

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE MILHO
AO NITROGÊNIO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO
E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS GRÃOS**

AILDSON PEREIRA DUARTE
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **JORGE DE CASTRO KIEHL**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 2003

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Duarte, Aildson Pereira

Resposta de cultivares de milho ao nitrogênio no sistema plantio direto e sua influência na qualidade dos grãos / Aildson Pereira Duarte. - - Piracicaba, 2003.
174 p.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.
Bibliografia.

1. Fertilizantes nitrogenados 2. Grãos – qualidade 3. Milho 4. Plantio direto 1.
Título

CDD 633.15

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Data de depósito junto à CPG/ESALQ
24 / 01 / 2003

Aos meus pais
Antônio e Sebastiana
e à minha filha Leda,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Jorge de Castro Kiehl, do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, pela orientação, incentivo e amizade;

Aos pesquisadores do Instituto Agrônômico (IAC) Dr. Heitor Cantarella, Dr. José Guilherme de Freitas e Dr^a Maria Elisa A. G. Zagatto Paterniani, pela participação no projeto de pesquisa que originou a presente tese e pelas sugestões para o seu aprimoramento;

Aos pesquisadores Dr. Stephen Carl Mason e Dr. David Jackson, da Universidade de Nebraska – Lincoln, pela disponibilização da infra-estrutura laboratorial e orientação nas determinações da qualidade dos grãos;

Ao pesquisador Nelson Bortoletto, do IAC/APTA Votuporanga, ao Engenheiro Agrônomo Paulo César Reco, do IAC/APTA Assis, e aos técnicos de apoio Wilson Strada, Erasmo Oliveira e Santos e Silvio Roberto do Nascimento, do IAC/APTA, pelo auxílio prestado na condução dos trabalhos no campo;

Aos pesquisadores Dr. Hélio do Prado e Dr. Orivaldo Brunini, do Instituto Agrônômico, pela classificação dos solos e fornecimento de dados agrometeorológicos para a caracterização ambiental dos experimentos respectivamente;

Aos técnicos de laboratório Marcos Antônio Fabiano de Camargo e Claudinei de Lara, do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, e Renata Presta, do Centro de Solos e Recursos Ambientais do IAC, pelas determinações de nitrogênio nos tecidos vegetais e amostras de solo;

À técnica de apoio Fabiana Alves Cruz, da FUNDAG/IAC, pelo auxílio na digitação dos resultados e na elaboração das análises estatísticas;

Aos produtores rurais Sr. Edson Valmir Fadel e Sr. Waldir Donizete Rodrigues, cooperados COOPERMOTA, e Dr. José Carlos de Moura Camargo, pela disponibilização de suas propriedades rurais para o desenvolvimento dos experimentos;

Às empresas Agroceres, Dekalb, DowAgroSciences, Pioneer e Syngenta Seeds, às instituições IAC e Embrapa, pelo fornecimento de sementes de milho;

Ao CNPq, pela concessão de bolsa para o desenvolvimento dos trabalhos no Brasil e nos EUA;

À FAPESP, pela concessão de auxílio à pesquisa que permitiu o financiamento parcial do projeto de pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
SUMMARY	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Fornecimento de Nitrogênio para a Cultura	4
2.2 Absorção e Translocação do Nitrogênio	6
2.3 Interação Genótipos x Nitrogênio	9
2.4 Qualidade dos Grãos	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Locais e Caracterização Ambiental	17
3.1.1 Informações meteorológicos	17
3.1.2 Solos	27
3.2 Delineamento Experimental e Procedimentos no Campo	31
3.2.1 Subprojeto Genótipos x Nitrogênio	31
3.2.2 Subprojeto Parcelamento	34
3.2.3 Subprojeto Partição na Planta	35
3.3 Determinação do Nitrogênio no Solo e no Tecido Vegetal	40
3.4 Avaliações da Qualidade Física dos Grãos	40
3.5 Análise Estatística	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 Nitrogênio no Solo	45
4.2 Subprojeto Genótipos x Nitrogênio	71

4.3 Subprojeto Parcelamento	90
4.4 Subprojeto Partição	102
4.4.1 Efeito da cultivar	106
4.4.2 Efeito do nitrogênio	128
4.4.3 Curva de acúmulo	135
4.5 Qualidade Física dos Grãos	142
4.6 Considerações Finais	145
5 CONCLUSÕES	149
ANEXOS	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE MILHO
AO NITROGÊNIO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO E SUA INFLUÊNCIA
NA QUALIDADE DOS GRÃOS**

Autor: AILDSON PEREIRA DUARTE

Orientador: Prof. Dr. JORGE DE CASTRO KIEHL

RESUMO

Foram instalados doze experimentos de campo nos municípios de Cândido Mota, Palmital, Votuporanga e Itapeva, situados no Estado de São Paulo, com a finalidade de avaliar o efeito da adubação nitrogenada no acúmulo, partição e eficiência de N na parte aérea das plantas, por ocasião do florescimento e maturação fisiológica dos grãos, e no teor de N e qualidade física dos grãos, em diferentes cultivares de milho sob sistema plantio direto. Em dois experimentos o N foi aplicado na semeadura, nas doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de N, e em cobertura, em doses que complementassem um total de 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N. Em dez experimentos estudou-se a aplicação do N em quatro doses de cobertura (0 a 180 kg ha⁻¹) subdivididas em duas vezes. Dentre as treze cultivares estudadas, XL 212 destacou-se por apresentar baixa resposta da produtividade de grãos ao nitrogênio aplicado em cobertura, e IAC V1, BR 3123 e 8410, por apresentarem alta resposta. Os padrões de exigência de N durante os estádios iniciais de desenvolvimento variaram entre as cultivares: para a C 333B, o aumento na produção de grãos com a aplicação de N em cobertura não foi influenciado pela adubação de semeadura, enquanto para a BR 3123 a resposta foi maior quando o N foi aplicado na semeadura. As cultivares temperadas XL 212 e P 32R21 apresentaram os maiores teores de N na planta inteira no estágio de florescimento e/ou maturação de grãos, e as tropicais AG 1051 e BR 3123, as maiores partições de N no colmo na maturação e as maiores eficiências de uso do N na planta (massa por unidade de N). As cultivares P 32R21 e BR 3123, muito responsi-

vas ao N, apresentaram os menores ciclos relativos após o florescimento, expressos como porcentagem do ciclo total até a maturação. O aumento da produtividade em função da adubação foi obtido com a redução da eficiência de uso do N na planta (unidade de massa na planta por unidade de N) e do fertilizante (N acumulado na planta / N aplicado) e, ao mesmo tempo, com o aumento da partição de N nos grãos (N acumulado nos grãos/N na planta) e da eficiência de uso do N nos grãos. A partição de massa seca na fração espiga aumentou, e na fração colmo diminuiu com as doses de N nos experimentos em que a produtividade de grãos aumentou com a adubação nitrogenada. A proporção do N total acumulado na planta depois do florescimento variou de 19,6% a 39,8%, dependendo da cultivar e dose de N. A adubação nitrogenada melhorou a qualidade dos grãos, aumentando os teores de N e reduzindo a suscetibilidade ao quebramento, mesmo quando não houve aumento de produtividade. Predominou a forma N-nitrato no período em que a adubação aumentou o N inorgânico no solo. Em solo textura média não foram encontrados resíduos da adubação nitrogenada por ocasião do florescimento do milho, o contrário ocorrendo em solo argiloso quando a dose foi igual ou superior a 120 kg ha⁻¹.

RESPONSE OF MAIZE CULTIVARS TO NITROGEN UNDER NO TILL SYSTEM AND EFFECT ON GRAIN QUALITY

Author: AILDSON PEREIRA DUARTE

Adviser: Prof. Dr. JORGE DE CASTRO KIEHL

SUMMARY

Twelve field trials were installed in the municipalities of Cândido Mota, Palmital, Votuporanga and Itapeva, in the State of São Paulo, Brazil, in order to evaluate the effects of nitrogen application on nitrogen efficiency, accumulation and partitioning in plant tops by the time of silking and kernel maturation, of different maize cultivars grown under direct seeding system; the effect on nitrogen content and physical quality of the grains was also evaluated. In two experiments nitrogen was applied at seeding at rates of 0 and 60 kg ha⁻¹ of N and side-dressed at rates such as to supply the total amounts of 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ of N. In ten experiments nitrogen was side-dressed at these same rates in two split applications. From the thirteen studied cultivars, XL 212 outstaded for showing low grain yield response to side-dressed nitrogen, and IAC V1, BR 3123 and 8410, for presenting high response. Nitrogen requirement patterns along the early growth period varied among cultivars: for C 333B, the increase of grain yield as the result of side-dressing the nitrogen was not influenced by N applied at seeding, while BR 3123 showed higher response when this early application was made.

Temperate cultivars XL 212 and P 32R21 showed the highest nitrogen content in the whole plant at silking and/or grain maturation stages, and tropicals AG 1051 and BR 3123 presented the highest proportions of N in the stalk at maturation and highest efficiency of N utilization (plant mass per unit of N). The proportion of the period from silking to grain maturation, expressed as percent of the whole plant cycle, was smallest for P32R21 and BR 3123 cultivars, considered very responsive to nitrogen. The yield increase with nitrogen application resulted from a reduction of the efficiency of utilization of both plant N and fertilizer N (N accumulated in the plant per unit of applied N) and, at the same time, from the increase of N partitioning in the grains (N accumulated in grains per unit of N in the plant) and of the efficiency of utilization of N in the grains (plant mass per unit of N). In experiments showing grain yield increase with nitrogen application the partitioning of dry matter in the ears fraction increased, and in the stalk fraction decreased with the N rate. The proportion of N accumulated in the plant after silking varied from 19.6% to 39.8%, depending on the cultivar and N rate. Nitrogen fertilization improved kernel quality for all cultivars, as it increased N content and hardness and decreased breakage susceptibility, even when no yield increase was observed.

1 INTRODUÇÃO●

A produtividade mundial de milho tem aumentado continuamente desde a introdução dos híbridos em meados da década 1931-40. Esses aumentos ocorreram devido ao maior potencial de colheita (melhoramento genético), à melhoria do manejo e práticas culturais, e às interações entre estes fatores (Russel, 1984). Os ganhos de produtividade de milho nos EUA nos últimos 30 anos foram proporcionais ao aumento do uso de fertilizantes minerais nitrogenados, associado à alta densidade de semeadura (Cardewel, 1982).

No Estado de São Paulo, o milho é a cultura anual que ocupa a maior área, aproximadamente 1 milhão e duzentos mil hectares, consumindo a maior quantidade de fertilizantes; nesse particular, é suplantada apenas pela cana-de-açúcar. A baixa produtividade média do Estado, cerca de 3.500 kg ha^{-1} , não reflete o excelente nível tecnológico alcançado pelos produtores, já que as médias são obtidas em lavouras com diferentes finalidades da produção e sistemas de cultivo (Duarte & Paterniani, 1998; Tsunechiro, 1997).

Ocorreram importantes mudanças nos sistemas de produção de sequeiro no Brasil na última década, ressaltando-se o aumento da área com uma segunda cultura no ano agrícola (safrinha) e a expansão do sistema de plantio direto. Esse fato alterou a produção e a permanência da biomassa vegetal no solo, especialmente com a presença da cobertura morta nas áreas de plantio direto.

Ressalte-se que os agricultores dispõem de mais de uma centena de cultivares de milho para a implantação das lavouras, com ampla diversidade genética. Aumentou a introdução de germoplasmas de clima temperado de porte baixo, geralmente de ciclo precoce e com maior índice de colheita, permitindo aumentar a densidade populacional e a flexibilidade nos esquemas de rotações e sucessões com outras culturas. Visando o

aumento da produtividade, existe tendência de se reduzir o espaçamento e aumentar a população de plantas por área para a maioria dos novos híbridos, o que pode implicar em maior demanda por nutrientes pela cultura.

O nitrogênio, além de ser o nutriente fornecido em maior quantidade nas adubações, é o mais difícil de ser manejado e recomendado nas adubações. O aumento do custo dos adubos nitrogenados e a preocupação cada vez maior no exterior e no Brasil com os possíveis efeitos negativos do excesso de nitrato nos mananciais, são fatores que devem ser levados em consideração. Além disso, tem sido mostrado que alguns híbridos modernos apresentam padrões de acúmulo de nitrogênio diferentes dos cultivares tradicionais, sendo necessário o conhecimento dessas particularidades para que as recomendações de adubação nitrogenada para a cultura sejam racionais, econômicas e eficientes.

Recentemente, a qualidade dos grãos tornou-se um requisito para a comercialização da safra de milho no país, particularmente o valor nutricional e a integridade física. Cultivares com grãos duros (lisos) e semi-duros são preferidas porque considera-se que sejam menos susceptíveis ao trincamento e quebraimento na colheita, secagem e transporte do que os grãos dentados. De maneira geral, predominam colhedoras e equipamentos de secagem e armazenagem inadequados para a manutenção da integridade física dos grãos. Porém, ainda não foram feitas avaliações objetivas da dureza dos grãos e da sua inter-relação com o quebraimento, assim como da influência das práticas de manejo, como a adubação nitrogenada, na suscetibilidade ao quebraimentos dos grãos.

Os objetivos do presente trabalho foram os seguintes:

- 1) Avaliar a resposta de diferentes cultivares de milho ao nitrogênio aplicado na base e em cobertura;
- 2) Verificar se as cultivares com grande proporção de germoplasma de clima temperado diferem das cultivares tropicais quanto ao acúmulo e partição do nitrogênio na planta, no florescimento e maturação fisiológica dos grãos, e à eficiência de uso do N;
- 3) Estudar os efeitos da adubação nitrogenada no conteúdo de nitrogênio e na qualidade física dos grãos;
- 4) Avaliar a disponibilidade do amônio e do nitrato em solos sob sistema plantio direto adubados com nitrogênio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

De maneira geral, o aumento no consumo de fertilizantes e a melhoria do germoplasma também têm sido apontadas como as principais razões para o aumento das colheitas nas regiões tropicais e subtropicais (Elings et al., 1997).

A utilização de fertilizantes nitrogenados aumentou substancialmente de 45 para 135 kg ha⁻¹ entre 1960 e 1972, e lentamente depois desta época, nos Estados de Illinois, Indiana, Iowa, Missouri e Ohio (Thompson, 1982 citado por Thompson 1986). Pesquisa sobre os sistemas de produção dos principais Estados produtores de milho dos EUA estimou um aumento do potencial de produção da lavouras no ano de 1979 em relação a época de 1930, igual a 47, 43, 23, 21 e 40% devidos a adubação nitrogenada, melhoramento de plantas, uso dos herbicidas, população de plantas e outros, respectivamente (Cardewel, 1982). Mas, surgiram fatores negativos que não têm possibilitado a expressão desse potencial, tais como a diminuição da fertilidade dos solos devido às perdas por erosão. No caso do nitrogênio, houve perdas devido aos menores teores de matéria orgânica do solo e ao uso menos freqüente das práticas da adubação verde (sucessão com leguminosas forrageiras) e orgânica (esterco animais), que correspondem a 28% do aumento potencial da produção da atual adubação nitrogenada, ou seja, o aumento líquido da produção foi de apenas 19%.

Assim, o aumento das colheitas não tem sido proporcional ao aumento da quantidade de fertilizantes utilizados. Esse fato, junto com o custo dos fertilizantes nitrogenados e a preocupação com a poluição do ambiente com nitrogênio, indicam a necessidade de desenvolver novos cultivares mais eficientes na conversão de fertilizantes nitrogenados em grãos.

2.1 Fornecimento de Nitrogênio para a Cultura

Os solos, de maneira geral, contém quantidades relativamente elevadas de nitrogênio, porém, quase a totalidade das suas formas não são disponíveis às plantas. A maior parte do nitrogênio das camadas superficiais do solo é de natureza orgânica, correspondendo a mais de 90% do nitrogênio total (Jenkinson, 1968). A fração mineral representa uma porcentagem muito pequena do total, sendo constituída por amônio solúvel, amônio trocável, amônio fixado, nitrito e nitrato. Com exceção do amônio fixado, o nitrogênio mineral é solúvel em água e pode sofrer translocação por difusão ou ser arrastado pelo movimento da água no solo (Harmsen & Kolenbrander, 1965).

Embora as plantas consigam utilizar algumas formas de nitrogênio presentes no solo (Dommergues & Mangenot, 1970), o nitrogênio mineral, e mais especificamente o N-amoniaco e o N-nítrico, constituem a base da nutrição mineral da maioria das plantas (Crocomo & Neptune, 1962). Os microrganismos do solo são um dos principais fatores na determinação do teor das formas de nitrogênio mineral, pois de sua atividade resulta a mineralização do nitrogênio orgânico, a imobilização do nitrogênio mineral e, ainda, sua volatilização.

O problema está, portanto, em se correlacionar a quantidade de nitrogênio que o solo é capaz de fornecer às culturas na época de seu desenvolvimento com a quantidade exigida por estas e com a que deve ser utilizada na adubação. Ou seja, é necessário ajustar as taxas de adubação nitrogenada às quantidades de N residual existentes no solo (Olson et al., 1976).

Geralmente, a eficiência de uso do N é determinada pela eficiência de absorção de N do solo e pela eficiência do uso do N pela planta para produzir matéria seca e grãos (Dwyer et al., 1995).

Feil et al. (1993) observou que a eficiência de utilização do N correspondeu de 48% a 60% do fertilizante (^{15}N) aplicado, dependendo do cultivar. Embora esta diferença não tenha sido significativa, e os autores tenham concluído que estas não explicaram as largas diferenças dos genótipos quanto à absorção do N, os cultivares com maior ab-

sorção de N foram os que tiveram os maiores índices de aproveitamento do N do fertilizante.

Em condições tropicais, a recuperação pela cultura do nitrogênio adicionado pelos fertilizantes é baixa devido ao grande potencial de perdas, sendo a lixiviação, a desnitrificação e a volatilização de amônia os mecanismos mais importantes (Osiname et al., 1983). Trabalhos realizados sob a coordenação da Agência Internacional de Energia Atômica - IAEA (1970) em vários países, inclusive no Brasil, sobre o manejo de nitrogênio na cultura do milho (*Zea mays* L.), utilizando-se ^{15}N , revelaram que a porcentagem de utilização do ^{15}N do fertilizante pelas plantas (grãos + palha) variou de valores muito baixos (20%) até valores altos (>70%), com média de 40% para todos os países.

Ulloa et al. (1981) verificaram, em terra roxa estruturada, que a eficiência de recuperação do fertilizante nitrogenado aumenta com o desenvolvimento da cultura, tornando-se máxima (30%) na fase de maturação.

Neptune (1977) obteve eficiência de utilização do fertilizante por uma cultura de milho em solo podzólico, variando de 40% a 58%, sendo maior quando o nitrogênio foi aplicado aos 40 dias após a semeadura. Já, Reichardt et al. (1979) encontraram eficiência de utilização igual a 89% num solo relativamente pobre em nitrogênio. Esse alto valor possivelmente se deve ao fato de que houve distribuição uniforme da precipitação, favorecendo a recuperação do nitrogênio pelas plantas.

O balanço do nitrogênio no sistema solo planta-planta, num latossolo vermelho-escuro fase cerrado, indicou que dos 60 kg ha^{-1} aplicados na forma de uréia, 56% foram absorvidos pela planta, 23% permaneceram no solo na camada 0-90 cm e 15% perderam-se do sistema (Coelho et al., 1991). A perda por lixiviação correspondeu a 4% do total do N aplicado, sendo o restante atribuído a outros processos não identificados.

Como o maior reservatório de N nos solos está ligado a cadeias carbônicas da matéria orgânica, o manejo dos resíduos vegetais pode alterar a disponibilidade do nitrogênio para as culturas.

Em Carambeí (PR), verificou-se em amostra da camada 0-7 cm do solo que o N-mineral foi basicamente representado pelo N-NO_3^- , porém, após 10 semanas de incubação o teor encontrado em amostra do solo sob plantio direto foi 2,2 vezes superior ao

observado em amostra de área sob preparo convencional (Sá, 1995a). Segundo o autor, isto indica maior atividade dos microrganismos nitrificadores, pois nessa camada do perfil as condições ambientais para a atividade desses agentes são mais favoráveis no plantio direto do que no preparo convencional. Abaixo de 30 cm, tanto no plantio direto quanto no preparo convencional predominou a forma NH_4^+ , apesar de se ter observado a presença da forma NO_3^- na profundidade de 21-60 cm. Neste caso, a elevação da acidez, a redução do teor de carbono e a menor disponibilidade de nutrientes foram considerados os fatores que poderiam ter limitado a atividade dos nitrificadores, porém, sem impedir a amonificação.

Na fase inicial do plantio direto observa-se a necessidade de aplicação de maiores quantidades de N devido à intensificação do processo de imobilização no solo. Essa intensificação se deve ao aumento da atividade microbiana como resposta à maior oferta de carbono no sistema. Após o quarto ano de implantação do sistema, parece ocorrer o início do restabelecimento do equilíbrio das transformações que ocorrem no solo, à medida em que ocorre a reposição dos resíduos culturais, proporcionando acúmulo na camada 0-2,5 cm (Sá, 1993). Observou-se, após 9 a 12 anos de plantio direto, maior liberação de N ao sistema com menor resposta à adubação nitrogenada (Sá, 1995b).

Com relação ao parcelamento da adubação nitrogenada, os trabalhos mais recentes têm recomendado o emprego de 30 kg ha^{-1} no momento da semeadura e o restante em cobertura (Cantarella & Duarte, 1996; Sá, 1995b). Sá (1995b) observou que a dose 60 kg ha^{-1} causou o aparecimento de sintomas de fitotoxicidade nas plântulas.

2.2 Absorção e Translocação do Nitrogênio

O nitrogênio é um dos macronutrientes de importância fundamental nos componentes orgânicos das plantas. A parte contida nos aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, coenzimas, pigmentos clorofilados, hormônios e outros compostos nitrogenados constitui aproximadamente 3% da massa de matéria seca do vegetal. Ao utilizarem o NO_3^- como fonte de nitrogênio, as plantas superiores e os microrganismos precisam reduzi-lo ao

nível de valência do NH_3 , sendo uma das etapas da redução realizada pela enzima reductase do nitrato, que é uma flavoproteína (Epstein, 1975).

No que se refere à marcha de absorção de N pela planta de milho, um dos primeiros trabalhos foi realizado por Sayre (1948), que concluiu existir maior acúmulo de N nos tecidos verdes, havendo, posteriormente, intensa translocação para os grãos. Em nosso meio, Andrade et al. (1975), estudando a marcha de absorção de nutrientes em cinco cultivares de milho, verificaram que a época de máxima acumulação está entre 89 e 100 dias a partir da germinação. Ulloa (1981) encontrou maior acumulação de nitrogênio total e do nitrogênio proveniente do fertilizante aos 60 dias de idade nas partes vegetativas, e entre os 120 e 150 dias de idade nos grãos, enquanto que para a planta toda obteve maior acúmulo aos 120 dias da germinação.

A literatura indica que a eficiência com que a planta de milho utiliza o fertilizante nitrogenado é afetada por muitos parâmetros, incluindo a morfologia e extensão das raízes, os mecanismos bioquímicos ou fisiológicos de regulação da absorção de NO_3^- , e a redistribuição e transporte de N para diferentes partes da planta (Neyra et al., 1988).

Como o índice de colheita e a produção de biomassa têm aumentado simultaneamente nos últimos anos (Tollenaar, 1989), Feil et al. (1992) sugeriram que a ausência de correlação inversa entre a produtividade e o teor de N nos grãos indica a presença de uma grande biomassa de raízes da planta que possibilita a melhor exploração do volume do solo para a extração de nutrientes (aumento do acúmulo de N na planta e nos grãos).

Porém, Feil et al. (1990) concluíram que as diferenças na morfologia das raízes não podem explicar completamente os contrastes na utilização de N pelos cultivares, devido ao fato de outras características varietais, como a atividade de reductase do nitrato, também poderem influir na sua absorção. Além disso, deve-se considerar que a maior capacidade de aquisição do N do solo é apenas uma possibilidade de melhorar a eficiência de utilização do nitrogênio pelos genótipos. Uma redistribuição mais eficiente, devido à alta atividade das proteases das folhas (Reed. et al., 1980), deveria levar a uma melhor utilização do nitrogênio já assimilado.

A respeito da translocação de N em baixos níveis de fertilizantes, Pollmer et al. (1979) sugeriram que a baixa absorção de N depois do florescimento é um pré-requisito

para encontrar alta translocação de N. Similarmente, Friedrich & Schrader (1979) encontraram evidência de elevada translocação de N em experimentos onde esse nutriente foi mantido em baixo nível.

Plantas muito prolíferas demonstraram grande remobilização de N dos tecidos vegetativos para os grãos (Pan et al., 1984). No entanto, também mostraram menor capacidade de absorver N durante o desenvolvimento da espiga, particularmente se a fonte for nitrato. Competição entre grãos e raízes por fotoassimilados pode reduzir a absorção de N após a antese e limitar a produção de híbridos prolíferos (Pan et al., 1984). Um aumento da massa seca das espigas, associado à perda líquida da massa das raízes, sugere que o enchimento dos grãos do milho tem maior prioridade do que o funcionamento das raízes (Pan et al., 1995). Como o tamanho do dreno reprodutivo tem se mostrado inversamente relacionado com a quantidade de C translocado para o sistema radicular (Palmer et al., 1973) e colmos (Campbell, 1964), a demanda do dreno pode ter restringido a absorção, translocação e ou redução do nitrato em amônio durante o desenvolvimento de múltiplas espigas.

O desenvolvimento de genótipos que exibem alta eficiência sob uma gama de níveis de fertilidade de N requer melhoria dos processos envolvendo a remobilização do N previamente armazenado e a absorção e assimilação durante o desenvolvimento das espigas. Mais recentemente, foram desenvolvidos híbridos prolíferos produtivos e apresentando elevada eficiência de uso do N; os aumentos da colheita foram acompanhados por suficiente aumento da capacidade fotossintética e capacidade de absorção de N após a antese (Moll et al., 1994). *SANGOL*

Alta quantidade de N contribui para a manutenção da integridade fotossintética, uma vez que 50% a 70% do total do N das folhas de milho estão associados diretamente aos cloroplastos (Hageman, 1986). Uma forte correlação tem sido demonstrada entre a taxa fotossintética líquida e o teor de N ou proteína da folha, com a fotossíntese aumentando linearmente até um valor crítico de N na folha a partir do qual permanece constante (Dwyer et al., 1995). Esse fato sugere que o teor de N na folha pode ser um critério para estimar a capacidade fotossintética numa dada condição ambiental.

Dwyer et al. (1995) verificaram que as plantas de todos os híbridos estudados foram capazes de manter a fotossíntese com baixos teores de N na folha nos últimos estádios de crescimento. Os autores comentaram que a concentração de N não é o único fator que altera a taxa fotossintética durante o enchimento de grãos; a permanência da área verde da folha contribui para a manutenção da sua taxa fotossintética.

2.3 Interação Genótipos x Nitrogênio

Os híbridos novos e mais produtivos são mais responsivos e exigentes quanto ao suprimento de nitrogênio? Carlone & Russel (1987) estudaram a eficiência da densidade de semeadura e dos níveis de nitrogênio de cultivares de milho de diferentes épocas de melhoramento, no Estado de Iowa, sobre a produtividade. Não ficou claro que o melhoramento nas épocas sucessivas tem produzido híbridos que proporcionam maiores respostas ao nível de N no solo; geralmente os híbridos com altas produções em níveis elevados de N também proporcionaram altas produções com baixos níveis de N. A maior produção dos novos híbridos foi devido principalmente à sua habilidade em produzir sob altas densidades de plantas.

Corroborando com esse fato, Duvick (1984) estudou importantes híbridos empregados no Estado de Iowa no período de 1934 a 1978, verificando que os novos híbridos foram produtivos sob altas densidades de plantas (folhas mais eretas) e altos níveis de fertilidade do solo, e foram também consistentemente superiores aos antigos em condições ambientais de baixa produção (seca e deficiência de N).

Não existem estudos específicos sobre a evolução dos híbridos empregados no Brasil. A literatura a respeito do cultivo e melhoramento do milho é originada, principalmente, de áreas temperadas, particularmente dos Estados Unidos da América do Norte. É necessário entender as características do ambiente tropical para a produção de milho, especialmente os fatores adversos, que são mais numerosos e de maior magnitude do que nas áreas temperadas. As condições tropicais não são uniformes, existindo grande variação entre as diferentes áreas (Paterniani, 1990).

Segundo Moro et al. (1981), as populações de milho de clima tropical caracterizam-se por apresentarem plantas com folhagem abundante, porte baixo e ciclo longo. Esse tipo de planta se adapta bem ao cultivo tradicionalmente utilizado nas regiões tropicais, que emprega baixa densidade populacional. Os programas oficiais e privados de melhoramento de milho no Brasil e em outros países de clima tropical têm dado grande ênfase à introdução de novos germoplasmas para a obtenção de cultivares de porte baixo e de ciclo precoce a intermediário, resultando no aumento do índice de colheita (Moro et al., 1981; Dowswell et al., 1996).

Plantas de menor porte permitem o uso de maior densidade populacional e facilitam a colheita mecânica devido ao menor risco de acamamento. Por sua vez, um ciclo mais curto possibilita rotações, sucessões e/ou consorciações com outras culturas, e pode ser uma garantia para o cultivo do milho em regiões onde os períodos chuvosos são limitados (Moro et al. 1981).

Feil et al. (1992) verificaram, durante período seco com irrigação suplementar na Tailândia, que cultivares representativos do germoplasma tropical tinham menor teor de nutrientes na parte aérea do que materiais temperados europeus, porém, maior produção de massa seca, o que explica a maior absorção. Devido ao maior índice de colheita dos materiais europeus e aos teores similares de nutrientes nos grãos, a extração dos nutrientes na colheita foi similar entre os genótipos. Thiraporn et al. (1983) encontraram baixa acumulação de N e P em plantas adultas de híbridos europeus, porém, a época era chuvosa e as condições mais desfavoráveis aos referidos materiais.

Devido ao ciclo mais curto do material de clima temperado, em relação ao tropical, poder-se-ia esperar que o tempo de absorção de nutrientes fosse mais restrito (Thiraporn et al., 1983; Feil et al., 1992). Porém, Feil et al. (1992) verificaram que o material tropical absorveu cerca de 43%, 34% e 85% do N, do P e do K, respectivamente, antes do florescimento, contra os 39%, 26% e 76% do material temperado. Quando se analisou a assimilação diária de N, verificou-se que o material europeu foi inferior ao tropical antes e depois da polinização. Como o material europeu obtém maior massa seca da parte aérea após a polinização, a absorção de nutrientes é muito maior após este estágio, alongando o tempo de absorção.

Osaki (1995a) conduziu experimentos no México e no Japão para identificar diferenças na produtividade do milho em regiões temperadas e tropicais, destacando-se os seguintes resultados:

1) A quantidade de massa seca e de nitrogênio acumulado no milho de região tropical não aumentou após os primeiros estádios de desenvolvimento dos grãos, apesar da quantidade adequada do nitrogênio aplicado. No milho de clima temperado, contudo, os valores continuaram a aumentar durante o desenvolvimento dos grãos.

2) As quantidades de massa seca e de nitrogênio nas folhas e colmos do milho de clima tropical decresceram acentuadamente depois do florescimento, apesar da quantidade adequada de nitrogênio, independentemente das condições de crescimento. Especialmente a senescência das folhas do milho tropical tornou-se rápida exatamente depois do florescimento. Foi impossível prevenir a senescência das folhas no florescimento através da suplementação de nitrogênio, e da alteração da distribuição de luz na parte inferior no dossel, apesar de essa alteração ter estimulado a absorção de carbono e nitrogênio. Daí ter-se considerado que a senescência das folhas do milho tropical é regulada por um processo autônomo (não associado à arquitetura da planta).

3) Quando as folhas inferiores receberam uma quantidade suficiente de luz, o milho tropical pôde absorver nitrogênio depois do florescimento, e o decréscimo da taxa de clorofila nas folhas tornou um pouco menos pronunciado, indicando que aumentou a atividade das folhas inferiores e das raízes (a atividade fotossintética é limitante depois da polinização). Ou seja, a baixa produção do milho tropical foi atribuída mais à rápida senescência das folhas depois do florescimento do que à arquitetura das folhas.

4) Verificou-se que a maior quantidade do nitrogênio dos grãos do milho tropical foi retranslocada das folhas e do colmo (cerca de 60% do nitrogênio dos grãos foram derivados da parte acumulada nas folhas e colmos antes do florescimento), e que a maior quantidade de nitrogênio dos grãos do milho temperado foi absorvida pelas raízes durante a maturação.

Segundo Osaki (1995a), no milho tropical o nitrogênio das folhas é translocado rapidamente, a atividade fotossintética decresce com a redução do teor de N nas folhas, decresce a translocação de fotoassimilados para as raízes quando a atividade fotossinté-

tica das folhas diminui, limitando a atividade das raízes, e finalmente, o nitrogênio não é absorvido. Cessando a absorção de N, aumenta a decomposição dos compostos nitrogenados da folha e a taxa fotossintética reduz-se drasticamente. No milho de clima temperado permanecem altos teores de N e clorofila após a metade do estágio de senescência, fazendo com que os fotoassimilados continuem sendo translocados para as raízes e o nitrogênio possa ser absorvido.

Os valores relatados por Osaki (1995a) são diferentes daqueles obtidos por Ulloa (1981a,b) em Terra Roxa Estruturada, em Piracicaba (SP), o qual empregou dois híbridos com características tropicais; esse autor verificou que 45% do ^{15}N proveniente do fertilizante foram translocados dos órgãos vegetativos para os grãos até a maturação fisiológica, e o restante foi absorvido do solo após o florescimento.

O milho tropical cultivado em terras baixas no período do verão apresentou menores índices de colheita de matéria seca e de nitrogênio e maior quantidade de nitrogênio acumulado na planta na colheita, em comparação com o temperado (Osaki, 1995b). Para os autores, quanto maior a quantidade de nitrogênio acumulada na planta no momento da colheita, maior o índice de eficiência do uso do nitrogênio em termos de matéria seca da planta (carbono). Assim, em solos com baixo nível de fertilidade, o milho tropical utilizou o N mais eficientemente para a produção de matéria seca (menor potencial de produção) e, em solos com alto nível de fertilidade, o milho temperado foi o mais eficiente.

Simulações realizadas com material de origem tropical e subtropical, realizadas no México, indicaram que em altos níveis de produção o enchimento dos grãos de milho está limitado pelo dreno, e que o aumento do número de grãos por metro quadrado, através de maior tamanho da espigas primárias, prolificidade ou densidade de plantas, conduzirá a melhores rendimentos de grãos (Elings et al., 1997). A fonte metabólica limitou o processo de enchimento dos grãos apenas sob baixa disponibilidade de N no solo, sendo pouco provável que o aumento da capacidade de dreno resultaria em maiores produções. Uma linha de trabalho possível no melhoramento vegetal é a seleção de materiais que extraem mais nitrogênio do solo, presumindo-se que isso resulte alta concentração de N nas folhas. O estudo de simulação sugeriu um aumento de 1,2% na produção

de grãos para cada aumento de 5% de N nas folhas. Embora todos os cultivares tivessem acumulado uma quantidade de 15 kg ha⁻¹ nas folhas cerca de 4 a 5 semanas após a semeadura em todos os experimentos, a quantidade máxima de N no tecido de folha verde sob condições de baixo teor de N no solo variou de 17,4 a 25,4 kg ha⁻¹.

Simulações de aumento da densidade de milho tropical e subtropical resultaram em aumentos superiores a 50% na produção de grãos (Elings et al., 1997). No entanto, os autores mencionaram que isso requer cultivares tolerantes à alta densidade de plantas (quebramento + acamamento e esterilidade), assim como alta disponibilidade de N no solo para sustentar um mínimo de crescimento da planta durante o “estádio de dreno”.

Como já citado, os genótipos empregados predominantemente nas áreas de clima tropical diferem muito daqueles cultivados sob clima temperado. Magnavaca et al., citado por Paterniani (1990), mostrou, em solução nutritiva, que linhagens brasileiras são mais tolerantes ao Al do que linhagens americanas em relação ao comprimento de raízes seminal e adventícias. Como a deficiência de nitrogênio nos trópicos é muito freqüente (Machado & Paterniani, 1988) e a toxidez de alumínio é problema na maioria das áreas tropicais, a deficiência de nitrogênio na cultura do milho pode ser acentuada pelo confinamento do sistema radicular na camada superficial do solo devido à toxidez de alumínio subsuperficial.

Há claras indicações de que existam diferenças na utilização do N entre os genótipos de milho, não apenas em termos de resposta à fertilização nitrogenada, mas também em eficiência na absorção, acumulação e utilização do N absorvido (Beauchamp et al., 1976; Chevallier & Schrader, 1977; Moll & Kamprath, 1977; Pollmer et al., 1979; Reed et al., 1980).

Lang et al. (1956) avaliaram nove híbridos simples semeados em seis densidades de plantas e tratados com três níveis de nitrogênio, verificando haver interação significativa entre cultivares, densidade e nitrogênio, para a produção. Nos trabalhos de Lang et al. (1956) e Carlone & Russel (1987), a predição de resposta do milho ao tratamento de N não foi válida sem o conhecimento do híbrido e da densidade de plantas.

Balko & Russel (1980) verificaram que a máxima produção dos cruzamentos simples nos campos de sementes pode ser obtida com menor nível de N do que o requerido

normalmente para a produção de grãos, mas o nível ótimo de N pode variar com a linhagem.

Albus & Moraghan (1995) não encontraram interação significativa em vários parâmetros agronômicos para fertilização nitrogenada em três híbridos precoces de milho em experimento irrigado no Dakota do Norte, EUA, mas ocorreram diferenças entre os genótipos quanto à eficiência de uso do N (N acumulado nos grãos/N total na parte aérea), com valores variando de 61 a 68%.

2.4 Qualidade dos Grãos

Alguns estudos têm apontado correlação negativa entre a produtividade e o teor de N nos grãos (Dudley et al., 1977), enquanto outros não têm encontrado essa correlação (Feil et al., 1992; Kauffmann & Dudley, 1979; Feil et al.; 1993).

Tsai et al. (1983) reportou que existe correlação positiva entre a produção e o teor de proteínas nos grãos para um híbrido individual. No entanto, para um conjunto de híbridos, a produção de grãos é geralmente correlacionada negativamente com o teor de N nos grãos (Dudley et al., 1977; Tsai et al., 1992). Tsai et al. (1983) consideraram que essa relação inversa foi devida ao baixo dreno de N nos híbridos com baixa produção, que tornaram saturados em níveis relativamente baixos de fertilização nitrogenada.

O teor de N nos grãos geralmente aumenta com o aumento da disponibilidade desse elemento no solo (Thiraporn et al., 1992). No entanto, observa-se ocasionalmente que a adição de pequena quantidade de fertilizante nitrogenado causa ligeira redução no teor nos grãos (Cerrato & Blackmer, 1990). Isso é explicado pelo efeito diluição do N nos grãos devido ao aumento no teor de carboidratos induzido pelo fertilizante.

Avalia-se a qualidade física dos grãos pela dureza (densidade), suscetibilidade ao quebramento (fragilidade) e estresse dos grãos ao esmagamento. Os exportadores preferem lotes secos ao ar natural contendo grãos uniformemente grandes e sem quebramento, considerando que o quebramento de grãos leva ao aumento da proporção de grãos

quebrados e impurezas, que é o principal fator de qualidade no mercado internacional (Hill, 1981).

Grãos maiores e uniformes são desejados para a moagem a seco (Paulsen & Hill, 1985), moagem úmida (Watson, 1987), cocção alcalina (Shumway et al., 1992) e ração animal quando processada por prensagem e esmagamento. Na moagem a seco prefere-se grão secos ao ar natural uniformemente grandes e sem quebramento (Paulsen & Hill, 1985). Para a extração de amido pela moagem úmida, o milho deve ter baixo índice de grãos quebrados e impurezas e baixa suscetibilidade ao quebramento para manter alto rendimento de amido (Watson, 1987).

Tem sido mostrado que o peso dos grãos aumenta com a aplicação de nitrogênio (Bauer & Carter, 1986; Kniep & Mason, 1989; Cromwell et al., 1983; Rendig & Broadbent, 1975) e decresce com o aumento da população de plantas (Bauer & Carter, 1986; Vyn & Moes, 1988; Vyn & Tollenaar, 1998).

O peso dos grãos é freqüentemente associado com outros parâmetros de qualidade tais como densidade dos grãos (Kniep & Mason, 1989; Paulsen et al., 1983), suscetibilidade ao quebramento (Kniep & Mason, 1989; Johnson & Russell, 1982) e concentração de proteína (Manokarkumar et al., 1978; Oikeh et al., 1998; Arnold et al., 1977). Grãos menores, mais densos e com aumento da proporção de vítreo endosperma são mais resistentes aos danos mecânicos (Johnson & Russell, 1982; LeFord & Russell, 1982; Vyn & Moes, 1988). Grãos maiores são aparentemente mais suscetíveis ao quebramento do que os menores (Thompson & Foster, 1963; Vyn & Moes, 1988; Miller et al., 1981; Leford & Russell, 1985; Johnson & Russell, 1982). No entanto, Vyn & Tollenaar (1998) encontraram maior quebramento de grãos em híbridos produzindo grãos pequenos.

A aplicação de nitrogênio aumenta a qualidade física dos grãos. Bauer & Carter (1986) estudaram a suscetibilidade ao quebramento e a densidade dos grãos em nove híbridos de milho com diferentes classificação de maturidade e práticas de produção. Eles encontraram que a adubação nitrogenada decresceu a suscetibilidade ao quebramento. Em estudo similar, Kniep & Mason (1989) confirmaram que a suscetibilidade ao quebramento aumentou com irrigação e decresceu com a aplicação de nitrogênio. Eles

também encontram que a suscetibilidade ao quebramento aumentou com o aumento da colheita dos grãos. Bauer & Carter (1986) reportaram ausência de correlação da densidade dos grãos com a suscetibilidade ao quebramento e a produtividade, enquanto Kniep & Mason (1989) encontraram correlação significativa. O aumento das colheitas com a irrigação ajuda a explicar como a irrigação pode decrescer a qualidade física dos grãos.

Diferenças na suscetibilidade ao quebramento devido ao nitrogênio do solo são relacionadas às diferenças na assimilação e acúmulo de zeína durante o enchimento dos grãos (Tsai et al., 1983). Tsai et al. (1992) reportaram que o aumento da produção de proteína com a aplicação de nitrogênio foi acompanhada pelo aumento na quantidade de zeína presente no endosperma, produzindo grãos duros, menos quebradiços e mais translúcidos. Quando a concentração de proteína aumenta nos grãos, zeína aumenta sua proporção na proteína (Frey et al., 1949; Tsai et al., 1992).

