dentado; SD: Semidentado; F: Flint

Fonte: [Machado, 1998](#).

## Variedades melhoradas

**1. BRS Sol da Manhã:** população de grãos duros e semiduros, alaranjados, com segregação para branco e predomínio dos germoplasmas Cateto, Eto e Duros do Caribe, originada de 36 populações da América Central e do Sul ([Machado et al., 1992](#)).

**2. Eldorado:** população de grãos dentados e semidentados, amarelos com segregação para branco e predomínio da raça Tuxpeño, formada a partir de populações do México, da América Central e da América do Sul ([Machado et al., 1992](#)).

**3. BR 105:** variedade obtida na Embrapa Milho e Sorgo a partir da variedade Suwan 1. Possui grãos duros, amarelo-alaranjados e de porte baixo, é formada por populações do Caribe, Estados Unidos, América do Sul e América Central, selecionada para resistência ao míldio (*Sclerospora sorghi*) ([Machado, 1986](#)).

**4. BR 106:** variedade obtida na Embrapa Milho e Sorgo, a partir de três cultivares brasileiras (Maya, Centralmex e Dentado Composto) e uma introdução exótica (Tuxpeño 1). Apresenta endosperma dentado e cor amarela, porte baixo (caráter poligênico) ([Naspolini et al., 1981](#)).

**5. BRS 4150:** população obtida na Embrapa Milho e Sorgo, também denominada Composto Vega Precoce, formada pelo intercruzamento de três híbridos simples e dois híbridos duplos. É composta por germoplasma tropical e de clima temperado. Apresenta grãos dentados, amarelos, porte normal e ciclo precoce.

**6. BR 473:** sintético de ciclo precoce, com grãos amarelos, semiduros, de alta qualidade protéica, desenvolvidos pelo intercruzamento de seis linhagens elite QPM (quality protein maize). Foi selecionada para adaptação ampla às condições do Sudeste e Sul do Brasil nos últimos dois ciclos de seleção de progênes de meio-irmãos.

**7. Saracura:** população de ciclo semiprecoce, com grãos alaranjados, semiduros, obtida por treze ciclos de seleção recorrente para tolerância ao encharcamento do solo.

**8. CMS 453:** população de ciclo precoce, com grãos amarelo-alaranjados, semiduros, alta qualidade protéica, derivada da população 65 QPM do CIMMYT, adaptada às condições do nordeste brasileiro por quatro ciclos de seleção de progênes de meio-irmãos.

**9. CMS 52:** população de ciclo precoce, com grãos amarelos, dentados, alta qualidade protéica formada a partir de 12 linhagens QPM do CIMMYT.

**10. BR 451:** população de ciclo precoce, com grãos brancos, semidentados, com alta qualidade protéica, derivada da população 64 QPM do CIMMYT. A farinha apresenta excelentes propriedades quando misturada ao trigo na indústria de pães e massas.

**11. BR 5039:** composto amplo, com grãos amarelos, semidentados, desenvolvido na década de 1980 pelo inter cruzamento de 55 cultivares do Ensaio Nacional. Versão adaptada às condições de estresse hídrico no Piauí.

**12. Composto Jaíba Precoce:** população de ciclo precoce, com grãos amarelos, semidentados, formada pelo inter cruzamento do Composto Jaíba com acessos de clima temperado (25%), e dois ciclos de seleção para tolerância à seca, em Janaúba, MG.

**13. Sintético Dentado:** sintético de ciclo precoce, com grãos dentados, amarelos, desenvolvido pelo inter cruzamento de 17 linhagens elite. Versão adaptada às diferentes condições edafoclimáticas do país, por meio de vários ciclos de seleção recorrente inter populacional com progênies de meios irmãos e irmãos germanos.

**14. CMS 03 A:** população de ciclo precoce, com grãos alaranjados duros, obtida por seleção intrapopulacional em Amarillo Cristalino do CIMMYT. Introduzida no Brasil em 1996.

**15. CMS 04 A:** também conhecido como Amarillo Dentado, com grãos amarelos e dentados e ciclo intermediário, é formado por germoplasma do Caribe, América Central e Brasil, baseado no germoplasma Tuxpeño.

## Compostos experimentais

**1. MC 3:** população com grãos semiduros e amarelo escuros, formada a partir do cruzamento entre BRS Sol da Manhã e Quarentão Sansão, para originar uma variedade de grãos semiduros, produtiva e tolerante à toxidez de alumínio ([Machado et al., 2002](#)).

**2. MC 4:** população com grãos duros e alaranjados, formada a partir do cruzamento entre BRS Sol da Manhã e Pedra Dourada, para originar uma variedade produtiva e de porte baixo e com grãos semiduros ([Machado et al., 2002](#)).

**3. MC 5:** população com grãos semidentados e amarelos, formada a partir do cruzamento entre Eldorado e Caiano de Sobrália, para originar uma variedade de grãos dentados, produtiva e com eficiência no uso de fósforo (P) ([Machado et al., 2002](#)).

**4. MC 9:** população com grãos semidentados e amarelo-escuros, formada a partir do cruzamento entre Eldorado e Carioca para originar uma variedade de grãos semidentados, produtiva, com porte baixo e ciclo precoce ([Machado et al., 2002](#)).

**5. MC 10:** população com grãos semidentados e amarelos, formada a partir do cruzamento entre Eldorado e Campeão, para originar uma variedade de grãos dentados, produtiva e com eficiência no uso de P ([Machado et al., 2002](#)).

Os 25 genótipos foram avaliados em cinco ensaios de competição, sendo três na área experimental da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, em um Argissolo, e dois na área experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra, MG, em um Latossolo vermelho distroférrico ([Embrapa, 1999](#)).

As fontes de N foram uréia, em Seropédica, e sulfato de amônio em Coimbra. Em ambos os locais os experimentos foram repetidos em nível baixo ( $20 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e alto de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Em Seropédica, um terceiro ensaio foi conduzido depois do cultivo, nos dois anos anteriores, de milho em sucessão com adubo verde (mucuna cinza).

A adubação com os demais nutrientes foi realizada com base na análise química dos solos (Tabela 2) e recomendação para a cultura nos Estados do Rio de Janeiro ([Almeida et al., 1988](#)) e Minas Gerais ([Alvarez V. et al., 1999](#)).

**Tabela 2.** Análises químicas dos solos em Seropédica, RJ, e Coimbra, MG.

Locais	pH	Al trocável ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	Mat. Org. ( $\text{g kg}^{-1}$ )	P disp. ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	K troc. ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	Ca troc. ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	Mg troc. ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )
Seropédica <sup>1</sup>	4,5	0,4	13,1	4,0	0,15	1,70	1,10
Seropédica <sup>2</sup>	4,7	0,2	20,3	10,0	0,23	2,10	1,00
Coimbra	5,5	0,0	15,4	5,7	0,18	2,50	1,02

<sup>1</sup> Área do ensaio com uréia

<sup>2</sup> Área do ensaio com adubo verde

Em Coimbra foram aplicados  $44 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo (P) ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio (K), respectivamente nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação nitrogenada, nos ensaios com alto N, foi parcelada em duas vezes, quando as plantas apresentavam de quatro a seis folhas completamente desenvolvidas. Em Seropédica, aplicaram-se  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 4-14-8, perfazendo um total de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $31 \text{ kg ha}^{-1}$  de P ( $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e  $33 \text{ kg ha}^{-1}$  de K ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), na área com alto e baixo N. No ensaio com alto N, aplicaram-se os  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  restantes em cobertura, aos 40 dias depois do plantio, na forma de uréia. O ensaio em sucessão ao adubo verde foi conduzido em área sob manejo orgânico, não se aplicando nenhum outro fertilizante químico. Níveis satisfatórios de P e K nesse ensaio, bem como teores semelhantes de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis permitiram a comparação entre esse e os demais, que receberam adubações fosfatada e potássica em doses suficientes apenas para elevar a disponibilidade dos elementos a níveis comparáveis aos observados na área orgânica.

O delineamento experimental utilizado foi o látice  $5 \times 5$ , com 3 repetições. A parcela experimental foi constituída de duas fileiras de 5 metros, espaçadas entre si por um metro. Depois do desbaste, foi mantido um estande final de 50 plantas por parcela.

Foram determinados os seguintes caracteres agrônômicos: número de plantas por parcela, número de espigas por planta, e produção de grãos. Determinou-se também o conteúdo de N nas partes das plantas (parte aérea e grãos), segundo a metodologia de [Bremner & Mulvaney \(1982\)](#) e foram calculados índices de eficiência de translocação e utilização do N ([Moll et al., 1982](#)). O primeiro estima a fração do N total que é translocada para o grão, e é representada pela expressão  $N_g/N_{tp}$ , onde  $N_g$  é o conteúdo de N no grão e  $N_{tp}$  o conteúdo de N total na planta. O último mede a eficiência de utilização do N absorvido para a produção de grãos, e é representado pela expressão  $P_g/N_{tp}$ , onde  $P_g$  é a produção de grãos.

Os dados passaram por análise de variância, com aplicação do teste F a 5% de probabilidade. As médias dos caracteres avaliados foram comparadas entre si pela aplicação do teste de diferença mínima significativa (DMS).

## Resultados e Discussão

No ensaio de Seropédica, sob baixo N, destacaram-se as seguintes variedades: 'Saracura', 'Caiano de Sobrália', 'Carioca', 'MC 3' e 'MC 5'. 'Caiano de Sobrália' destacou-se com rendimento de 5870 kg/ha. 'MC 5' apresentou melhor desempenho na dose mais elevada de N, produzindo 7752 kg/ha. Seguiram-se a essa variedade: MC 9, Caiano de Sobrália e BR 106 ([Tabela 3](#)).

As variedades mais produtivas no tratamento com adubação verde foram MC 9, MC 3, BR 5039 e Eldorado, seguidas por CMS 03A, Saracura, BR 106, MC 5, Carioca, MC 4, Caiano de Sobrália, BR 473, BR 105, CMS 04A, MC 10 e Quarentão Sansão ([Tabela 3](#)).