Como a zeína contém baixa quantidade dos aminoácidos essenciais mais limitantes, lisina e triptofano, o aumento da colheita de grãos influencia o balanço de aminoácidos pela redução da concentração de lisina e triptofano e conseqüente redução do valor biológico da proteína. No entanto, isto pode ser compensado, em alguns casos, com o aumento do tamanho do germe com a aplicação de nitrogênio, que tem melhor balanço de aminoácidos do que o endosperma (Bhatia & Rabson, 1987.)

3 MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolveram-se três subprojetos no sistema plantio direto: - "Resposta de Genótipos de Milho ao Nitrogênio" (Subprojeto Genótipos x Nitrogênio), "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de N" (Subprojeto Parcelamento) e "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho" (Subprojeto Partição na Planta), totalizando 12 experimentos.

3.1 Locais e Caracterização Ambiental

Foram conduzidos experimentos nos municípios de Cândido Mota (S22°47' W50°24'), Votuporanga (S20°25' W50°04'), e, apenas no subprojeto Genótipo x Nitrogênio, também em Itapeva (S23°58' W48°54') (Tabela 1). No segundo e terceiros anos, a área de Cândido Mota foi substituída por outra no município vizinho de Palmital (S22°48' W50°16'). Esses locais representam as regiões noroeste e sudoeste do Estado de São Paulo (Figura 1), que são importantes produtoras de milho e têm clima e solos distintos.

3.1.2 Informações agrometeorológicas

Utilizaram-se informações coletadas em estações agrometeorológicas do Instituto Agrônomo (IAC) em áreas adjacentes (Votuporanga) ou distantes cerca de 5 km dos experimentos (Itapeva, Cândido Mota e Palmital). Foram construídos balanços hídricos decendiais pelo método de Thornthwaite e Mather (1995) modificado por Camargo e Camargo (1983), corrigindo a temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração potencial de acordo com Camargo e Camargo (2000) (Figuras 2 a 8).

Tabela 1. Principais características dos locais e períodos em que foram desenvolvidos os experimentos dos subprojetos Genótipos x Nitrogênio (N x G), Parcelamento e Partição.

Local	Altitude m	Solo	Período	Experimento	Local	
Itapeva	730	LA	1998/99	N x G	Faz. José Carlos Camargo	
Cândido Mota	380	LR	1998/99	Parcelamento	Faz. Valdir Donizete	
				N x G	Faz. Valdir Donizete	
Palmital	400-450	LR	1999/00	Partição	Faz. Branco Fadel	
				N x G	Faz. Branco Fadel	
				2000/01	Partição	Faz. Branco Fadel
Votuporanga ⁽¹⁾	500	LE	1998/99	N x G	IAC-Estação Experimental	
				Partição	IAC-Estação Experimental	
				1999/00	N x G	IAC-Estação Experimental
				2000/01	N X G	IAC-Estação Experimental

(1) Os experimentos desenvolvidos em Votuporanga em 1998/99 foram irrigados.

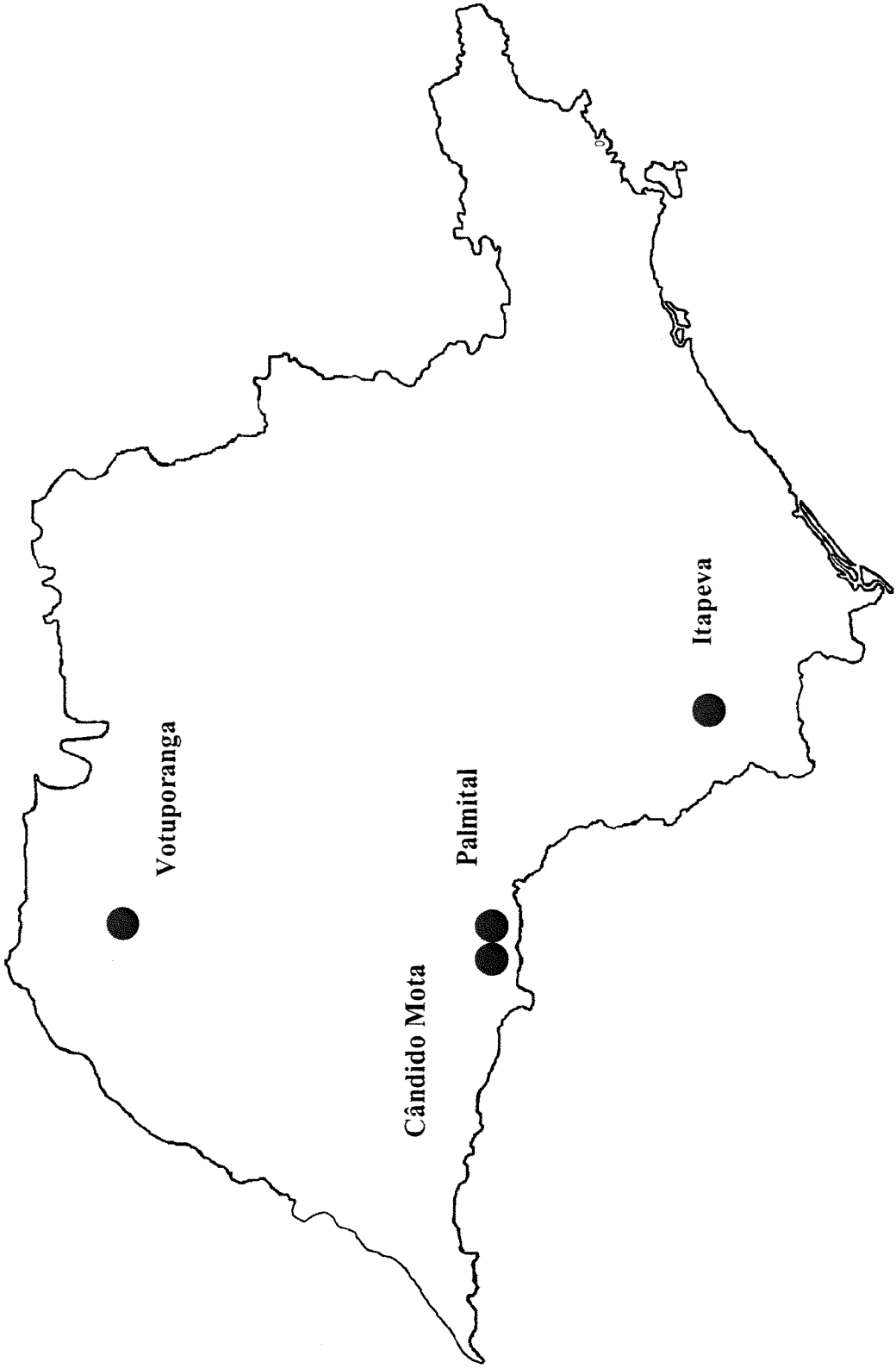


Figura 1 - Locais dos experimentos sobre resposta de cultivares de milho ao nitrogênio no Estado de São Paulo.

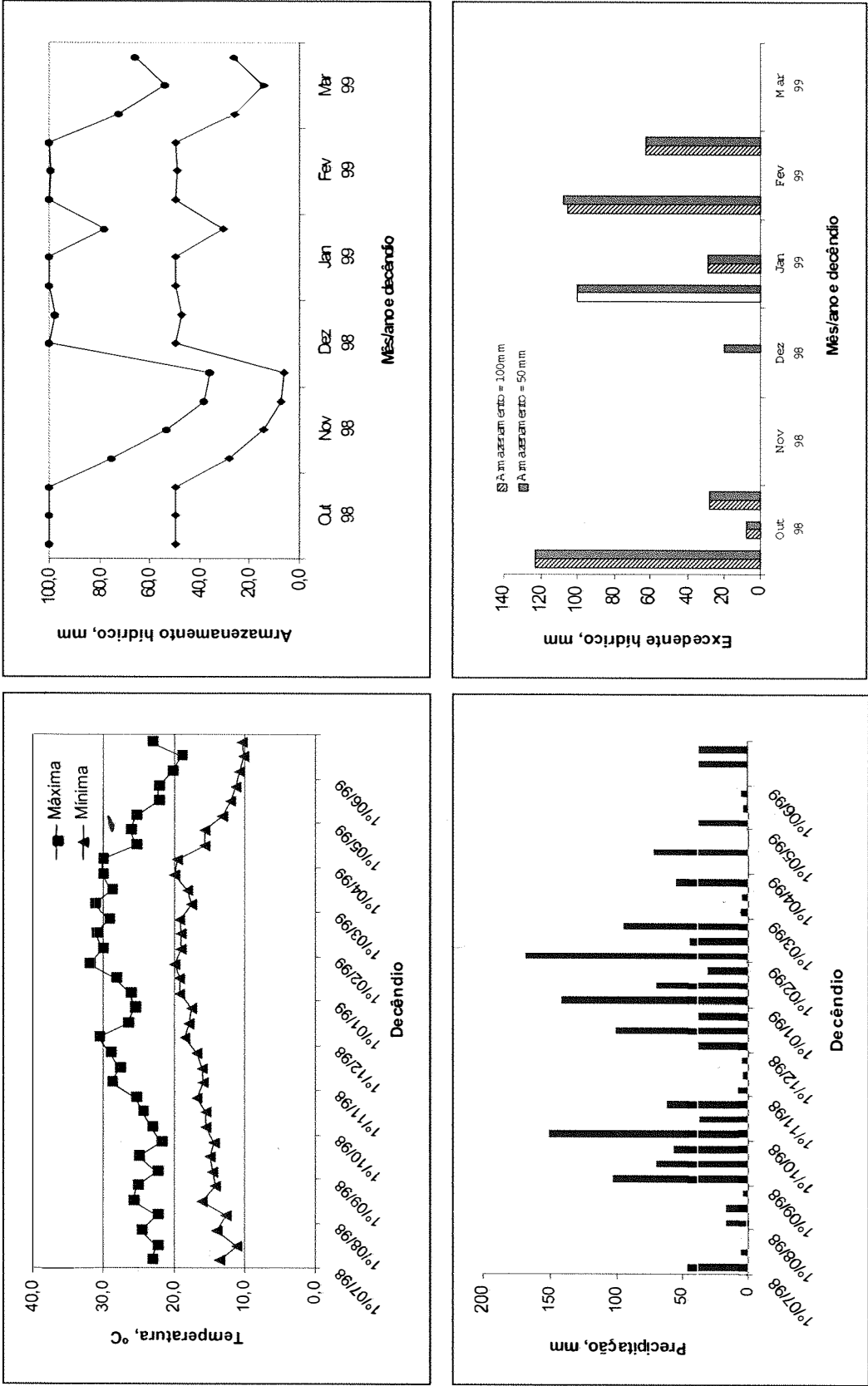


Figura 2. Temperaturas médias mínima e máxima (a), precipitação pluviométrica (b), armazenamento (c) e excedente hídrico no solo(d), calculados por decêndio pelo balanço hídrico modificado de Thornthwaite, em Itapeva em 1998/99.

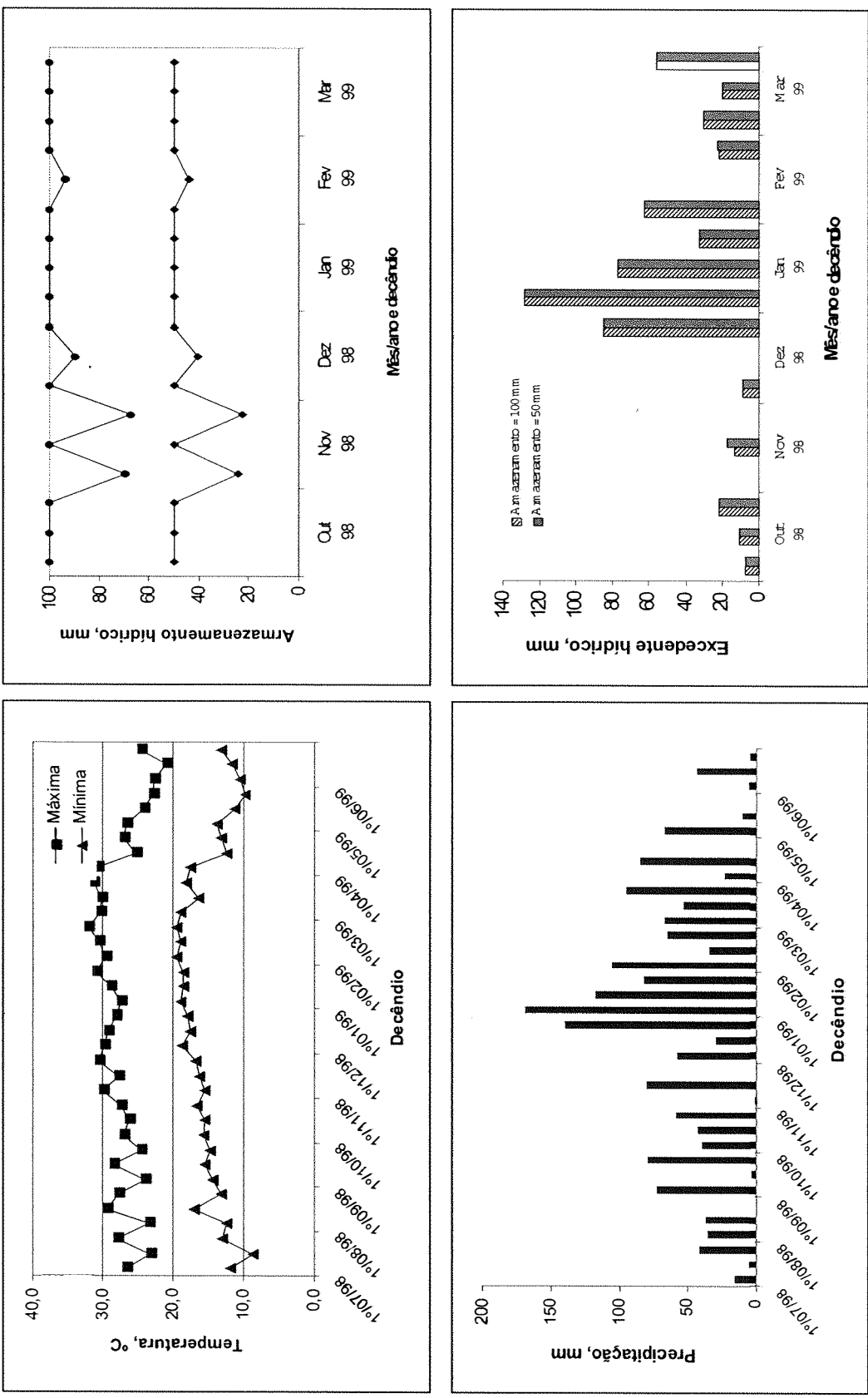


Figura 3. Temperaturas médias mínima e máxima (a), precipitação pluviométrica (b), armazenamento (c) e excedente hídrico no solo(d), calculados por decênio pelo balanço hídrico modificado de Thornthwaite, em Cândido Mota em 1998/99.

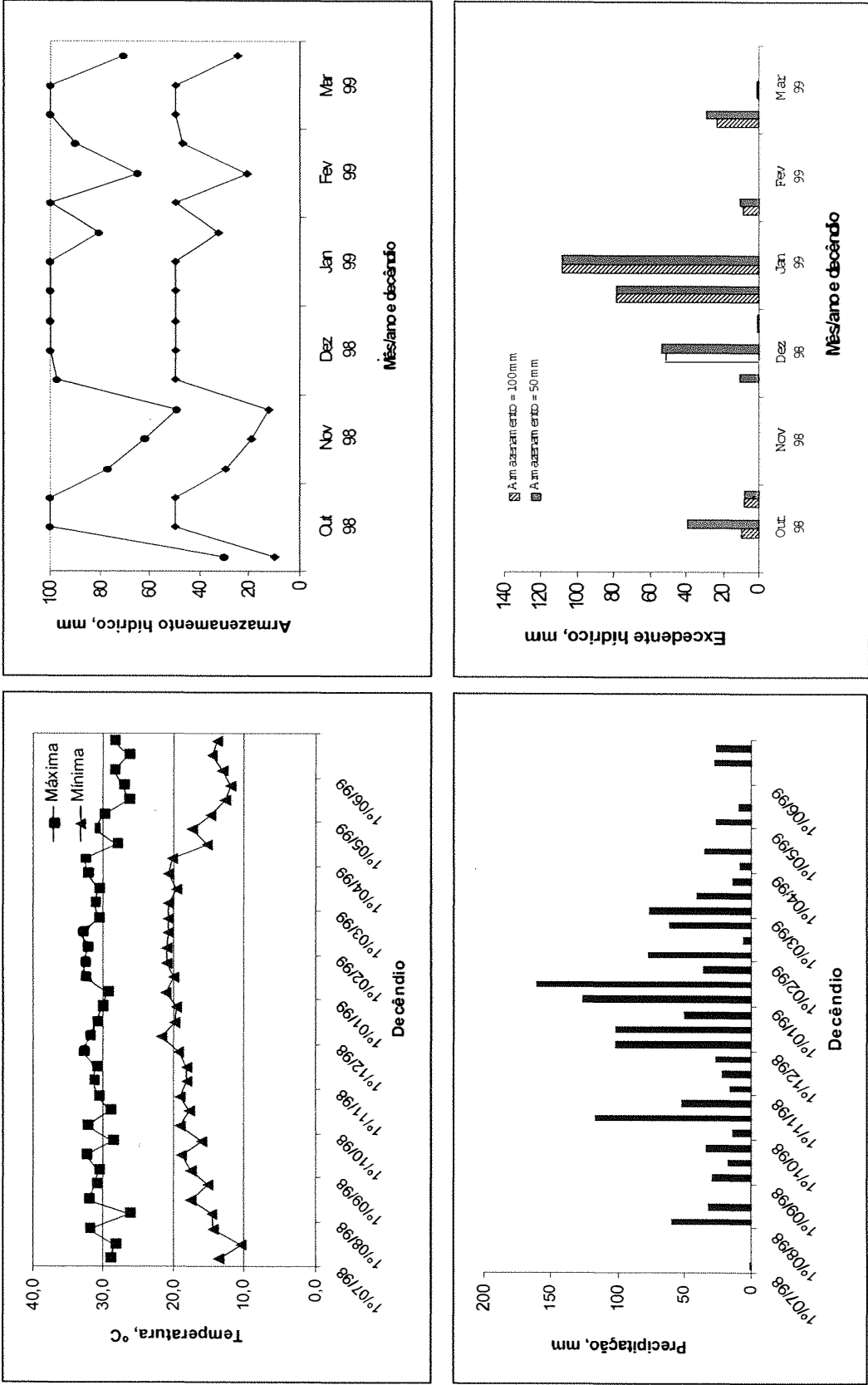


Figura 4. Temperaturas médias mínima e máxima (a), precipitação pluviométrica (b), armazenamento (c) e excedente hídrico no solo(d), calculados por decêdio pelo balanço hídrico modificado de Thornthwaite, em Votuporanga em 1998/99.

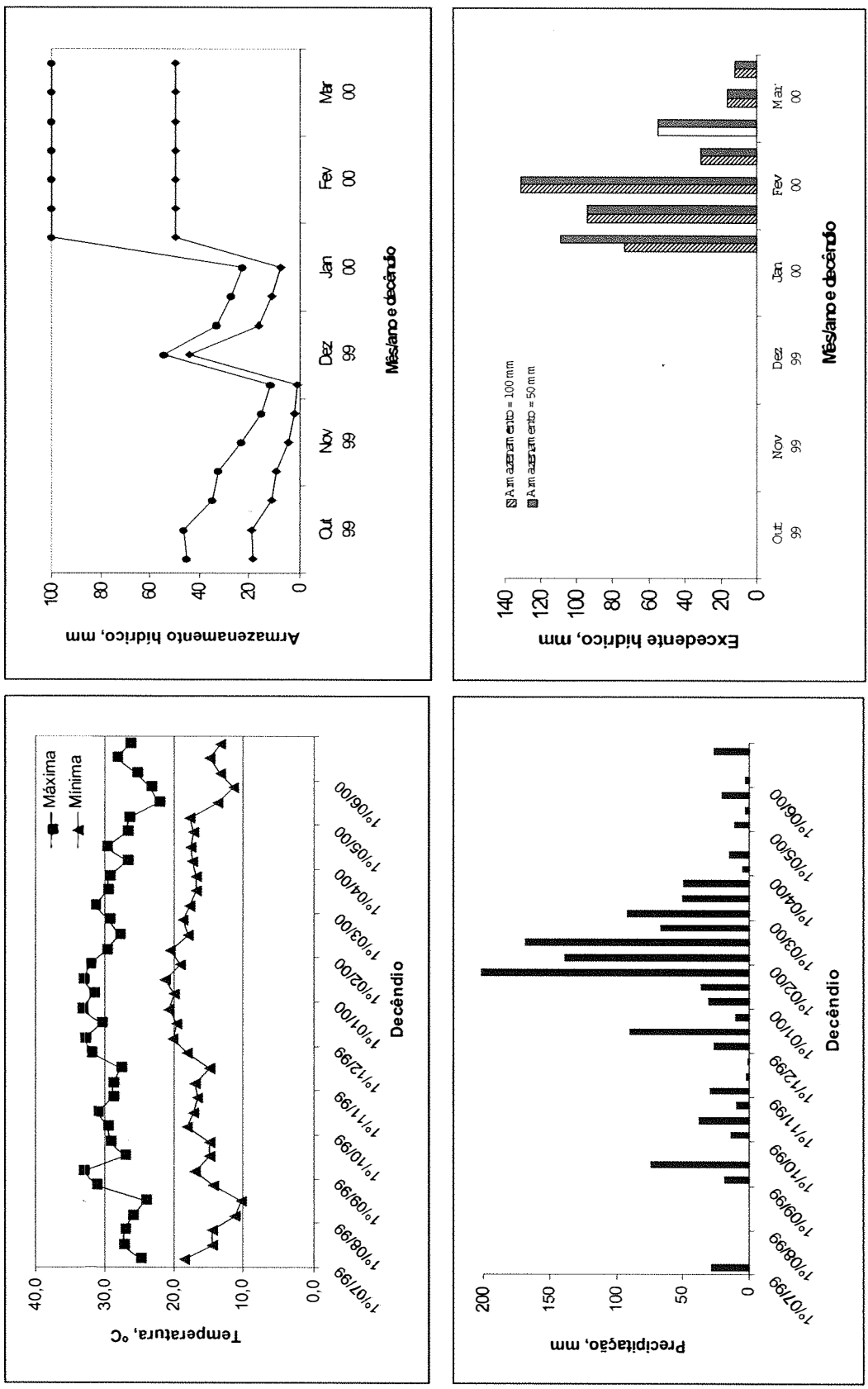


Figura 5. Temperaturas médias mínima e máxima (a), precipitação pluviométrica (b), armazenamento (c) e excedente hídrico no solo(d), calculados por decêndio pelo balanço hídrico modificado de Thornthwaite, em Palmital em 1999/2000.

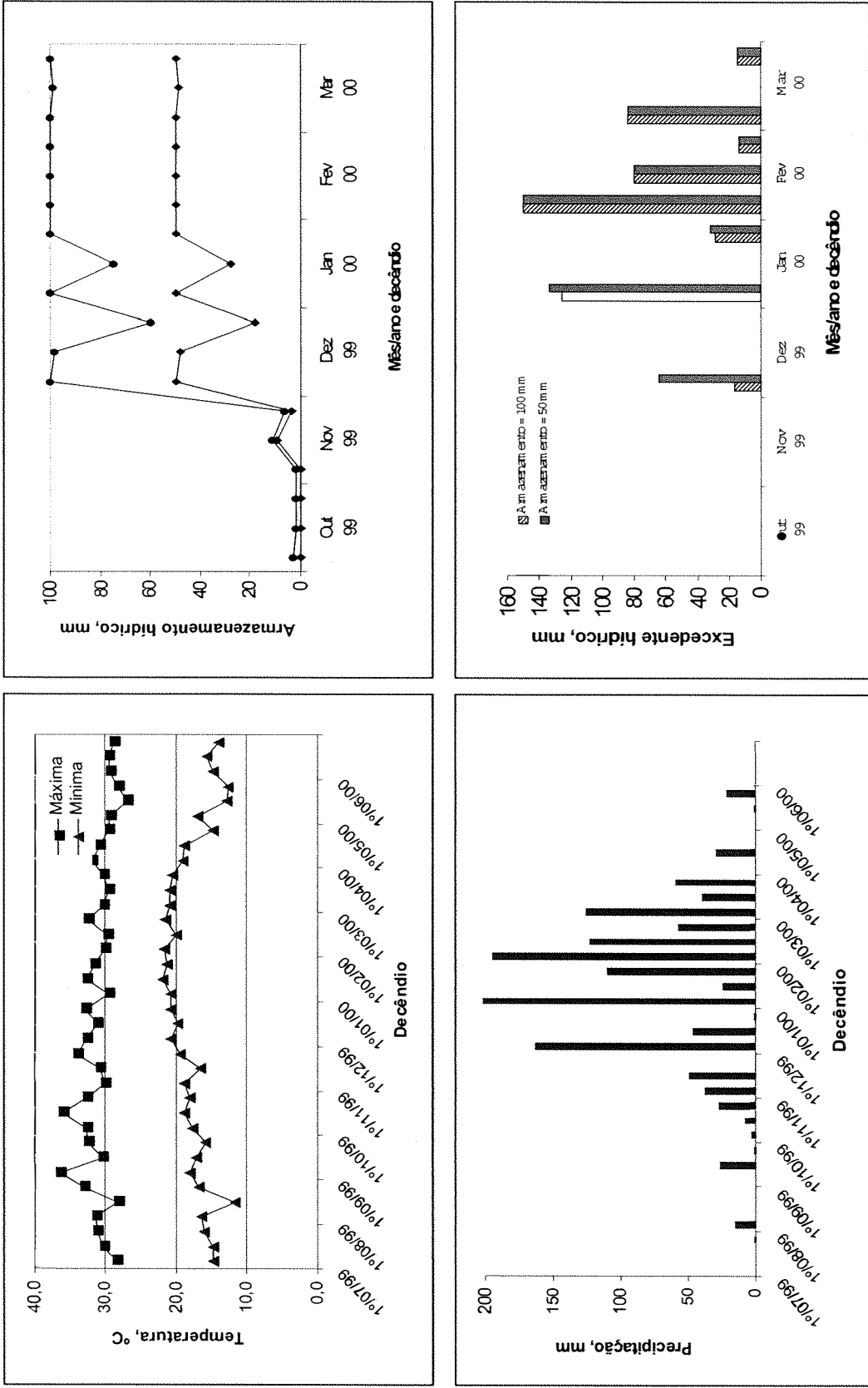


Figura 6. Temperaturas médias mínima e máxima (a), precipitação pluviométrica (b), armazenamento (c) e excedente hídrico no solo(d), calculados por decêndio pelo balanço hídrico modificado de Thornthwaite, em Votuporanga em 1999/00.

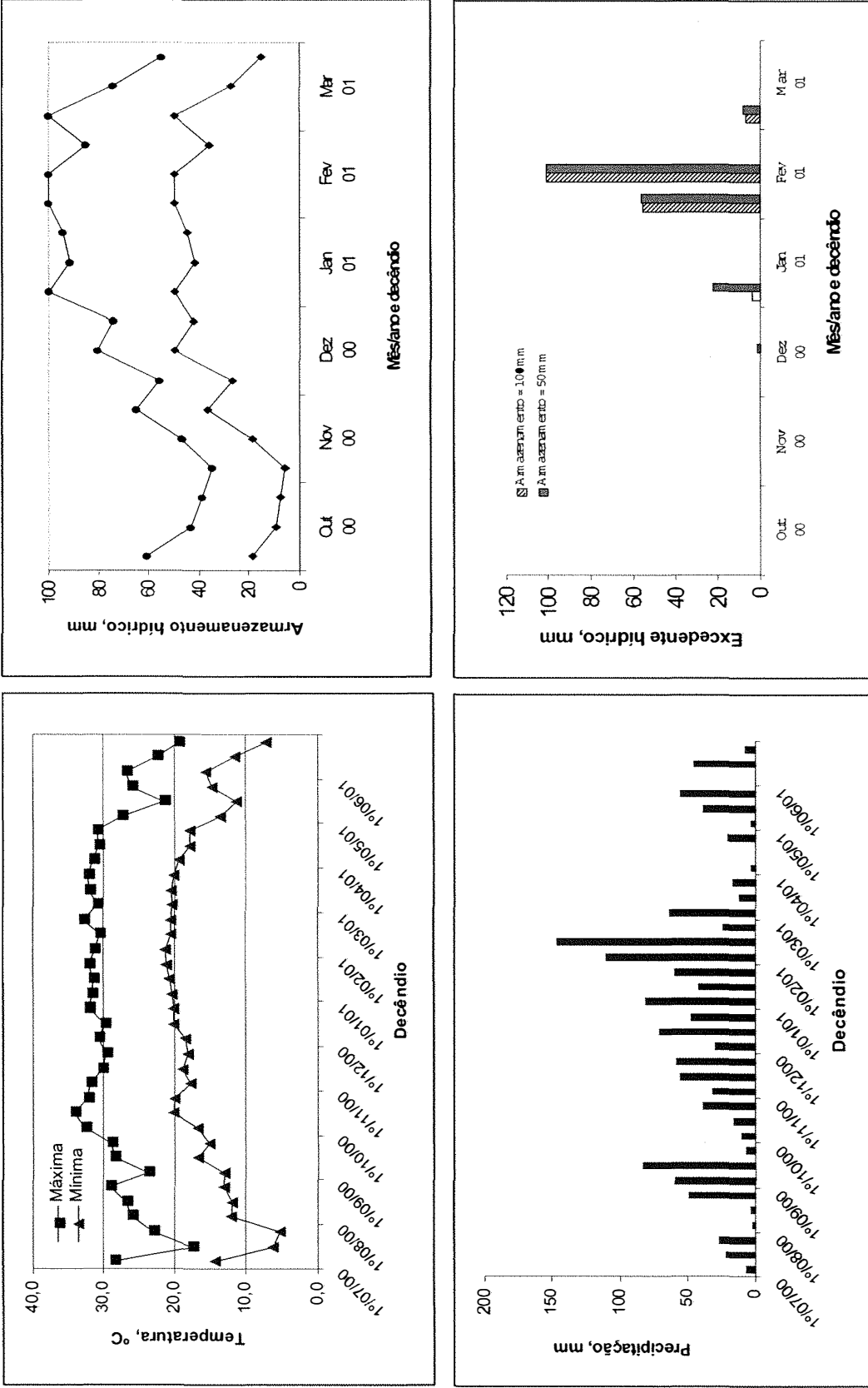


Figura 7. Temperaturas médias mínima e máxima (a), precipitação pluviométrica (b), armazenamento (c) e excedente hídrico no solo(d), calculados por decêndio pelo balanço hídrico modificado de Thornthwaite, em Palmital em 2000/01.

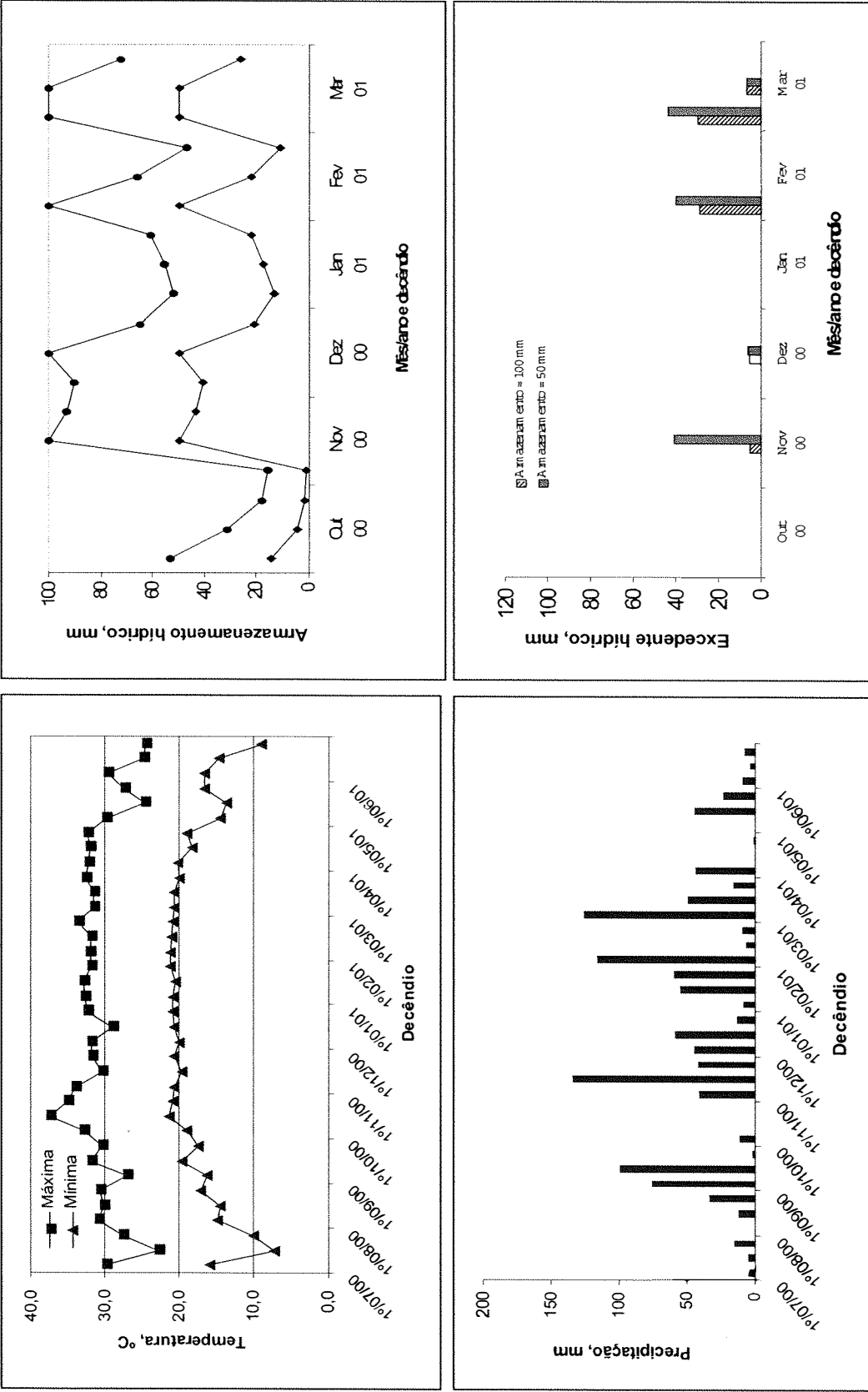


Figura 8. Temperaturas médias mínima e máxima (a), precipitação pluviométrica (b), armazenamento (c) e excedente hídrico no solo(d), calculados por decêndio pelo balanço hídrico modificado de Thornthwaite, em Votuporanga em 2000/01.

A região noroeste do Estado de São Paulo apresenta temperaturas médias mínima e máxima anuais superiores às da região sudoeste. Embora a altitude de Itapeva seja superior à de Cândido Mota, as diferenças de temperatura entre estes locais foram pequenas na safra 1998/99. Outubro é o mês no qual a maioria dos agricultores procede a semeadura do milho de verão na região sudoeste do Estado, porém, em outubro de 1999 e 2000 as chuvas foram escassas e o armazenamento de água no solo pequeno. O mês de novembro também foi bastante seco nos anos 1998 e 1999. Os excedentes hídricos ocorreram a partir do último decêndio de dezembro ou de janeiro, dependendo do ano, mas foram inexpressivos em Votuporanga no ano agrícola 2000/01.

3.1.2 Solos

Os teores de argila, silte, areia grossa e areia fina foram, respectivamente, 180, 30, 520 e 270 g kg⁻¹ em Votuporanga, 640, 270, 30 e 60 g kg⁻¹ em Cândido Mota, 647, 220, 48 e 85 g kg⁻¹ em Palmital –Branco Fadel e 640, 240, 50 e 70 g kg⁻¹ em Palmital – Horto.

Os solos, com exceção de Votuporanga, eram ácidos em subsuperfície e apresentavam decréscimo acentuado do teor de fósforo da camada 0-20 para 20-40 cm (Tabelas 2 a 4). Em Itapeva, a acidez era extrema, com saturação por bases igual a 34% na camada 0-20 cm. Os teores de matéria orgânica foram mais baixos em Votuporanga do que nos demais locais.

Os experimentos dos subprojetos Parcelamento e Partição foram desenvolvidos em áreas com razoável fertilidade natural na camada 0-20 cm, mas contrastantes quanto à textura e ao teor de matéria orgânica. Conforme já apresentado, em Cândido Mota e Palmital os solos eram muito argilosos e em Votuporanga textura média.

Tabela 2. Características químicas dos solos nos experimentos do Subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Nitrogênio", em 1998/99 a 2000/01.

Local e Ano	Classificação		Profundidade	pH água	M.O. g dm ⁻³	Mehlich P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB mmol _c dm ⁻³	CTC mmol _c dm ⁻³	V %	B mg dm ⁻³	Cu mg dm ⁻³	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³	
	Antiga	Atual																	
Votuporanga 1998/99	LEe	Lve	0-10	6,4	13	41	3,2	38	22	12	63,2	75,2	84	0,11	0,4	8	8,0	1,5	
			10-20	5,9	11	33	2,0	22	8	15	32,0	46,8	68	0,12	0,4	9	8,7	1,5	
			20-40	5,3	10	16	1,3	16	5	18	22,3	40,5	55						
			40-60	4,9	6	4	1,2	8	3	16	12,2	28,6	43						
Cândido Mota 1998/99	LRm	LVdf	0-10	5,7	29	24	5,9	72	15	28	92,9	120,7	77	0,28	8,7	11	53,4	1,5	
			10-20	5,7	32	44	6,1	78	16	28	100,1	127,9	78	0,23	9,9	14	70,8	3,9	
			20-40	5,2	18	3	3,4	28	9	34	40,4	74,7	54						
			40-60	4,9	17	3	3,4	20	6	47	29,4	76,4	38						
Itapeva 1998/99	LEd	LVd	0-20	4,8	34	17	3,0	21	9	64	33,0	97,4	34	0,21	1,2	45	1,3	2,1	
			20-40	4,3	24	3	1,8	9	3	64	13,8	78,2	18						
			40-60	4,7	17	3	1,6	6	2	42	9,6	51,9	19						
Votuporã 1999/00 e 2000/01	LEe	Lve	0-20	5,9	11	46	3,2	20	7	13	30,2	43,5	69	0,14	1,0	11	10,9	7,5	
			20-40	5,6	11	24	1,2	16	6	16	23,2	39,6	59	0,15	2,0	9	8,0	7,1	
			40-60	5,4	8	4	1,1	12	4	16	17,1	33,5	51	0,16	1,1	12	9,5	11,7	
Palmital 1999/00	LRm	LVdf	0-20	5,5	32	27	0,9	33	15	31	48,9	79,7	61	0,22	9,1	13	28,0	5,0	
			20-40	5,1	24	4	0,3	13	7	34	20,3	54,6	37	0,17	1,6	23	21,2	4,7	
			40-60	5,1	18	1	0,3	10	6	34	16,3	50,6	32	0,16	1,8	20	43,7	6,2	

... continuação

Local e Ano	Classificação	Profun- didade	M.O. g kg ⁻¹	pH água	P µg g ⁻¹	Mehlich	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Palmital	LRm	LVdf	3,2	5,3	11	2,7	42	16	28,0	60,9	88,9	69	-	-	-	-	-	-
2000/01			1,7	5,3	4	0,8	23	12	25,0	36,1	61,1	59	-	-	-	-	-	-
			1,2	5,1	3	0,7	10	05	24,0	15,8	39,8	40	-	-	-	-	-	-

Tabela 3. Características químicas dos solos nos experimentos do Subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento" em 1998/99

Local e Ano	Classificação	Profun- didade	M.O. g dm ⁻³	pH água	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Votupo- ranga	LEe	LVe	13	6,3	35	2,4	24	10	12	36,4	48,4	75	0,09	0,4	6	12,2	1,4
			10	5,8	29	1,8	18	6	15	25,3	40,1	63	-	-	-	-	-
			6	5,6	15	1,2	17	6	15	24,5	39,7	62	-	-	-	-	-
			6	5,3	4	1,3	12	4	15	17,8	33,0	54	-	-	-	-	-
Cândido	LRm	LVdf	30	5,5	49	5,3	57	13	32	76,0	107,9	70	0,26	8,0	9	51,9	2,4
Mota			17	5,0	4	2,8	26	8	37	36,1	73,2	49	-	-	-	-	-
			13	4,7	5	2,2	18	5	45	24,9	70,3	35	-	-	-	-	-

Tabela 4. Características químicas dos solos das áreas dos experimentos do Subprojeto "Partição" desenvolvidos em Votuporanga em 1999/2000 e Palmital nos anos agrícolas 1999/2000 e 2000/01.

Local e Ano	Classificação Antiga	Classificação Atual	Profundidade- cm	M.O. g/dm ³	pH CaCl ₂	P resina Mg dm ⁻³	K mmolc dm ⁻³	Ca mmolc dm ⁻³	Mg mmolc dm ⁻³	H+Al mmolc dm ⁻³	SB mmolc dm ⁻³	CTC mmolc dm ⁻³	V %	B mg dm ⁻³	Cu mg dm ⁻³	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³
Votupo- ranga 1999/00	LEe	LVe	0-20	11	5,9	45	2,2	17	6	13	26	39	67	0,13	0,7	10	10,2	3,8
			20-40	10	5,6	23	1,2	14	5	15	20	35	57	0,18	1,0	10	7,9	2,9
			40-60	8	5,2	4	1,1	10	4	17	15	32	47	0,16	0,9	11	8,9	6,0
Palmital 1999/00	LRm	LVdf	0-20	31	5,5	30	1,1	32	14	31	47	78	60	0,21	8,8	13	25,5	0,5
			20-40	23	5,1	4	0,4	13	8	34	21	55	38	0,17	3,3	15	14,3	2,4
			40-60	18	5,1	3	0,3	11	7	34	17	51	33	0,16	2,9	13	24,5	3,2
Palmital 2000/01	LRm	LVdf	10-20	32	5,0	36	1,7	24	10	42	36	78	46	0,23	11,1	20	55,3	1,3
			20-40	20	5,0	5	0,6	15	5	38	21	59	36	0,18	8,9	12	15,0	0,5
			40-60	17	4,8	2	0,2	13	4	38	17	55	31	0,14	5,3	8	4,7	0,3

3.2 Delineamento Experimental e Procedimentos de Campo

3.2.1 Subprojeto Genótipos x Nitrogênio - "Resposta de Genótipos de Milho ao Nitrogênio"

Foram desenvolvidos 7 experimentos com o delineamento de blocos ao acaso no esquema fatorial com quatro repetições, exceto em Cândido Mota 1998/99, cujo número de repetições foi três. Os tratamentos constituíram-se de dez genótipos de milho, do total de treze relacionados na Tabela 5, combinados com doses de nitrogênio. Embora algumas dessas cultivares tivessem sido renomeadas durante o desenvolvimento do trabalho (C 333B = DKB 333B, IAC V1 = IAC Airã, XL 251 = DKB 251, Dina 766 = DAS 766, CO 9560 = DAS 9560, BR 4157 = BRS 4157), empregaram-se os nomes originais na presente tese.