Em Coimbra, MG, o rendimento das variedades foi bastante semelhante. Quando as variedades foram submetidas ao nível baixo de N, destacaram-se: Caiano de Sobrália e BR 5039, das quais não diferiram estatisticamente CMS 04A, Saracura, BR 4150, MC 10, Eldorado, Sintético Dentado, Quarentão Sansão, BR 473, MC 9, Pedra Dourada, MC 3 e Composto Jaíba Precoce. Na dose mais elevada de N, Eldorado foi a mais produtiva, seguida por BR 106, Caiano de Sobrália, Carioca, Sintético Dentado, MC 10, BRS 4150, MC 9, Saracura, BR 5039, CMS 453, CMS 03A, Pedra Dourada CMS 52, MC 4 e Sol da Manhã ([Tabela 3](#)).

Caiano de Sobrália e BR 106 apresentaram-se com o melhor desempenho produtivo na média dos ensaios com baixa e alta dose de N. Na média geral dos ensaios, 'Caiano de Sobrália' destacou-se como a mais produtiva, seguida por 'Saracura', 'BR 106', 'MC 9', 'BR 5039', 'Eldorado', 'MC 3', 'MC 5' e 'MC 4'. O potencial da variedade local Caiano e das variedades experimentais foi evidenciado com esses resultados, em níveis de produtividade comparáveis ao das variedades melhoradas BR 106, BR 5039, Saracura e Eldorado ([Tabela 3](#)).

Em Coimbra, as variedades produziram mais (4684 kg/ha), sob condições de baixo N, quando comparadas à mesma situação em Seropédica (4051 kg/ha). No ensaio com a dose mais elevada de N, o rendimento médio foi superior em Seropédica (5875 kg/ha), quando comparado ao ensaio de Coimbra (4661 kg/ha). A comparação do desempenho em adubo nitrogenado e adubação verde mostra que o rendimento médio, nessa situação, foi superior aos demais ([Tabela 3](#)).

**Tabela 3.** Produção de grãos de variedades de milho avaliadas em Seropédica (RJ) e Coimbra (MG), sob níveis e fontes de N. Ano agrícola de 2000-2001.

Variedade	Seropédica			Coimbra		Média	Média	Média
	Baixo N	Alto N	A. verde	Baixo N	Alto N	Baixo N	Alto N	geral
	..... kg de grãos ha <sup>-1</sup> .....							
Eldorado	3725	6678	7056	5162	6152	4443	6415	5754
Sol da Manhã	3696	5108	5104	4596	4476	4282	4792	4590
BR 106	4527	7169	6910	4708	6118	4617	6643	5886
Carioca	4723	3977	6698	3443	5435	4083	4706	4855
Caiano Sobrália	5870	7177	6548	6336	5781	6103	6479	6342
Asteca	2564	4975	4554	2616	3081	2590	4028	3558
Pedra Dourada	3682	4936	4618	4855	4572	4268	4754	4532
Quarentão Sansão	3297	5401	6167	5146	4017	4221	4709	4805
MC 3	5629	6655	7071	4756	4371	5192	5513	5696
MC 4	4098	6324	6609	5509	4485	4803	5404	5405
MC 5	4933	7752	6823	4195	4237	4564	5994	5588
MC 9	4208	7426	7136	4997	5226	4602	6326	5798
MC 10	3803	5173	6184	5218	5271	4510	5222	5129
CMS 453	3741	6468	5760	4082	4752	3911	5610	4960
CMS 52	3972	5156	5960	4099	4504	4035	4830	4738
BR 451	4337	6189	5642	3392	4254	3864	5221	4762
BR 473	3857	5348	6488	5052	3342	4454	4345	4817
BR 105	2984	5575	6297	2688	2583	2836	4079	4025
BRS 4150	3781	4868	5287	5278	5270	4529	5069	4896
BR 5039	3909	6611	7067	6089	5113	4999	5862	5757
C. Jaíba Precoce	2995	4650	5027	4716	4233	3855	4441	4324
Sintético Dentado	4125	6762	5561	5149	5285	4637	6023	5376
Saracura	5543	6307	6968	5422	5203	5482	5755	5888
CMS 03-A	3419	5760	6972	4073	4576	3746	5168	4960
CMS 04-A	3604	4437	6235	5525	4196	4564	4316	4799
Média	4051	5875	6189	4684	4661	4367	5268	5086
Média melhoradas	3881	5806	6156	4669	4670	4284	5238	5035
Média locais	4027	5293	5717	4479	4577	4253	4935	4818
Média experimentais	4534	6666	6765	4935	4718	4734	5692	5523
CV (%)	19,87	11,66	11,40	21,93	22,96			
DMS (5%)	1330	1130	1160	1700	1770			
Eficiência (%) <sup>(1)</sup>	121,45	191,87	145,75	104,78	120,89			

<sup>(1)</sup> Eficiência do látice em relação a blocos ao acaso.