Empregaram-se cerca de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na base (Tabela 6) e quatro doses de nitrogênio em cobertura: 0 (ausência de cobertura), 60, 120 e 180 kg ha⁻¹, na forma de uréia. A uréia foi aplicada superficialmente em faixa distante cerca de 20 cm da linha de semeadura.

O espaçamento foi 80 cm e a população inicial totalizou 57.500 plantas por hectare. Foram semeadas duas sementes por cova a cada 22 cm, deixando-se uma planta a cada 22 cm após o desbaste. As sementes foram tratadas com inseticida Futur (thiodi-carb + micronutrientes) para o controle das pragas iniciais e, quando necessário, realizadas pulverizações para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Em Votuporanga 2000/01 aplicaram-se 30 kg ha⁻¹ de Furadan (carbofuran) no sulco de semeadura para evitar os danos do nematóide *Pratylenchus* sp.

Em Cândido Mota e Palmital a semeadura foi procedida entre 15 e 25 de outubro nos três anos agrícolas (Tabela 6). Já em Votuporanga, a semeadura foi realizada no início de novembro em 1998 e no último decêndio de novembro nos dois anos seguintes. Em Itapeva o experimento foi implantado mais tardiamente, no início do mês de dezembro. No momento da semeadura, amostraram-se as camadas 0-20 e 20-40 cm do solo para análise do N inorgânico no solo (N-amônio e N-nitrato), menos em Votuporanga

Tabela 5. Caracterização dos cultivares de milho e períodos em que foram avaliados em Itapeva, Cândido Mota, Palmital e Votuporanga no subprojeto genótipos x nitrogênio.

Genótipo	Empresas e instituições	Tipo de cruzamento ⁽¹⁾	Germoplasma predominante	Ano de avaliação
P 32R21	Pioneer	HS	Temperado	98/99
IAC V1	IAC	V	Tropical	98/99
XL 212	Dekalb	HS	Temperado	98/99
BR 3123	Embrapa	HT	Tropical	98/99 a 00/01
Dina 766	Dow AgroSciences	HT	Intermediário (I)	98/99a 00/01
AG 1051	Agrocerec	HD	Tropical	98/99 a 00/01
XL 251	Dekalb	HT	Tropical / I	98/99 a 00/01
C 333B	Dekalb	HSm	Tropical	98/99 a 00/01
Master	Syngenta Seeds	HT	Tropical / I	98/99 a 00/01
BR 4157 ⁽²⁾	Embrapa	V	Tropical	98/99 a 00/01
8410	Dow AgroSciences	HS	Intermediário	99/00 e 00/01
Tork	Syngenta Seeds	HS	Tropical / I	99/00 e 00/01
CO 9560	Dow AgroSciences	HS	Tropical	99/00 e 00/01

⁽¹⁾ Tipo de germoplasma: HS = híbrido simples; HSm = híbrido simples modificado; HT = híbrido triplo; HD = híbrido duplo e V= variedade

⁽²⁾ Substituído pela Exceler em Cândido Mota em 1998/99

2000/01, onde não foi feita amostragem. Em Votuporanga 1998/99 e Cândido Mota 1998/99 amostrou-se também a camada 20-40 cm.

Avaliaram-se a produtividade de grãos e o conteúdo e exportação de N nos grãos das dez cultivares incluídas em cada experimento. Porém, a produtividade e a exportação de N nos grãos da cultivar P 32R21 não foram calculados em Itapeva porque o seu estane foi desuniforme, determinando-se apenas o N nos grãos.

Tabela 6. Cronograma das principais atividades agronômicas e caracterização da adubação e da altura média de plantas nos experimentos do suprojeto Genótipos x Nitrogênio

Local	Adubação de sementeira			Adubação de cobertura ⁽¹⁾			Colheita	
	Ano	Data	N P ₂ O ₅ K ₂ O kg ha ⁻¹	Primeira	Segunda	Data	Altura plantas cm	
Votuporanga	98/99	04/11/98	30-90-51	11/12/98	22/12/98	31/03	214	
Cândido Mota	98/99	15/10/98	30-65-50	17/11/98	07/12/98	27/02	225	
Itapeva	98/99	06/12/98	30-79-45	28/12/99	13/01/99	26/04	211	
Votuporanga	99/00	30/11/99	30-106-61	29/11/99	06/12/99	14-15/03/00	174	
Palmital	99/00	21/10/99	24-60-60	23/11/99	02/12/99	21/03/00	162	
Votuporanga	00/01	22/11/00	30-106-61	11/12/00	28/12/00	29/03 04/04/01	192	
Palmital	00/01	25/10/00	13-66-66	20/11/00	07/12/00	02/03/01	245	

⁽¹⁾ Adicionou-se 30 kg ha⁻¹ de K₂O na primeira cobertura.

Tabela 7. Cronograma das principais atividades agronômicas e descrição da adubação de sementeira do subprojeto Parcelamento.

Local	Adubação de sementeira			Adubação de cobertura			Amostragem do solo		Colheita
	Ano	Data	N P ₂ O ₅ K ₂ O kg ha ⁻¹	Primeira ⁽¹⁾	Segunda	Primeira	Segunda		
Votuporanga	98/99	06/11/98	X ⁽²⁾ - 65-50	06/12/98	24/12/98	8-10 a 14-15/12/98	28 e 29/12/98	05/04/99	
Cândido Mota	98/99	15/10/98	X ⁽²⁾ - 90-51	17/11/98	07/12/98	1-4 e 6/12/98	27 e 28/12/98	27/02/99	

⁽¹⁾ Adicionou-se 30 kg ha⁻¹ de K₂O na primeira cobertura; ⁽²⁾ Quantidade variável com o tratamento.

3.2.2 Subprojeto Parcelamento - "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio"

Foi estudado, em dois experimentos, o efeito de doses de nitrogênio no sulco de semeadura e em cobertura sobre a produtividade de grãos e o conteúdo de N nos grãos ou folhas das cultivares. O delineamento foi o de blocos ao acaso com três repetições em Cândido Mota e o de blocos ao acaso no esquema fatorial com parcelas subdivididas e quatro repetições em Votuporanga, sendo que as parcelas foram constituídas pelas doses de N na semeadura (base) e as subparcelas pela quantidade total de N (base + cobertura) e cultivares. Empregaram-se os genótipos BR 3123, XL 212, C333B e Master, também utilizados no estudo anterior, e 10 tratamentos com nitrogênio descritos na Tabela 8. Utilizou-se o nitrato de amônio nas adubações de cobertura.

O espaçamento foi 80 cm e a população inicial totalizou 57.500 plantas por hectare. As datas das principais operações agronômicas encontram-se na Tabela 7. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 6,0 m de comprimento, colhendo-se 4,0 m das 2 linhas centrais para a avaliação da produtividade de grãos. Procedeu-se a semeadura e o controle de pragas da mesma maneira que no subprojeto genótipos x nitrogênio.

No momento da semeadura, foram retiradas amostras para caracterização do N inorgânico do solo (nitrato e amônio) nas camadas 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. O solo também foi amostrado durante o desenvolvimento da cultura, em duas épocas distintas: imediatamente antes da segunda cobertura, cerca de 30 dias após a semeadura, e próximo de 15 dias após o florescimento masculino, na mesma faixa onde o adubo de cobertura foi aplicado. As profundidades foram as mesmas da amostragem inicial, subdividindo-se a camada superficial em 0-10 e 10-20 cm apenas no experimento desenvolvido em Votuporanga em 1998/99. A amostragem composta (12 subamostras), independente da cultivar, incluiu as parcelas correspondentes às seguintes doses na semeadura e cobertura, em kg ha⁻¹: zero, 0+60, 60+0, 60+180 e 120+120. As amostras foram imediatamente congeladas e assim mantidas até o momento das análises.

Em Cândido Mota 1998/99, amostraram-se folhas da espiga aos 30 dias após o florescimento e, em Votuporanga 1998/99, amostraram-se grãos debulhados. Determinou-se o conteúdo de N nesses tecidos e calculou-se a exportação de N nos grãos por área.

Tabela 8. Doses e parcelamentos do nitrogênio utilizados no Subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio"

Tratamento	Dose de nitrogênio		
	Total	Base	1 ^a e 2 ^a coberturas
	----- kg ha ⁻¹ -----		
T1	0	0	(0 + 0)
T1" ⁽¹⁾	0	0	(0 + 0)
T2	60	0	(30+30)
T3	120	0	(60+60)
T4	180	0	(90+90)
T5	60	60	(0 + 0)
T6	120	60	(30+30)
T7	180	60	(60+60)
T8	240	60	(90+90)
T9	240	120	(60+60)

⁽¹⁾ Testemunha adicional para permitir a análise dos contrastes ortogonais, comparando a aplicação somente em cobertura com a aplicação na base + cobertura

3.2.3 Subprojeto Partição na Planta - "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho"

Foram desenvolvidos três experimentos, sendo um em Votuporanga (1999/2000) e dois em Palmital (1999/2000 e 2000/2001). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial, com 20 tratamentos e quatro repetições, totalizando 80 parcelas. Empregaram-se cinco cultivares de milho, sendo três tipicamente originadas de clima tropical (AG 1051, BR 3123 e BRS 4157), denominadas tropicais, e duas com germoplasma de clima temperado e submetidas a programa de adaptação às condições brasileiras (XL 212 e P32R21), denominadas temperadas, ambas com diferentes padrões de resposta ao nitrogênio (Duarte et al., 1988). A variedade BR 4157, também denominada Sol-da-Manhã Nitroflint, foi desenvolvida em condições de baixa fertilidade do solo (Machado & Magalhães, 1995; Machado et al., 1998ab). Essa variedade é considerada eficiente no uso do nitrogênio, e suas sementes são indicadas para agricultores familiares que têm problemas de estresse no solo relacionados ao N (Embrapa, s.d.).

Empregaram-se quatro doses de N aplicadas em cobertura: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹. Essas doses foram parceladas metade no estágio de 6 folhas totalmente desdobradas e o restante no estágio de 8 a 10 folhas, adicionando-se 30 kg ha⁻¹ de K₂O na primeira cobertura. Utilizaram-se o nitrato de amônio e o KCl como fertilizantes de cobertura.

Procedeu-se a semeadura e o controle de pragas da mesma maneira que nos subprojeto anteriores. Como os materiais com germoplasma predominantemente de clima temperado apresentam maior suscetibilidade às principais doenças que ocorrem no Estado de São Paulo, especialmente a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) e a pinta branca causada pelo fungo *Phaeosphaeria maydis*, foram realizadas pulverizações com fungicidas para evitar possíveis danos. Procederam-se três pulverizações seqüenciais com os produtos comerciais, doses e períodos descritos a seguir: Folicur PM (ingrediente ativo: tebuconazole, sistêmico do grupo dos triazóis, 250 g/kg), 30 ml em 20 litros de água aos 30 dias após a semeadura; Alto 100 (ingrediente ativo: cyproconazole, sistêmico e de contato do grupo dos triazóis, 100 g/L), 30 ml em 20 litros de água aos 45 dias após a semeadura; Amistar 500 WG (ingrediente ativo: azoxystrobin, sistêmico do grupo da estrobilurina, 500 g/kg), 5 g em 20 litros de água aos 52/60 dias após a semeadura.

Os experimentos deste subprojeto foram instalados no período de 29 de outubro a 15 de novembro dos anos 1999 e 2000 (Tabela 9). As parcelas tiveram 4 linhas de 10,0 metros de comprimento, empregando-se as duas linhas centrais para as avaliações. O espaçamento foi de 80 cm, e a população, de 57.500 plantas por hectare, exceto em Palmital 2000/01. Nessa localidade, o espaçamento foi de 90 cm, e a população, de 55.000 plantas por hectare.

Da mesma maneira que nos subprojetos anteriores, as camadas 0-20 e 20-40 cm do solo foram amostradas para caracterização do N inorgânico do solo (nitrato e amônio) no momento da semeadura. Em Palmital 2000/01 também amostrou-se a camada 40-60 cm. Durante o desenvolvimento da cultura, as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm foram amostradas em duas épocas distintas: imediatamente antes da segunda cobertura, e próximo do florescimento masculino, na mesma faixa onde o adubo de cobertura foi aplicado. Enquanto em Palmital 2000/01 a mostragem foi realizada imediatamente antes do florescimento, em Palmital 1999/00 e Votuporanga 1999/00 foi feita cerca de 15 dias após

Tabela 9. Cronograma de execução dos experimentos no campo e principais estádios da cultura do milho em Votuporanga (SP), no ano agrícola 1999/2000, e Palmital (SP) nos anos agrícolas 1999/2000 e 2000/01

Operações e eventos	Experimento		
	Votuporanga 1999/00	Palmital 1999/00	Palmital 2000/01
Semeadura	29/10/99	6/11/99	15/11/00
Emergência	4/11/99	13/11/99	22/11/00
1ª Adubação de cobertura	29 e 30/11/99	3/12/99	06/12/00
1ª Amostragem solo	03 e 04/12/99	15 e 16/12/99	20 a 22/12/00
2ª Adubação de cobertura	06/12/99	17/12/99	23/12/00
Florescimento	27/12/99 a 05/01/00	10 a 21/01/00	10 a 18/01/01
2ª Amostragem solo	20 e 21/01/00	27 e 28/01/00	05 a 07/01/01
Maturação Fisiológica	08 a 24/02/00	18/02 a 02/03/00	01 a 19/03/01
Colheita grãos	20 e 21/03/00	-	13/04/01

este estádio. A amostragem composta (12 subamostras) envolveu apenas o fator nitrogênio (doses de N em cobertura), independentemente da cultivar. As amostras foram imediatamente congeladas e assim mantidas até o momento das análises.

Realizaram-se as amostragens das plantas nos estádios final do florescimento masculino (todas as plantas com pendão) e maturação fisiológica dos grãos (presença de camada preta na base do grãos) em 1,0 m das duas linhas centrais (dez plantas por parcela), separando-se e determinando-se a produção de massa verde das diferentes partes da planta, a saber: folhas, colmos + pendão e espigas. Na maturação, as folhas foram separadas em verdes e secas, e as espigas, em grãos, sabugos e brácteas. Com exceção dos grãos, as frações foram picadas para coleta de amostras e secadas em estufa a 60°C, determinando-se o teor de matéria seca de cada uma das partes. Para o estudo de fracionamento da planta, as folhas secas e verdes foram consideradas como fração folha, e as brácteas, sabugos e grãos, como fração espiga. Determinou-se o N total nas frações, como descrito no item 3.3, e calculou-se o acúmulo de N na massa seca de dez plantas. A

partir dos valores totais acumulados no final do florescimento masculino e na maturação dos grãos, calculou-se também o acúmulo relativo neste subperíodo (expresso em percentagem do total acumulado durante o ciclo da planta). Ressalte-se que as datas das colheitas foram diferentes para a maioria das cultivares em função da heterogeneidade do ciclo.

As espigas das dez plantas colhidas no estágio de maturação fisiológica foram avaliadas quanto ao número de fileiras e de grãos por fileira. Após a debulha manual dos grãos, avaliaram-se o diâmetro e comprimento do sabugo e a massa de cem grãos, bem como a massa de grãos por espiga. Calcularam-se os valores médios desses parâmetros para cada parcela e estimou-se, a partir da massa de grãos por espiga e do número médio de espigas por planta, a produtividade de grãos por hectare. Nos experimentos Votuporanga 1999/00 e Palmital 2000/0, foram colhidas espigas quando a umidade dos grãos era menor de 23%, em 4,0 m das duas linhas centrais, para a avaliação da produtividade.

A eficiência de uso do N na planta foi calculada através dos métodos descritos por Siddiqui et al. (1981) e Moll et al. (1982), cujos parâmetros foram denominados, respectivamente, eficiência de uso do N no vegetal (Eficiência no vegetal) e proporção do N acumulado nos grãos expresso como porcentagem do acúmulo de N na planta (N grãos / N planta). Essa proporção foi calculada também em relação ao acúmulo de N na planta entre os estádios de florescimento e maturação fisiológica dos grãos.

$$\text{Eficiência N na Planta} = \frac{10 \cdot \text{Massa da planta}}{\text{Teor N na planta}} = \frac{10 \cdot \text{kg}}{\frac{\text{g}}{\text{kg}}} = \frac{10 \cdot \text{kg}^2}{\text{g}}$$

$$\text{Eficiência N nos Grãos} = \frac{10 \cdot \text{Massa dos grãos}}{\text{Teor N nos grãos}} = \frac{10 \cdot \text{kg}}{\frac{\text{g}}{\text{kg}}} = \frac{10 \cdot \text{kg}^2}{\text{g}}$$

$$\text{N grãos / N Planta} = \frac{\text{Acúmulo de N nos grãos} \cdot 100}{\text{Acúmulo de N na planta na maturação}} = \frac{\text{kg} \cdot 100}{\text{kg}}$$

$$\text{Ngrãos/Nplanta Mat - Flor} = \frac{\text{Acúmulo de N nos grãos} \cdot 100}{\text{Acúmulo de N na planta na maturação - florescimento}} = \frac{\text{kg} \cdot 100}{\text{kg}}$$

Estimou-se a eficiência agronômica do fertilizante na planta e nos grãos, considerando-se que o acúmulo de N na planta foi proveniente apenas do fertilizante (Dwyer et al., 1995). É comum o emprego do termo recuperação aparente do N do fertilizante quando o cálculo da relação N acumulado / N aplicado é específico para a planta. Optou-se por empregar apenas o termo eficiência agronômica do fertilizante para facilitar as comparações entre grãos e planta.

$$\text{Eficiência Agronômica Planta} = \frac{\text{Acúmulo de N planta na dose X}}{\text{N fertilizante dose X}} = \frac{\frac{\text{g}}{\text{planta}}}{\frac{\text{g}}{\text{planta}}}$$

$$\text{Eficiência Agronômica Grãos} = \frac{\text{Acúmulo de N grãos na dose X}}{\text{N fertilizante dose X}} = \frac{\frac{\text{g}}{\text{planta}}}{\frac{\text{g}}{\text{planta}}}$$

Estimou-se ainda o acúmulo relativo de matéria seca e de nitrogênio após o florescimento, expresso como percentagem do acúmulo na planta ou espiga no estágio de maturação fisiológica dos grãos.

$$\text{Acúmulo Relativo Planta Mat - Flor} = \frac{(\text{Acúmulo de N na planta maturação} - \text{florescimento}).100}{\text{Acúmulo de N na planta maturação}} = \frac{\text{kg}.100}{\text{kg}}$$

$$\text{Acúmulo Relativo Espigas Mat - Flor} = \frac{(\text{Acúmulo de N nas espigas maturação} - \text{florescimento}).100}{\text{Acúmulo de N nas espigas maturação}} = \frac{\text{kg}.100}{\text{kg}}$$

Construíram-se curvas de acúmulo de matéria seca e nitrogênio no experimento de Palmital 2000/01. Coletaram-se dez plantas por tratamento, independentemente da repetição, de 15 em 15 dias a partir da emergência até os 105 dias, em 9 de março de 2001. Calculou-se a somatória térmica desses períodos considerando-se a temperatura base igual a 10°C e o valor da máxima em que ocorre assimilação líquida de massa na planta igual a 32°C (Brunini et al. 1976). As avaliações em dias corresponderam aos seguintes graus dias: 15=209, 30=429, 45=668, 60=904, 75=1150, 90=1384 e 105=1625. As plan-

tas inteiras foram picadas, retirando-se amostras para a determinação da massa seca e do teor de nitrogênio no tecido vegetal.

Como não houve interação entre genótipos e nitrogênio para os parâmetros acúmulo de massa seca e acúmulo de nitrogênio, analisaram-se os efeitos da adubação e das cultivares separadamente. As doses de nitrogênio ou as cultivares foram consideradas como repetições, e o delineamento foi o de blocos ao acaso (doses = blocos) no esquema de parcelas subdivididas no tempo (épocas de amostragem).

3.3 Determinação do Nitrogênio no Solo e Tecido Vegetal

O teor de N total nos tecidos vegetais foi determinado por destilação a vapor pelo método semi-micro Kjeldahl, do extrato obtido pela digestão sulfúrica de 100 mg de matéria seca, de acordo com Bataglia et al. (1978). O N-amoniacal e o N-nítrico do solo foram determinados por microdestilação a vapor, conforme descrito por Bremner & Keeney (1965). O N inorgânico no solo foi extraído por solução de KCl 2 mol L⁻¹ e destilado após a adição de MgO (alcaliniza o meio e converte o N-NH₄⁺ em N-NH₃). O amônio foi arrastado por vapor e recolhido em solução de ácido bórico contendo uma mistura de indicadores. Em seguida, o extrato foi tratado com liga de Devarda para reduzir o NO₃⁻ e o NO₂⁻ a NH₃, o qual foi também destilado por arraste de vapor e recolhido em um segundo frasco com o ácido bórico e indicadores:

3.4 Avaliações da Qualidade Física dos Grãos

Amostras de grãos obtidas em dois experimentos do subprojeto genótipos x nitrogênio, conduzidos em Palmital e Votuporanga no ano agrícola 2000/2001, e do experimento do subprojeto partição em Palmital em 2000/01, foram avaliadas quanto à qualidade física dos grãos. Os cultivares empregados no presente estudo diferem quanto à textura dos grãos, tendo-se incluído cultivares com grãos semi-dentados, semi-duros e duros (Tabela 10, Anexos 12 e 13).

Tabela 10. Caracterização dos cultivares e relação dos experimentos em que a qualidade física dos grãos foi avaliada.

Cultivar	Características dos grãos					Experimento ⁽¹⁾
	Aparência	Duros %	Cor	Óleo g kg ⁻¹	Proteína g kg ⁻¹	
P 32R21	Dentado	20	Amarelo	38	93	Pal-M
XL 212	Dentado	0	Amarelo opaco	47	88	Pal-M
BR 3123	Semi-dente	90	Amarelo/Vermelho	52	88	Vot, Pal, Pal-M
BR 4157	Duro	100	Laranja opaco	47	106	Vot, Pal, Pal-M
Dina 766	Semi-dente	40	Amarelo	57	90	Vot, Pal
8410	Semi-duro	80	Amarelo brilhante	48	102	Vot, Pal
CO 9560	Semi-duro	80	Amarelo	50	91	Vot, Pal
Master	Semi-duro	90	Amarelo	48	91	Vot, Pal
Tork	Semi-duro	90	Amarelo	49	92	Vot, Pal
XL 251	Semi-duro	75	Amarelo	51	93	Vot, Pal
AG 1051	Dentado	15	Laranja opaco	58	88	Pal, PalM
C 333B	Semi-duro	60	Amarelo	53	103	Pal

⁽¹⁾ Pal-M refere-se a Palmital colhido na maturação, Pal e Vot correspondem a Palmital e Votuporanga colhidos com umidade dos grãos inferior a 27%.

As parcelas foram colhidas manualmente quando a cultivar mais tardia apresentava menos de 27% de umidade, e debulhadas mecanicamente, exceto as do suprojeto partição em Palmital. Nesse experimento, as espigas foram colhidas na maturidade fisiológica dos grãos e debulhadas manualmente depois de secagem ao ar, sendo denominadas Palmital-Maturação (Palm-Mat).

Os grãos provenientes dos dois experimentos do subprojeto genótipos x nitrogênio foram armazenados em câmara fria a -4°C, e os do suprojeto partição foram refrigerados a 16°C. Em maio de 2002 os grãos foram enviados para a Universidade de Nebraska – Lincoln, onde se avaliaram parâmetros de qualidade física. Amostras sem impurezas e grãos quebrados, peneiradas em malha de 5mm e apresentando baixa umidade (Palm-

Mat = 11,0 a 12,0% e Votuporanga e Palmital = 10,0 a 11,0%), foram deixadas em contato com o ar ambiente para equilibrar a umidade.

A determinação da massa de um volume conhecido de grãos (“Test weight”) foi realizada em aparelho Dickey-John (Modelo GAC II, Dickey John Corp., Auburn, IL, USA). A suscetibilidade ao quebramento foi avaliada empregando o “Wisconsin Breakage Susceptibility Test”, de acordo com os procedimentos descritos por Paulsen and Hill (1985). A percentagem de quebramento foi calculada a partir da massa da fração que permaneceu na peneira de 5,6 mm. Foi determinada a percentagem de grãos flutuantes quando imersos em solução de nitrato de sódio 31,3° Baumé a 60°C, correspondendo à massa específica de 1,276 (Peplinski et al., 1989). A densidade específica foi avaliada utilizando-se picnômetro em comparação com ar (Wu and Bergquist, 1991). Determinou-se a dureza dos grãos pelos métodos “Tangential Abrasive Dehulling Device” (TADD) e “Stenvert Hardness Test” (Anexos 14 e 15). A percentagem de perda pelo método TADD foi calculada depois de se submeter 20 g de grãos à abrasão durante 10 minutos e remover o material desprendido (Reichart et al., 1986). No “Stenvert Hardness Test”, 20 g de milho foram moídas utilizando moinho de micro-martelos com peneira de 2mm e rotação de 3600rpm. Foram avaliados o tempo para a moagem e a altura do material moído em tubo de coleta (Pomeranz et al., 1985).

3.5 Análise Estatística

Empregou-se o programa estatístico SANEST para as análises de variância dos resultados agronômicos nos três subprojetos, e o programa estatístico SAS (SAS, 1989). para as análises agronômicas conjuntas no subprojeto genótipos x nitrogênio e para todas as análises de N inorgânico no solo e de qualidade física dos grãos.

Nos subprojetos Parcelamento e Partição, o efeito doses de nitrogênio sobre o teor de N inorgânico, $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no solo foi estudado por contrastes ortogonais. No subprojeto Parcelamento os contrastes foram os seguintes: testemunha x adubado, dose 60 kg ha⁻¹ x dose 240 kg ha⁻¹, (0 na base + 60 em cobertura) x (60 na base + 0 em cobertura), (60 na base + 180 em cobertura) x (120 na base + 120 em cobertura). Já no sub-

projeto Partição, os contrastes foram específicos para a adubação de cobertura: testemunha x adubado, dose 60 kg ha⁻¹ x (dose 120 e 180 kg ha⁻¹), dose 120 kg ha⁻¹ x dose 180 kg ha⁻¹. Os contrastes ortogonais também foram empregados para o estudo do efeito profundidade, comparando-se a camada mais superficial (0-10 cm ou 10-20 cm) x demais e a 20-40 cm x 40-60 cm. Apenas em Votuporanga 1998/99, onde a camada 0-20 cm foi subdividida em 0-10 e 10-20 cm, comparou-se também a camada 10-20 cm x (20-40 e 40-60 cm). Desdobou-se o efeito profundidade em cada dose, mesmo que a interação tratamento x profundidade não foi significativa.

No estudo dos parâmetros agrônômicos dos subprojetos genótipos x nitrogênio e partição, comparou-se o efeito de cultivares pelo teste Tukey 5%, e o efeito das doses de nitrogênio, por meio de regressão polinomial. No subprojeto parcelamento, os tratamentos doses de nitrogênio foram comparados por contrastes ortogonais (Tabela 11).

No estudo da curva de acúmulo, as cultivares foram estudadas através de contrastes ortogonais, comparando-se: tropicais (AG 1051, BR 3123 e BRS 4157) x temperadas (DKB 212 e P 32R21), AG 1051 x (BR 3123 e BRS 4157), BR 3123 x BRS 4157 e DKB 212 x P 32R21. Devido à massa seca da parte aérea ter sido muito pequena aos 15 dias após a semeadura, desconsiderou-se esta época nas análises de variância. Como alguns nutrientes e cultivares apresentaram valores de acúmulo aos 105 dias inferiores aos obtidos aos 90 dias, desconsiderou-se também essa época na análise de variância do acúmulo para evitar possíveis interferências das perdas nos resultados. O efeito de épocas foi avaliado por meio de regressão polinomial. Além dessas análises, procedeu-se a análise de variância do acúmulo de matéria seca e nitrogênio considerando-se todas as épocas, para construir curvas de acúmulo para cultivares e doses de nitrogênio.

As análises de qualidade física dos grãos foram realizadas em duplicata, calculando-se as médias para as análises estatísticas. Procedeu-se a análise de variância de cada experimento e a análise conjunta de Palmital e Votuporanga utilizando-se oito cultivares comuns. O efeito das doses foi estudado por regressão polinomial. Como a interação N x cultivar foi desprezível para quase todos os parâmetros avaliados, optou-se por apresentar apenas os efeitos das doses de nitrogênio sobre a qualidade dos grãos.

Tabela 11. Contrastes ortogonais referentes ao subprojeto parcelamento da adubação nitrogenada em cultivares de milho

Contraste	Modelo ⁽¹⁾
N240 x demais	$(T8+T9) \times (T1+T1''+T2+T3+T4+T5+T6+T7)$
Dentro de N240	$T8 \times T9$
N somente em cobertura x (60N base + Ncobertura)	$(T1+T2+T3+T4) \times (T1''+T5+T6+T7)$
Dentro de N somente em cobertura	Regressão polinomial (0, 60, 120 e 180 de N)
Dentro de (60N base + N cobertura)	Regressão polinomial (0, 60, 120 e 180 de N)

⁽¹⁾ Tratamentos mencionados no Quadro 3

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Nitrogênio no Solo

Nas amostragens realizadas no momento da semeadura, houve grande variabilidade nos resultados de N inorgânico entre os locais e gradiente de N inorgânico entre as camadas 0-20 e 20-40 cm para a maioria dos solos (Tabela 12). Os menores valores foram encontrados em Itapeva 1998/99 e Votuporanga 1999/2000. Os latossolos roxos de Palmital e Cândido Mota apresentaram os maiores teores de N inorgânico e predominância de nitrato em relação ao amônio no solo original. Esse maior teor de nitrato no solo continuou na testemunha durante o desenvolvimento da cultura apenas em Palmital 00/01 (Figuras 9 a 23 e Tabelas 13 a 17). Provavelmente a ausência de gradiente de N nas camadas do solo no tratamento testemunha seja devida ao fato de as plantas absorverem nitrogênio principalmente da camada superficial do solo, onde se concentra a maior parte do sistema radicular.

Comparando as condições ambientais e os valores de N no solo nas amostragens realizadas durante o desenvolvimento da cultura, verifica-se que os valores de N inorgânico na segunda amostragem foram muito baixos quando os excessos hídricos foram significativos. É o caso de Cândido Mota e Votuporanga em 1998/99 e Votuporanga em 1999/00. Em Votuporanga 1998/99 não se evidenciou mais o efeito de tratamento na segunda amostragem, e os teores de N inorgânico foram baixos na primeira amostragem mesmo nos tratamentos onde se aplicaram $120 + 60 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (base + 1ª cobertura). Isso se deve, provavelmente, ao solo arenoso, ao uso da irrigação, ao emprego contínuo de gramíneas na área nos dois anos que antecederam o experimento e ao crescimento de plantas de aveia preta nas entrelinhas do milho,

Tabela 12. Teores de nitrogênio inorgânico no solo por ocasião da semeadura do milho nos experimentos de adubação

Local	Ano	0-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃
..... μg g ⁻¹							
Votuporanga ⁽¹⁾	98/99	6,48	4,27	4,49	1,38	3,24	2,90
Cândido Mota ⁽¹⁾	98/99	4,07	7,69	3,53	8,59	2,90	10,63
Itapeva N x G	98/99	2,70	2,70	3,09	3,09	-	-
Votuporanga ⁽¹⁾	99/00	2,41	2,41	2,07	2,76	-	-
Palmital ⁽¹⁾	99/00	2,59	6,21	1,55	4,14	-	-
Votuporanga NxG	00/01	-	-	-	-	-	-
Palmital Partição	00/01	4,11	6,46	2,94	9,1	2,35	6,46
Palmital NxG	00/01	2,93	5,52	1,55	2,07	-	-

⁽¹⁾ Experimentos dos diferentes subprojetos em áreas adjacentes

aumentando a demanda pelo nitrogênio do solo.

Comparando-se os resultados das Figuras 9 e 10 entre si, nota-se que em Votuporanga em 1998/99 predominou a forma de N-amônio nas duas épocas de amostragem, em quase todos os casos. Como já mencionado, as quantidades de amônio e nitrato encontradas no solo nas duas amostragens realizadas no experimento de Votuporanga em 1998/99 foram baixas, não atingindo 8 μg g⁻¹. Esse fato ocorreu independentemente da dose e da época de aplicação do nitrogênio. Como a primeira amostragem foi feita cerca de 35 dias depois da adubação de semeadura, constata-se que, mesmo nesse curto espaço de tempo, o nutriente aplicado havia sido totalmente absorvido pela cultura, imobilizado pelos microrganismos do solo ou lixiviado.

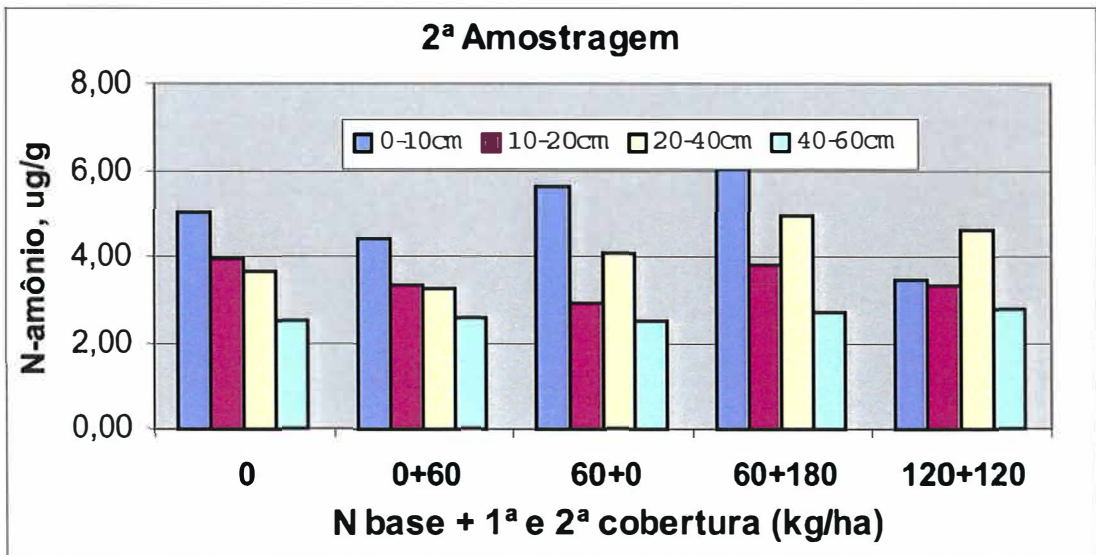
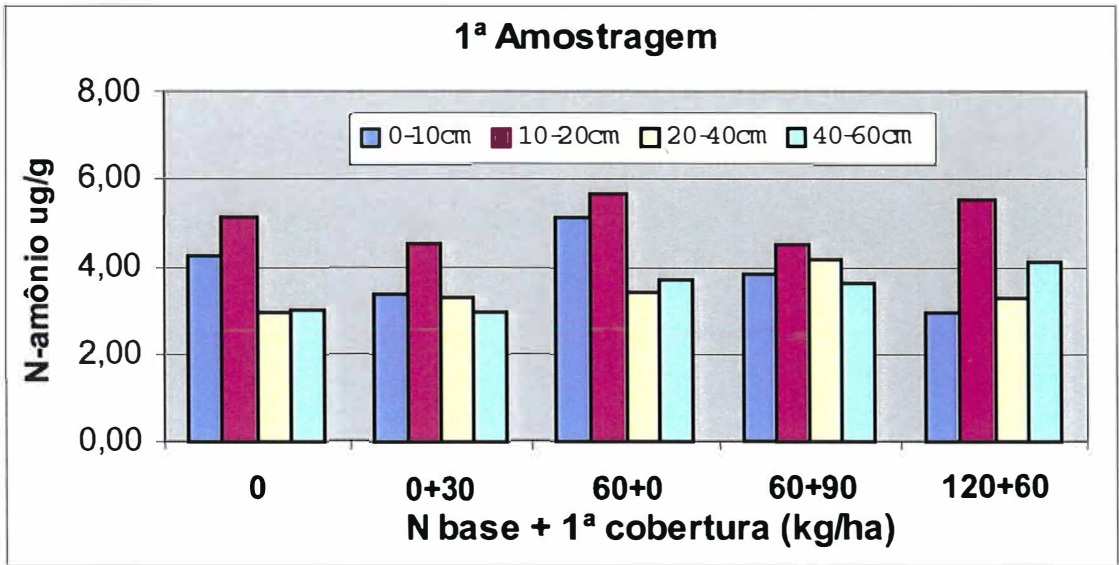


Figura 9- Teor de $N-NH_4^+$ em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades, imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio", realizado em Votuporanga em 1998/99

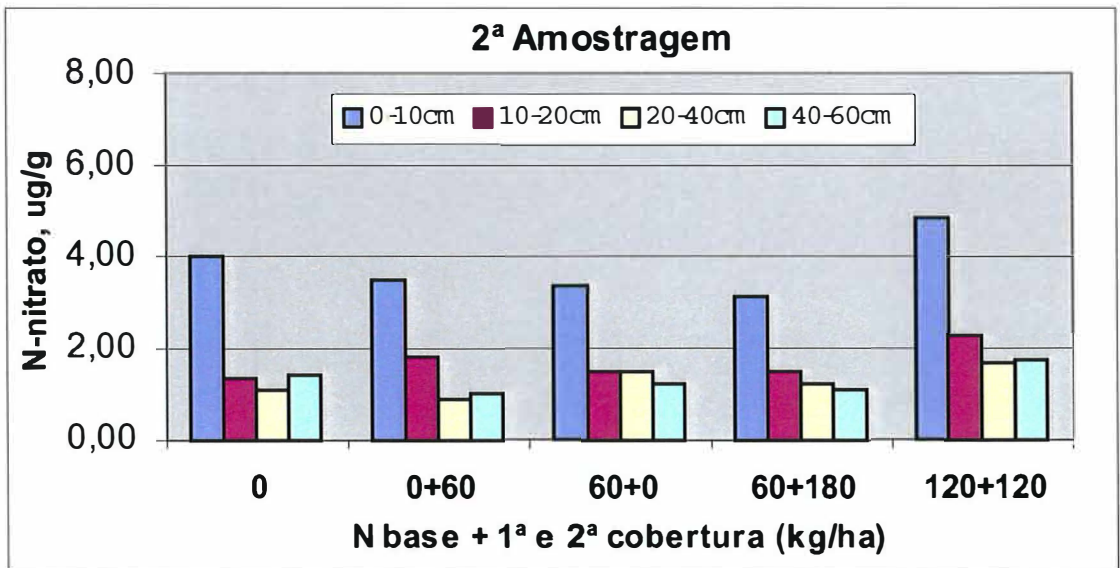
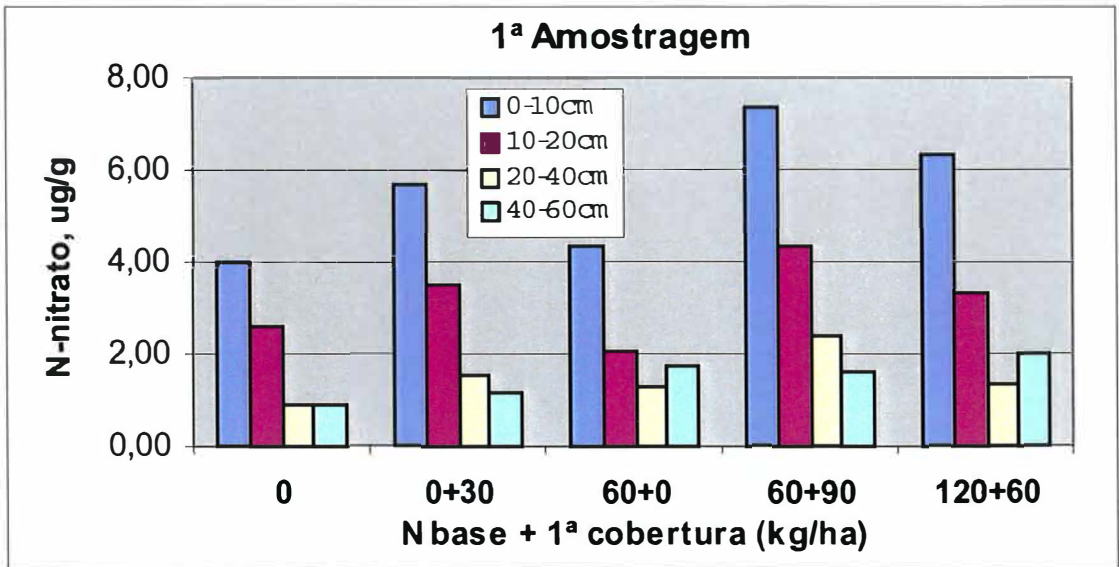


Figura 10- Teor de N-NO_3^- em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio", realizado em Votuporanga em 1998/99