Houve incremento na produção de grãos das variedades, exceto para Carioca, quando a dose de N aplicada foi aumentada nos ensaios de Seropédica. A produção relativa média ficou em torno de 45%. Comparando o rendimento nos ensaios com baixo N e adubação verde, obtém-se valores relativos 52% nesta última. Algumas variedades, como BR 105 e CMS 03A mais que duplicaram sua produtividade. Na comparação dos ensaios com alta dose de N e adubação verde, observa-se que algumas variedades atingiram rendimentos visivelmente superiores neste último, como 'Carioca' e 'CMS 04A'. Outras, entretanto, apresentaram maior rendimento no ensaio com alto N mineral ([Tabelas 3 e 4](#)).

**Tabela 4.** Produção relativa das variedades de milho, avaliadas em Seropédica (RJ) e Coimbra (MG) sob níveis e fontes de N.

Variedade	Produção relativa (%)			
	Seropédica			Coimbra
	Baixo N e alto N <sup>(1)</sup>	Baixo N e adubação verde <sup>(2)</sup>	Alto N e adubação verde <sup>(3)</sup>	Baixo N e alto N <sup>(1)</sup>
Eldorado	79,3	89,4	5,7	19,2
Sol da Manhã	38,2	38,1	-0,1	-2,6
BR 106	58,4	52,6	-3,6	30,0
Carioca	-15,8	41,8	68,4	57,9
Caiano Sobrália	22,3	11,6	-8,8	-8,8
Asteca	94,0	77,6	-8,5	17,8
Pedra Dourada	34,1	25,4	-6,4	-5,8
Quarentão Sansão	63,8	87,1	14,2	-21,9
MC 3	18,2	25,6	6,3	-8,1
MC 4	54,3	61,3	4,5	-18,6
MC 5	57,2	38,3	-12,0	1,0
MC 9	76,5	69,9	-3,9	4,6
MC 10	36,0	62,6	19,5	1,0
CMS 453	72,9	54,0	-11,0	16,4
CMS 52	29,9	50,1	15,6	9,9
BR 451	42,7	30,1	-8,8	25,4
BR 473	38,7	68,2	21,3	-33,9
BR 105	86,8	111,0	13,0	-3,9
BRS 4150	28,8	39,8	8,6	-0,2
BR 5039	69,1	80,8	6,9	-16,0
C. Jaíba Precoce	55,3	67,9	8,1	-10,2
Sintético Dentado	63,9	34,8	-17,8	2,6
Saracura	13,8	25,7	10,5	-4,0
CMS 03-A	68,5	103,9	21,0	12,4
CMS 04-A	23,1	73,0	40,5	-24,1
<b>Média</b>	<b>45,0</b>	<b>52,8</b>	<b>7,3</b>	<b>1,6</b>

<sup>(1)</sup>Produção relativa = [(produção em alto N – produção em baixo N) / produção em baixo N] x 100

<sup>(2)</sup>Produção relativa = [(produção sob ad. verde – produção em baixo N) / produção em baixo N] x 100

<sup>(3)</sup>Produção relativa = [(produção sob ad. verde – produção em alto N) / produção em alto N] x 100



Considerando o rendimento de cada grupo ([Tabela 3](#)), observa-se que as variedades experimentais foram, de maneira geral, mais produtivas que as demais em todas as situações de fornecimento de N e as variedades locais se apresentaram superiores às melhoradas no ensaio com baixo N em Seropédica.

Nos ensaios conduzidos em Seropédica, determinou-se o conteúdo de N da parte aérea das plantas (folhas, colmos e sabugos), bem como nos grãos. No ensaio com baixo N, as variedades Asteca, MC 3, Pedra Dourada, Composto Jaíba Precoce e MC 10 foram as que acumularam maiores quantidades de N na parte aérea. MC 3 apresentou elevado conteúdo de N nos grãos, suplantada apenas por Saracura. As demais variedades, exceto MC 10, BR 105, BR 5039 e CMS 03A foram estatisticamente semelhantes àquelas duas (Tabela 5). No ensaio com alto N, 'Asteca' e 'Sintético Dentado' apresentaram os maiores conteúdos de N na parte aérea, enquanto 'BR 106' e 'BR 451' acumularam mais N nos grãos (Tabela 5). No ensaio em adubação verde, destacaram-se 'BR 106' e 'MC 10' com os maiores conteúdos de N na parte aérea, e 'MC 3' e 'BR 5039' por maior quantidade do elemento nos grãos (Tabela 5). As quantidades de N acumuladas pelas variedades no ensaio com adubação verde superaram às dos ensaios com adição de N mineral, tanto na parte aérea como nos grãos (Tabela 5).

As variedades que acumularam mais N na parte aérea foram as de porte mais elevado, como Asteca e Sintético Dentado, em confirmação aos resultados de outros experimentos ([Machado, 1997](#); [1998](#); [Machado et al., 2001a](#)).

**Tabela 5.** Conteúdo de N na planta inteira e nos grãos das variedades de milho avaliadas em Seropédica (RJ). Ano agrícola 2001-2002.

Variedade	Baixo N		Alto N		Adubação verde	
	Parte aérea	Grãos	Parte aérea	Grãos	Parte aérea	Grãos
	kg ha <sup>-1</sup>					
Eldorado	26,97	70,65	56,03	82,30	45,19	116,43
Sol da Manhã	34,89	80,76	45,07	92,40	45,33	106,80
BR 106	28,21	87,53	35,28	120,65	72,66	103,64
Carioca	34,61	96,10	48,81	99,23	53,99	125,57
Caiano Sobrália	31,39	84,27	46,29	101,05	45,06	99,12
Asteca	60,71	82,09	67,33	102,00	60,94	100,83
Pedra Dourada	45,97	91,12	40,96	90,29	57,37	101,11
Quarentão Sansão	29,13	83,34	55,76	104,79	54,81	111,35

Continua...