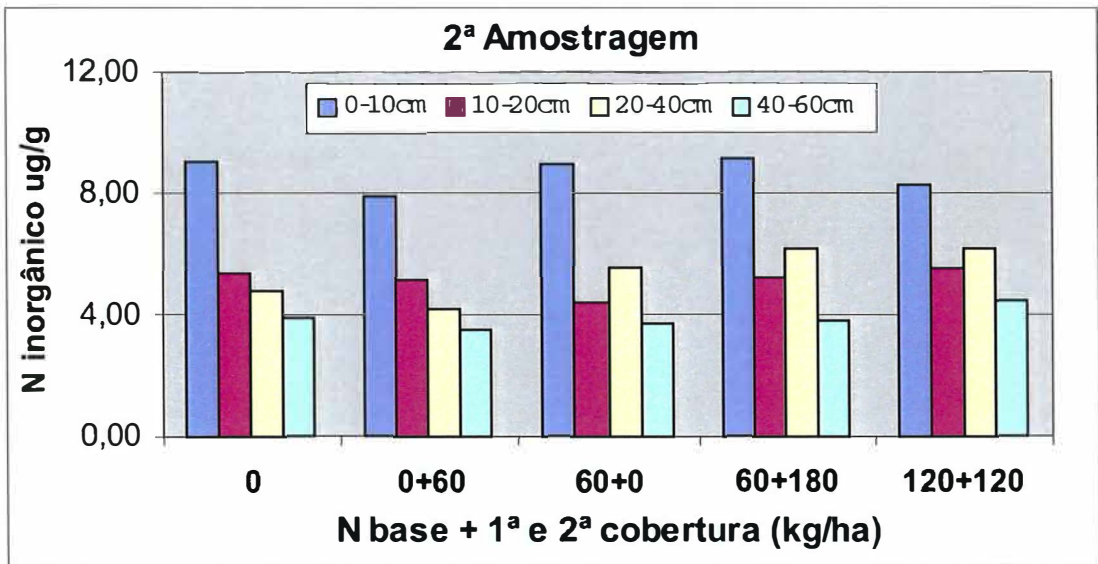
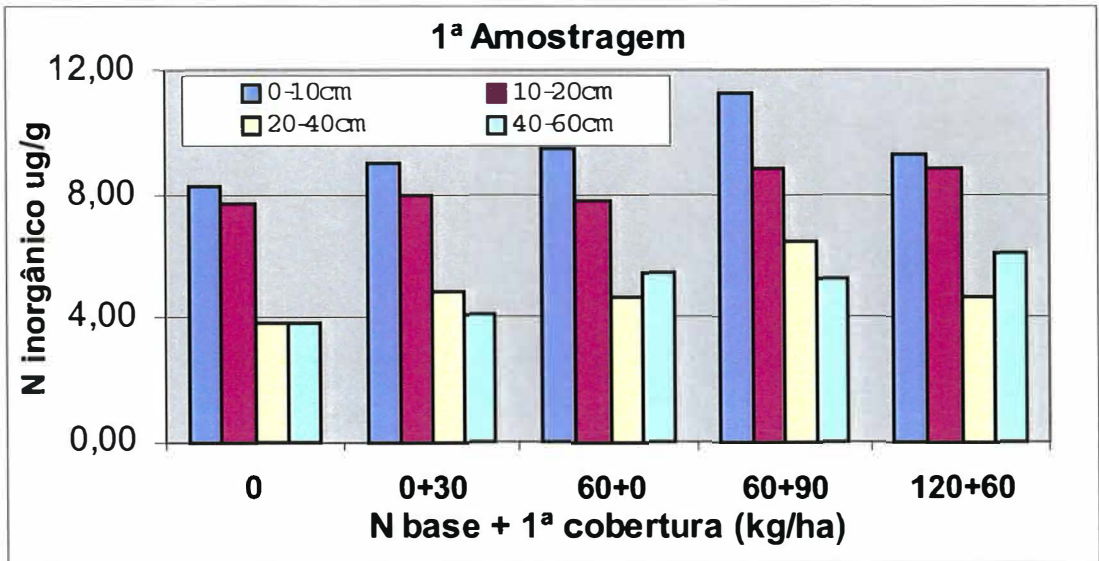


Figura 11- Teor de nitrogênio inorgânico ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio", realizado em Votuporanga em 1998/99

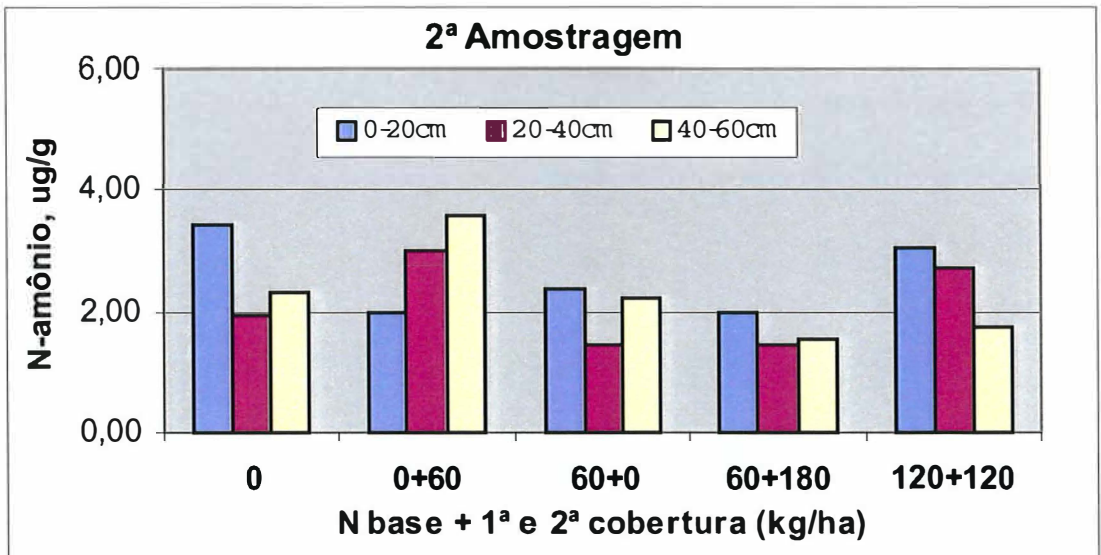
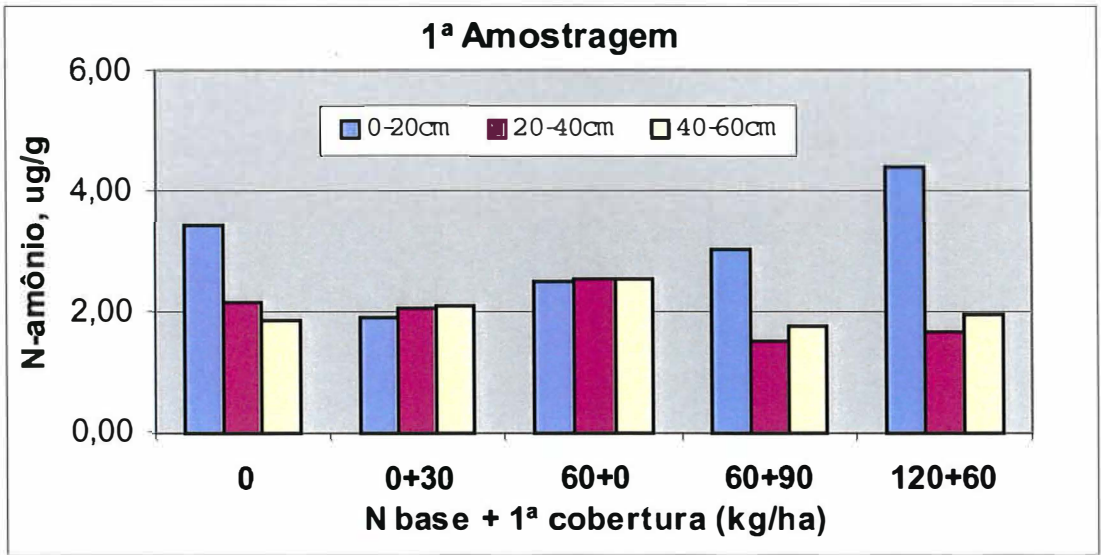


Figura 12- Teor de $N-NH_4^+$ em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio", realizado em Cândido Mota em 1998/99

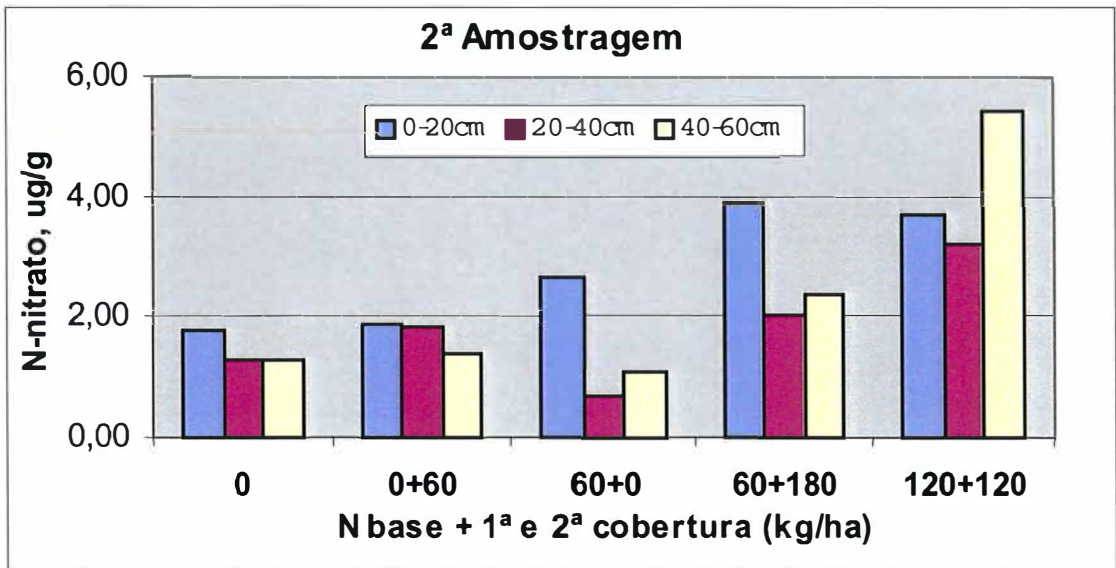
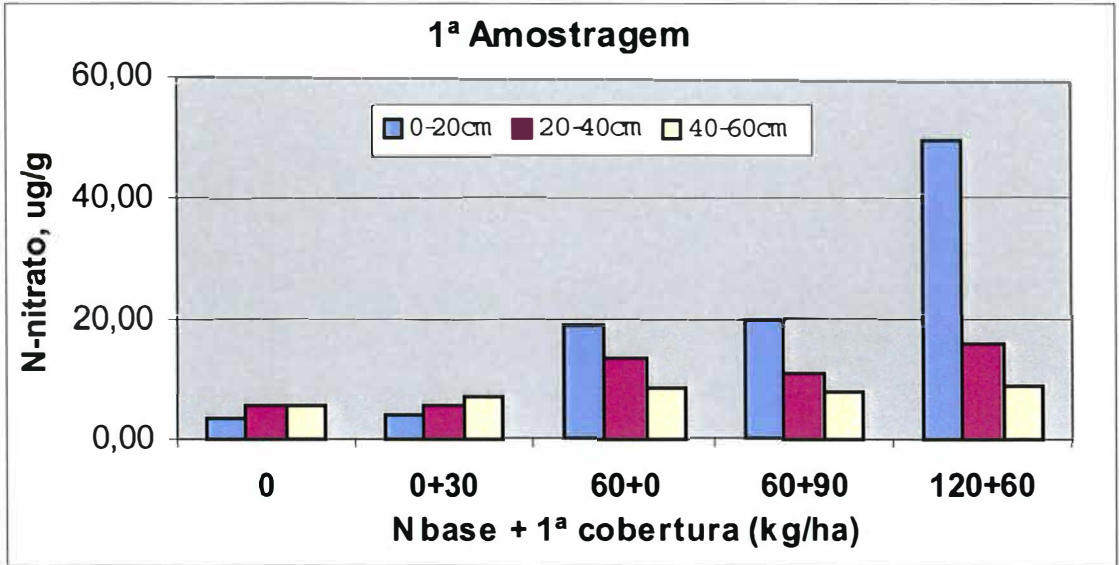


Figura 13- Teor de N-NO_3^- em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio", realizado em Cândido Mota em 1998/99

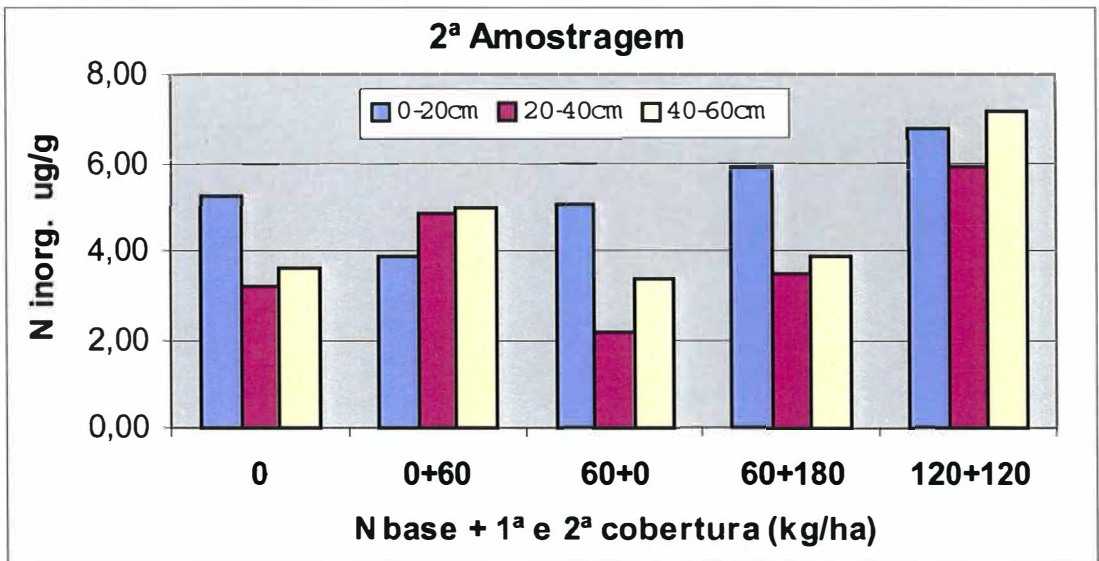
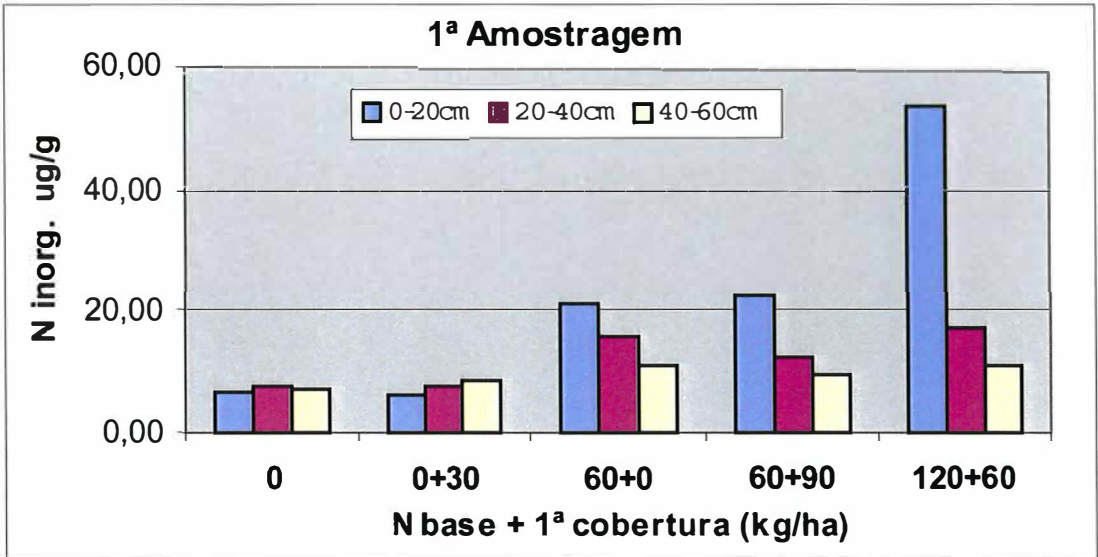


Figura 14- Teor de nitrogênio inorgânico ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Parcelamento e Doses de Nitrogênio", realizado em Cândido Mota em 1998/99

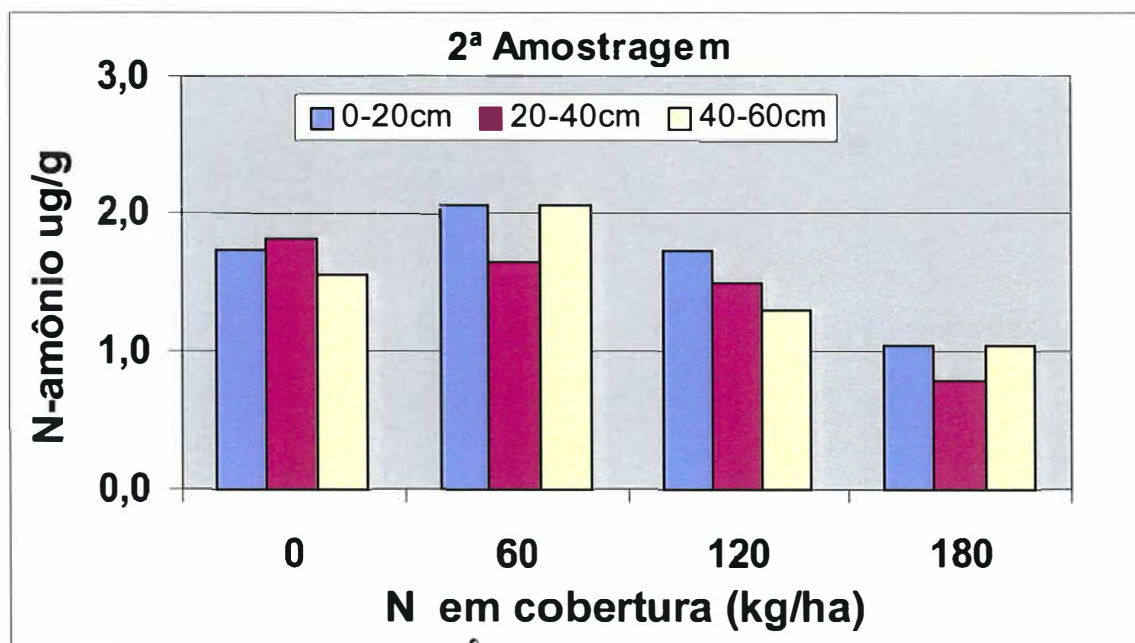
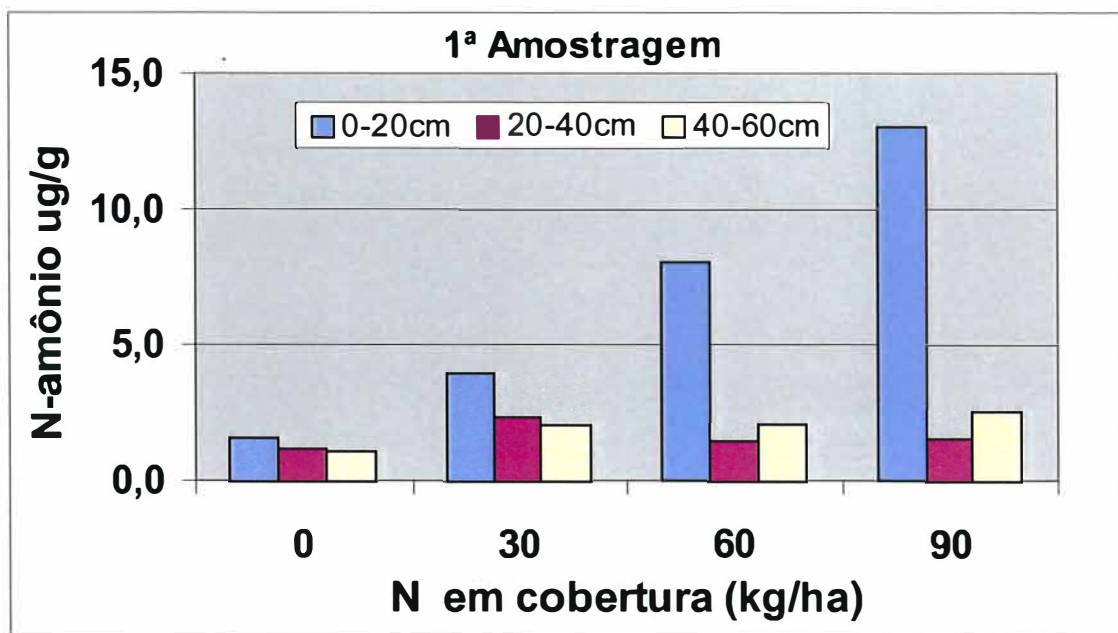


Figura 15- Teor de $N-NH_4^+$ em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades, imediatamente antes da segunda cobertura e cerca de 20 dias após o florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Votuporanga em 1999/2000.

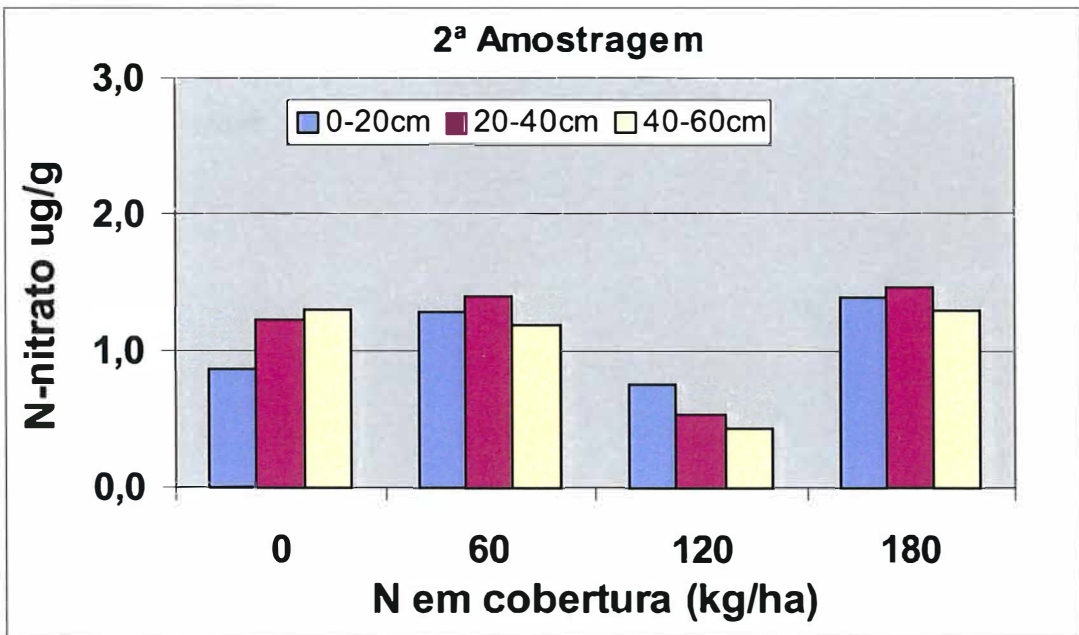
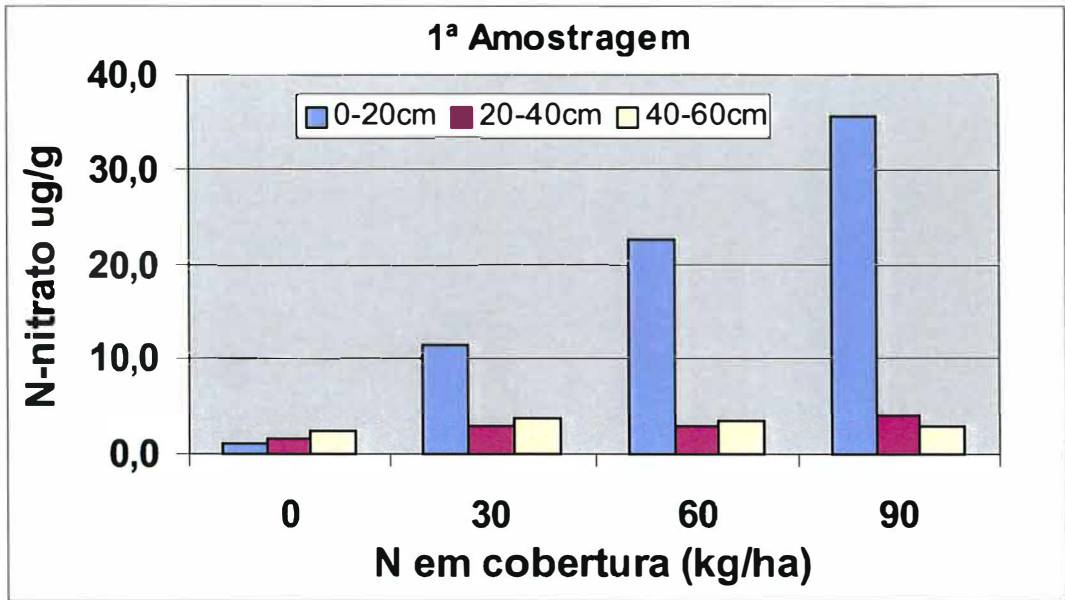


Figura 16- Teor de $N-NO_3^-$ em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e cerca de 20 dias após o florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Votuporanga em 1999/2000.

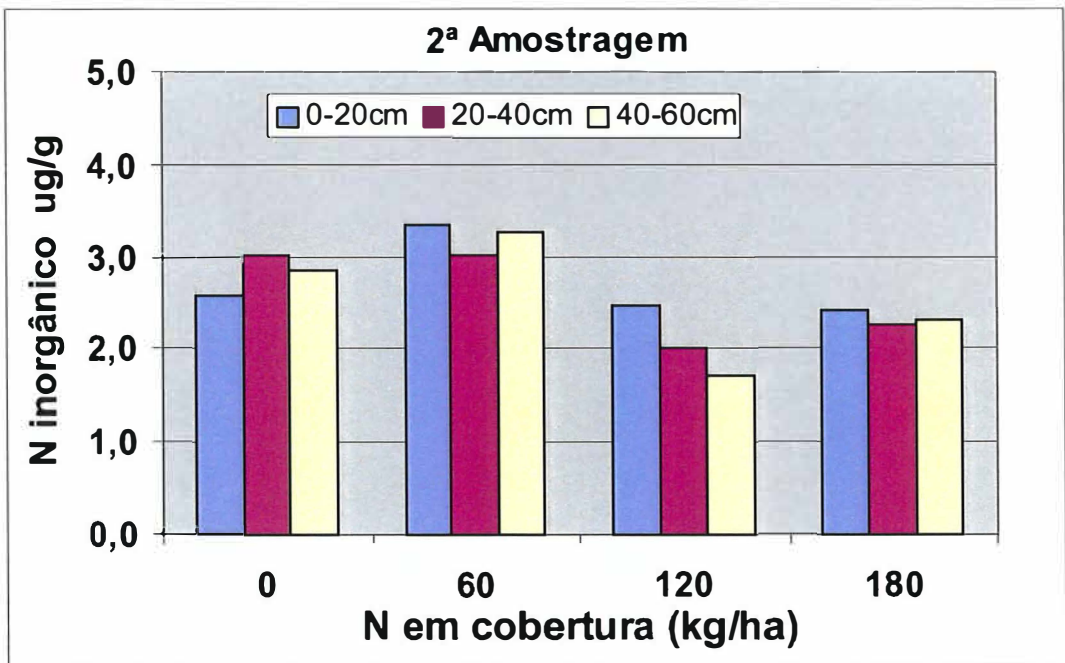
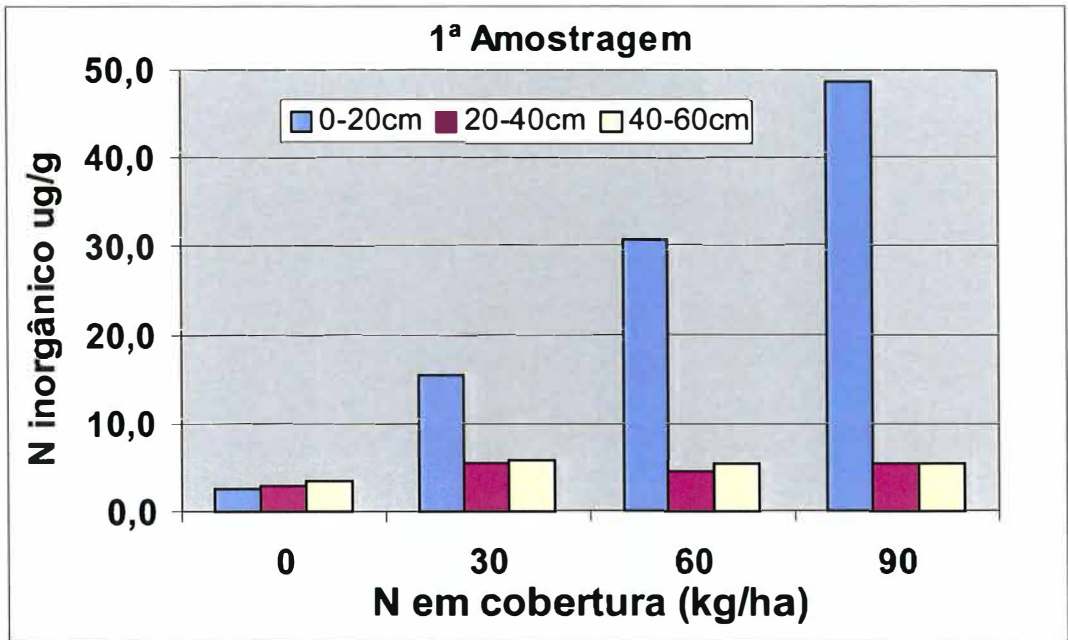


Figura 17- Teor de nitrogênio inorgânico ($N\text{-NO}_3^- + N\text{-NH}_4^+$) em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e cerca de 20 dias após o florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Votuporanga em 1999/2000.

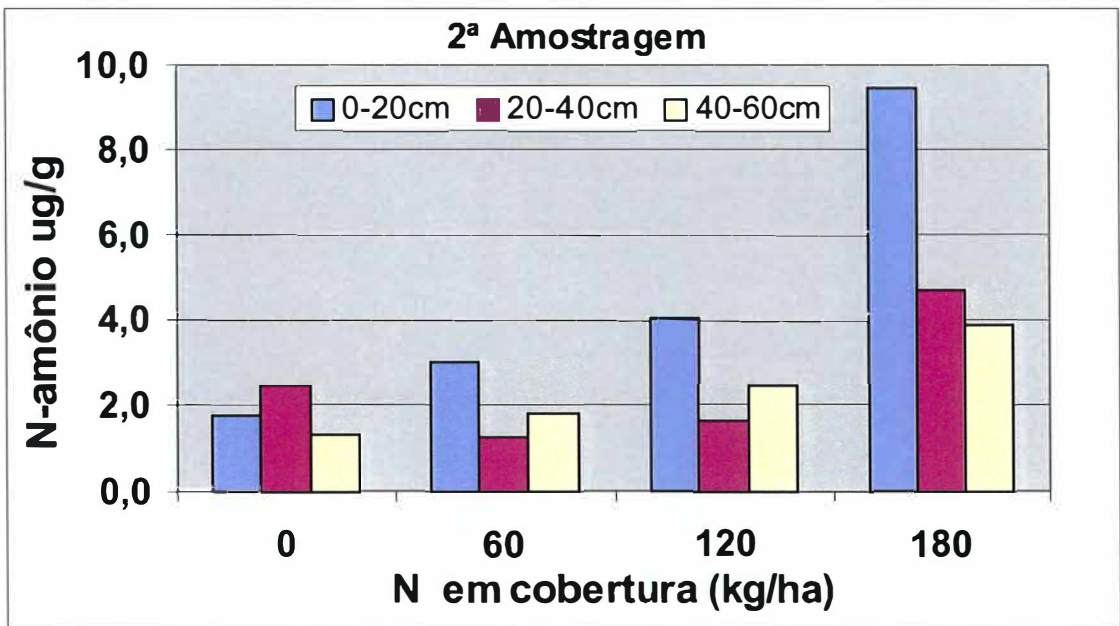
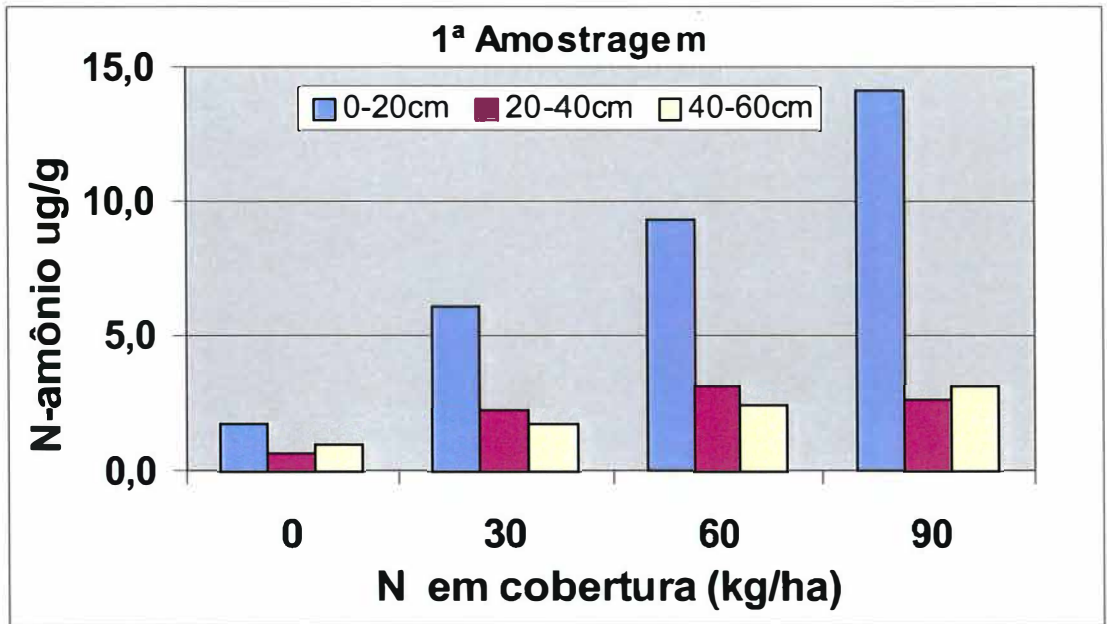


Figura 18- Teor de $N-NH_4^+$ em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades, imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Palmital em 1999/2000.

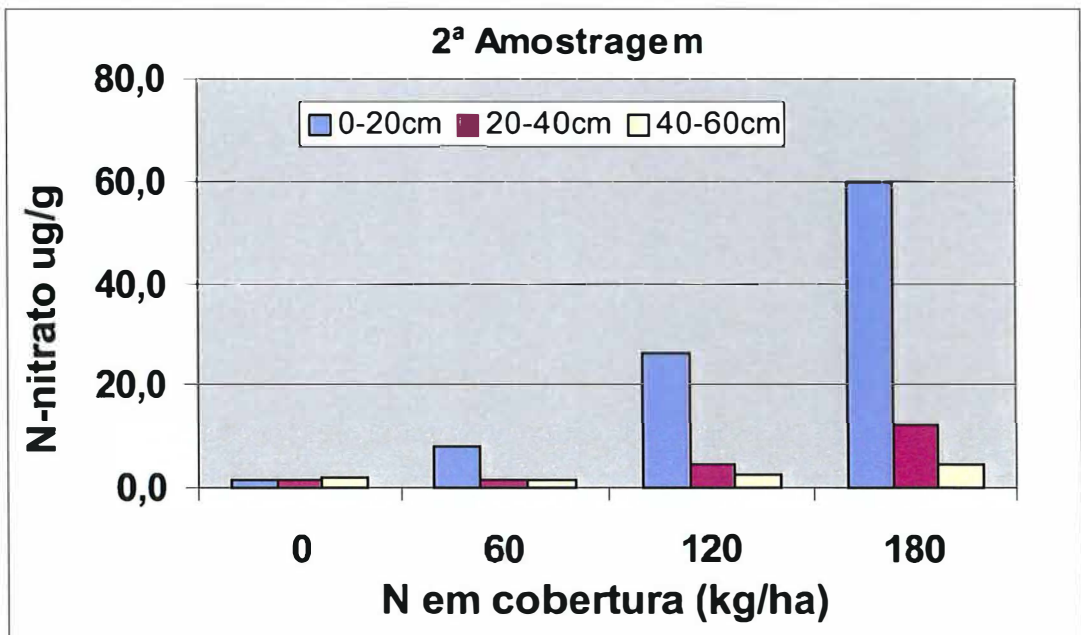
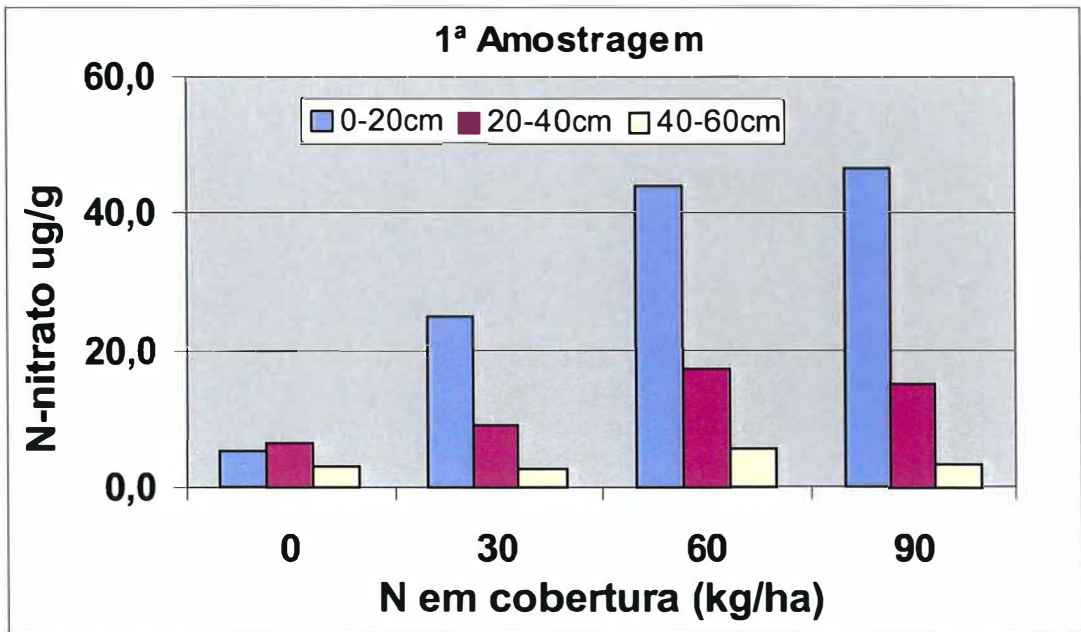


Figura 19- Teor de N-NO_3^- em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Palmital em 1999/2000.

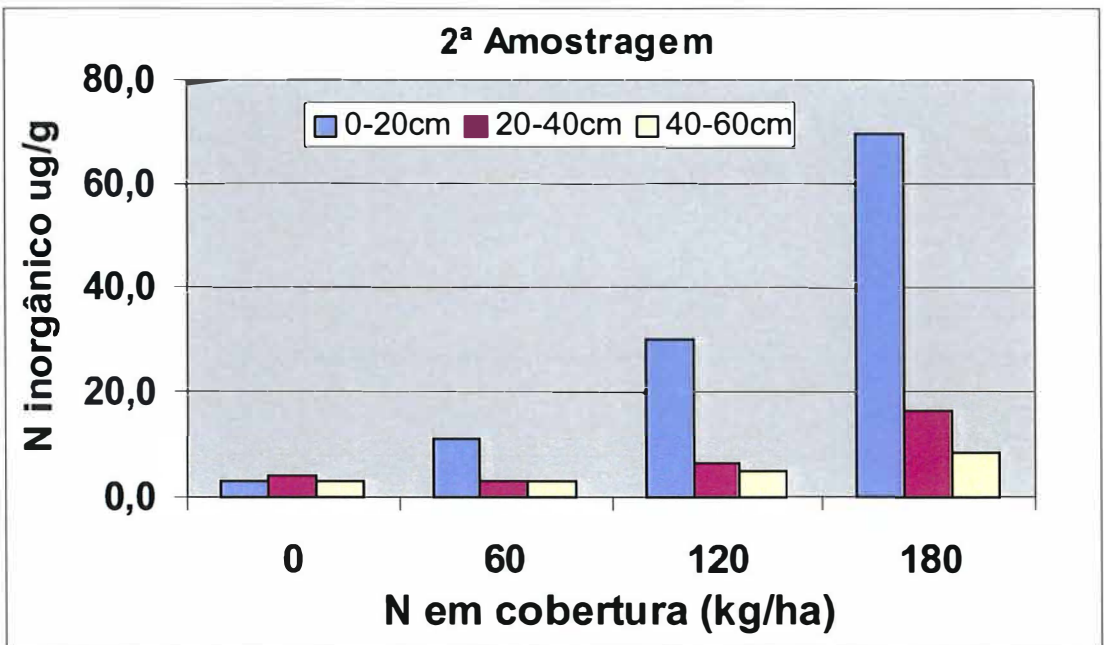
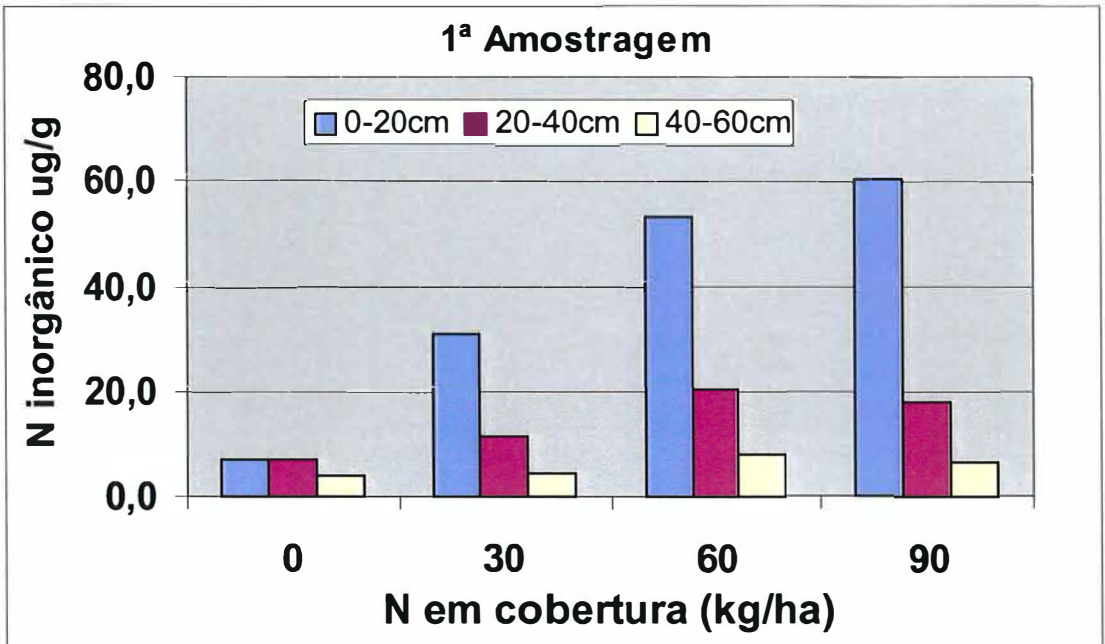


Figura 20- Teor de nitrogênio inorgânico ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e após o florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Palmital em 1999/2000.