**Tabela 5.** Continuação.

Variedade	Baixo N		Alto N		Adubação verde	
	Parte aérea	Grãos	Parte aérea	Grãos	Parte aérea	Grãos
	kg ha <sup>-1</sup>					
MC 3	51,21	97,72	41,61	106,18	58,86	152,41
MC 4	29,74	94,39	37,10	93,32	54,02	125,20
MC 5	32,28	95,69	37,68	96,40	55,96	128,55
MC 9	35,88	85,45	46,48	106,89	43,50	125,78
MC 10	40,91	64,98	51,24	76,42	66,69	105,52
CMS 453	28,58	85,84	59,08	114,94	62,53	114,95
CMS 52	19,41	87,41	36,17	101,42	53,63	116,75
BR 451	29,25	96,64	42,78	108,91	42,32	111,03
BR 473	25,53	73,77	45,03	98,20	36,21	127,75
BR 105	25,22	54,11	25,86	90,39	37,15	91,02
BRS 4150	26,24	72,15	55,79	94,58	53,50	99,89
BR 5039	33,53	65,29	50,43	101,18	49,45	148,73
C. Jaíba Precoce	42,07	76,45	55,85	95,65	55,39	90,65
Sintético Dentado	34,87	75,40	65,09	107,96	60,95	115,17
Saracura	28,82	99,02	38,76	86,17	50,82	128,65
CMS 03-A	29,21	58,80	21,59	100,40	56,94	108,23
CMS 04-A	24,80	82,91	29,49	75,99	54,14	112,72
Média	33,18	81,67	45,42	97,91	53,10	114,71
Média melhorada	29,17	77,78	44,15	98,08	51,75	112,83
Média locais	40,36	87,38	51,83	99,47	54,43	107,60
Médias experimentais	38,00	87,69	42,82	95,84	55,81	127,49
CV (%)	37,63	21,95	39,33	20,67	28,13	16,68
DMS (5%)	20,68	29,44	29,51	33,52	24,52	31,69
Eficiência (%) <sup>(1)</sup>	100,11	100,00	102,00	125,00	100,00	103,64

<sup>(1)</sup> Eficiência do látice em relação a blocos ao acaso

As variedades locais apresentaram maiores conteúdos de N na parte aérea do que as experimentais e melhoradas e nos grãos no ensaio com alto N. No baixo suprimento de N, as variedades experimentais apresentaram, nos grãos, quantidade de N ligeiramente superior às locais. No cultivo com adubação verde as variedades experimentais acumularam mais N tanto na parte aérea quanto nos grãos (Tabela 5).

A partir da produção de matéria seca da parte aérea (dados não apresentados) e de grãos, e do respectivo conteúdo de N, estimaram-se os índices de eficiência na translocação e de utilização de N ([Tabela 6](#)).

As variedades mais eficientes para produção de grãos em baixo suprimento de N foram CMS 52, Saracura e CMS 04A; as menos eficientes, 'Asteca' e 'MC 10'; as demais apresentaram comportamento intermediário. 'Caiano de Sobrália', 'MC

10' e 'BR 5093' mostraram-se mais eficientes na translocação do N aos grãos. Quando se aumentou o nível de N, 'CMS 03A', 'CMS 52' e 'BR 106' foram as mais eficientes na utilização, enquanto 'MC 5', 'MC10' e 'Saracura' apresentaram maior índice de translocação. No ensaio com adubação verde, destacaram-se 'BR 473', 'BR 5039' e 'MC 3' por eficiência na utilização, e 'Caiano de Sobrália', 'BR 106' e 'CMS 03A' como as mais eficientes na translocação.

Os índices de eficiência por grupo (Tabela 6), mostram que as variedades melhoradas foram mais eficientes na utilização de N, independente do nível utilizado. Na resposta à adubação verde, as variedades experimentais foram ligeiramente mais eficientes na utilização de N do que os demais grupos. Na eficiência de translocação, destacou-se o grupo de variedades melhoradas no nível baixo de N. Os compostos experimentais mostraram-se mais eficientes na translocação aos grãos do que as variedades locais e melhoradas, no nível elevado. Na adubação verde, variedades melhoradas e locais superaram as experimentais na translocação (Tabela 6).

**Tabela 6.** Estimativa de eficiência de utilização (Pg/Ntp) e de translocação (Ng/Ntp) das variedades de milho, avaliadas em Seropédica (RJ). Ano agrícola 2001-2002.

Variedade	Eficiência					
	Utilização (Pg/Ntp)			Translocação (Ng/Ntp)		
	Baixo N	Alto N	A. verde	Baixo N	Alto N	A. verde
Eldorado	0,72	0,60	0,70	46,67	58,42	53,06
Sol da Manhã	0,70	0,67	0,70	49,17	52,63	45,96
BR 106	0,75	0,77	0,59	46,68	57,32	55,14
Carioca	0,74	0,68	0,70	43,52	37,45	46,34
Caiano Sobrália	0,73	0,68	0,69	59,60	61,39	62,75
Asteca	0,56	0,59	0,62	22,61	38,88	38,22
Pedra Dourada	0,65	0,66	0,65	33,07	49,66	40,95
Quarentão Sansão	0,73	0,66	0,67	32,69	41,11	47,64
MC 3	0,64	0,71	0,74	45,41	46,34	32,58
MC 4	0,76	0,71	0,70	34,34	54,63	47,50
MC 5	0,75	0,69	0,68	43,37	70,28	42,02
MC 9	0,72	0,71	0,72	42,69	59,21	43,94
MC 10	0,60	0,58	0,61	53,77	66,93	50,79
CMS 453	0,74	0,66	0,64	42,60	49,31	46,76
CMS 52	0,81	0,77	0,69	40,80	42,86	43,08

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Variedade	Eficiência					
	Utilização (Pg/Ntp)			Translocação (Ng/Ntp)		
	Baixo N	Alto N	A. verde	Baixo N	Alto N	A. verde
BR 451	0,76	0,72	0,72	38,67	51,75	43,99
BR 473	0,74	0,69	0,76	47,59	50,24	43,92
BR 105	0,67	0,78	0,70	45,51	55,56	53,81
BRS 4150	0,73	0,63	0,63	40,33	48,01	48,17
BR 5039	0,64	0,67	0,75	53,38	56,88	43,22
C. Jaíba Precoce	0,64	0,63	0,61	39,59	41,66	47,76
Sintético Dentado	0,67	0,62	0,65	53,08	56,77	46,42
Saracura	0,77	0,71	0,69	48,89	63,45	43,35
CMS 03-A	0,67	0,82	0,67	53,32	51,36	54,18
CMS 04-A	0,77	0,70	0,66	40,44	53,62	48,48
Média geral	0,71	0,68	0,68	43,91	52,63	46,80
Média melhoradas	0,72	0,70	0,68	45,78	52,66	47,82
Média locais	0,68	0,65	0,67	38,30	45,70	47,18
Média experimentais	0,69	0,68	0,69	43,92	59,48	43,37
CV (%)	9,01	10,40	9,17	22,49	22,93	19,42
DMS (5%)	0,10	0,11	0,10	16,36	19,98	14,92
Eficiência (%) <sup>(1)</sup>	100,00	100,00	104,84	100,38	103,87	100,00

<sup>(1)</sup> Eficiência do látice em relação a blocos ao acaso.

O comportamento diferenciado das variedades quanto à produção de grãos, acumulação e eficiência de utilização e translocação de N em diferentes situações de disponibilidade do nutriente ficou evidenciado com esses ensaios e materiais promissores foram identificados. Dentre as variedades locais, destacou-se pelo desempenho geral dentro das características avaliadas, a variedade Caiano de Sobrália, selecionada por agricultores da região de Sobrália, MG, e que tem demonstrado potencial produtivo igual ou superior ao de variedades melhoradas de alto rendimento ([Machado, 1997](#); [Machado et al., 1998b](#); [Machado et al., 1999](#); [Machado et al., 2001c](#)). Tal comportamento confirma a importância das variedades locais, sobretudo como fonte de germoplasma, embora possuam às vezes, características indesejáveis, principalmente aquelas relacionadas ao porte das plantas, ciclo, e suscetibilidade ao acamamento e quebramento.

Observou-se também que as variedades experimentais MC 3, MC 4, MC 5, MC 9 e MC 10, formadas a partir do cruzamento de variedades melhoradas (Sol da Manhã e Eldorado) com variedades locais de alto potencial produtivo e com características de tolerância a diferentes estresses ambientais, apresentaram bons níveis de produtividade e demonstraram potencial para programas de

melhoramento, sobretudo aqueles que têm por objetivo a eficiência nutricional e/ou tolerância a estresses. Isso fortalece a indicação da utilização de germoplasmas de variedades locais e variedades modernas para a obtenção de materiais adaptados a diferentes ambientes e com características agrônômicas desejadas.

O potencial das variedades melhoradas BR 106, Saracura e Eldorado também deve ser destacado, comprovando mais uma vez a importância de se obter variedades tolerantes aos estresses ambientais. A variedade Saracura foi selecionada para a tolerância ao encharcamento dos solos, o que indiretamente colabora para maior eficiência na absorção do N na forma amoniacal ([Magalhães et al., 1995](#)), uma vez que a ocorrência de seca, encharcamento e acidez dos solos interagem com a disponibilidade de N e determinam a forma predominante. Nessas situações, a propósito, N-amoniacal é a forma predominante ([Machado & Magalhães, 1995](#); [Magalhães & Machado, 1995](#)). A variedade Eldorado foi inicialmente selecionada para eficiência no uso de N e, posteriormente o seu potencial para eficiência no uso de P foi identificado ([Machado et al., 2001c](#)), bem como sua adaptação para sistemas orgânicos (dados não publicados). BR 106, por sua vez, é uma variedade que vem sendo trabalhada há mais de 20 anos em diferentes ambientes, sendo uma das mais produtivas do Brasil e com domínio no mercado de sementes.