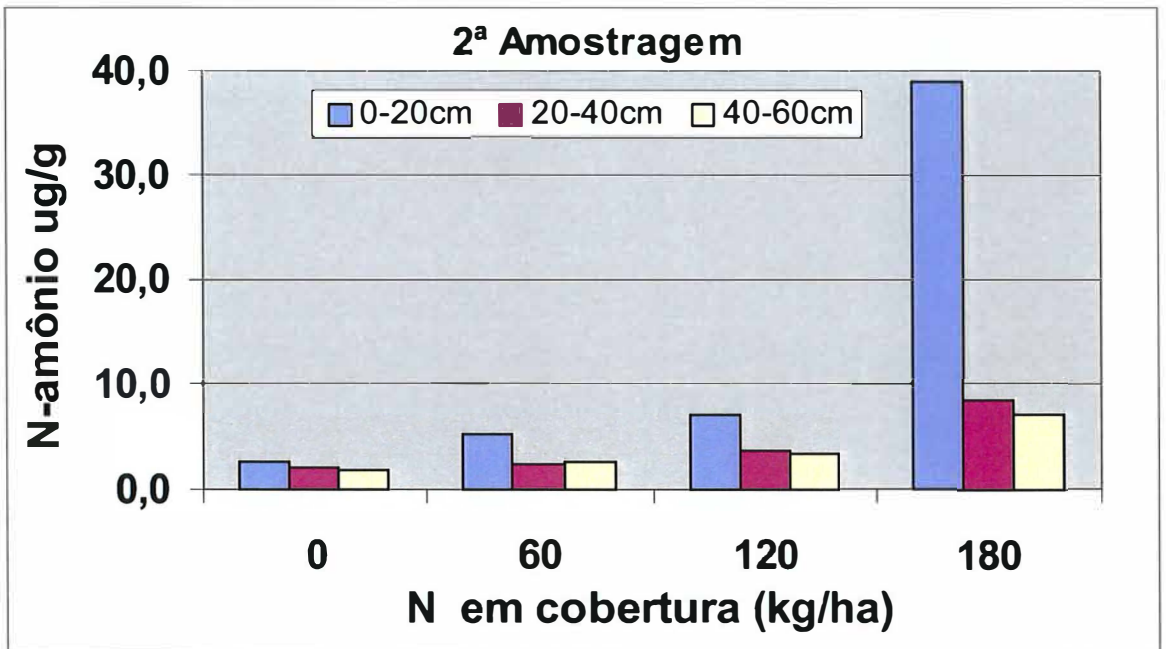
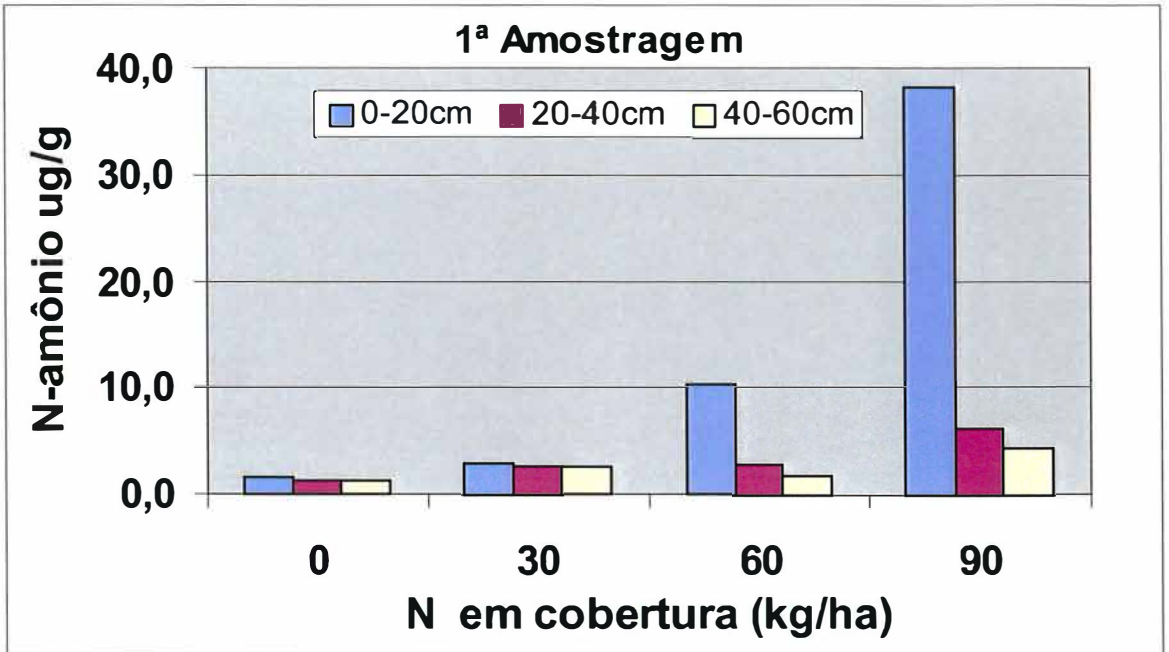


Figura 21- Teor de N-NH_4^+ em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades, imediatamente antes da segunda cobertura e do florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Palmital 2000/2001.

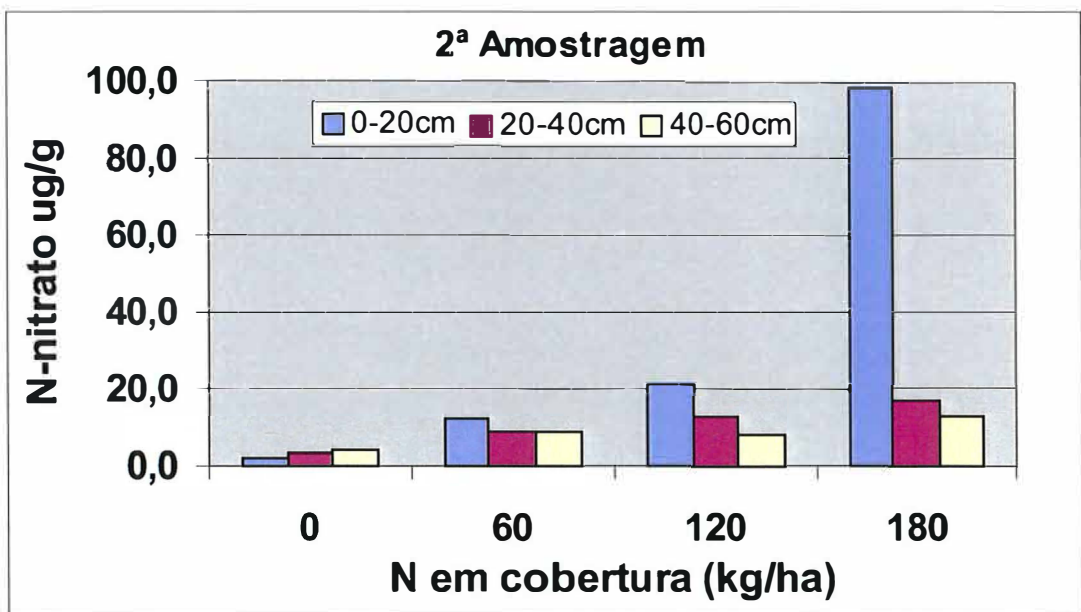
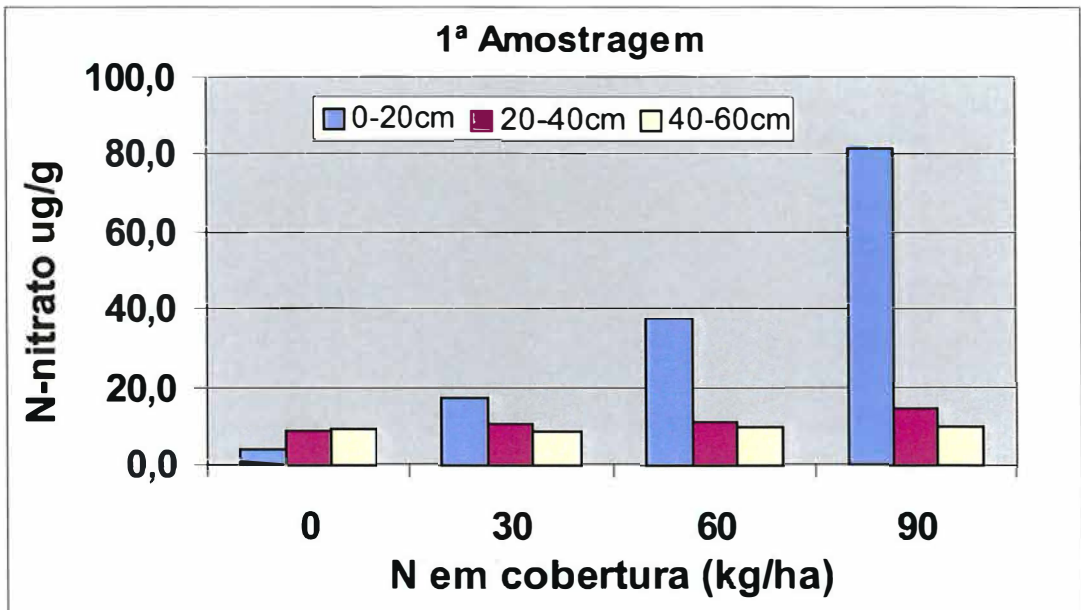


Figura 22- Teor de N-NO_3^- em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da segunda cobertura e do florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Palmital 2000/2001.

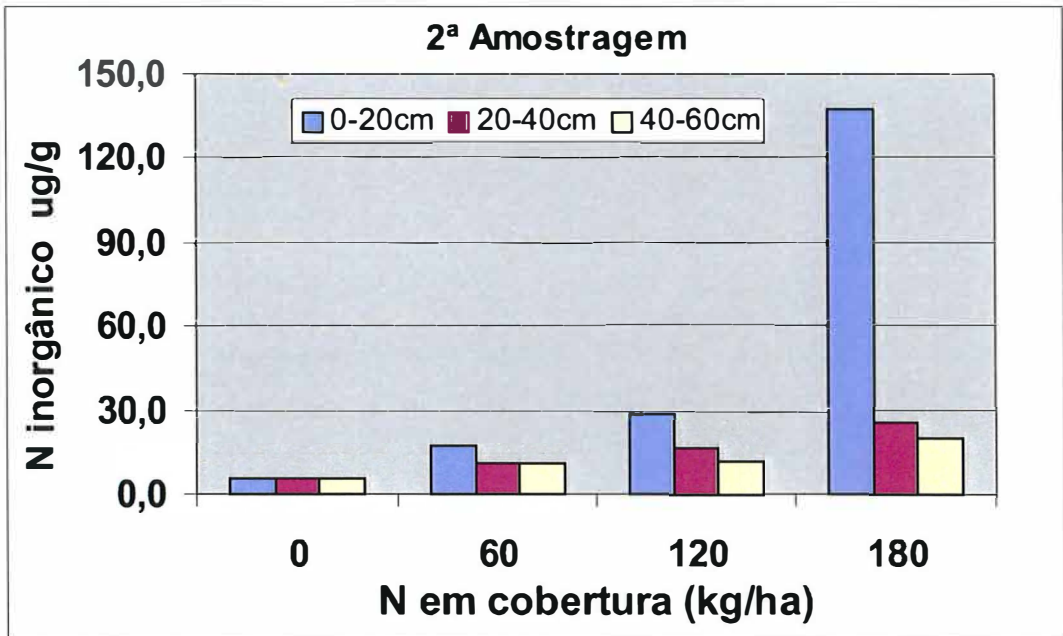
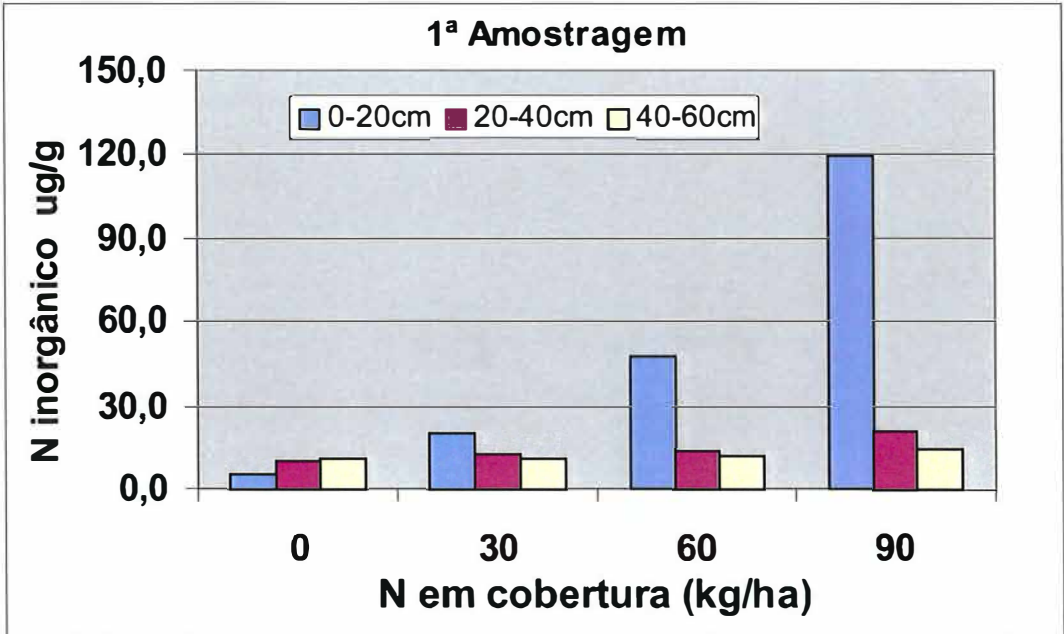


Figura 23- Teor de nitrogênio inorgânico ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) em amostras de solo retiradas em diferentes profundidades imediatamente antes da primeira e da segunda cobertura e do florescimento, no subprojeto "Acúmulo e Partição do Nitrogênio em Genótipos de Milho", realizado em Palmital 2000/2001

Já em Votuporanga 1990/00, onde os teores de N na camada 0-20 cm aumentaram de maneira mais expressiva com a adubação nitrogenada, na primeira amostragem predominou nitrato na camada superficial, exceto na testemunha (Figuras 15 e 16). Na segunda amostragem prevaleceu o nitrogênio na forma de amônio, exceto na dose 180 kg ha⁻¹ em todas as profundidades.

No experimento em Cândido Mota, mesmo nas parcelas adubadas, as quantidades de N-amoniaco foram igualmente baixas em ambas as épocas de amostragem (Figura 12), mas as de N-nitrato foram da ordem de 20 a 50 µg g⁻¹ na primeira amostragem (realizada imediatamente antes da segunda cobertura e cerca de 50 dias após a semeadura), nas parcelas que receberam nitrogênio (Figura 13). Na primeira amostragem os teores de nitrato foram aparentemente maiores do que os de amônio nas parcelas com 60 e 120 kg ha⁻¹ de N no sulco de semeadura, enquanto na ausência de adubação nitrogenada, os valores de nitrato e amônio foram semelhantes. Isso mostra que nessa época o amônio aplicado já havia sido totalmente nitrificado, imobilizado ou absorvido pela cultura, mas ainda havia um pequeno resíduo da adubação na forma nítrica. Na segunda época de amostragem, contudo, esse resíduo não estava mais presente no solo, pois as concentrações de N inorgânico caíram para menos de 6 µg g⁻¹ e igualaram-se à da testemunha.

Em Palmital em 1999/00 e 2000/01, na primeira amostragem predominou o nitrato em todos os tratamentos e profundidades (Figuras 18 a 23). Na segunda amostragem em 2000/01, o nitrato também predominou, menos na camada 0-20 cm da testemunha. Já na segunda amostragem realizada em 1999/00, os valores de nitrato sobressaíram-se em relação ao amônio apenas na dose 60 kg ha⁻¹, na camada 0-20 cm, e nas doses 120 e 180 kg ha⁻¹, nas camadas 0-20 e 20-40 cm.

Ao comparar o efeito da adubação nitrogenada em relação à testemunha (Tabelas 14 a 17), verifica-se que em Votuporanga (1998/99 e 1999/00), em solo textura média, as diferenças foram significativas apenas na primeira amostragem. Em Votuporanga 1998/99, N-nitrato e N inorgânico diferiram entre as parcelas adubadas e a testemunha, enquanto em Votuporanga 1999/00 diferiram o N-amônio, N-nitrato e N inorgânico. Em Cândido Mota (1998/99) e Palmital (1999/00 e 2000/01), em solo muito argiloso, a

Tabela 13. Teste F, média e coeficiente de variação da análise de variância do nitrogênio inorgânico no solo nos tratamentos doses e modos de aplicação da adubação nitrogenada, na base e em cobertura, em amostras retiradas em diferentes profundidades em Votuporanga 1998/99 ⁽¹⁾.

Fatores da variação	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		N total	
	1 ^a Época	2 ^a Época	1 ^a Época	2 ^a Época	1 ^a Época	2 ^a Época
	P > F					
Tratamento ⁽²⁾	**	Ns	**	*	*	Ns
Testemunha x adubado	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns
Dose 60 x Dose 240	Ns	Ns	*	Ns	*	Ns
(0+60) x (60+0)	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
(60+180) x (120+120)	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns
Profundidade, cm	**	**	**	**	**	**
0-10 x demais	Ns	**	**	**	**	**
10-20 x (20-40 e 40-60)	**	Ns	**	**	**	**
20-40 x 40-60	Ns	**	Ns	Ns	Ns	**
Tratamento x Profundidade	**	*	Ns	Ns	Ns	Ns
Dose 0	**	**	**	**	**	**
Dose 0+60	**	**	**	**	**	**
Dose 60+0	**	**	**	**	**	**
Dose 60+180	Ns	**	**	**	**	**
Dose 120 +120	**	**	**	**	**	**
Bloco	Ns	**	Ns	**	Ns	**
Média (µg g ⁻¹)	4,0	3,8	2,9	2,0	6,9	5,8
C. V. (%)	6,8	9,7	19,1	11,2	9,1	7,7

⁽¹⁾ Dados analisados em x^{1/2}; ⁽²⁾ Doses aplicadas no sulco de semeadura e em cobertura, em kg ha⁻¹

Tabela 14. Teste F, média e coeficiente de variação da análise de variância do nitrogênio inorgânico no solo nos tratamentos doses e modos de aplicação da adubação nitrogenada, na base e em cobertura, em amostras retiradas em diferentes profundidades em Cândido Mota 1998/99 ⁽¹⁾.

Fatores da variação	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		N total	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
	P > F					
Tratamento ⁽²⁾	Ns	**	**	**	**	**
Testemunha x adubado	Ns	Ns	**	*	**	Ns
Dose 60 x Dose 240	Ns	*	**	**	**	**
(0+60) x (60+0)	Ns	**	**	Ns	**	*
(60+180) x (120+120)	Ns	**	**	*	**	**
Profundidade, cm	*	Ns	**	**	**	*
0-20 x (20-40 e 40-60)	**	Ns	**	**	**	**
20-40 x 40-60	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Tratamento x Profundidade	Ns	Ns	**	*	**	Ns
Dose 0	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Dose 0+60	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Dose 60+0	Ns	Ns	*	**	*	*
Dose 60+180	Ns	Ns	*	**	**	Ns
Dose 120 +120	**	Ns	**	**	**	Ns
Bloco	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média (µg g ⁻¹)	2,3	2,3	12,3	1,3	14,6	4,6
C. V. (%)	20,9	22,4	18,5	16,3	16,8	14,2

⁽¹⁾ Dados analisados em x^{1/2}; ⁽²⁾ Doses aplicadas no sulco de semeadura e em cobertura, em kg ha⁻¹

Tabela 15. Teste F, média e coeficiente de variação da análise de variância do nitrogênio inorgânico no solo em função da adubação nitrogenada de cobertura e da profundidade de amostragem em Votuporanga 1999/2000 ⁽¹⁾.

Fatores da variação	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		N total	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
	P > F					
Tratamento ⁽²⁾	**	**	**	**	**	**
Testemunha x adubado	**	Ns	**	Ns	**	Ns
Dose 60 x (Dose 120 e 180)	*	**	**	Ns	**	**
Dose 120 x Dose 180	**	**	Ns	**	**	Ns
Profundidade, cm	**	Ns	**	Ns	**	Ns
0-20 x (20-40 a 40-60)	**	Ns	**	Ns	**	Ns
20-40 x 40-60	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Tratamento x Profundidade	**	Ns	**	Ns	**	Ns
Dose 0	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Dose 60	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns
Dose 120	**	Ns	**	*	**	*
Dose 180	**	Ns	**	Ns	**	Ns
Bloco	Ns	Ns	Ns	**	Ns	*
Média (µg g ⁻¹)	3,4	1,5	7,9	1,1	11,3	2,6
C. V. (%)	20,0	12,8	16,1	11,5	12,6	8,9

⁽¹⁾ Dados analisados em x^{1/2}; ⁽²⁾ Doses aplicadas em cobertura, em kg ha⁻¹

Tabela 16. Teste F, média e coeficiente de variação da análise de variância do nitrogênio inorgânico no solo em função da adubação nitrogenada de cobertura e da profundidade de amostragem em Palmital 1999/2000 ⁽¹⁾.

Fatores da variação	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		N total	
	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época	1ª Época	2ª Época
	P > F					
Tratamento ⁽²⁾	**	**	**	**	**	**
Testemunha x adubado	**	**	**	**	**	**
Dose 60 x (Dose 120 e 180)	**	**	**	**	**	**
Dose 120 x Dose 180	Ns	**	Ns	**	Ns	**
Profundidade, cm	**	**	**	**	**	**
0-20 x (20-40 a 40-60)	**	**	**	**	**	**
20-40 x 40-60	Ns	Ns	**	**	**	*
Tratamento x Profundidade	**	**	**	**	**	**
Dose 0	Ns	Ns	*	Ns	*	Ns
Dose 60	**	*	**	**	**	**
Dose 120	**	**	**	**	**	**
Dose 180	**	**	**	**	**	**
Bloco	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Média (µg g ⁻¹)	4,0	3,1	15,2	10,5	19,2	13,6
C. V. (%)	17,1	15,8	11,0	20,0	8,8	15,1

⁽¹⁾ Dados analisados em x^{1/2}; ⁽²⁾ Doses aplicadas em cobertura, em kg ha⁻¹

Tabela 17. Teste F, média e coeficiente de variação da análise de variância do nitrogênio inorgânico no solo em função da adubação nitrogenada de cobertura e da profundidade de amostragem em Palmital 2000/01 ⁽¹⁾.

Fatores da variação	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		N total	
	1 ^a Época	2 ^a Época	1 ^a Época	2 ^a Época	1 ^a Época	2 ^a Época
	P > F					
Tratamento ⁽²⁾	**	**	**	**	**	**
Testemunha x adubado	**	**	**	**	**	**
Dose 60 x (Dose 120 e 180)	**	**	**	**	**	**
Dose 120 x Dose 180	**	**	**	**	**	**
Profundidade, cm	**	**	**	**	**	**
0-20 x (20-40 a 40-60)	**	**	**	**	**	**
20-40 x 40-60	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns
Tratamento x Profundidade	**	**	**	**	**	**
Dose 0	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns
Dose 60	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns
Dose 120	**	*	**	**	**	**
Dose 180	**	**	**	**	**	**
Bloco	Ns	Ns	*	Ns	**	Ns
Média (µg g ⁻¹)	6,3	7,1	18,5	17,4	24,8	24,5
C. V. (%)	13,6	18,1	9,2	13,1	8,0	12,4

⁽¹⁾ Dados analisados em x^{1/2}; ⁽²⁾ Doses aplicadas em cobertura, em kg ha⁻¹

forma N-nitrato foi maior nas parcelas adubadas do que na testemunha nas duas amostragens. Apenas em Palmital (1999/00 e 2000/01) a forma N-amônio e o N inorgânico também aumentaram nas parcelas adubadas em relação à testemunha nas duas amostragens. Os valores de N-amônio, N-nitrato e N inorgânico no solo, nas duas épocas de amostragem, foram maiores nas doses 120 e 180 kg ha⁻¹ em relação à dose 60 kg ha⁻¹, exceto em Votuporanga 1998/99. Nesse experimento, os efeitos ocorreram apenas para N-nitrato e N inorgânico na primeira amostragem, de maneira semelhante aos resultados já apresentados para o contraste testemunha x adubado.

Conforme já mencionado, o efeito da adubação sobre os teores de N inorgânico no solo foi pouco pronunciado em Votuporanga 1998/99, independentemente da época de aplicação, mesmo nas parcelas que receberam 240 kg ha⁻¹ de N. Praticamente não houve efeito do modo de aplicação de N sobre o N inorgânico do solo. Já, em Cândido Mota, houve efeito do modo de aplicação do fertilizante nitrogenado sobre os teores de N inorgânico no solo. Na primeira amostragem os teores de nitrato aumentaram proporcionalmente com a dose aplicada na semeadura, e não com a dose da primeira cobertura. Por outro lado, na segunda amostragem os efeitos do modo de aplicação de N foram contraditórios entre as doses 60 e 240 kg ha⁻¹: para a dose 60 kg ha⁻¹ os teores de nitrato e N inorgânico foram maiores quando a aplicação foi toda em cobertura, e para a dose 240 kg ha⁻¹ foram maiores quando aumentou a proporção no sulco de semeadura.

Em Palmital, os efeitos das doses dos fertilizantes nitrogenados no aumento dos teores de N no solo foram consistentes nos dois experimentos, com maior intensidade para a maior dose (180 kg ha⁻¹) no último ano (2000/01). Nos dois anos agrícolas, o excedente hídrico foi desprezível no período da emergência até a segunda amostragem do solo, reduzindo ou anulando as perdas por lixiviação e favorecendo a persistência do efeito dos tratamentos sobre o N inorgânico do solo.

Palmital 1999/00 foi o único experimento do subprojeto nitrogênio x genótipos no qual não houve diferença entre as doses 120 e 180 kg ha⁻¹ para os teores de N inorgânico no solo na primeira amostragem. Ressalte-se que a primeira amostragem foi realizada sempre após da aplicação a primeira e imediatamente antes da segunda

cobertura, ou seja, após a aplicação da metade da dose do tratamento, correspondendo nesse caso a 60 e 90 kg ha⁻¹ de N.

Em 2000/01 as duas amostragens foram realizadas com 15 dias de diferença uma da outra (a 1ª aos 30/31 dias após a semeadura e a 2ª aos 45/47 dias após a semeadura), sendo mais próximas do que a de todos os outros experimentos. Mesmo tendo sido aplicada a metade da dose da adubação nitrogenada de cobertura imediatamente após a primeira amostragem, verificou-se redução dos valores de N inorgânico no solo (amônio e nitrato) na segunda amostragem, exceto para a dose 180 kg ha⁻¹ de N que, provavelmente, foi excessiva. Esse período entre as duas amostragens correspondeu, coincidentemente, ao período de maior absorção de N pela planta. Corroborando com as observações anteriores, deve ter havido maior absorção de N na forma de nitrato, mesmo no tratamento testemunha.

Na média dos tratamentos, os teores de N inorgânico foram maiores na camada superficial, exceto em Votuporanga 1999/00 na segunda amostragem, em que a diferença entre as profundidades não foi significativa. Porém, ao desdobrar o efeito profundidade x tratamento, as diferenças em profundidade do N inorgânico ocorreram em todas as doses de N apenas em Votuporanga 1998/99. Provavelmente, por se tratar de áreas em plantio direto, a subdivisão da amostragem da camada superficial em 0-10 e 10-20 cm em Votuporanga 1998/99, diferenciou melhor a camada superficial, mais rica em matéria orgânica e, conseqüentemente, com maior atividade microbiana e ciclagem de nitrogênio.

Na dose zero houve diferença entre profundidades em Votuporanga 1998/99 para todas as doses e formas de N inorgânico, conforme já citado, e especificamente para N-NO₃ na primeira amostragem em Palmital 1999/00 e Palmital 2000/01. Na dose zero na primeira amostragem, o N-NO₃ foi maior nas camadas superficiais em Palmital 1999/00 e nas camadas subsuperficiais em Palmital 2000/01. Já, na dose 60 kg ha⁻¹ de N e especificamente no subprojeto Parcelamento em Cândido Mota, houve diferença de N-NO₃ e N inorgânico em profundidade apenas quando o N foi aplicado totalmente na base, e não em cobertura (primeira e segunda amostragens). No estudo Genótipos x Nitrogênio, por sua vez, verificou-se que na dose 60 kg ha⁻¹ houve diferença entre

profundidades para as duas formas de N inorgânico em Palmital 1999/00 nas duas amostragens e apenas para N-NO₃ e N inorgânico em Votuporanga 1999/00 e Palmital 2000/01 na primeira amostragem. Em todos esses casos de diferença significativa entre profundidades, os teores foram maiores na camada superficial. Ressalte-se que houve deficiência hídrica acentuada em Palmital 1999/00, reduzindo ou anulando as perdas por lixiviação, e que somente neste experimento os teores de N-NO₃ e N inorgânico diferiram entre as camadas 20-40 e 40-60 cm nas duas amostragens, sendo maior em 20-40 cm.

Os resultados dos experimentos em conjunto mostram que predominou a forma N-nitrato quando a adubação proporcionou aumento expressivo do N inorgânico, enquanto as formas N-nitrato e N-amônio foram equivalentes nos cultivos de milho com ausência ou pouca adubação nitrogenada. Por se tratar de plantio direto, sugere-se que nos próximos trabalhos a camada 0-20 cm seja amostrada de 10 em 10 cm para diferenciar melhor o gradiente de N inorgânico no solo.

4.2 Subprojeto Genótipos x Nitrogênio

As menores produtividades foram obtidas em Votuporanga e Palmital, em 1999/2000 (Tabela 18), devido à pior distribuição das chuvas durante o desenvolvimento da cultura. Apesar da condição de extrema acidez do solo em Itapeva, a produtividade média foi igual a $6,8 \text{ t ha}^{-1}$.

Os maiores teores de N nos grãos foram obtidos em Itapeva 1998/99 e Votuporanga 2000/01 e os menores em Votuporanga 1998/99, tanto na média como em cada dose individualmente. Itapeva 1998/99 também apresentou, juntamente com Cândido Mota 1998/99, os maiores valores médios de exportação de nitrogênio, próximos de 100 kg ha^{-1} .

Houve respostas à adubação nitrogenada em todos os experimentos para os três parâmetros estudados. O conteúdo de N nos grãos aumentou até a maior dose de N, exceto em Itapeva 1999/00 e Votuporanga 1999/2000, enquanto a produtividade decresceu a partir de um ponto de máximo (Tabela 19). Por conseqüência, os pontos de máxima resposta à aplicação de N foram quase sempre superiores para os resultados de exportação de N do que para os de produtividade de grãos. Isso sugere a existência de consumo de luxo pelas plantas e a exportação desnecessária de nitrogênio. Porém, o aumento contínuo do conteúdo de N nos grãos com a adubação é vantajoso quanto ao aspecto qualidade nutricional dos grãos.

O aumento relativo dos valores dos parâmetros estudados em função da adubação foi maior em 1999/00, ano agrícola que se obteve as menores produtividades (Tabela 20). Ao contrário do que geralmente é preconizado, o estresse hídrico ocorrido no segundo ano acentuou a resposta da cultura do milho à adubação. Observa-se também que não existiu relação consistente entre os teores de N inorgânico no solo por ocasião da semeadura, apresentados anteriormente, e a resposta da cultura à adubação nitrogenada.

Houve interação significativa entre genótipos e doses de nitrogênio somente nos experimentos de 1998/1999 (Tabelas 21 a 30). A interação foi significativa para produtividade de grãos em Votuporanga 1998/1999, Cândido Mota 1998/1999 e Itapeva 1998/1999, enquanto para exportação de N, foi significativa em Cândido Mota

Tabela 18. Valores médios de produtividade, N nos grãos, exportação de N em função das doses de nitrogênio em cobertura e significância do teste F nos experimentos do subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Nitrogênio", realizado de 1998/99 a 2000/01 em diferentes locais do Estado de São Paulo.

Local	Ano	Dose de nitrogênio em cobertura					Teste F ⁽¹⁾		
		0	60	120	180	Média	N	C	CxN
Produtividade, kg ha⁻¹									
Votuporanga	98/99	4.611	5.644	5.916	5.952	5.531	**	**	*
Cândido Mota	98/99	6.970	7.453	7.710	7.754	7.472	**	**	*
Itapeva	98/99	6.121	6.807	7.058	7.071	6.764	**	**	**
Votuporanga	99/00	2.509	4.391	5.640	5.748	4.572	**	**	Ns
Palmital	99/00	2.475	4.078	4.338	5.229	4.030	**	**	Ns
Votuporanga	00/01	5.512	6.270	6.571	6.728	6.270	**	**	Ns
Palmital	00/01	6.254	7.181	7.512	7.738	7.171	**	**	Ns
N nos grãos, g kg⁻¹									
Votuporanga	98/99	11,6	11,9	12,6	12,9	12,2	**	**	Ns
Cândido Mota	98/99	13,0	13,4	13,8	14,1	13,6	**	**	Ns
Itapeva	98/99	13,7	14,8	15,1	15,3	14,7	**	**	Ns
Votuporanga	99/00	12,9	12,7	14,3	15,1	13,7	**	**	Ns
Palmital	99/00	11,4	12,2	14,1	14,9	13,2	**	**	Ns
Votuporanga	00/01	13,5	13,8	14,2	14,4	14,0	**	**	Ns
Palmital	00/01	11,8	12,8	13,9	14,4	13,2	**	**	Ns
Exportação de N, kg ha⁻¹									
Votuporanga	98/99	53,0	67,2	74,6	76,4	67,8	**	**	Ns
Cândido Mota	98/99	90,4	99,9	107,6	108,9	101,7	**	**	*
Itapeva	98/99	86,6	100,2	106,3	107,8	99,5	**	**	*
Votuporanga	99/00	31,9	55,3	78,2	84,0	62,3	**	**	Ns
Palmital	99/00	27,8	49,4	60,5	76,9	53,7	**	**	Ns
Votuporanga	00/01	74,2	85,7	92,7	96,8	87,4	**	**	Ns
Palmital	00/01	73,3	92,0	104,0	110,8	95,0	**	**	Ns

⁽¹⁾Teste F: * e ** = significativo a 5% e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 19. Equações de regressão da produtividade de grãos, conteúdo de N e exportação de N nos grãos, em função das doses de nitrogênio em cobertura (0 a 180 kg ha⁻¹), no subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Nitrogênio".

Local	Ano	Equação	r ²
Produtividade de grãos, kg ha⁻¹			
Votuporanga	98/99	Y= 4637,32 + 19,62x - 0,07x ²	0,99
Cândido Mota	98/99	Y= 6962,22 + 10,77x - 0,04x ²	1,00
Itapeva	98/99	Y= 6130,90 + 13,58x - 0,05x ²	1,00
Votuporanga	99/00	Y= 2483,89 + 40,44x - 0,12x ²	1,00
Palmital	99/00	Y= 2573,20 + 23,11 x - 0,05 x ²	0,95
Votuporanga	00/01	Y= 5528,18 + 14,09x - 0,04x ²	0,99
Palmital	00/01	Y= 6278,25 + 16,74x - 0,05x ²	0,99
N nos grãos, g kg⁻¹			
Votuporanga	98/99	Y = 11,55 + 0,008 x	0,97
Cândido Mota	98/99	y = 13,00 + 0,006 x	0,99
Itapeva	98/99	y = 13,74 + 0,02 x - 0,00005 x ²	0,45
Votuporanga	99/00	y = 12,81 + 0,0007x - 0,00007x ²	0,92
Palmital	99/00	y = 11,31 + 0,020 x	0,97
Votuporanga	00/01	Y = 11,88 + 0,015x	1,00
Palmital	00/01	Y = 13,50 + 0,005x	0,99
Exportação de N nos grãos, kg ha⁻¹			
Votuporanga	98/99	Y = 53,06 + 0,28 x - 0,0009 x ²	1,00
Cândido Mota	98/99	y = 90,17 + 0,21 x - 0,0006 x ²	1,00
Itapeva	98/99	y = 86,74 + 0,27 x - 0,0008 x ²	1,00
Votuporanga	99/00	y = 31,09 + 0,52x - 0,0012x ²	0,99
Palmital	99/00	y = 29,88 + 0,26 x	0,99
Votuporanga	00/01	Y = 73,39 + 0,356x - 0,0008x ²	1,00
Palmital	00/01	Y = 74,27 + 0,22x - 0,0005 x ²	1,00

Tabela 20. Produtividade máxima de grãos de milho, doses de nitrogênio em cobertura correspondentes à produtividade máxima e aumento relativo da produtividade, em experimentos desenvolvidos em diferentes locais do Estado de São Paulo nos anos agrícolas 1998/99 a 2000/01.

Local	Ano	Produtividade máxima		Aumento relativo ⁽¹⁾ de produtividade
		Dose de N kg ha ⁻¹	Valor	
Votuporanga	98/99	140	6.012	30
Cândido Mota	98/99	135	7.690	10
Itapeva	98/99	136	7.053	15
Votuporanga	99/00	180	5.113	99
Palmital	99/00	169	5.891	137
Votuporanga	00/01	168	6.719	22
Palmital	00/01	172	7.718	23

⁽¹⁾ A partir dos valores estimados pelo modelo matemático, utilizando a dose máxima quando o valor extrapolou o intervalo estudado.

1998/1999 e Itapeva 1998/1999. Não houve interação genótipo x nitrogênio para o conteúdo de nitrogênio nos grãos.

Estimou-se o aumento relativo da produtividade e exportação de nitrogênio, a partir do ponto de mínima e máxima das equações de resposta à adubação nitrogenada, quando o efeito do nitrogênio foi significativo estatisticamente (Tabela 31). A cultivar XL 212 apresentou comportamento diferenciado dos demais, não aumentando a produtividade de grãos com a aplicação de nitrogênio em cobertura em dois locais. As cultivares IAC VI, XL 251 e Master aumentaram significativamente a produtividade nos 3 locais, e as cultivares BR 3123, Dina 766, C 333B e BR 4157, apenas em Itapeva e Votuporanga. Já a P32R21, aumentou a produtividade com a adubação nos dois experimentos em que foi avaliada.