A identificação de genótipos promissores para o cultivo sob limitação de N é bastante importante aos sistemas agrícolas de baixo uso de insumos, como é comum entre os pequenos produtores, e na produção orgânica. Nesta, é vetado o uso de N na forma mineral. Compostos orgânicos, vermicomposto (húmus de minhoca), esterco (sólidos ou líquidos), restos de cultura compostados, biofertilizantes, vinhaça, e, principalmente fixação biológica por leguminosas usadas como adubos verdes em rotação e/ou consórcio, passam a suprir o N.

A seleção de variedades adaptadas aos sistemas de produção com baixos insumos e orgânicos ainda é incipiente ou praticamente inexistente. A existência de genótipos promissores no material melhorado, na maioria das vezes, é consequência de seleção indireta para a eficiência a baixos níveis de nutrientes, como o N.

Nestes resultados, ainda que preliminares, nota-se a viabilidade de serem obtidas variedades de milho adaptadas a diferentes condições de disponibilidade de N e fornecem subsídios para estudos, sobre a eficiência de uso de N e interações

com outros nutrientes, como o fósforo (P) e o zinco (Zn); e sobre a resposta a formas de N, com possível participação de microrganismos na aquisição do elemento pelas plantas de milho.

## Conclusões

1. Nos grupos de genótipos destacam-se 'Caiano de Sobrália', 'BR 106', 'Eldorado', 'BR 5039' e 'BR 4150', 'MC 3', 'MC 4', 'MC 5', 'MC 10' e 'MC 9' como eficientes no uso de N.
2. Ganhos por seleção são possíveis para aumentar a eficiência do uso de N em milho.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Carlos Roberto Spehar, da Embrapa Cerrados, pela minuciosa correção do texto original e valiosas sugestões apresentadas.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. de A.; DE-POLLI, H.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A. da; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. **Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: Universidade Rural, 1988. 179 p. (Coleção Universidade Rural; Série Ciências Agrárias, 2).
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- BALKO, L. G.; RUSSEL, W. A. Effects of rates of nitrogen fertilizer on maize inbred lines and hybrid progeny - I. Prediction of yield response. **Maydica**, Bergamo, v. 25, p. 65-79, 1980a.
- BALKO, L. G.; RUSSEL, W. A. Effects of rates of nitrogen fertilizer on maize inbred lines and hybrid progeny - II. Correlations among agronomic traits. **Maydica**, Bergamo, v. 25, p. 81-94, 1980b.

BÄNZIGER, M.; LAFITTE, H. R.; EDMEADES, G. O. Intergenotypic competition during evaluation of maize progenies under limited and adequate N supply. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 44, p. 25-31, 1995.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 2: Chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy Soil Science Society of America, 1982. p. 595-624.

EGHBALL, B.; SETTIMI, J. R.; MARANVILLE, J. W.; PARKHURST, M. Fractal analysis for morphological description of corn roots under nitrogen stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 287-289, 1993.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

GIRARDIN, P.; TOLLENAAR, M.; DELTOUR, A.; MULDON, J. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effects on development, dry matter accumulation and grain yield. **Agronomie**, Paris, v. 7, p. 289-296, 1987.

JACKSON, W. A.; VOLK, R. J.; MORGAN, M. A.; PAN, W. L.; TEYKER, R. H. Nitrogen uptake and partitioning by roots. In: SHANNON, J. C.; KNIEVEL, D. P.; BOYER, C. D. (Ed.). ANNUAL PENN STATE SYMPOSIUM IN PLANT PHYSIOLOGY, 1., 1986, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: American Society of Plant Physiology, 1986. p. 83-104.

KAMPRATH, E. J.; MOLL, R. H.; RODRIGUEZ, N. Effects of nitrogen fertilization and recurrent selection on performance of hybrid population of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 955-958, 1982.

KEENEY, D. R. Nitrogen availability indexes. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 2: Chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy Soil Science Society of America, 1982. p. 711-733.

KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen inorganic forms. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 2: Chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy Soil Science Society of America, 1982. p. 643-698.

LAFITTE, H. R.; EDMEADES, G. O. Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen. **Maydica**, Bergamo, v. 40, p. 259-267, 1995.

MACHADO, A. T., **Avaliação de cruzamentos intervarietais de milho (*Zea mays* L.) utilizando o esquema dialélico parcial incompleto**. 1986. 121 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Piracicaba.

MACHADO, A. T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. 1997. 219 f. Tese (Doutorado em Biologia – Genética) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MACHADO, A. T. Resgate e caracterização de variedades locais de milho. In: SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, Von der, J. M. (Ed.). **Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998. p. 151-178.

MACHADO, A. T.; MAGALHÃES, J. R.; MAGNAVACA, R.; SILVA, M. R. Determinação da atividade de enzimas envolvidas no metabolismo do nitrogênio em diferentes genótipos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 45-47, 1992.