Como conseqüência da interação entre locais para a resposta da produtividade dos cultivares à adubação, os cultivares também não apresentaram o mesmo padrão de resposta para o parâmetro exportação de nitrogênio. Embora a magnitude da resposta da exportação de N pelas cultivares tenha variado entre os locais, verifica-se que o XL 212

Tabela 21. Resposta de cultivares de milho ao nitrogênio em Votuporanga (SP) em 1998/99, avaliada pela produção de grãos

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)				Média ⁽²⁾	Teste F ⁽¹⁾ regressão
	0	60	120	180		
	----- kg.ha ⁻¹ -----					
P 30R21	4.340	5.632	5.277	5.146	5.098 e	Q **
BR 3123	4.618	5.251	5.959	6.489	5.579 c-e	L **
IAC VI	3.690	5.305	5.947	5.739	5.170 de	Q **
Dina 766	4.886	5.638	6.475	6.106	5.776 bc	Q *
XL 212	4.313	5.447	5.258	5.432	5.112 e	Q *
AG 1051	5.351	6.352	6.505	6.824	6.258 ab	L **
XL 251	5.082	5.634	6.013	6.146	5.719 b-d	L **
C 333 B	5.235	6.820	6.836	6.957	6.462 a	Q **
Master	5.648	6.118	6.037	6.691	6.123 a-c	L **
BR 4157	2.948	4.249	4.851	3.989	4.009 f	Q **
Média	4.611	5.644	5.916	5.952	5.531	Q **

⁽¹⁾ C.V. = 9,0%, teste F para cultivar e interação cultivar x nitrogênio significativo a 5% e 1% respectivamente; Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5%; * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Tabela 22. Regressões polinomiais para a resposta dos cultivares de milho às doses de nitrogênio em Votuporanga (SP) em 1998/99

Cultivar	Equação	R ²
P 30R21	Y= 4433,56 + 21,12x - 0,10x ²	0,80
BR 3123	Y= 4631,40 + 10,53x	1,00
IAC VI	Y= 3695,79 + 34,11x - 0,13x ²	1,00
Dina 766	Y= 4821,18 + 21,51x - 0,08x ²	0,94
XL 212	Y= 4396,96 + 17,28x - 0,07x ²	0,84
AG 1051	Y= 5571,90 + 7,62x	0,86
XL 251	Y= 5183,18 + 5,95x	0,94
C 333 B	Y= 5318,26 + 26,95x - 0,10x ²	0,93
Master	Y= 5666,05 + 5,08x	0,84
BR 4157	Y= 2909,64 + 33,24x - 0,15x ²	0,98
Média	Y= 4637,32 + 19,62x - 0,07x ²	0,99

Tabela 23. Resposta de cultivares de milho ao nitrogênio em Cândido Mota (SP) em 1998/99, avaliada pela produção de grãos

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)				Média ⁽²⁾	Teste F ⁽¹⁾ regressão
	0	60	120	180		
 kg ha ⁻¹					
P 30R21	5.449	6.378	7.533	6.712	6.518 d	Q **
BR 3123	6.496	6.589	7.673	7.031	6.947 cd	Ns
IAC VI	5.692	5.943	6.863	6.807	6.326 d	L **
Dina 766	7.958	8.288	8.584	8.720	8.387 a	Ns
XL 212	6.828	7.107	5.798	6.764	6.624 d	Ns
AG 1051	7.101	7.594	7.456	7.738	7.472 bc	Ns
XL 251	7.471	8.263	8.551	8.133	8.105 ab	Q *
C 333 B	7.856	7.803	8.605	8.186	8.113 ab	Ns
Master	6.748	8.566	8.121	8.399	7.959 ab	Q *
Exceler	8.104	7.994	8.350	8.612	8.265 a	Ns
Média	6.970	7.453	7.710	7.754	7.472	Q **

⁽¹⁾ C.V. = 7,4 %, teste F para cultivar e interação cultivar x nitrogênio significativo a 5% e 1%, respectivamente; Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5%; * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Tabela 24. Regressões polinomiais para a resposta dos cultivares às doses de nitrogênio em Cândido Mota em 1998/99

Cultivar	Equação	R ²
P 30R21	Y= 5339,12 + 30,11x - 0,12x ²	0,89
BR 3123	Y= 6360,50 + 13,66x - 0,05x ²	0,57
IAC VI	Y= 5886,67 + 7,12x	0,85
Dina 766	Y= 7951,75 + 6,72x - 0,01x ²	1,00
XL 212	Y= 7020,83 - 11,08x + 0,04x ²	0,24
AG 1051	Y= 7153,28 + 5,60x - 0,02x ²	0,75
XL 251	Y= 7460,88 + 18,93x - 0,08x ²	1,00
C 333 B	Y= 7752,47 + 7,56x - 0,03x ²	0,47
Master	Y= 6897,32 + 26,76x - 0,11x ²	0,78
Exceler	Y= 8075,92 - 1,52x + 0,03x ²	0,93
Média	Y= 6962,22 + 10,77x - 0,04x ²	1,00

Tabela 25. Nitrogênio exportado pelos grãos em cultivares de milho plantados em Cândido Mota (SP) em 1998/99, em função de doses de nitrogênio

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)				Média ⁽²⁾	Teste F ⁽¹⁾ regressão
	0	60	120	180		
 kg ha ⁻¹					
P 30R21	66,9	84,8	108,5	98,7	89,7 e	Q **
BR 3123	81,8	87,5	107,0	91,5	91,9 e	Q *
IAC V1	82,9	87,7	98,4	104,9	93,5 de	L **
Dina 766	106,8	111,4	114,9	119,2	113,1 bc	Ns
XL 212	73,8	83,4	70,3	81,7	77,3 f	Ns
AG 1051	84,5	94,8	96,8	104,0	95,0 de	L **
XL 251	106,0	115,0	128,8	123,3	118,3 ab	L **
C 333 B	118,9	118,5	135,7	133,2	126,6 a	L **
Master	84,0	116,7	110,0	118,4	107,3 bc	Q **
Exceler	98,0	98,9	105,8	113,8	104,1 cd	L *
Média	90,4	99,9	107,6	108,9	101,7	Q **

⁽¹⁾ C.V. = 8,8%, teste F para cultivar e interação cultivar x nitrogênio significativo a 5% e 1%, respectivamente; Q = efeito quadrático significativo a 1%; * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Tabela 26. Regressões polinomiais para resposta dos cultivares às doses de nitrogênio em Cândido Mota (SP) em 1998/99

Cultivar	Equação	R ²
P 30R21	$y = 64,93 + 0,55x - 0,002 x^2$	0,92
BR 3123	$y = 79,36 + 0,35 x - 0,002 x^2$	0,66
IAC V1	$y = 81,99 + 0,13 x$	0,98
Dina 766	$y = 106,90 + 0,07 x - 0,000001 x^2$	1,00
XL 212	$y = 76,19 - 0,005 x + 0,0001 x^2$	0,05
AG 1051	$y = 85,96 + 0,10 x$	0,94
XL 251	$y = 108,45 + 0,11 x$	0,73
C 333 B	$y = 117,62 + 0,10 x$	0,72
Master	$y = 87,07 + 0,46 x - 0,002 x^2$	0,80
Exceler	$y = 95,98 + 0,09x$	0,92
Média	$y = 90,17 + 0,21 x - 0,0006 x^2$	1,00

Tabela 27. Resposta de cultivares de milho ao nitrogênio em Itapeva em 1998/99, avaliada pela produção de grãos

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)				Média ⁽²⁾	Teste F ⁽¹⁾ regressão
	0	60	120	180		
 kg ha ⁻¹					
P 30R21	-	-	-	-	-	-
BR 3123	5.070	5.364	6.072	5.953	5.615 ef	L **
IAC VI	4.625	5.217	5.651	5.484	5.244 f	L **
Dina 766	5.899	6.207	7.066	6.969	6.535 d	L **
XL 212	5.571	6.151	5.463	6.000	5.796 e	Ns
AG 1051	6.508	8.004	8.116	8.504	7.783 b	Q *
XL 251	6.423	7.531	7.228	7.403	7.146 c	L **
C 333 B	8.071	8.496	9.460	9.199	8.806 a	L **
Master	6.736	7.025	7.816	6.912	7.122 c	Q *
BR 4157	6.184	7.268	6.648	7.217	6.829 cd	L *
Média	6.121	6.807	7.058	7.071	6.764	Q **

⁽¹⁾ C.V. = 7,2%, teste F para cultivar e interação cultivar x nitrogênio significativo a 1%; Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5%; * e ** = significativo a 5% e 1% respectivamente

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Tabela 28. Regressões polinomiais para a resposta dos cultivares às doses de nitrogênio em Itapeva (SP) em 1998/99

Cultivar	Equação	R ²
P 30R21	-	-
BR 3123	Y= 5111,20 + 5,60x	0,82
IAC VI	Y= 4792,60 + 5,02x	0,75
Dina 766	Y= 5924,90 + 6,78x	0,84
XL 212	Y= 5695,70 + 1,54x - 0,003x ²	0,06
AG 1051	Y= 6591,00 + 24,02x - 0,08x ²	0,94
XL 251	Y= 6750,70 + 4,40x	0,47
C 333 B	Y= 8154,30 + 7,25x	0,78
Master	Y= 6626,20 + 17,11x - 0,08x ²	0,65
BR 4157	Y= 6457,40 + 4,13x	0,39
Média	Y= 6130,90 + 13,58x - 0,05x ²	1,00

Tabela 29. Nitrogênio exportado pelos grãos em cultivares de milho plantados em Itapeva (SP) em 1998/99, em função de doses de nitrogênio

Cultivar	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Teste F ⁽¹⁾ regressão
	0	60	120	180	Média ⁽²⁾	
 kg ha ⁻¹					
P 30R21	-	-	-	-	-	-
BR 3123	73,3	79,3	91,9	93,3	84,4 c	L **
IAC VI	67,7	85,9	88,5	90,2	83,1 c	L **
Dina 766	83,3	98,1	111,5	102,9	98,9 b	Q *
XL 212	70,1	86,7	80,4	89,2	81,6 c	L *
AG 1051	86,6	106,2	117,1	127,3	109,3 b	L **
XL 251	81,5	105,6	108,9	115,8	102,9 b	L **
C 333 B	104,4	132,0	142,9	142,9	130,5 a	Q **
Master	95,3	100,6	116,1	97,3	102,3 b	Q **
BR 4157	90,1	107,1	100,0	111,0	102,0 b	L **
Média	86,6	100,2	106,3	107,8	99,5	Q *

⁽¹⁾ C.V. = 9,5%, teste F para cultivar e interação cultivar x nitrogênio significativo a 1% e 5%, respectivamente; Q = efeito quadrático, L = efeito linear significativo a 5%; * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Tabela 30. Regressões polinomiais para resposta dos cultivares às doses de nitrogênio em Itapeva (SP) em 1998/99

Cultivar	Equação	R ²
P 30R21	-	-
BR 3123	$y = 75,56 + 0,12 x$	0,93
IAC VI	$y = 72,56 + 0,12 x$	0,76
Dina 766	$y = 82,27 + 0,41 x - 0,002 x^2$	0,96
XL 212	$y = 73,95 + 0,09 x$	0,60
AG 1051	$y = 89,35 + 0,22 x$	0,97
XL 251	$y = 87,02 + 0,18 x$	0,84
C 333 B	$y = 104,69 + 0,56 x - 0,002 x^2$	1,00
Master	$y = 93,08 + 0,34 x - 0,002 x^2$	0,63
BR 4157	$y = 93,71 + 0,09 x$	0,61
Média	$y = 86,74 + 0,27 x - 0,0008 x^2$	1,00

Tabela 31. Aumento máximo relativo da produtividade de grãos de milho de cultivares semeados em Cândido Mota, Votuporanga e Itapeva, devido à adubação nitrogenada de cobertura, e exportação de nitrogênio, considerando a interação cultivar x nitrogênio

Cultivar	Produtividade			Exportação	
	Cândido Mota	Itapeva	Votuporanga	Cândido Mota	Itapeva
	----- % -----				
P 30R21	35	-(¹)	25	58	-(¹)
BR 3123	Ns	20	41	19	29
IAC V1	22	19	61	29	30
Dina 766	ns (²)	21	30	Ns	26
XL 212	Ns	Ns	24	Ns	22
AG 1051	Ns	27	25	21	44
XL 251	15	12	21	18	37
C 333 B	Ns	16	34	15	37
Master	24	14	16	30	16
BR 4157	Ns	12	63	17	17
Média	10	15	30	21	26

(¹) Não avaliado; (²) Modelo linear e quadrático não significativo

apresentou o menor aumento relativo na média dos dois locais. Comparando-se as variedades IAC V1 e BR 4157, verifica-se que elas apresentaram elevados e baixos aumentos relativos da exportação de nitrogênio, respectivamente.

Poder-se-ia sugerir que as cultivares menos produtivas devam apresentar maior teor de N nos grãos, e vice-versa. Os resultados obtidos com os híbridos C 333B e XL 212 sugerem que essa associação não é verdadeira. O C 333B apresentou adaptação satisfatória quanto à produtividade de grãos em todos os locais, bem como teor de N nos grãos superior à média dos experimentos; logo, destacou-se quanto à exportação de N nos grãos (Tabelas 32 e 33). O índice de correlação entre o teor de N e a produtividade de grãos de todas as parcelas dos experimentos genótipos x nitrogênio, indica que a associação entre estes dois parâmetros é muito baixa, embora significativa (Figura 16). Evi-

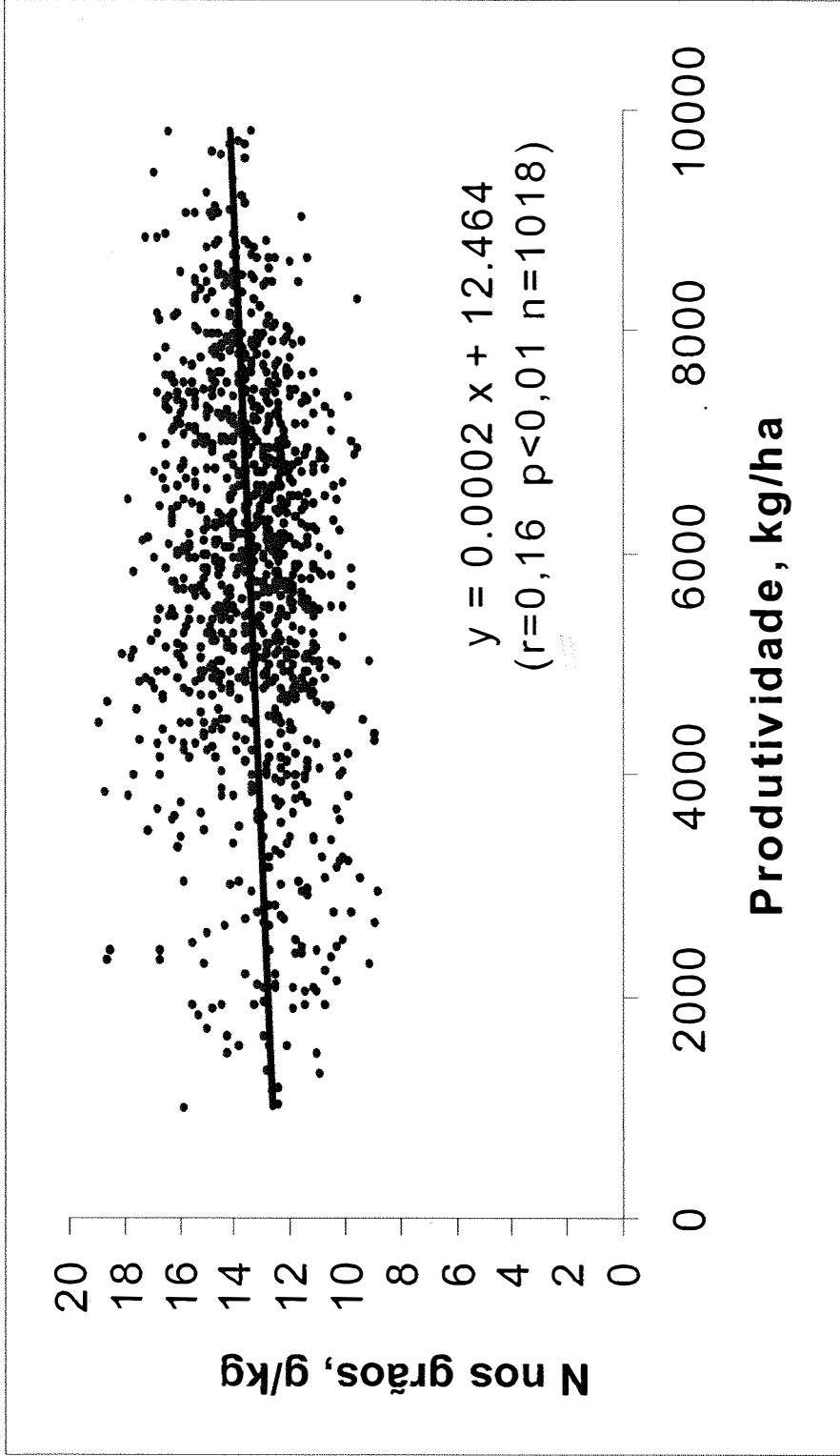


Figura 16- Correlação entre a produtividade e o conteúdo de N nos grãos em todas as parcelas dos experimentos do subprojeto Genótipos x Nitrogênio.

denciou-se essa correlação positiva porque obteve-se, para um mesmo híbrido, maiores produtividades nas maiores doses de nitrogênio que, por sua vez, elevaram os teores de N nos grãos. Os presentes resultados são diferentes aos de Dudley et al.(1977) e Tsai et al. (1992) que reportaram, para um conjunto de híbridos, correlação negativa entre a produtividade e o teor de N nos grãos.

A diferenciação das cultivares quanto ao nível de resposta é bastante complexa devido, entre outros fatores, à adaptação do germoplasma às condições edafoclimáticas regionais, que influi na expressão do potencial produtivo. A interação local x cultivar para os três parâmetros avaliados nas duas análises conjuntas (Tabelas 32 e 33), indica que as cultivares alteraram seu desempenho relativo em função dos ambientes.

O XL 212 esteve sempre entre as cultivares com menor teor de N nos grãos e, devido à predominância de germoplasma temperado, apresentou-se pouco adaptado às condições climáticas do Estado de São Paulo. Conseqüentemente, a exportação de nitrogênio por essa cultivar foi relativamente baixa.

A variedade BR 4157 foi semelhante à IAC V1 quanto aos altos teores de N nos grãos, mas diferiram quanto à adaptação produtiva: a IAC V1 destacou-se nas áreas mais quentes e a BR 4157 nas regiões de clima mais ameno (Tabelas 21 a 30). Assim, a BR 4157 foi a que exportou menos nitrogênio porque a maioria dos locais era de baixa altitude.

A exportação de N não esteve relacionada, necessariamente, com a produtividade de grãos. As cultivares IAC V1 e 8410, apesar de terem sido umas das menos produtivas nos experimentos, apresentaram valores relativamente elevados dos teores de N grãos, favorecendo a exportação de nitrogênio (Tabelas 32 e 33). A AG 1051, por sua vez, apesar da excelente adaptação produtiva, apresentou teores relativamente baixos de N nos grãos em todos os locais, por isso não se destacou quanto à exportação de nitrogênio. Houve interação significativa entre genótipos e doses de nitrogênio para a produtividade de grãos, tanto na análise conjunta em 1998/99 como na análise em 1999/00 e 2000/01. Já a interação genótipo x nitrogênio para a exportação de N nos grãos, foi significativa apenas na análise conjunta 1998/99.

Tabela 32. Análise conjunta da produtividade, teor e exportação de N nos grãos, em função de doses de nitrogênio e cultivar, em Votuporanga, Cândido Mota e Itapeva em 1998/99.

Fatores da variação	Produtividade	N nos grãos	Exportação de N
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Nitrogênio, kg ha ⁻¹			
0	6192	13,3	82,2
60	6833	14,0	94,8
120	7133	14,3	101,6
180	7180	14,5	103,7
Cultivar ⁽¹⁾			
C 333B	7663 a	15,2 a	116,4 a
AG 1051	7387 ab	13,0 e	96,8 c
XL 251	7353 a-c	14,1 c-e	104,2 b
Dina 766	7279 bc	14,2 b-d	103,3 b
Master	7026 c	13,6 e	96,2 c
BR 3123	6021 d	13,7de	82,6 de
IAC V1	5984 d	14,7 ab	87,8 d
XL 212	5964 d	13,1 e	77,5 e
P32R21	-	14,3 bc	-
Média	6834	14,0	95,6
		P > F ⁽²⁾	
Local	**	**	**
Nitrogênio	**	**	**
Linear	**	**	**
Quadrática	**	*	**
Cultivar	**	**	**
Local x N	Ns	*	Ns
Local x Cultivar	**	**	**
N x Cultivar	**	Ns	*
Local x N x Cultivar	Ns	*	**
Bloco (Local)	**	**	**
C. V. (%)	7,7	6,0	9,3

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%

⁽²⁾ * e ** = significativo a 5% e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 33. Análise conjunta da produtividade, conteúdo e exportação de N nos grãos, em função de doses de nitrogênio e cultivar, em Votuporanga e Palmital nos anos agrícolas 1999/00 e 2000/01.

Fatores da variação	Produtividade	N nos grãos	Exportação de N
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Nitrogênio, kg ha ⁻¹			
0	4.182	12,4	51,8
60	5.473	12,9	70,6
120	5.895	14,1	83,9
180	6.326	14,7	92,1
Cultivar ⁽¹⁾			
Tork	5.889 a	13,1 d	77,8 a
AG 1051	5.789 a	12,6 d	73,8 ab
CO 9560	5.777 a	13,0 cd	75,7 ab
C 333B	5.774 ab	13,9 b	78,5 a
XL 251	5.770 ab	13,4 bc	77,8 a
Dina 766	5.750 ab	13,2 cd	76,3 a
Master	5.669 ab	12,8 cd	73,3 a-c
BR 3123	5.425 b	12,8 d	70,4 bc
8410	4.835 c	15,3 a	74,6 ab
BR 4157	4.442 d	15,2 a	68,0 c
Média	5.492	13,5	75,6
		P > F ⁽²⁾	
Local	**	**	**
Nitrogênio	**	**	**
Linear	**	**	**
Quadrática	**	Ns	**
Cultivar	**	**	**
Local x N	**	**	**
Local x Cultivar	**	**	**
N x Cultivar	*	Ns	Ns
Local x N x Cultivar	Ns	Ns	Ns
Bloco (Local)	**	Ns	*
C. V. (%)	10,6	8,3	13,3

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ * e ** = significativo a 5% e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Estudou-se a resposta da produtividade e exportação de N das cultivares ao nitrogênio nas análises conjuntas, desconsiderando-se a interação local x cultivar (Figuras 17 e 18, Tabela 34)

Dentre as cultivares comuns nas duas análises, a D 766 foi a única que sempre respondeu linearmente ao nitrogênio, enquanto a BR 3123 apresentou resposta linear na análise conjunta 1998/99 e quadrática na 1999/00 e 2000/01. Entre as cultivares incluídas em apenas uma das análises, IAC V1, Tork e BR 4157 responderam linearmente ao nitrogênio. O simples fato da resposta ter sido linear ou quadrática não possibilita inferências sobre a magnitude da resposta da cultivar ao nitrogênio, ou seja, a cultivar com modelo linear não tem, necessariamente, maior resposta ao nitrogênio do que outra com modelo quadrático. Tomando-se como exemplo a 8410 e a BR 4157, cultivares que apresentaram produtividades semelhantes na testemunha e pouca adaptação aos ambientes na análise 1999/00 e 2000/01, verifica-se que o modelo linear e quadrático ajustaram melhor para a BR 4157 e a 8410, respectivamente, mas a resposta ao nitrogênio foi maior na 8410 em relação à BR 4157.

A única cultivar que não respondeu à adubação nitrogenada foi a XL 212, que foi avaliada apenas em 1998/99. Duarte et al. (1998) também verificaram que a XL 212 não respondeu ao nitrogênio e produziu cerca de 8 Mg ha⁻¹ na ausência de adubação nitrogenada em Cândido Mota.

Os cálculos do aumento relativo de produtividade para o máximo das equações de resposta da produtividade ao nitrogênio (Tabela 35) indicam que a IAC VI foi a mais responsiva ao nitrogênio na análise conjunta 1998/99 e a BR 3123 e 8410, na análise 1999/00 e 2000/01. A cultivar XL 212 não respondeu ao N na análise 1998/99, como já citado, e a CO 9560 foi a menos responsiva ao N na análise 1999/00 e 2000/01. O fato da BR 3123 ter alta resposta ao nitrogênio em 1999/00 e 2000/01 e não ter se destacado em 1998/99, pode estar relacionado a sua baixa adaptação às condições ambientais predominantes em 1998/99. Isso demonstra, mais uma vez, a necessidade de escolher genótipos adaptados ao ambiente (clima, solo, época de semeadura, entre outros fatores) para o estudo da interação genótipo x nitrogênio.

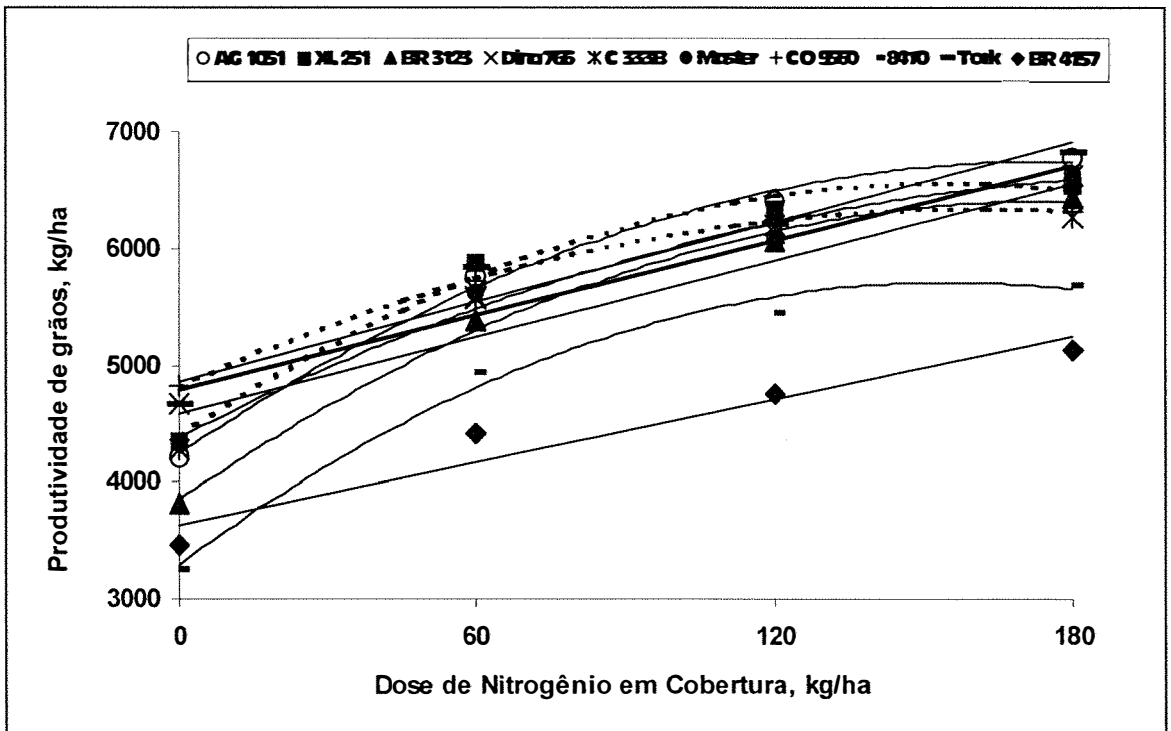
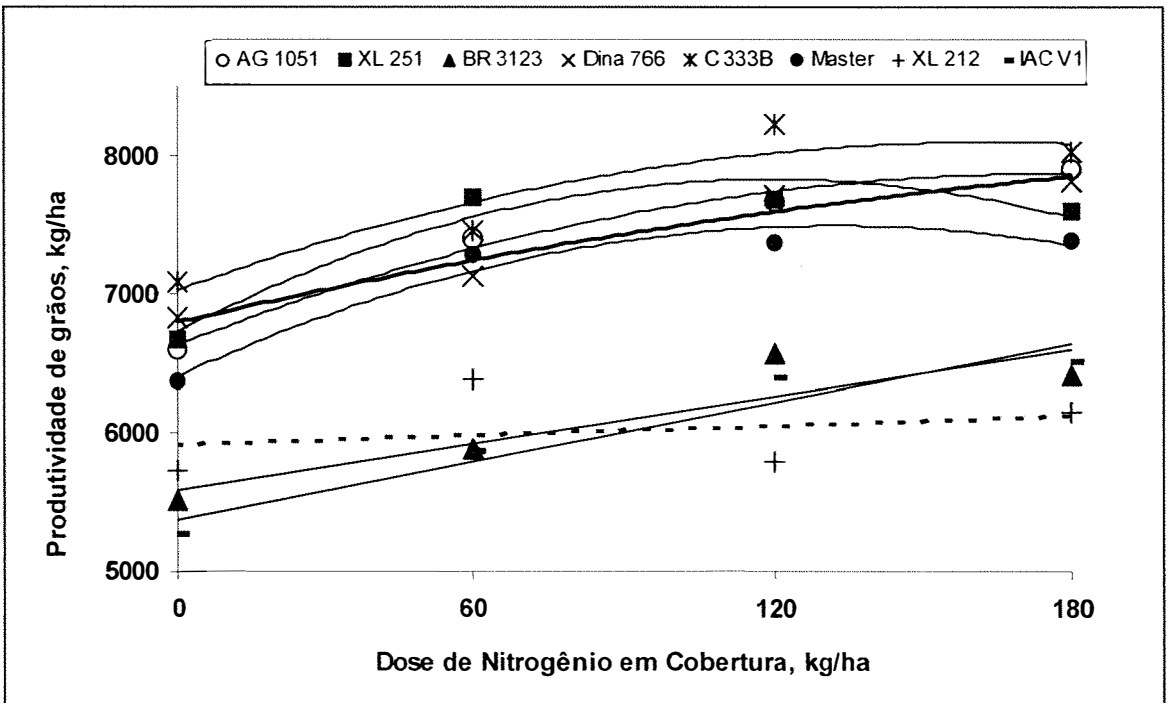


Figura 17- Produtividade de grãos em cultivares de milho, em função da adubação nitrogenada de cobertura, nas análises conjuntas de Votuporanga, Cândido Mota e Itapeva em 1998/99 e de Votuporanga e Palmital nos anos agrícolas 1999/00 e 2000/2001.

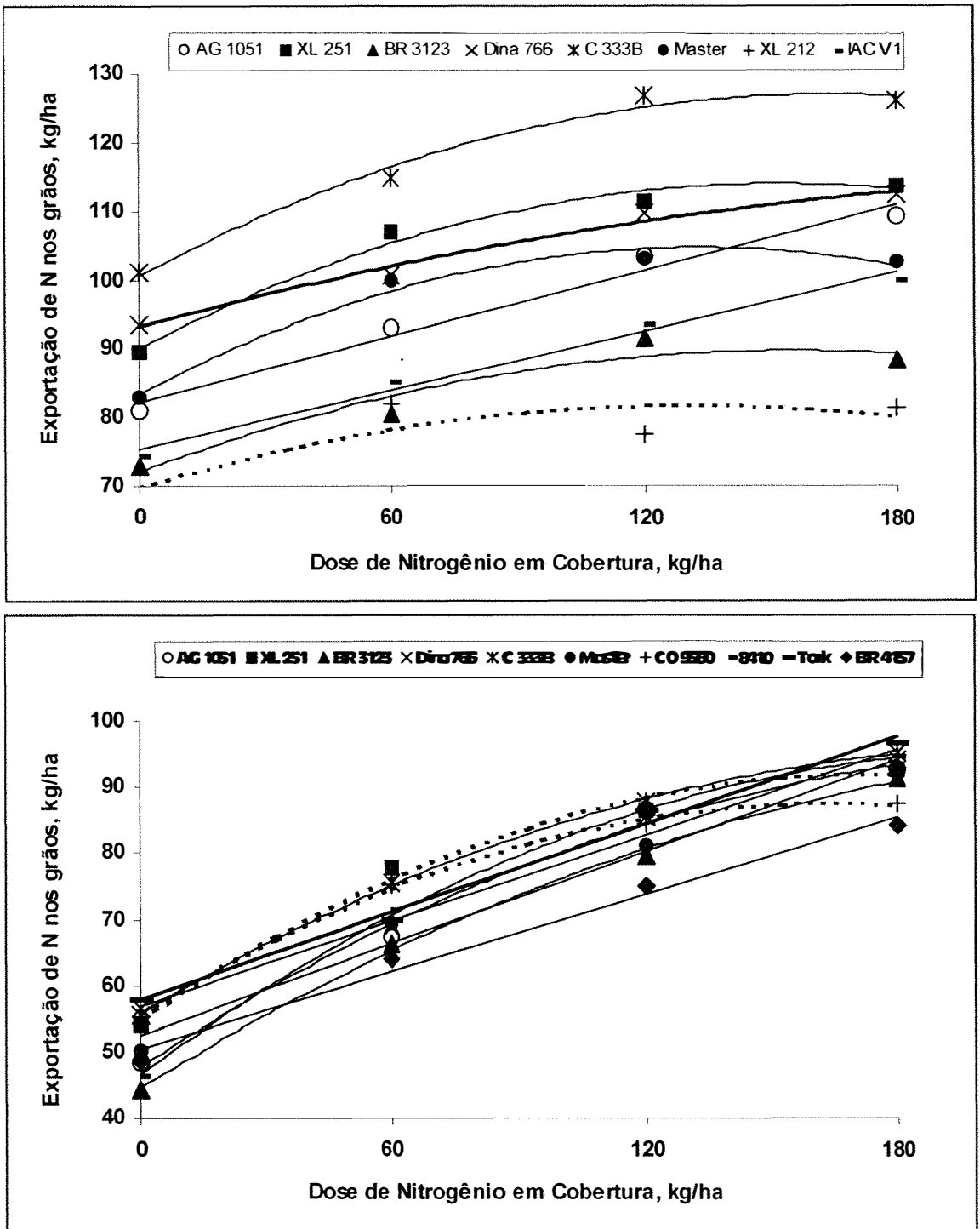


Figura 18- Exportação de N nos grãos em cultivares de milho, em função da adubação nitrogenada de cobertura, nas análises conjuntas de Votuporanga, Cândido Mota e Itapeva em 1998/99 e de Votuporanga e Palmital nos anos agrícolas 1999/00 e 2000/2001.

Tabela 34. Equações de regressão da produtividade de grãos e exportação de N nos grãos, em função das doses de nitrogênio em cobertura, nas análises conjuntas do subprojeto "Resposta de Genótipos de Milho ao Nitrogênio" ⁽¹⁾.

Cultivar	Produtividade		N exportação	
	Equação	r ²	Equação	r ²
1998/99 Itapeva, Cândido Mota e Votuporanga				
AG1051	$Y = 6632 + 13,98x - 0,039x^2$	0,99	$Y = 82,3 + 0,16x$	0,98
XL 251	$Y = 6724 + 18,50x - 0,077x^2$	0,94	$Y = 90,1 + 0,32x - 0,001x^2$	0,98
BR 3123	$Y = 5590 + 5,63x$	0,80	$Y = 72,1 + 0,23x - 0,0007x^2$	0,93
D 766	$Y = 6843 + 5,87x$	0,94	$Y = 94,3 + 0,11x$	0,96
C 333B	$Y = 7025 + 13,08x - 0,040x^2$	0,87	$Y = 100,6 + 0,32x - 0,0012x^2$	0,99
Master	$Y = 6405 + 16,46x - 0,062x^2$	0,96	$Y = 83,5 + 0,32x - 0,001x^2$	0,98
XL 212	$Y = 5909 + 1,20x$	0,09 ^{ns}	$Y = 69,7 + 0,18x - 0,0007x^2$	0,71
IAC V1	$Y = 5376 + 7,07x$	0,93	$Y = 75,5 + 0,14x$	0,99
1999/00 e 2000/01 Palmital e Votuporanga				
AG1051	$Y = 4244 + 28,49x - 0,081x^2$	0,99	$Y = 47,9 + 0,412x - 0,0009x^2$	0,99
XL 251	$Y = 4385 + 28,17x - 0,091x^2$	0,99	$Y = 54,7 + 0,427x - 0,001x^2$	0,99
BR 3123	$Y = 3847 + 29,13x - 0,083x^2$	1,00	$Y = 44,7 + 0,388x - 0,0007x^2$	1,00
D 766	$Y = 4788 + 10,69x$	0,97	$Y = 56,9 + 0,215x$	0,99
C 333B	$Y = 4277 + 26,35x - 0,085x^2$	1,00	$Y = 55,9 + 0,373x - 0,0009x^2$	1,00
Master	$Y = 4379 + 21,44x - 0,051x^2$	0,98	$Y = 52,4 + 0,231x$	0,98
CO 9560	$Y = 4810 + 18,99x - 0,059x^2$	1,00	$Y = 55,6 + 0,387x - 0,001x^2$	1,00
8410	$Y = 3295 + 31,22x - 0,101x^2$	0,99	$Y = 46,7 + 0,466x - 0,001x^2$	1,00
Tork	$Y = 4857 + 11,47x$	0,95	$Y = 57,9 + 0,221x$	0,99
BR 4157	$Y = 3635 + 8,94x$	0,93	$Y = 50,4 + 0,196x$	0,99

⁽¹⁾ Modelos significativos a 5%.

Tabela 35. Produtividade máxima de grãos em cultivares de milho, doses de nitrogênio em cobertura correspondentes à produtividade máxima e aumento relativo da produtividade nas análises conjuntas do subprojeto “Resposta de Genótipos de Milho ao Nitrogênio”

Cultivar	Produtividade máxima		Aumento relativo de produtividade
	Valor	Dose de N	
1998/99 Itapeva, Cândido Mota e Votuporanga			
AG 1051	7884	179	19
XL 251	7835	120	17
BR 3123	6603	180	18
D 766	7900	180	15
C 333B	8094	164	15
Master	7497	133	17
XL 212	6125	180	4
IAC V1	6649	180	24
1999/00 e 2000/01 Palmital e Votuporanga			
AG 1051	6749	176	59
XL 251	6565	155	50
BR 3123	6403	175	66
D 766	6712	180	40
C 333B	6314	155	48
Master	6586	180	50
CO 9560	6338	161	32
8410	5708	154	73
Tork	6922	180	43
BR 4157	5234	180	44

⁽¹⁾ A partir dos valores estimados pelo modelo matemático, utilizando a dose máxima quando o valor extrapolou o intervalo estudado.

São apresentados os resultados de resposta da exportação de N das cultivares ao nitrogênio para as duas análises conjuntas, embora as diferenças não tenham sido significativas em 1999/00 e 2000/01 (Figura 18, Tabela 34). Em 1998/99, os maiores aumentos de exportação de N nos grãos com a adubação nitrogenada ocorreram nas cultivares AG 1051, XL 251, C 333B e Master.

Conclui-se que a experimentação em um único local e ano pode levar a conclusões equivocadas sobre a magnitude do requerimento do cultivar quanto à adubação nitrogenada. De maneira geral, a diferenciação dos cultivares é discreta, com ressalvas para casos específicos, como a XL 212 (pouco responsiva), IAC VI, BR 3123 e 8410 (muito responsivas)

4.3 Subprojeto Parcelamento

Não se verificou sintomas de fitotoxicidade de fertilizantes nas parcelas adubadas com 60 kg ha^{-1} de nitrogênio no sulco de semeadura por ocasião da emergência das plantas.

De maneira semelhante ao Subprojeto Genótipos x Nitrogênio, houve efeito significativo para genótipo e adubação nitrogenada para todos os parâmetros avaliados (Tabela 36). Novamente, constatou-se interação entre genótipo e nitrogênio, exceto para o teor de nitrogênio nos grãos em Votuporanga em produtividade em Cândido Mota.

As cultivares C 333B e Master destacaram-se quanto à produtividade de grãos nos dois locais e à exportação de nitrogênio nos grãos em Votuporanga (Tabelas 37 a 41). Para esses mesmos parâmetros, a XL 212 foi semelhante e inferior à BR 3123 em Cândido Mota e Votuporanga, respectivamente. A C 333B apresentou os maiores teores de N nos grãos e nas folhas. Corroborando com os resultados obtidos no Subprojeto 1, a XL 212 teve os menores teores de N nos grãos.

A análise estatística do efeito do nitrogênio através de contrastes ortogonais evidenciou que em Cândido Mota a forma de aplicação do nitrogênio não influenciou a produtividade do milho; apenas os teores de N nas folhas, no estágio de início de formação de grãos, foram alterados. O aumento de produtividade foi pouco pronunciado, e o

Tabela 36. Resultados da análise de variância e valores médios de produtividade, N nos grãos ou N nas folhas e exportação de N nos grãos nos experimentos do subprojeto Parcelamento em 1998/99.

Fatores da variação	Votuporanga				Cândido Mota	
	Produtividade	N nos grãos	Exportação de N	Produtividade	N nas folhas	
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	
Cultivar	**	**	**	**	**	
Nitrogênio	**	**	**	**	**	
Cultivar x Nitrogênio	**	Ns	**	Ns	**	
N 240 x N demais	**	**	**	Ns	**	
(N60+N180) x (N120 + N120)	**	Ns	**	Ns	**	
N somente cobertura x (60N base +N cobertura)	Ns	Ns	Ns	+	Ns	
Doses N somente em cobertura	Q**	Q*	Q*	L**	Q*	
Doses (N base + N cobertura)	Q**	L**	Q**	Q*	L**	
Média	5.306	12,7	68,5	7.013	23,3	

** , * e ** = significativo a 10%, 5% e 1% respectivamente, ns = não significativo.

Tabela 37. Produtividade média de cultivares de milho em função da aplicação de nitrogênio em diferentes modos e doses em Votuporanga (SP), em 1998/99

Nitrogênio		Cultivar				
Dose	Parcelamento	BR 3123	XL 212	C 333 B	Master	Média
..... kg ha ⁻¹						
0	0 + 0	3.146	3.253	3.404	3.241	3.261
0	0 + 0	3.024	3.196	3.589	3.351	3.290
60	0 + 60	4.037	3.910	5.958	4.461	4.592
120	0 + 120	4.363	4.001	6.241	5.519	5.031
180	0 + 180	4.593	3.954	6.358	5.267	5.043
60	60 + 0	5.396	4.307	5.574	5.692	5.342
120	60 + 60	6.910	5.055	7.338	6.690	6.498
180	60 + 120	6.467	5.400	7.802	7.134	6.701
240	60 + 180	5.999	5.083	7.785	7.146	6.503
240	120 + 120	6.709	5.394	7.885	7.203	6.798
P > F ⁽²⁾						
N 240 x demais		**	**	**	**	**
(N60+180)x(N120+120)		**	**	**	**	**
N somente cobertura x (N60 base +N cobertura)		+	Ns	ns	ns	Ns
Doses N cobertura		L **	Ns	Q **	Q **	Q **
Doses (base + cobertura)		Q **	Q *	Q **	Q **	Q **
Média ⁽¹⁾		5.064 c	4.395 d	6.193 a	5.570 b	5.306

⁽¹⁾ C. V. = 11,2%, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

⁽²⁾ Teste F significativo para cultivares e interação cultivares x nitrogênio a 1%; +, * e ** = significativo a 10%, 5% e 1% respectivamente e ns = não significativo

Tabela 38. Conteúdo de nitrogênio nos grãos de cultivares de milho semeadas em Votuporanga, em 1998/99, em função de doses de nitrogênio

Nitrogênio		Cultivar				
Dose	Parcelamento	BR 3123	XL 212	C 333 B	Master	Média
..... g kg ⁻¹						
0	0 + 0	13,1	10,3	12,7	14,0	12,5
0	0 + 0	12,4	11,7	12,3	12,7	12,2
60	0 + 60	11,5	12,0	13,2	11,3	12,0
120	0 + 120	13,0	11,5	14,0	12,9	12,8
180	0 + 180	13,5	12,7	15,0	13,0	13,6
60	60 + 0	11,2	10,9	13,4	12,0	11,9
120	60 + 60	11,8	11,8	14,1	12,2	12,5
180	60 + 120	12,7	11,7	14,8	13,2	13,1
240	60 + 180	13,0	12,5	14,4	13,2	13,3
240	120 + 120	13,6	12,5	15,5	12,5	13,5
P > F ⁽²⁾						
N 240 x demais		-	-	-	-	**
(N60+180)x(N120+120)		-	-	-	-	ns
N somente cobertura x (N60 base +N cobertura)		-	-	-	-	ns
Doses N cobertura		-	-	-	-	Q *
Doses (base + cobertura)		-	-	-	-	L **
Média ⁽¹⁾		12,6 b	11,7 c	13,9 a	12,7 b	12,7

⁽¹⁾ C. V. = 9,0%; médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

⁽²⁾ Teste F para cultivares significativo a 1% e interação cultivares x nitrogênio não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 39. Nitrogênio exportado pelos grãos em cultivares de milho semeadas em Votuporanga, em 1998/99, em função de doses de nitrogênio

Nitrogênio		Cultivar				
Dose	Parcelamento	BR 3123	XL 212	C 333 B	Master	Média
..... kg ha ⁻¹						
0	0 + 0	41,3	33,3	43,7	45,3	40,9
0	0 + 0	37,5	37,1	44,2	41,8	40,2
60	0 + 60	46,4	46,7	79,1	50,5	55,7
120	0 + 120	56,2	46,1	87,5	70,5	65,1
180	0 + 180	61,5	50,1	95,9	68,8	69,1
60	60 + 0	61,1	51,3	74,8	68,4	63,9
120	60 + 60	81,8	59,8	103,5	82,4	81,9
180	60 + 120	81,9	63,1	115,5	93,8	88,6
240	60 + 180	77,9	63,7	112,1	93,8	86,9
240	120 + 120	91,3	67,2	121,8	89,8	92,5
P > F ⁽²⁾						
N 240 x demais		**	**	**	**	**
(N60+180)x(N120+120)		**	**	*	**	**
N somente cobertura x (N60 base +N cobertura)		ns	Ns	ns	ns	ns
Doses N cobertura		L **	L *	Q **	L **	Q *
Doses (base + cobertura)		Q **	L **	L **	L **	Q **
Média ⁽¹⁾		63,7 c	51,8 d	87,8 a	70,5 b	68,5

⁽¹⁾ C. V. = 14,5%, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

⁽²⁾ Teste F para cultivares e interação cultivar x nitrogênio significativo a 1%; * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 40. Produtividade de cultivares de milho semeadas em Cândido Mota, em 1998/99, em função da aplicação de nitrogênio em diferentes modos e doses

Nitrogênio		Cultivar				
Dose	Parcelamento	BR 3123	XL 212	C 333 B	Master	Média
..... kg ha ⁻¹						
0	0 + 0	5.875	5.744	7.276	6.621	6.379
0	0 + 0	5.476	6.288	6.733	6.679	6.294
60	0 + 60	5.485	6.487	7.157	6.679	6.452
120	0 + 120	7.263	6.832	7.705	8.042	7.460
180	0 + 180	7.404	6.081	7.585	8.242	7.328
60	60 + 0	6.273	6.339	7.987	8.143	7.186
120	60 + 60	6.803	6.532	7.818	8.335	7.372
180	60 + 120	7.040	5.778	8.143	8.799	7.440
240	60 + 180	6.810	5.974	8.225	8.373	7.346
240	120 + 120	6.651	5.989	7.296	7.548	6.871
P > F ⁽²⁾						
N 240 x demais		-	-	-	-	ns
(N60+180)x(N120+120)		-	-	-	-	ns
N somente cobertura x (N60 base +N cobertura)		-	-	-	-	ns
Doses N cobertura		-	-	-	-	L **
Doses (base + cobertura)		-	-	-	-	Q *
Média ⁽¹⁾		6.508 b	6.205 b	7.593 a	7.746 a	7.013

⁽¹⁾ C. V. = 9,3%, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

⁽²⁾ Teste F para cultivar significativo 1% e interação cultivar x nitrogênio não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 41. Conteúdo de nitrogênio nas folhas de cultivares de milho semeadas em Cândido Mota, em 1998/99, em função da aplicação de nitrogênio em diferentes modos e doses

Nitrogênio		Cultivar				
Dose	Parcelamento	BR 3123	XL 212	C 333 B	Master	Média
..... g kg ⁻¹						
0	0 + 0	16,9	21,7	23,7	18,5	20,2
0	0 + 0	16,7	20,4	23,8	19,1	20,0
60	0 + 60	20,8	22,9	23,3	22,7	22,4
120	0 + 120	23,4	26,4	26,1	24,9	25,2
180	0 + 180	22,9	25,3	28,1	25,7	25,5
60	60 + 0	21,7	22,5	23,0	21,2	22,1
120	60 + 60	21,5	23,7	22,9	23,6	22,9
180	60 + 120	21,0	27,0	24,3	23,1	23,9
240	60 + 180	24,4	23,9	27,3	25,7	25,3
240	120 + 120	25,0	25,6	26,8	24,7	25,6
P > F ⁽²⁾						
N 240 x demais		**	Ns	**	**	**
(N60+180)x(N120+120)		ns	Ns	**	Ns	**
N somente cobertura x (N60 base +N cobertura)		ns	Ns	ns	Ns	+
Doses N cobertura		Q **	L **	Q*	L **	Q *
Doses (base + cobertura)		Q **	L **	ns	L **	L **
Média ⁽¹⁾		21,4 c	23,9 ab	24,9 a	22,9 bc	23,3

⁽¹⁾ C. V. = 6,6%, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

⁽²⁾ Teste F para cultivares e interação cultivar x nitrogênio significativo a 1%; +, * e ** = significativo a 10%, 5% e 1%, respectivamente, e ns = não significativo

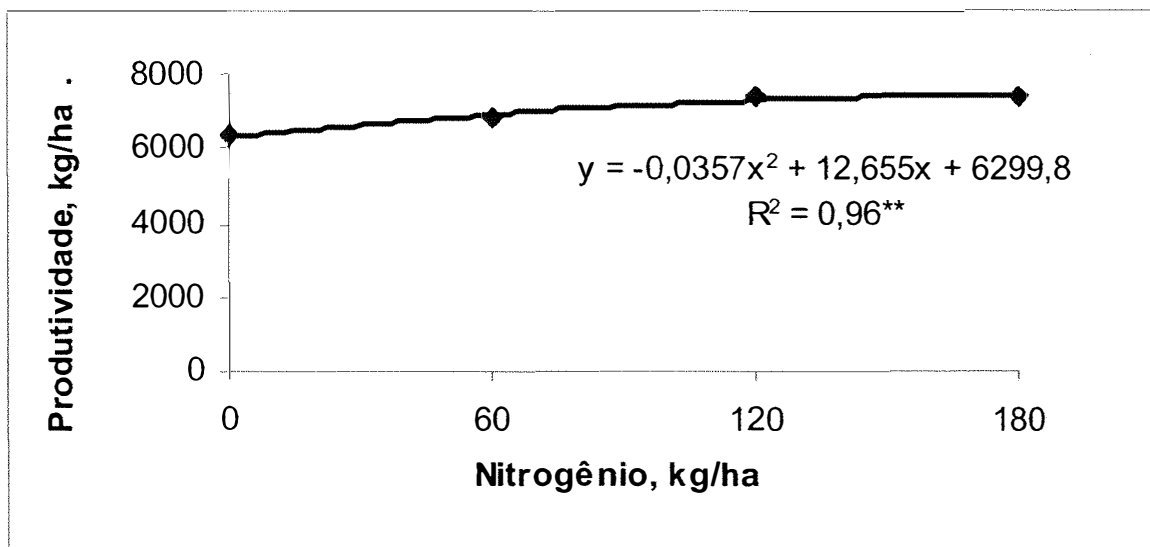


Figura 19- Produtividade média do milho em função de doses de fertilizante nitrogenado em Cândido Mota (SP), no ano agrícola 1998/99 (média de dois modos de parcelamento e quatro genótipos)

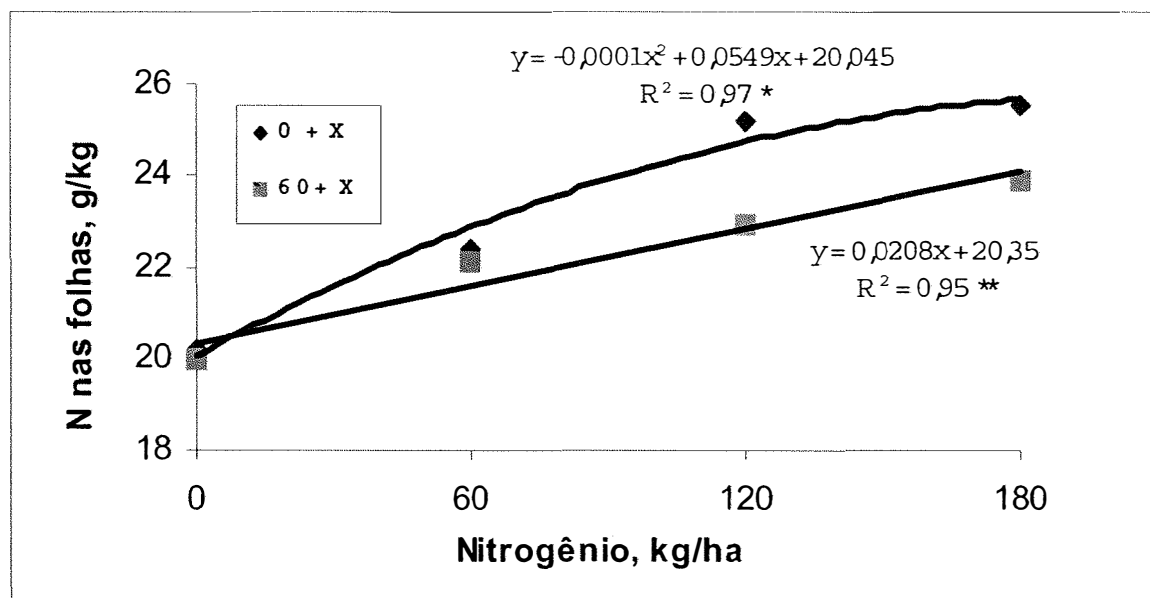


Figura 20- Conteúdo de nitrogênio em folhas de milho no início do enchimento de grãos em função de doses de fertilizante nitrogenado aplicado apenas em cobertura (0+X) ou na semeadura mais cobertura (60+X) em Cândido Mota, nos anos agrícolas 1998/99 (Média de quatro genótipos)

ponto de máximo ocorreu na dose 177 kg ha^{-1} , proporcionando aumento relativo de 18% na produtividade (Figura 19). Os teores de N na folha foram maiores quando se aplicou todo o nitrogênio em cobertura do que quando se aplicaram 60 kg ha^{-1} no sulco de semeadura + adubação de cobertura (Figura 20). Esses resultados são coerentes com os de N no solo apresentados anteriormente, em que se observou maiores valores de N-nitrato e N inorgânico quando a dose 60 kg ha^{-1} foi aplicada toda em cobertura em comparação com o seu emprego exclusivo no sulco de semeadura.

Em Votuporanga, onde os teores de N no solo foram muito baixos, o emprego do nitrogênio na semeadura e na cobertura resultou em maior produtividade de grãos e exportação de nitrogênio do que a aplicação apenas em cobertura, sendo este efeito dependente da cultivar (Figuras 21 e 22, Anexos 3 e 4).

A cultivar BR 3123 foi a que apresentou a maior diferença nas curvas de resposta ao N entre os dois modos de parcelamento: 130% de aumento relativo da produtividade com 60 kg ha^{-1} na semeadura + cobertura contra apenas 42% omitindo o nitrogênio na semeadura (Figura 21). A BR 3123 foi também a única cultivar que apresentou maior produtividade com o aumento da dose de N na semeadura de 60 para 120 kg ha^{-1} (significativo a 10%), confirmando seu maior requerimento por nitrogênio nos estádios iniciais de desenvolvimento.

A C 333B apresentou a maior resposta da produtividade de grãos à adubação nitrogenada e a menor variação na produtividade entre os tratamentos sem e com nitrogênio na semeadura. O XL 212 foi a menos responsiva ao nitrogênio (70% de aumento relativo de produtividade, considerando a curva de resposta com 60 kg ha^{-1} de N na semeadura).

A exportação de nitrogênio seguiu tendência similar à da produtividade de grãos, evidenciando-se, mais uma vez, que a C 333B foi a mais responsiva à adubação nitrogenada e pouco sensível ao seu modo de aplicação (Figura 22).

O conteúdo de N nos grãos aumentou de maneira semelhante para todos os cultivares e modos de parcelamento (Figura 23).

Os resultados sugerem que os cultivares de milho presentes no comércio apresentam, além de diferentes respostas à adubação nitrogenada, diferentes padrões de exi

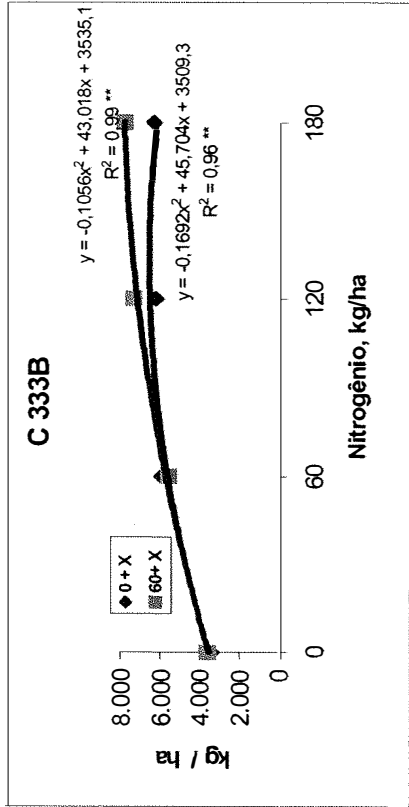
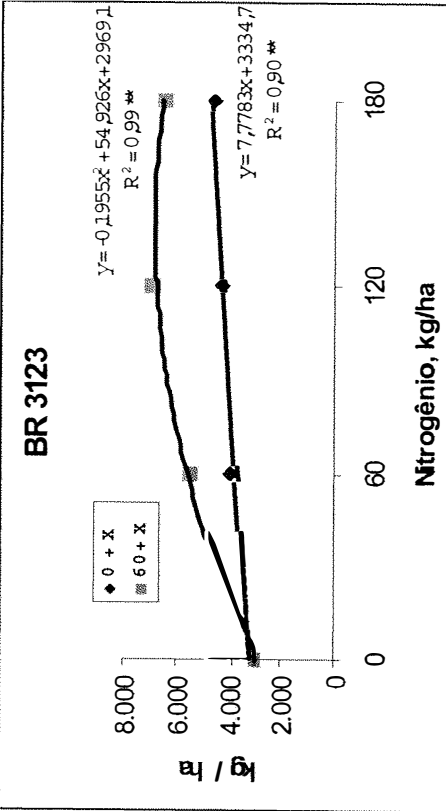
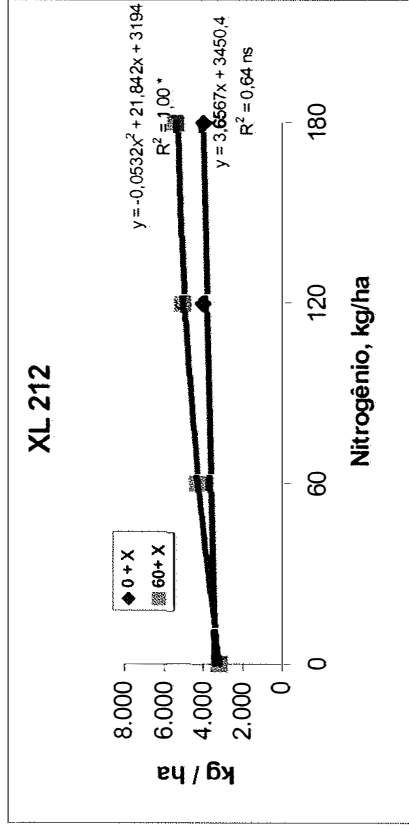
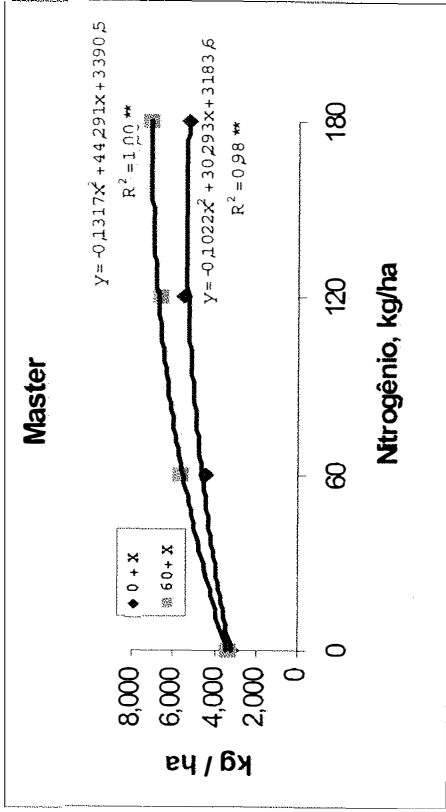


Figura 21- Produtividade de grãos de milho em função da adubação nitrogenada aplicada somente em cobertura (0+X) ou de modo parcelado (60 kg ha⁻¹ na base, quando for o caso, e em cobertura), em cultivares semeadas em Votuporanga, no ano agrícola 1998/99

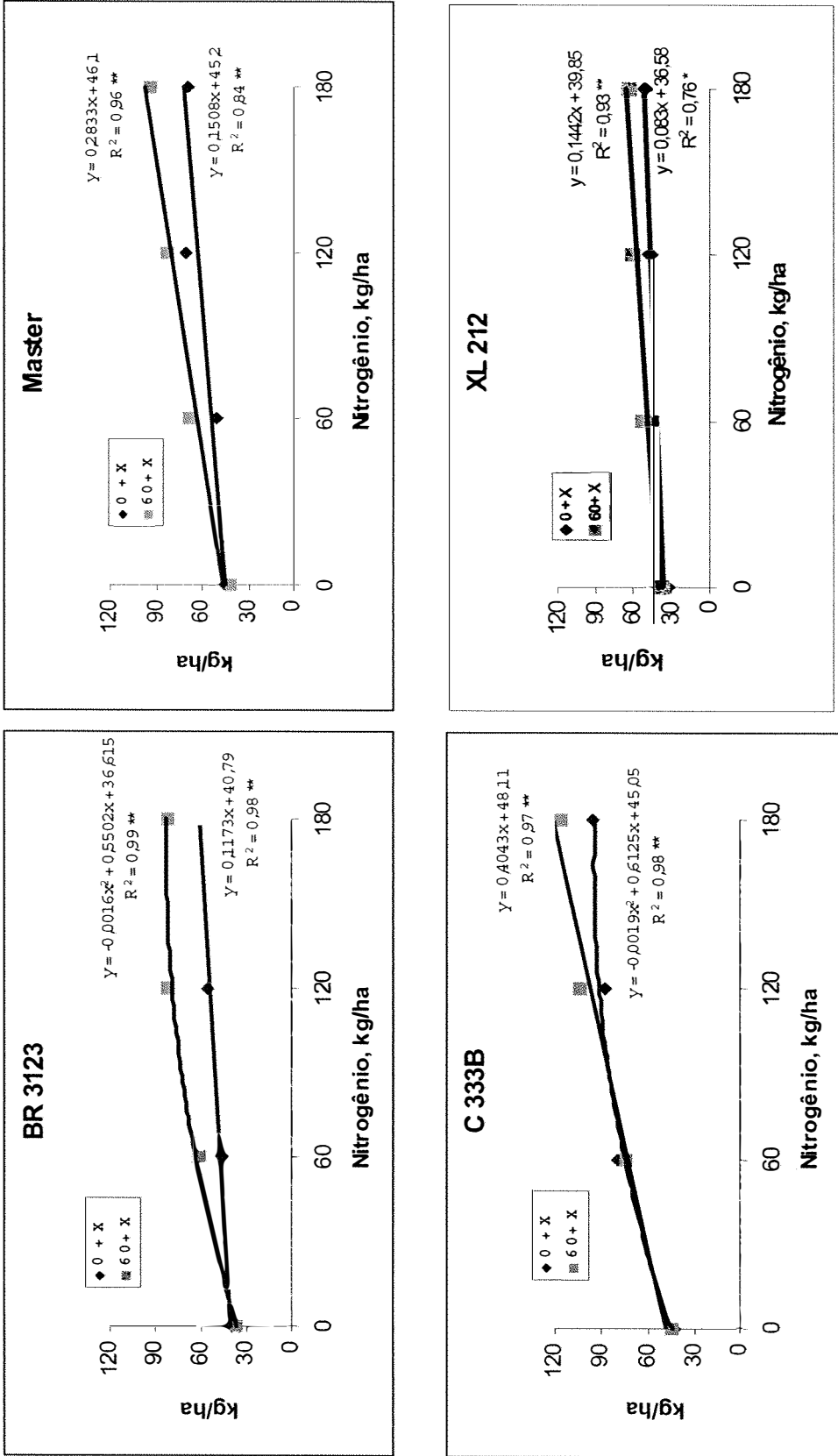


Figura 22- Exportação de nitrogênio nos grãos de milho em função da adubação nitrogenada aplicada somente em cobertura (0+X) ou de modo parcelado (60 kg ha⁻¹ na base, e em cobertura), em cultivares de milho semeadas em Votuporanga, ano agrícola 1998/99

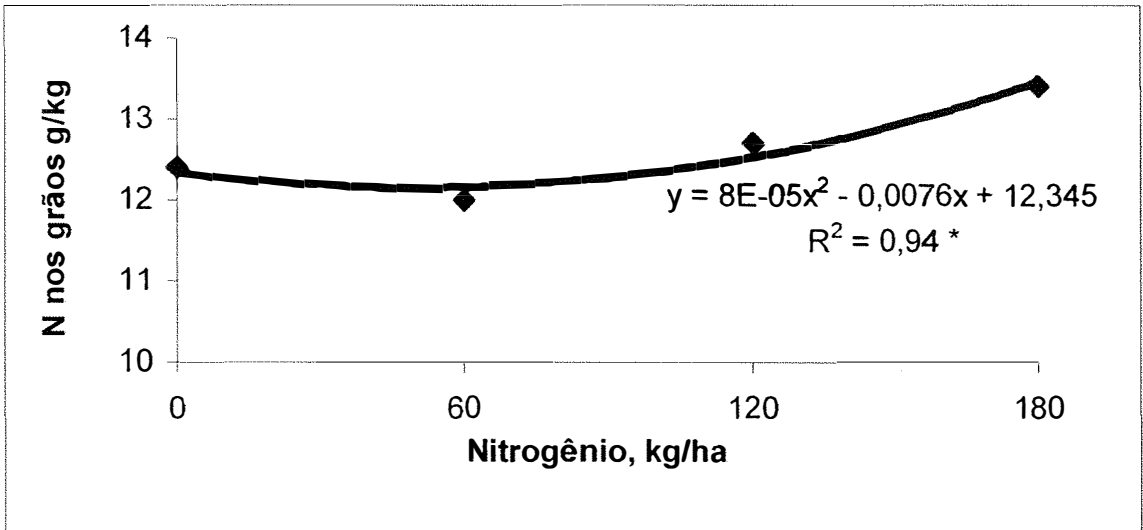


Figura 23- Conteúdo médio de nitrogênio em grãos de milho em função de doses do fertilizante nitrogenado, independentemente do modo de parcelamento, em Votuporanga, no ano agrícola 1998/99 (Média de quatro genótipos)

gência quanto ao suprimento de nitrogênio nos estádios iniciais de desenvolvimento. Porém, a diferenciação dos cultivares quanto ao nível de resposta é bastante complexa devido, entre outros fatores, à adaptação do germoplasma às condições edafoclimáticas regionais, que influencia a expressão do potencial produtivo, e à dificuldade de se prever a disponibilidade de nitrogênio no solo durante os diversos estádios de desenvolvimento da cultura.

4.4 Suprojeto Partição

As datas do florescimento e maturação fisiológica, esta última coincidente com a data de colheita de massa, indicam grande variabilidade do ciclo até o florescimento e a maturação fisiológica (Tabela 42). Em Palmital 99/00 a colheita de massa das cultivares precoces foi realizada depois da maturação dos grãos, devendo-se considerar com ressalvas o ciclo até a maturação fisiológica na interpretação dos resultados. Pela Tabela 42, depreende-se que o ciclo médio das plantas em Votuporanga 99/00 e Palmital 00/01 foi de 47 a 69 dias da emergência até o florescimento e de 86 a 117 dias da emergência até a maturação fisiológica, dependendo da cultivar.

Calculando-se a contribuição do subperíodo florescimento-maturação para o ciclo total da cultura, em graus dia, tem-se que este subperíodo correspondeu a 46%, 45%, 47%, 49% e 55% da emergência até a maturação para as cultivares, P 32R21, BR 3123, BR 4157, AG 1051 e XL 212 respectivamente. Assim, as cultivares P32R21 e BR 3123, consideradas muito responsivas à adubação nitrogenada, tiveram o menor período relativo de desenvolvimento da espiga, enquanto a AG 1051, altamente produtiva mesmo na ausência de N, e a XL 212, pouco responsiva ao N, tiveram os maiores períodos relativos.

As produtividades médias de grãos em Votuporanga 99/00, Palmital 99/00 e Palmital 00/01 foram iguais a 5.873, 3.881 e 7.409 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 43). A baixa produtividade em Palmital 99/00 deve-se à ocorrência de veranico (ausência prolongada de chuvas) no período entre a emergência e o florescimento, o que também reduziu o porte das plantas. Em Palmital 1999/00, a cultivar superprecoce P 32R21 foi favorecida pelo florescimento antes de acentuar o déficit hídrico, e as mais tardias (XL 212 e Ag 1051), pelas chuvas imediatamente após o florescimento. Em Votuporanga 99/00 os tratamentos com ausência de N e 60 kg ha⁻¹ de N produziram muito pouco em relação às doses 120 e 180 kg ha⁻¹ em cobertura, contribuindo para a menor produtividade média dessa localidade em relação a Palmital 000/01. A ocorrência de elevada infestação do nematóide *Pratylenchus* sp também pode ter desfavorecido o desenvolvimento das plantas em Votuporanga 99/00.

Tabela 42. Períodos do florescimento masculino e das colheitas de plantas no florescimento e maturação fisiológica dos grãos, em função das cultivares de milho em Votuporanga, em 1999/2000, e Palmital nos anos agrícolas 1999/2000 e 2000/01

Cultivar	Votuporanga1999/00				Palmital 1999/00				Palmital 2000/01			
	Florescimento		Colheita de massa		Florescimento		Colheita de massa		Florescimento		Colheita de massa	
	Florescimento	Maturação	Florescimento	Maturação	Florescimento	Maturação	Florescimento	Maturação	Florescimento	Maturação	Florescimento	Maturação
XL 212	53 (805)	46 (854)	112(1736)	60 (914)	62 (946)	104(1560)	50 (763)	50 (763)	111(1730)			
P 32R21	50(758)/53(805) ⁽¹⁾	46 (854)	96 (1493)	57 (865)	58 (881)	104(1560)	49 (748)	49 (748)	86 (1340)			
AG 1051	60(916)/62(946) ⁽²⁾	63 (961)	112(1736)	69 (1063)	69 (1063)	110(1648)	57 (869)	58 (886)	117(1830)			
BR 3123	47 (871)	61 (930)	103(1597)	65 (996)	65 (996)	104(1560)	54 (820)	58 (886)	104(1625)			
BR 4157	47 (871)	60 (916)	98 (1523)	67 (1031)	69(1063)	104(1560)	50 (763)	50 (763)	99 (1546)			

⁽¹⁾ Apenas a testemunha floresceu com 53 dias após a emergência; ⁽²⁾ Os tratamentos 0 e 60kg/ha de N floresceram com 62 dias após a emergência.

Tabela 43. Valores médios dos principais parâmetros de acúmulo e partição de matéria seca e nitrogênio nos três experimentos desenvolvidos no subprojeto Partição

Parâmetros avaliados		Experimento		
		Votuporanga 1999/00	Palmital 1999/00	Palmital 2000/01
Produtividade	kg ha ⁻¹	5.873	3.881	7.409
Massa seca g por 10 plantas	Florescimento	1351	1013	1228
	Maturação	2711	1938	2990
Teor N – Folhas Verdes (secas), g kg ⁻¹	Florescimento	21,0	23,8	27,2
	Maturação	11,6 (6,5)	14,5 (9,8)	15,3 (12,2)
Teor N – Colmo g kg ⁻¹	Florescimento	6,6	8,4	9,5
	Maturação	5,0	4,8	5,7
Teor N – Planta g kg ⁻¹	Florescimento	12,4	14,2	17,9
	Maturação	8,7	9,7	11,3
Acúmulo N g por 10 plantas	Florescimento	17,2	14,4	21,7
	Maturação	23,8	19,0	33,8
N na fração folhas % do acumulados	Florescimento	53,9	57,7	56,1
	Maturação	16,5	19,1	15,1
N na fração colmos % do acumulado	Florescimento	30,1	34,2	24,4
	Maturação	18,9	17,4	15,8
N na fração espigas % do acumulado	Florescimento	15,9	8,1	19,5
	Maturação	64,6	63,5	69,1
Massa folhas verdes % folhas total	Maturação	57	85	65
Eficiência uso N planta	kg ² g ⁻¹	0,32	0,20	0,27
N na planta / N no adubo	kg kg ⁻¹	1,5	1,2	2,0
Acúmulo relativo na planta Florescimento- Maturação % do total	Matéria seca	49,7	46,4	58,3
	Nitrogênio	28,6	22,9	34,8

A massa seca de plantas foi menor em Palmital 99/00. Em Votuporanga 99/00 e Palmital 00/01, os valores da massa seca de plantas foram muito próximos, especialmente no florescimento, embora a produtividade de grãos tenha sido menor em Votuporanga 99/00 do que em Palmital 00/01. Os menores teores médios de N na planta em Votuporanga 99/00, desde o estágio de florescimento até a maturação, especialmente nos tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹, contribuíram para as menores produtividades de grãos nesta localidade em comparação a Palmital 00/01.

Em todos os experimentos, os teores de N nas folhas, colmos e na planta toda reduziram do estágio de florescimento para o de maturação, sendo que a redução foi mais acentuada nas folhas do que nos colmos. A redução da contribuição do N acumulado nas folhas, em relação à planta como um todo, também foi muito mais acentuada do que nos colmos. Isso sugere que o principal reservatório de N para translocação para a espiga são as folhas.

Poder-se-ia relacionar a redução do teor de N nas folhas com o índice de secamento de folhas. Porém, em Palmital 99/00 a redução do acúmulo de N nas folhas foi acentuada e as plantas apresentavam 85% de folhas verdes na última colheita de massa. Essa percentagem de folhas verdes poderia ter sido ainda maior se o híbrido P32R21 não tivesse sido colhido um pouco depois da maturação fisiológica e apresentado o menor índice de folhas verdes (76%).

A eficiência do uso de N na planta, calculada pelo método de Siddiqi et al. (1981), foi menor em Palmital 99/00 do que nos demais locais e anos agrícolas. É provável que a deficiência acentuada de água no solo tenha favorecido o acúmulo de matéria no sistema radicular, em detrimento da parte aérea da planta, levando à menor eficiência em Palmital 99/00 do que nos outros experimentos. Em Palmital 99/00 houve também menor acúmulo de nitrogênio depois do florescimento; o maior acúmulo de matéria seca em comparação ao de nitrogênio no subperíodo florescimento-maturação, expresso como porcentagem do total acumulado até a maturação, foi mais acentuado em Palmital 99/00 do que nos outros dois experimentos.

Quanto maior foi a produtividade do experimento, maior a relação entre o N acumulado na planta e o aplicado como fertilizante, e maior o acúmulo relativo de

matéria seca e nitrogênio no subperíodo florescimento-maturação. O fato de os experimentos mais produtivos apresentarem maior relação entre o N acumulado na planta e o N do fertilizante indica que houve aumento do uso e exportação do N original do solo. Ou seja, quando o ambiente propicia maiores produtividades, a planta maximiza a produção e exportação de matéria seca por unidade de N absorvida e de N aplicada no fertilizante. O maior acúmulo de N no subperíodo florescimento-maturação, por sua vez, evidencia que o aumento do potencial produtivo é acompanhado pelo aumento da absorção de N depois do florescimento. Provavelmente, a obtenção de elevadas produtividades seja mais dependente da absorção de N depois do florescimento do que da translocação de N das folhas e colmos para a espiga.

4.4.1 Efeito da cultivar

Houve efeito de cultivar para quase todos os parâmetros de acúmulo e partição de massa seca de nitrogênio na planta nos estádios de florescimento e de maturação fisiológica dos grãos, bem como para os parâmetros de eficiência de uso do N e caracterização de espigas (Tabelas 44 a 58).

Em Votuporanga 99/00 destacou-se a ausência de diferença entre as cultivares para a partição de massa seca (Tabela 45) e acúmulo de N na fração folha na maturação (Tabela 46). Nesse local houve maior massa de folha por planta em comparação com os outros experimentos. Em Palmital 99/00 também não houve efeito para esses parâmetros, porém, especificamente para folhas secas (Tabelas 50 e 51). No caso de Palmital 99/00, a baixa percentagem de folhas secas em relação à massa total de folhas contribuiu para essa ausência de diferença entre as cultivares.

Nos experimentos de Palmital, na maturação fisiológica, não houve diferença entre as cultivares para acúmulo de N na planta inteira, em 99/00, e nos colmos, em 00/01. Em Palmital 99/00, a menor absorção relativa de N depois do florescimento (apenas 22,9% do acumulado até a maturação), subperíodo em que ocorre maior diferenciação no acúmulo de N entre as cultivares, e a limitação do porte das plantas por

Tabela 45. Acúmulo e partição de massa seca e teor de nitrogênio nos tecidos, no estágio de maturação fisiológica dos grãos, em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Votuporanga ano agrícola 1999/2000.

Tratamento	Massa						Partição de massa seca						Teor de N											
	10 plantas		Folha		Espiga		Folha		Espiga		Colmo		Espiga		Planta									
	Verde	Seca	Verde	Seca	S+B	Total	Verde	Seca	S+B	Total	Grãos	Colmo	Grãos	Sabugo	Brácteas									
Cultivar ⁽¹⁾	g												% acumulado						g kg ⁻¹					
XL 212	3.154 a	8,6 c	5,7 b	14,2	30,3 c	39,2 ab	55,5 a	10,6 b	8,5 a	5,5 a	12,7 b	5,1 b	4,0 b	8,8 ab										
P 32R21	2.489 cd	9,4 bc	5,6 b	15,0	34,5 b	36,6 b	50,5 b	11,8 ab	5,4 b	4,9 ab	15,0 a	7,1 a	4,7 a	9,1 a										
AG 1051	2.924 ab	9,9 ab	5,7 b	15,6	29,4 c	41,0 a	55,0 a	10,8 b	6,0 b	4,6 b	13,0 b	4,9 b	3,0 c	8,6 ab										
BR 3123	2.676 bc	4,4 d	11,0 a	15,4	31,8 c	37,3 b	52,8 ab	11,8 ab	6,2 b	4,4 b	13,1 b	4,2 b	2,9 c	8,3 b										
BR 4157	2.313 d	10,7 a	4,7 b	15,4	37,5 a	30,3 c	47,1 c	13,1 a	6,5 b	5,4 a	15,1 a	4,8 b	3,4 bc	8,8 ab										
Nitrogênio, kg ha ⁻¹	0	2.274	9,1	7,0	16,1	34,1	34,6	15,2	49,8	9,5	5,1	3,9	12,8	5,8	3,7	7,2								
60	2.708	8,1	7,1	15,2	33,7	36,0	51,1	10,6	5,6	4,8	13,0	5,0	3,3	8,2										
120	2.916	8,3	6,4	14,7	31,3	38,7	54,0	12,1	7,2	5,4	14,2	5,1	3,6	9,3										
180	2.946	8,8	5,7	14,4	31,7	38,3	53,9	14,2	8,2	5,8	15,2	5,1	3,8	10,2										
Média	2.711	8,6	6,5	15,1	32,7	36,9	52,2	11,6	6,5	5,0	13,8	5,2	3,6	8,7										
Cultivar	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**								
Nitrogênio	Q	Q	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	Q	ns	Q	L								
CxN	ns	**	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**								
CV (%)	12,9	14,8	24,1	10,5	8,2	9,9	7,7	13,7	18,4	14,2	6,9	23,3	17,7	6,8										

***Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽¹⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo; ⁽²⁾ S+B = sabugo e grãos.

Tabela 46. Acúmulo e partição de nitrogênio, no estágio de maturação fisiológica dos grãos, em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Votuporanga ano agrícola 1999/2000.

Tratamento	Acúmulo de N						Partição de N									
	Folha		Colmo		Espigas		Total		Folha		Colmo		Espigas			
	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca		
..... g 10 plantas ⁻¹ % acumulado																
Cultivar ⁽¹⁾																
XL 212	2,7	1,5	4,2	5,1 a	16,3 a	1,1 a	1,2 a	18,7 a	27,9 a	9,5 b	5,4 a	14,9 b	18,3 ab	58,2 ab	4,3 ab	66,8 a
P 32R21	2,5	1,1	3,6	4,3 ab	13,2 c	1,2 a	0,7 b	15,1 b	23,0 bc	10,7 b	5,3 a	16,0 b	20,6 ab	55,2 bc	5,3 a	63,4 a
AG 1051	2,6	1,0	3,6	4,1 b	16,0 ab	0,8 b	0,7 b	17,6 ab	25,3 ab	10,2 b	4,0 a	14,3 b	16,3 b	63,2 a	3,3 b	69,4 a
BR 3123	2,3	1,3	3,6	3,6 b	13,7 bc	0,7 b	0,8 b	15,1 b	22,4 bc	11,3 ab	5,7 a	16,9 b	16,3 b	60,1 ab	3,3 b	66,8 a
BR 4157	3,0	1,1	4,1	4,5 ab	10,6 d	0,8 b	0,7 b	12,0 c	20,6 c	15,2 a	5,4 a	20,6 a	23,0 a	49,1 c	3,8 b	56,4 b
Nitrogênio, kg ha ⁻¹																
0	2,2	0,9	3,0	3,5	8,6	0,7	0,6	9,9	16,5	13,7	5,5	19,2	22,6	50,3	4,4	58,2
60	2,7	0,9	3,6	4,3	12,6	0,9	0,7	14,2	22,2	12,4	4,2	16,6	19,7	56,3	4,1	63,7
120	2,8	1,4	4,2	4,7	16,1	1,0	0,9	18,0	26,8	10,4	5,1	15,5	17,6	59,9	3,8	66,9
180	2,7	1,7	4,4	4,7	18,6	1,1	1,1	20,7	29,9	9,0	5,8	14,8	15,8	62,2	3,7	69,4
Média	2,6	1,2	3,8	4,3	14,0	0,9	0,8	15,7	23,8	11,4	5,2	16,5	18,9	57,2	4,0	64,6
P > F ⁽²⁾																
Cultivar	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**
Nitrogênio	ns	L	L	L	L	L	L	L	L	L	Q	L	L	L	L	ns
CxN	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	40,0	48,0	24,7	22,6	17,4	27,2	23,4	16,2	14,0	35,2	46,2	20,1	25,6	11,5	27,9	24,1

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 47. Índices de eficiência de uso do nitrogênio no vegetal, eficiência agrônômica do N aplicado na adubação de cobertura, aproveitamento do N nos grãos em relação à planta, e acúmulo relativo de matéria seca e nitrogênio no subperíodo entre o florescimento e a maturação fisiológica do grãos (Mat-Flor), em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Votuporanga em 1999/2000.

Tratamento	Eficiência no vegetal (Siddiqi et al., 1981)			Eficiência agrônômica adubo (Dwyer et al., 1995)			N grãos/N planta (Moll et al., 1982)			Acúmulo relativo Mat-Flor (*)					
	Planta	Grãos	kg ² g ⁻¹	Planta	Grãos	kg kg ⁻¹	Maturação	Mat-flor	Planta	Planta	Espeiga	Planta	Espeiga	Nitrogênio	
Cultivar ⁽¹⁾															
XL 212	0,36 a	0,10 a		1,7 a	1,0 a		58,2 a	31,2 ab	53,2 a	90,3 a		31,2 ab		85,0 a	
P 32R21	0,28 b	0,06 c		1,4 bc	0,8 c		58,1 a	35,1 a	49,1 ab	80,8 c		32,8 a		75,3 b	
AG 1051	0,35 a	0,09 a		1,6 ab	1,0 ab		62,7 a	20,8 b	50,0 ab	91,5 a		19,8 b		84,4 a	
BR 3123	0,32 a	0,08 b		1,4 bc	0,9 bc		60,1 a	33,4 a	52,6a	89,2 ab		33,4 a		83,9 a	
BR 4157	0,29 b	0,05 c		1,3 c	0,7 d		50,6 b	26,6 ab	43,8 b	85,2 bc		25,9 ab		81,1 ab	
Nitrogênio, kg ha ⁻¹															
0	0,33	0,06		-	-		53,0	42,0	56,9	90,2		39,0		85,3	
60	0,34	0,08		2,2	1,3		56,8	30,9	50,9	89,8		30,7		84,5	
120	0,32	0,08		1,3	0,8		59,9	19,6	44,1	83,8		19,6		78,1	
180	0,29	0,08		1,0	0,6		62,2	25,1	47,1	85,8		25,1		80,0	
Média	0,32	0,08		1,5	0,9		57,9	29,4	49,7	87,4		28,6		82,0	
							P > F ⁽²⁾								
Cultivar	**	**		**	**		**	**	*	**		*	**	**	
Nitrogênio	Q	Q		Q	Q		L	Q	Q	L		Q	Q	L	
CxN	**	ns		ns	*		ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	
CV (%)	12,0	14,1		11,9	12,9		8,8	40,3	17,4	5,7		44,4		8,3	

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 48. Caracterização das espigas e produtividade do milho, em função de cultivares e doses de nitrogênio em cobertura em Votuporanga ano agrícola 1999/2000.

Tratamento	Fileiras		Grãos		Massa de Grãos			Sabugo		Espigas		Produtividade kg ha ⁻¹
	de grãos	Por fileira	Por fileira	Espiga	100 grãos	Espiga	Diâmetro	Comprimento	Planta	Grãos		
Cultivar ⁽¹⁾ número número g cm g cm cm número número kg ha ⁻¹ kg ha ⁻¹	
XL 212	13,5 c	36 a	483 a	128 a	28 b	101 b	25 c	157 a	1,00 a	7322 a		
P 32R21	16,2 a	25 cd	418 b	101 b	26 c	126 a	27 a	150 ab	0,86 b	5113 b		
AG 1051	14,6 b	28 c	413 b	126 a	32 a	113 ab	26 b	143 b	0,96 a	6985 a		
BR 3123	14,8 b	32 b	478 a	76 c	24 b	109	27 a	150 ab	0,91 ab	5906 b		
BR 4157	13,4 c	25 d	345 c	76 c	24 d	109	27 a	131 c	0,91 ab	4036 c		
0	13,7	25	340	78	25	125	25	125	0,90	4063		
60	14,6	29	425	105	27	147	26	147	0,93	5746		
120	15,0	32	473	123	28	155	27	155	0,94	6605		
180	14,7	32	468	128	29	157	27	157	0,96	7076		
Média	14,5	29	427	109	27	146	26	146	0,93	5873		
					Nitrogênio, kg ha ⁻¹							
Cultivar	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
Nitrogênio	Q	Q	Q	L	Q	Q	Q	Q	ns	Q	Q	
CxN	Ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
CV (%)	6,2	9,7	12,7	5,9	16,0	7,0	3,9	10,6	13,6			

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 49. Acúmulo e partição de massa seca e nitrogênio e teor de nitrogênio nos tecidos, no estágio de florescimento, em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Palmital ano agrícola 1999/2000.

Tratamento	Massa				Teor de N				Acúmulo de N				Partição de N		
	10 plantas	Folha	Colmo	Espiga	Folha	Colmo	Espiga	Planta	Folha	Colmo	Espiga	Planta	Folha	Colmo	Espiga
g	% acumulado				g kg ⁻¹				g 10 plantas ⁻¹				% acumulado		
Cultivar ⁽¹⁾															
XL 212	907 bc	33,3 bc	60,4 b	6,3 b	26,3 a	9,0 a	18,1 ab	15,3 a	7,9 bc	4,9 ab	1,0 b	13,9 bc	57,5 a	35,2 ab	7,4 b
P 32R21	831 c	35,6 a	56,5 c	7,9 b	23,3 b	8,2 a	18,8 a	14,4 ab	6,9 c	3,7 c	1,3 b	11,9 c	57,7 a	31,8 b	10,6 a
AG 1051	1.136 a	34,9 ab	62,3 a	2,8 c	23,3 b	8,1 a	18,6 a	13,7 b	9,2 a	5,8 a	0,6 c	15,6 ab	59,8 a	36,5 a	3,8 c
BR 3123	1.039 ab	35,5 a	57,6 c	6,9 b	23,5 b	7,8 a	16,4 bc	13,9 b	8,6 ab	4,7 bc	1,3 b	14,6 ab	60,1 a	32,0 b	7,9 b
BR 4157	1.153 a	32,7 c	56,8 c	10,5 a	22,6 b	8,8 a	14,6 c	14,0 b	8,7 ab	5,8 a	1,8 a	16,7 a	53,6 b	35,7 a	10,7 a
Nitrogênio, kg ha ⁻¹															
0	971	35,0	60,7	4,3	18,6	6,1	15,8	10,9	6,2	3,6	0,7	10,4	59,8	33,7	6,4
60	1.004	34,4	58,3	7,3	23,9	7,9	17,1	14,1	8,4	4,7	1,2	14,2	59,1	32,5	8,4
120	1.001	34,7	57,5	7,8	25,8	10,0	17,9	16,0	8,9	5,7	1,3	15,9	55,9	36,0	8,1
180	1.076	33,6	58,3	8,1	26,9	9,5	18,4	16,0	9,6	6,0	1,6	17,1	56,1	34,6	9,3
Média	1.013	34,4	58,7	6,9	23,8	8,4	17,3	14,2	8,3	5,0	1,2	14,4	57,7	34,2	8,1
Cultivar	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Nitrogênio	L	L	Q	Q	Q	Q	L	Q	Q	Q	L	Q	L	ns	L
CxN	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	**
CV (%)	13,1	5,9	3,0	30,0	7,9	15,6	10,8	9,0	12,5	19,9	33,2	14,2	5,8	10,3	26,9

P > F⁽²⁾

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 50. Acúmulo e partição de massa seca e teor de nitrogênio nos tecidos, no estágio de maturação fisiológica dos grãos, em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Palmital ano agrícola 1999/2000.