MACHADO, A. T.; MAGALHÃES, J. R. Melhoramento de milho para uso eficiente de nitrogênio sob condições de estresse. In: MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R.; PANDEY, S.; SILVA, A. F. (Ed.). SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL, 1., 1992, Belo Horizonte. **O milho em perspectiva: anais**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. p. 321-342.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; DÖBEREINER, J.; REIS, V. M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 961-970, 1998a.

MACHADO, A. T.; PEREIRA, M. B.; PEREIRA, M. E., MACHADO, C. T. T.; MÉDICE, L. O. Avaliação de variedades locais e melhoradas de milho em diferentes regiões do Brasil. In: SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, Von der, J. M. (Ed.). **Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998b. p. 93-106.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; FERNANDES, M. S. N-partitioning, nitrate reductase and glutamine synthetase activities in two contrasting varieties of maize. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 249-256, 2001a.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; PATERNIANI, E.; FERNANDES, M. S. Nitrate reductase and glutamine synthetase activities in  $S_1$  endogamic families of the



maize populations Sol da Manhã NF and Catetão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 88-102, 2001b.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T.; COELHO, C. H. M.; NUNES, J. A. **Manejo da diversidade genética do milho e melhoramento participativo em comunidades agrícolas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.**

Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 32).

MACHADO, C. T. T.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; MACHADO, A. T. Variabilidade entre genótipos de milho para eficiência no uso de fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 109-124, 1999.

MACHADO, C. T. T.; FURLANI, A. M. C.; MACHADO, A. T. Índices de eficiência de variedades locais e melhoradas de milho ao fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 225-238, 2001c.

MAGALHÃES, J. R.; HUBER, D. M. Responses of ammonium assimilation enzymes to nitrogen treatments in different plant species. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 14, n. 2, p. 75-185, 1991.

MAGALHÃES, J. R.; MACHADO, A. T.; FERNANDES, M. S.; SILVEIRA, J. A. G. Nitrogen assimilation efficiency in maize genotypes under ammonia stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 5, n. 2, p. 163-166, 1993.

MAGALHÃES, J. R.; MACHADO, A. T. Biochemical parameters selecting maize for nitrogen assimilation efficiency under stress conditions. In: MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R.; PANDEY, S.; SILVA, A. F. (Ed.). **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL**, 1., 1992, Belo Horizonte. **O milho em perspectiva: anais**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. p. 345-367.

MAGALHÃES, J. R.; MACHADO, A. T.; HUBER, D. M. Similarities in response of maize genotypes to waterlogging and ammonium toxicity. **Journal Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 11, p. 2339-2346, 1995.

MATTOS JÚNIOR, D. **Efeito da calagem e do manuseio e conservação do solo sobre frações de nitrogênio determinado por diferentes métodos.** 1993. 88 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Piracicaba.

McCULLOUGH, D. E.; GIRARDIN, P. H.; MIHAJLOVIC, M.; AGUILERA, A.; TOLLENARR, M. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new hybrid. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, p. 471-477, 1994.

MOLARETTI, G.; BOSIO, M.; GENTINETTA, E.; MOTTO, M. Genotypic variability for N-related traits in maize. Identification of inbred lines with high or low levels of NO<sub>3</sub>-N in the stalks. **Maydica**, Bergamo, v. 32, p. 309-323, 1987.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 562-564, 1982.

MUCHOW, R. C. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. I. Leaf growth and leaf nitrogen. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 18, p. 1-16, 1988a.

MUCHOW, R. C. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. III. Grain yield and nitrogen accumulation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 18, p. 31-43, 1988b.

MURULLI, B. I.; PAULSEN, G. M. Improvement of nitrogen use efficiency and its relationship to other traits in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 26, p. 63-73, 1981.

NASPOLINI FILHO, V.; GOMES, E. E.; VIRNA, R. T.; MÔRO, J. R. General and specific combining ability for field in a diallel cross among 18 maize populations. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 4, p. 571-577, 1981.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 142 p.

REED, A. J.; BELOW, F. E.; HAGEMAN, R. H. Grain protein accumulation and the relationship between leaf nitrate reductase and protease activities during grain development in maize (*Zea mays* L.). **Plant Physiology**, Rockville, v. 66, p. 1179-1183, 1980.

RIZZI, E.; BALCONI, C.; MORSELLI, A.; MOTTO, M. Genotypic variation and relationships among N-related traits in maize hybrid progenies. **Maydica**, Bergamo, v. 40, p. 253-258, 1995.

RUTTAN, V. W. Constraints on sustainable growth in agricultural into 21st century. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v. 20, n. 4, p. 225-234, 1991.

SCARSBROOK, C. E. Nitrogen availability. In: BARTHOLOMEW, W. V.; CLARK, F. E. (Ed.). **Soil nitrogen**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 481-502.

SMICKLAS, K. D.; BELOW, F. E. Influence of heterotic pattern on nitrogen use and yield of maize. **Maydica**, Bergamo, v. 35, p. 209-213, 1990.

STEVENSON, F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F. J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p. 1-42.

TSAI, C. Y.; HUBER, D. M.; GLOVER, D. V.; WARREN, W. L. Relationship of N deposition to grain yield and N response of three maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 277-281, 1984.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1376-1383, 1995a.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1384-1389, 1995b.