Tratamento	Massa 10 plantas	Partição de massa seca						Teor de N							
		Folha		Espiga		Total		Folha		Espiga		Total			
		Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca		
Cultivar ⁽¹⁾	g % acumulado g kg ⁻¹													
XL 212	1.980 ab	10,3 b	1,6	11,9 b	32,8 b	36,6 b	18,7 ab	55,3 ab	16,6 a	13,9 a	5,2 ab	13,7 c	4,7 b	6,1 a	9,8 ab
P 32R21	1.787 b	6,4 c	2,0	8,4 c	31,8 b	44,3 a	15,5 c	59,7 a	12,7 b	9,3 b	5,4 ab	15,6 b	7,0 a	5,6 ab	10,4 a
AG 1051	2.126 a	13,5 a	1,6	15,1 a	36,6 ab	33,2 b	15,1 c	48,2 c	16,3 a	7,1 c	3,5 c	13,7 c	5,3 b	4,4 bc	9,0 b
BR 3123	1.863 ab	12,6 a	2,4	15,0 a	35,5 ab	32,7 b	16,8 bc	49,5 bc	13,3 b	9,7 b	4,6 b	15,2 bc	5,2 b	4,0 c	9,3 b
BR 4157	1.935 ab	12,6 a	2,3	14,9 a	39,5 ^a	25,7 c	19,9 a	45,6 c	13,4 b	8,9 b	5,5 a	18,2 a	5,1 b	5,1 a-c	9,9 ab
Nitrogênio, kg ha ⁻¹															
0	1.616	9,7	2,5	12,2	42,0	29,5	16,4	45,8	11,7	6,3	3,6	13,3	5,2	4,1	7,5
60	2.034	10,1	2,2	12,3	32,6	36,7	18,4	55,1	13,0	9,0	4,3	14,2	5,5	4,9	9,2
120	2.028	11,7	1,8	13,5	32,1	36,8	17,6	54,4	15,9	11,1	5,4	15,9	5,4	5,2	10,5
180	2.075	12,9	1,5	14,3	34,2	35,0	16,4	51,4	17,2	12,8	6,1	17,7	5,7	5,9	11,6
Média	1.938	11,1	2,0	13,1	35,2	34,5	17,2	51,7	14,5	9,8	4,8	15,3	5,5	5,0	9,7
		P > F ⁽²⁾													
Cultivar	*	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Nitrogênio	Q	L	L	L	Q	Q	Q	Q	L	L	L	L	ns	L	L
CxN	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	15,5	13,1	60,3	14,2	14,9	15,4	15,3	11,8	9,4	11,8	16,8	10,2	25,3	26,9	10,5

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ S+B = sabugo e grãos; ⁽³⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 51. Acúmulo e partição de nitrogênio, no estágio de maturação fisiológica dos grãos, em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Palmital ano agrícola 1999/2000.

Tratamento	Acúmulo de N						Partição de N										
	Folha		Colmo		Espigas		Total		Folha		Colmo		Espigas				
	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca	Verde	Seca			
Cultivar ⁽¹⁾ g 10 plantas ⁻¹ % acumulado				
XL 212	3,5 b	0,4 a	3,9 b	3,4 b	10,1 b	0,8 ab	1,2 a	12,0 ab	19,3	18,0 b	2,2	20,1 b	17,8 b	51,7 b	4,2 a	6,2 a	62,1 b
P 32R21	1,5 c	0,3 a	1,9 c	3,0 b	12,7 a	1,0 a	0,7 c	14,5 a	19,3	7,5 c	1,7	9,3 c	15,5 b	66,0 a	5,5 a	3,7 c	75,3 a
AG 1051	4,8 a	0,2 ab	5,1 a	2,7 b	10,0 b	0,7 b	0,8 bc	11,6 b	19,3	24,9 a	1,3	26,2 a	14,1 b	51,3 b	4,0 a	4,4 bc	59,7 b
BR 3123	3,1 b	0,3 ab	3,5 b	2,9 b	9,9 b	0,8 ab	0,7 c	11,4 b	17,8	18,2 b	2,3	20,5 b	17,8 b	53,4 b	4,5 a	3,9 c	61,8 b
BR 4157	3,4 b	0,4 b	3,8 b	4,2 a	9,2 b	0,9 ab	1,0 ab	11,2 b	19,1	17,2 b	2,0	19,2 b	21,9 a	48,2 b	5,3 a	5,4 ab	58,9 b
Nitrogênio, kg ha ⁻¹	1,9	0,2	2,1	2,4	6,5	0,6	0,6	7,7	12,2	16,2	2,1	18,3	20,2	51,4	5,3	4,8	61,5
60	2,7	0,4	3,1	2,8	10,5	1,0	1,0	12,4	18,3	15,1	2,2	17,3	15,2	56,9	5,3	5,3	67,5
120	3,8	0,3	4,2	3,4	11,8	0,9	1,0	13,7	21,3	18,0	1,7	19,7	16,2	55,3	4,2	4,5	64,1
180	4,7	0,4	5,0	4,3	12,8	0,9	1,0	14,8	24,1	19,3	1,6	20,9	18,1	52,7	4,0	4,3	61,0
Média	3,3	0,3	3,6	3,2	10,4	0,9	0,9	12,1	19,0	17,2	1,9	19,1	17,4	54,1	4,7	4,7	63,5
	P > F ⁽²⁾																
Cultivar	**	*	**	**	**	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	*	**	**
Nitrogênio	L	Q	L	L	Q	Q	Q	Q	Q	L	ns	L	Q	Q	L	ns	Q
CxN	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	23,2	53,4	20,6	22,6	23,6	32,4	34,5	22,1	17,7	16,4	63,7	16,1	21,5	10,3	34,1	31,7	8,7

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 54. Acúmulo e partição de massa seca e nitrogênio e teor de nitrogênio nos tecidos, no estágio de florescimento, em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Palmital ano agrícola 2000/01.

Cultivar ⁽¹⁾	Massa			Partição massa seca			Teor de N			Acúmulo de N			Partição de N			
	10 plantas	Folha	Colmo	Espiga	Folha	Colmo	Espiga	Folha	Colmo	Espiga	Folha	Colmo	Espiga	Folha	Colmo	Espiga
Gramma	% acumulado g kg ⁻¹ g 10 plantas ⁻¹						% acumulado		
XL 212	892 d	42,3 a	38,5 c	19,2 a	28,6 a	8,9 b	18,8 c	19,2 a	10,8 b	3,1 d	3,2 c	17,0 c	63,2 a	18,0 c	18,8 bc	
P 32R21	1.176 c	32,1 b	48,9 b	18,9 a	28,0 ab	8,7 b	19,4 bc	16,9 bc	10,5 b	5,0 c	4,3 b	19,9 b	53,1 c	25,2 b	21,7 a	
AG 1051	1.647 a	32,7 b	54,2 a	13,1 c	26,7 bc	8,8 b	22,8 a	16,5 c	14,3 a	8,0 a	4,9 ab	27,2 a	53,0 c	29,0 a	18,1 c	
BR 3123	1.448 b	34,9 b	47,8 b	17,3 ab	26,7 bc	9,3 b	21,5 a	17,5 b	13,4 a	6,5 b	5,4 a	25,4 a	53,4 c	25,3 b	21,3 ab	
BR 4157	979 d	43,5 a	40,2 c	16,3 b	25,9 c	11,6 a	21,0 ab	19,3 a	10,8 b	4,7 c	3,3 c	18,8 bc	58,0 b	24,4 b	17,7 c	
Nitrogênio, kg ha ⁻¹																
0	1.123	39,0	43,9	17,1	26,2	8,4	19,9	17,2	11,0	4,2	3,7	18,9	59,0	21,4	19,7	
60	1.230	35,7	47,8	16,5	27,0	9,5	21,1	17,7	11,6	5,6	4,3	21,5	54,5	25,8	19,7	
120	1.239	37,3	45,4	17,3	27,5	10,2	20,5	18,3	12,2	5,8	4,2	22,2	55,7	25,2	19,1	
180	1.322	36,5	46,5	17,0	27,9	9,8	21,2	18,3	13,0	6,3	4,7	24,0	55,4	25,1	19,6	
Média	1.228	37,1	45,9	17,0	27,2	9,5	20,7	17,9	12,0	5,5	4,2	21,7	56,1	24,4	19,5	
P > F ⁽²⁾																
Cultivar	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Nitrogênio	L	ns	ns	ns	L	Q	ns	L	L	L	L	L	Q	Q	Q	ns
CxN	ns	*	**	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11,3	8,8	7,4	12,5	4,7	11,0	9,6	5,2	9,3	24,4	19,6	12,0	7,2	14,5	14,8	

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ Teste F para nitrogênio(N): Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo

Tabela 55. Acúmulo e partição de massa seca e teor de nitrogênio nos tecidos, no estágio de maturação fisiológica dos grãos, em função de cultivares de milho e doses de nitrogênio em cobertura em Palmital ano agrícola 2000/01.

Tratamento	Partição de massa seca										Teor de N								
	10 plantas					Espiga					Folha		Colmo		Espiga		Planta		
	Verde	Seca	Total	Grãos	S+B	Total	Verde	Seca	Grãos	S+B	Total	Verde	Seca	Grãos	Sabugo	Brácteas	Grãos	Sabugo	Brácteas
Cultivar ⁽¹⁾	g % acumulado g kg ⁻¹																		
XL 212	2.696 b	-	8,8 b	8,8 d	30,6 b	47,0 ab	13,6 b	60,6 a	-	14,4 a	6,0 ab	15,0 c	3,6 b	6,1 a	10,8 bc				
P 32R21	2.341 c	12,6 a	3,0 c	15,6 a	37,5 a	37,2 c	9,6 c	46,8 b	17,2 a	10,9 b	5,7 bc	17,9 a	3,9 ab	6,4 a	11,8 a				
AG 1051	3.477 a	-	11,3 a	11,3 c	29,6 b	48,6 a	10,5 c	59,1 a	-	12,0 b	4,9 c	14,9 bc	4,5 a	3,9 b	10,4 c				
BR 3123	3.481 a	5,8 b	7,6 b	13,3 b	27,0 b	46,9 ab	12,8 b	59,7 a	13,3 c	11,4 b	5,5 bc	16,2 b	3,4 b	3,7 b	11,1 b				
BR 4157	2.953 b	12,0 a	-	12,0 bc	30,1 b	42,4 bc	15,5 a	57,9 a	15,2 b	12,2 b	6,6 a	18,7 a	3,7 b	4,0 b	12,3 a				
Nitrogênio, kg ha ⁻¹																			
0	2.822	8,8	8,5	12,1	31,3	44,2	12,4	56,7	14,0	10,4	4,3	15,6	3,7	4,3	10,2				
60	3.071	9,7	7,5	11,8	31,1	44,8	12,3	57,1	14,6	12,2	5,5	16,5	3,7	4,8	11,2				
120	3.049	11,2	7,1	12,4	31,0	44,1	12,5	56,6	15,8	12,7	6,3	17,0	3,7	4,9	11,8				
180	3.016	11,0	7,6	12,7	30,4	44,5	12,4	56,9	16,7	13,4	6,9	16,8	4,1	5,3	12,1				
Média	2.990	10,2	7,7	12,2	30,9	44,4	12,4	56,8	15,3	12,2	5,7	16,5	3,8	4,8	11,3				
									P > F ⁽²⁾										
Cultivar	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Nitrogênio	ns	L	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	L	L	L	Q	ns	L	L	ns	L	L	L
CxN	ns	*	*	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	1,6	16,2	21,9	13,3	17,8	11,9	11,0	10,7	8,9	12,0	14,5	7,6	21,0	17,8	6,1				

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%; ⁽²⁾ S+B = sabugo e grãos; ⁽³⁾ Teste F para nitrogênio(N); Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; Teste F para cultivar (C) e interação CxN: * e ** = significativo a 5 e 1% respectivamente, e ns = não significativo.

deficiência de água no solo, dificultaram a diferenciação das cultivares quanto ao acúmulo de N na planta inteira.

As cultivares P 32R21 e AG 1051 estiveram, respectivamente, sempre entre as menos e os mais produtivas em massa seca por planta no florescimento e maturação. Em Palmital 00/01, a massa seca por planta das cultivares XL 212 e BR 4157 foi inferior à da AG 1051 e BR 3123. Já em Votuporanga, algumas dessas cultivares apresentaram desempenho distinto; a XL 212 foi superior à BR 4157 em massa seca acumulada por planta.

De maneira geral, a AG 1051 e a BR 4157 apresentaram, respectivamente, o maior e menor valor relativo de massa seca acumulada na fração colmo no florescimento. Contraditoriamente, a BR 4157 mostrou um dos maiores acúmulos relativos (partição) de matéria seca na fração colmo na maturação. Ressalte-se que as datas de corte foram diferentes para cada cultivar, de acordo com a duração do seu ciclo.

Na colheita de massa no florescimento, as plantas já apresentavam espigas, o que pode ser explicado pelo sincronismo quase simultâneo da emissão do pendão (critério para determinar a época de corte) e da espiga. A AG 1051 foi a cultivar com menor proporção de massa seca na fração espiga no estágio de florescimento. Em Votuporanga 99/00, a P32R21 foi cortada com a maior quantidade de espigas no florescimento porque, devido à uniformidade de florescimento e sincronia de formação de espigas e pendão, colheita foi um pouco atrasada em relação às demais cultivares.

Na maturação, as cultivares com maior proporção de folhas secas foram as que apresentaram a menor partição de matéria seca nas folhas (verdes + secas), exceto em Votuporanga 99/00. Esse experimento foi o único em que o período imediatamente anterior à maturação dos grãos coincidiu com ausência de deficiência hídrica no solo. Em Palmital, as cultivares com menor partição de massa seca nas folhas foram a P 32R21 em 99/00 e a AG 1051 e XL 212 em 2000/01 (AG 1051 e XL 212 apresentaram maior proporção de folhas secas em Palmital 2000/01). Como já mencionado, de maneira geral a variedade BR 4157 apresentou um dos maiores acúmulos relativos de matéria seca na fração colmo na maturação. Porém, as diferenças entre as cultivares

quanto à partição de matéria seca no colmo foram pouco consistentes entre os três experimentos.

A contribuição da espiga na matéria seca da planta esteve relacionada diretamente com a adaptação produtiva de cada cultivar no experimento e com a proporção de grãos na espiga. A BR 4157 apresentou sempre a menor massa relativa de grãos na espiga total (cálculos não apresentados). As maiores proporções de matéria seca na fração espiga foram obtidas nas cultivares XL 212 e AG 1051 em Votuporanga 99/00, e P 32R21 em Palmital 99/00, da mesma maneira que a produtividade de grãos. Já em Palmital 00/01, a P 32R21 mostrou a menor proporção de massa seca na fração espiga e produtividade de grãos. Logo, a P 32R21 destacou-se quanto à adaptação produtiva e ao acúmulo relativo de matéria seca na fração espiga, positivamente em Palmital 99/00 e negativamente em Palmital 00/01.

No florescimento, o teor de N nas folhas foi sempre maior na XL 212 em relação à BR 4157. Já a diferença entre as cultivares quanto ao teor de N nos colmos foi discreta e inconsistente entre os experimentos, devendo-se lembrar que estes teores foram muito mais baixos do que nas folhas.

As cultivares com maior partição de matéria seca na espiga no florescimento não tiveram maior teor de N neste órgão porque os grãos, que são a parte mais rica em N da espiga, ainda não haviam sido formados (fase de polinização). Por exemplo, a AG 1051 apresentou a menor partição de matéria seca e os maiores teores de N na fração espiga.

A XL 212 esteve sempre entre as cultivares com maior teor de N na planta inteira no florescimento, enquanto a BR 4157 apresentou a maior oscilação dos teores entre os locais em relação às demais cultivares. Ressalte-se que o teor de N na planta foi obtido através de cálculos, dividindo-se os acúmulos de N pelos de matéria seca na planta, ambos obtidos pela soma das frações. Na maturação, a XL 212 continuou apresentando maiores valores de N nas folhas, mas apenas nas classificadas como secas. Nesse estágio, os maiores teores de N no colmo foram encontrados na BR 4157 e XL 212 e os menores na AG 1051.

Na fração espiga, os teores de N nos grãos foram três a quatro vezes maiores do que no sabugo e brácteas. A P 32R21 e a BR 4157 apresentaram os maiores teores de N

nos grãos, e a AG 1051 e a XL 212, os menores. De maneira geral, a P 32R21 apresentou também os maiores teores de N no sabugo e bráctea, evidenciando o grande requerimento de N para a formação das suas espigas. Os baixos valores de N nos grãos nas cultivares AG 1051 e XL 212 corroboram com o resultados do subprojeto genótipo x nitrogênio.

No florescimento, o híbrido P 32R21 esteve sempre entre as cultivares com menor acúmulo de N na planta total. Nesse estágio, o acúmulo e partição de N nas frações folha e colmo foram sempre maiores na AG 1051 do que na P 32R21. A comparação das cultivares quanto ao acúmulo de N na fração espiga foi inconsistente entre os experimentos. A partição do acúmulo de N, por sua vez, mostrou que a P 32R21 apresentou uma das maiores partições de N acumulado na espiga, especialmente quando comparada à AG 1051 em Plamital 99/00.

Na maturação, a P 32R21 esteve sempre entre as cultivares com maior teor de N na planta inteira, enquanto a XL 212 e a BR 4157 destacaram em dois dos três experimentos. Nesse estágio, nos experimentos em que existiram diferenças entre as cultivares quanto ao acúmulo de N na planta (Votuporanga 99/00 e Palmital 00/01), destacou-se positivamente a AG 1051, enquanto a XL 212 apresentou elevado acúmulo de N na planta em Votuporanga 99/00 e baixo acúmulo em Palmital 00/01.

Os maiores acúmulos de N nas espigas na maturação ocorreram nas cultivares XL 212 e AG 1051, com exceção de Palmital 99/00, em que a AG 1051 apresentou baixo acúmulo de N nas espigas, e a P 32R21, alto acúmulo. Quanto à partição do N acumulado na planta, a P 32R21 foi a cultivar com menor e maior acúmulo de N na fração espiga em Palmital 00/01 e Palmital 99/00 respectivamente. A BR 4157 apresentou menor partição de N nas espigas do que as demais cultivares em Votuporanga 99/00.

A proporção de N acumulado nos grãos em relação à espiga toda variou de 85% a 93% nos experimentos, com diferenças discretas entre as cultivares. A variedade BR 4157 apresentou, concomitantemente, menor proporção de grãos na espiga e maior teor de N nos grãos, resultando valores relativos de N acumulado nos grãos semelhantes aos das demais cultivares.

Na maturação, a partição de N acumulado nas folhas na P 32R21, em relação às demais cultivares avaliadas, foi menor em Palmital 99/00 e maior em Palmital 00/01. A BR 4157 destacou-se com elevados valores de partição de N nas folhas em Votuporanga 99/00.

Nos experimentos com maior produtividade de grãos, as cultivares tropicais AG 1051 e BR 3123 apresentaram a menor partição de N no colmo por ocasião da maturação.

Houve efeito de cultivar para todos os parâmetros de espiga e produtividade de grãos, exceto para o comprimento do sabugo e número de espigas por planta em Palmital 99/00 (Tabelas 48, 53 e 58).

A cultivar P 32R21 apresentou o maior número de fileiras por espiga, enquanto a XL 212 e a BR 4157 estiveram sempre entre as cultivares com menor número de fileiras por espiga. Houve associação entre os parâmetros número de fileiras e diâmetro do sabugo apenas para a XL 212: menos fileiras e menor diâmetro do sabugo. De maneira geral, o número de grãos por fileira e o comprimento do sabugo foram maiores na XL 212, do que na AG 1051 e na BR 4157. Em consequência do menor número de fileiras e de grãos por fileira, a BR 4157 apresentou o menor número de grãos por espiga. A BR 3123 esteve sempre entre as cultivares com maior número de grãos por espiga, e a AG 1051 entre as de maior massa de grãos por espiga.

Como a diferença entre as cultivares quanto ao número de espigas por planta foi pequena, os genótipos que se destacaram quanto à massa de grãos por espiga também sobressaíram-se quanto à produtividade de grãos por hectare, e vice-versa. Apenas em Palmital 00/01 a P 32R21 apresentou menor índice de espigas (0,7) que as demais (1,0).

AG 1051 e XL 212 apresentaram as maiores produtividades médias de grãos em Votuporanga 99/00, P 32R21, XL 212 e AG 1051 em Palmital 99/00 e AG 1051 e BR 3123 em Palmital 00/01. De maneira semelhante ao subprojeto Genótipos x Nitrogênio, a AG 1051, embora tenha sido responsiva ao nitrogênio, apresentou elevada produtividade relativa de grãos na testemunha. A variedade BR 4157 foi a menos produtiva em todos os locais, o que já era esperado por esta não ser um genótipo híbrido.

A baixíssima produtividade da cultivar P 32R21 na testemunha em Votuporanga 99/00 contribuiu para baixar sua produtividade média nesse experimento.

As cultivares P 32R21 e XL 212 não são recomendadas para regiões de clima com temperaturas muito elevadas, à semelhança de Votuporanga, e para semeaduras tardias, como em Palmital 00/01. Em Votuporanga 99/00, as temperaturas foram atipicamente amenas e favoráveis às cultivares P 32R21 e XL 212 (Anexo 1). Ressalte-se que foram realizadas três pulverizações com fungicidas em cada local porque essas cultivares são suscetíveis às principais doenças que ocorrem em Palmital e Votuporanga. As pulverizações, juntamente com a baixa ocorrência de patógenos nas lavouras adjacentes, fizeram com que a incidência de doenças nos experimentos fosse desprezível.

Houve efeito de cultivares para todos os índices de acúmulo e de eficiência de uso de nitrogênio nas plantas (Tabelas 47, 52 e 57), exceto para a relação entre o acúmulo de N na planta e o N aplicado no adubo (eficiência agronômica do fertilizante) em Palmital 99/00, onde a produtividade foi muito baixa.

De maneira geral, a AG 1051 e a BR 3123 apresentaram as maiores produções de massa na planta por unidade de N no tecido, a XL 212 e a BR 4157 mostraram valores intermediários e a P 32R21 apresentou os menos valores. Esse resultado é coerente com os já mencionados sobre os maiores teores de N na planta na cultivar P 32R21 e as menores na AG 1051 e BR 3123. Já a produção de matéria seca por unidade de N nos grãos foi maior na AG 1051 e XL 212, as quais tiveram os menores teores de N nos grãos.

A comparação das cultivares quanto à relação entre o N acumulado na planta ou no grão e o N aplicado no adubo foi semelhante à comparação das cultivares quanto à produtividade de grãos: quanto maior a produtividade da cultivar, maior a eficiência agronômica do fertilizante.

Os resultados da relação entre o N acumulado nos grãos e o acumulado na planta no estágio de maturação fisiológica dos grãos mostram poucas diferenças entre as cultivares. A P 32R21 diferiu das demais em Palmital, apresentando maiores valores de exportação de N quando a sua produtividade no experimento foi elevada (Palmital

99/00) e menores exportações quando a produtividade foi baixa (Palmital 00/01). Em Votuporanga 99/00, a BR 4157 mostrou o menor valor de acúmulo de N nos grãos em relação ao N acumulado na planta devido à sua baixa produtividade de grãos.

De maneira geral, a AG 1051 apresentou o menor acúmulo de N na espiga em relação ao N acumulado na planta no subperíodo florescimento-maturação, devido ao baixo teor de N nos grãos.

A XL 212 foi uma das cultivares que mostrou maior acúmulo relativo de matéria seca na planta no subperíodo florescimento-maturação, expresso como porcentagem do acumulado até a maturação fisiológica dos grãos. O acúmulo relativo de matéria seca na espiga no subperíodo florescimento-maturação foi maior na AG 1051 em comparação à BR 4157 e P 32R21 em Palmital 99/00 e à BR 4157 em Votuporanga 99/00. Em Palmital 00/01, onde a época de semeadura foi tardia, a P 32R21 apresentou menor acúmulo relativo de matéria seca nesse subperíodo do que as demais cultivares, e a BR 4157 acumulou mais. Com exceção de Palmital 00/01, a BR 4157 esteve entre as cultivares que menos acumularam matéria seca na planta nesse subperíodo.

A diferenciação das cultivares pelo acúmulo relativo de N na planta no subperíodo florescimento-maturação, expressa como porcentagem do acumulado até a maturação fisiológica dos grãos, não correspondeu exatamente à diferenciação pelo acúmulo relativo de matéria seca na planta no referido subperíodo. A AG 1051 e a XL 212 acumularam mais N depois do florescimento, expresso como porcentagem do total, do que a P 32R21 e BR 4157 em Votuporanga 99/00, e a XL 212 e P32R21 foram as que apresentaram o maior acúmulo de relativo em Palmital 99/00, mas não diferiram da AG 1051. Já em Palmital 00/01, sobressaíram-se a AG 1051 e a XL 212 com os maiores acúmulos relativos de N depois do florescimento.

A inferência “quanto maior a produtividade do experimento maior o acúmulo relativo de matéria seca e nitrogênio nas plantas depois do florescimento”, não pode ser interpretada em sentido inverso. Ou seja, as cultivares com maior acúmulo de matéria seca e/ou nitrogênio na planta depois do florescimento não foram sempre as mais produtivas. Por exemplo, as cultivares XL 212 e AG 1051, as quais estiveram sempre

entre as de maior acúmulo relativo de matéria seca e nitrogênio nesse subperíodo, produziram menos grãos do que a AG 1051 e BR 3123 em Palmital 00/01.

4.4.2 Efeito do nitrogênio

Houve efeito do nitrogênio para a maioria dos parâmetros acúmulo e partição de massa seca e nitrogênio na planta nos estádios de florescimento e maturação, eficiência de uso de N e caracterização de espigas (Quadros 44 a 58, Anexos 2 e 7 a 11).

No florescimento, nos dois experimentos em Palmital, o teor de N na espiga não diferiu entre as doses do fertilizante devido à inexistência de grãos desenvolvidos. Em Palmital 00/01 não houve efeito do nitrogênio para os parâmetros massa por planta e partição de massa seca nas duas épocas de corte, exceto para partição de colmo no florescimento e partição de folha verde na maturação. Provavelmente, os teores relativamente elevados de N inorgânico no solo até 40 cm de profundidade permitiram o seu adequado suprimento para as plantas em todos os tratamentos.

Nos três experimentos, o teor de N no sabugo não variou com as doses de nitrogênio, com a ressalva de que houve elevados coeficientes de variação. As partículas de sabugo moídas são muito desuniformes em tamanho e a amostra utilizada na determinação de N é muito pequena (0,2 g), limitando a representatividade da amostra. A partição de N nas brácteas também não foi influenciada pelo nitrogênio.

O efeito do nitrogênio para a partição de N nas folhas secas foi significativo apenas em Votuporanga 99/00, cujas plantas, conforme já comentando, não apresentaram período de estresse hídrico imediatamente antes da maturação fisiológica dos grãos.

Com a exceção dos casos já mencionados, e da partição de matéria seca e N nas folhas secas, a aplicação de nitrogênio em cobertura aumentou o teor de N e o acúmulo de matéria seca e nitrogênio em todas as frações da planta. Para alguns parâmetros os valores obtidos na dose 180 kg ha^{-1} foram semelhantes ou inferiores aos obtidos com 120 kg ha^{-1} , sugerindo que a maior dose foi excessiva.

A proporção de folhas secas foi maior na testemunha e sofreu redução com a adubação nitrogenada, exceto em Palmital 00/01. Com isso, a partição de matéria seca e nitrogênio nas folhas secas diminuiu com as doses de N.

A partição de massa seca na espiga aumentou, e a partição de massa seca no colmo diminuiu com as doses de nitrogênio nas duas épocas de avaliação, exceto em Palmital 00/01, onde o efeito do nitrogênio não foi significativo. Houve efeito para o parâmetro partição de sabugo + brácteas apenas em Palmital 99/00, com aumento e posterior queda relativa dos valores dessa fração com as doses de N.

No florescimento, a partição de N na folha e colmo seguiu a mesma tendência da partição de massa seca apenas em Votuporanga 99/00, ou seja, aumentou nas folhas e diminuiu nos colmos com as doses de N. Em Palmital 00/01 ocorreu o inverso: a partição de N na folha diminuiu e a do colmo aumentou com a aplicação de N; a diminuição do N na fração folha também foi observada em Palmital 99/00.

Na maturação, a partição de N na fração colmo diminuiu e a partição de N na fração espiga aumentou com a aplicação de N em Votuporanga 99/00 e Palmital 99/00. Já em Palmital 00/01, onde o solo era mais rico em nitrogênio inorgânico, a partição de N nas frações colmo e folha aumentou e na fração espiga diminuiu com o nitrogênio, sugerindo excesso de crescimento vegetativo.

Resumindo, nos experimentos em houve resposta da produtividade de grãos ao nitrogênio (Votuporanga 99/00 e Palmital 99/00), a partição de matéria seca e nitrogênio no colmo diminuiu com as doses de nitrogênio no estágio de maturação dos grãos. Nesses experimentos, a proporção de N na fração sabugo diminuiu concomitantemente com o aumento do N na fração grãos. Assim, com deficiência de N, pouco N é direcionado para as espigas ou, proporcionalmente, permanece mais N nos colmos no final do ciclo da cultura, sugerindo que existe limitação da produtividade devido ao fator dreno. O acúmulo de N na fração folha, por sua vez, foi aumentado em Palmital nos dois anos agrícolas e diminuído em Votuporanga 99/00 com a aplicação de nitrogênio. Em Votuporanga 99/00, a adubação nitrogenada aumentou o N acumulado na fração grãos em detrimento de colmos e folhas.

Entre os parâmetros nos quais houve interação entre cultivares e doses de nitrogênio (N x C), destacaram-se a partição de matéria seca (maturação) e de nitrogênio (florescimento) acumulados no colmo e a relação entre o acúmulo de N nos grãos / N na planta em Votuporanga 99/00, e o teor de N nos grãos em Palmital 00/01 (Quadros 59 a 66). Em Palmital 99/00 sobressaiu-se a interação N x C para a partição de N nas folhas e nos grãos ou espigas nas duas épocas de avaliação.

A XL 212 e AG 1051, de ciclo mais longo e relativamente adaptadas à ausência de adubação nitrogenada, foram as únicas em que a partição de matéria seca e de nitrogênio no colmo não foi alterada em Votuporanga 1999/00 (Tabelas 59 e 60). No florescimento, as cultivares BR 3123 e BR 4157 sofreram redução na produção de matéria seca e nitrogênio na fração colmo com a aplicação de N, em função do aumento do acúmulo relativo nas frações espiga e folha com a adubação nitrogenada. A AG 1051 foi a única cultivar em que os teores de N no colmo na maturação não aumentaram com as doses desse nutriente. A relação N acumulado nos grãos/ N acumulado na planta, por sua vez, permaneceu constante apenas nas cultivares temperadas XL 212 e P 32R21, aumentando com as doses de nitrogênio nas demais (Tabela 61).

Em Palmital 99/00, as cultivares que reduziram a partição de N nas folhas com as doses de N (XL 212, AG 1051 e BR 3123) foram as que, ao mesmo tempo, não alteraram a partição de N nas folhas no estágio de maturação (Tabelas 62 e 64). Já a P 32R21 e a BR 4157 aumentaram a partição de N na fração folha com a adubação nitrogenada. Nesse experimento, as cultivares P 32R21 e BR 3123, mais responsivas ao nitrogênio, foram as únicas que apresentaram aumento da partição de matéria seca ou nitrogênio na fração espiga com as doses de nitrogênio (Tabelas 59 a 66).

Em Palmital 00/01, na maturação, o teor de N nos grãos aumentou apenas nas cultivares XL 212 e AG 1051 (Tabela 66). Essas cultivares mostraram o maior comprimento relativo do ciclo entre o florescimento e a maturação, apresentaram praticamente todas as folhas secas no estágio de maturação e, conseqüentemente, menor partição de N nas folhas em relação às demais cultivares.

A adubação nitrogenada de cobertura propiciou aumentos de produtividade que corresponderam a 74% e 47% em Votuporanga 99/00 e Palmital 99/00 respectivamente.

Tabela 59. Partição de N acumulado na fração colmo no estágio de florescimento em função de doses de nitrogênio e cultivar em Votuporanga 1999/2000

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- % -----					
XL 212	31 b	29 a	28 a	31 a	30 a	ns
P 32R21	31 ab	26 a	27 a	26 a	28 a	ns
AG 1051	34 ab	34 a	26 a	31 a	31 a	ns
BR 3123	42 a	29 a	23 a	30 a	31 a	Q
BR 4157	40 ab	35 a	26 a	24 a	31 a	L
Média	35	31	26	28	30	
P>F cultivar	ns	**	**	**	**	Q

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Tabela 60. Partição de massa seca na fração colmo no estágio de maturação em função de doses de nitrogênio e cultivar em Votuporanga 1999/2000

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- % -----					
XL 212	30 bc	31 b	30 b	30 b	30 c	ns
P 32R21	36 ab	33 b	32 ab	37 a	35 b	Q
AG 1051	29 c	32 b	29 b	28 b	29 c	ns
BR 3123	34 bc	33 b	30 b	30 b	32 bc	L
BR 4157	41 a	40 a	37 a	33 ab	38 a	L
Média	34	34	31	32	33	
P>F cultivar	**	**	**	**	**	L

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Tabela 61. Relação entre o acúmulo de N nos grãos e o acúmulo de N na planta (Moll et al., 1982) no estágio de maturação fisiológica dos grãos em função de doses de nitrogênio e cultivar em Votuporanga 1999/2000

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- % -----					
XL 212	58 a	60 a	57 ab	59 a	58 a	ns
P 32R21	55 a	57 ab	60 ab	59 a	58 a	ns
AG 1051	58 a	61 a	62 ab	69 a	63 a	L
BR 3123	53 a	58 ab	66 a	64 a	60 a	L
BR 4157	41 b	48 b	54 b	60 a	51 b	L
Média	53	57	60	62	58	**
P>F cultivar	**	**	ns	**	**	L

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Tabela 62. Partição de N na fração folha no estágio de florescimento em função de doses de nitrogênio e cultivar em Palmital 1999/2000

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- % -----					
XL 212	61 ab	60 ab	53 a	56 a	58 a	L
P 32R21	57 b	57 ab	58 a	59 a	58 a	ns
AG 1051	61 ab	63 a	59 a	55 a	60 a	L
BR 3123	66 a	62 a	56 a	57 a	60 a	L
BR 4157	54 b	54 b	53 a	53 a	54 b	ns
Média	60	59	56	56	58	
P>F cultivar	**	**	**	**	**	L

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Tabela 63. Partição de N na fração espiga no estágio de florescimento em função de doses de nitrogênio e cultivar em Palmital 999/2000

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- % -----					
XL 212	5 b	9 ab	7 ab	8 ab	7 b	ns
P 32R21	10 a	12 a	9 a	11 ab	11 a	ns
AG 1051	3 b	4 c	3 b	6 b	4 c	ns
BR 3123	4 b	6 bc	10 a	11 a	8 b	L
BR 4157	11 a	11 ab	11 a	10 ab	11 a	ns
Média	6	8	8	9	8	
P>F cultivar	**	**	**	ns	**	L

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Tabela 64. Partição de N na fração folha total no estágio de maturação em função de doses de nitrogênio e cultivar em Palmital 1999/2000

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- % -----					
XL 212	19 bc	18 b	21 ab	23 ab	20 b	ns
P 32R21	5 d	7 c	14 b	11 c	9 c	L
AG 1051	28 a	25 a	24 a	28 a	26 a	ns
BR 3123	24 ab	19 ab	20 ab	20 b	20 b	ns
BR 4157	16 c	18 ab	20 ab	23 ab	19 b	L
Média	18	17	20	21	19	
P>F cultivar	**	**	**	**	**	L

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Tabela 65. Partição de N na fração grãos no estágio de maturação em função de doses de nitrogênio e cultivar em Palmital 1999/2000

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- % -----					
XL 212	49 b	56 b	53 a	49 b	52 b	ns
P 32R21	69 a	71 a	60 a	64 a	66 a	L
AG 1051	47 b	52 b	55 a	51 b	51 b	ns
BR 3123	43 b	57 b	59 a	55 ab	53 b	Q
BR 4157	48 b	49 b	50 a	45 b	48 b	ns
Média	51	57	55	53	54	
P>F cultivar	**	**	**	**	**	Q

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Tabela 66. Conteúdo de N nos grãos no estágio de maturação em função de doses de nitrogênio e cultivar em Palmital em 2000/01

Cultivar ⁽¹⁾	Nitrogênio, kg ha ⁻¹				Média	P>F ⁽²⁾ nitrogênio
	0	60	120	180		
	----- g kg ⁻¹ -----					
XL 212	13,3 c	15,9 ab	16,0 b	14,6 c	15,0 b	Q
P 32R21	16,9 b	18,4 a	17,8 ab	18,4 a	17,9 a	ns
AG 1051	13,0 c	4,7 b	16,0 b	15,6 bc	14,8 b	L
BR 3123	15,1 bc	15,8 ab	16,5 ab	17,2 a-c	16,2 b	ns
BR 4157	19,6 a	17,6 a	18,9 a	18,3 ab	18,6 a	ns
Média	15,6	16,5	17,0	16,8	16,5	**
P>F cultivar	**	**	ns	**	**	L

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%, Teste F: * e * = significativo a 5 e 1% respectivamente; ⁽²⁾ Teste F: Q = efeito quadrático, L = efeito linear e ns = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾

Em Votuporanga 99/00 e Palmital 99/00, a adubação nitrogenada aumentou todos os valores dos parâmetros de espiga, com exceção do número de espigas por planta (Anexos 12 e 13). Em Palmital 00/01 houve efeito apenas para número de fileira de grãos, massa de 100 grãos e massa de grãos por espiga.

O efeito do nitrogênio sobre a produtividade e a maioria dos parâmetros de espiga foi quadrático, confirmando a evidência de que a dose 180 kg ha^{-1} foi excessiva. Os índices de produção de matéria seca na planta por unidade de nitrogênio nos tecidos e a relação entre o N acumulado na planta e grãos e o aplicado no fertilizante (eficiência agrônômica do fertilizante) diminuíram com as doses de N. Ou seja, o aumento da produtividade em função da adubação foi obtido com redução da eficiência de uso do N da planta e do fertilizante. Aparentemente, o aproveitamento do N do fertilizante é maior quando se aduba com menos nitrogênio em cobertura. Porém, a matéria seca dos grãos por unidade de N nos grãos aumentou de forma quadrática (aumento seguido de estabilização ou decréscimo) nos experimentos em que houve resposta da produtividade de grãos ao nitrogênio. Dessa forma, se a adubação não for excessiva, não há decréscimo da eficiência de uso de N nos grãos.

Como já mencionado, a proporção do N acumulado nos grãos em relação ao N acumulado na planta aumentou com as doses de nitrogênio (acúmulo de N no ciclo completo ou no subperíodo florescimento-maturação), exceto em Palmital 00/01. Nesse local houve decréscimo, com a adubação nitrogenada, da proporção do N acumulado nos grãos em relação ao acumulado na planta no ciclo todo. Isso demonstra, mais uma vez, que houve consumo de luxo na parte vegetativa, logo, o nitrogênio do solo era suficiente para o desenvolvimento da planta.

Em Palmital 00/01, quando calculou-se a proporção do N acumulado nos grãos em relação ao acumulado na planta especificamente depois do florescimento, houve aumento de eficiência com as doses de N. É provável que o aumento relativo do N acumulado na planta depois do florescimento, em função da adubação nitrogenada, tenha ocorrido principalmente devido aos grãos. Os resultados das análises de solo amostrados após o florescimento revelaram que o aumento do N inorgânico no solo não perdurou durante todo o ciclo da cultura, especialmente em Votuporanga, em solo de

textura média. Em Votuporanga 1999/00, o acúmulo relativo de N na planta depois do florescimento, expresso com porcentagem do N acumulado na maturação, reduziu com as doses de nitrogênio, assim como a relação entre o N acumulado nos grãos e o acumulado na planta no estágio de maturação. Talvez o sistema radicular tenha desenvolvido mais profundamente nas parcelas que receberam pouco adubo nitrogenado, permitindo a exploração de maior volume de solo nestas parcelas após o florescimento das plantas (maior absorção de N), período em que o nitrogênio era escasso em todos os tratamentos. Já em Palmital, em latossolo roxo muito argiloso, a disponibilidade de N no solo após o florescimento das plantas foi maior do que em Votuporanga, possibilitando o aumento, com a adubação, do acúmulo relativo de N nas plantas no subperíodo florescimento-maturação. Esse nitrogênio acumulado depois do florescimento foi direcionado principalmente para as espigas.

4.4.3 Curva de acúmulo

As curvas de acúmulo de matéria seca e nutrientes indicam que houve um ponto de máximo a partir do qual ocorreu perda de matéria seca e nitrogênio (Figura 24), e que a perda foi mais acentuada e antecipada para o nitrogênio do que para a matéria seca. A redução de matéria seca e/ou nutrientes no final do ciclo de desenvolvimento das plantas foi relatada tanto nos trabalhos clássicos (Sayre, 1948; Hay et al., 1953) como nos mais recentes (Andrade et al., 1975a; Bassoi & Reichardt, 1995; Vasconcellos et al., 1983). Essas perdas foram atribuídas por Sayre (1948) à perda de parte das folhas despedaçadas, e por Hay et al. (1953), a erros inevitáveis de amostragem do material nas condições de campo.

Wetselaar & Farquhar (1980) citaram que é possível que as perdas de nitrogênio da parte aérea ocorram continuamente durante todos os estágios do crescimento das plantas, através da perda de tecidos nas raízes e na parte aérea, e perdas gasosas e lixiviação, pela chuva, orvalho ou água de irrigação, de compostos nitrogenados solúveis produzidos durante a sua translocação das folhas velhas para as novas. Contudo, essas perdas tornam-se aparentes somente quando maiores do que a taxa de absorção de

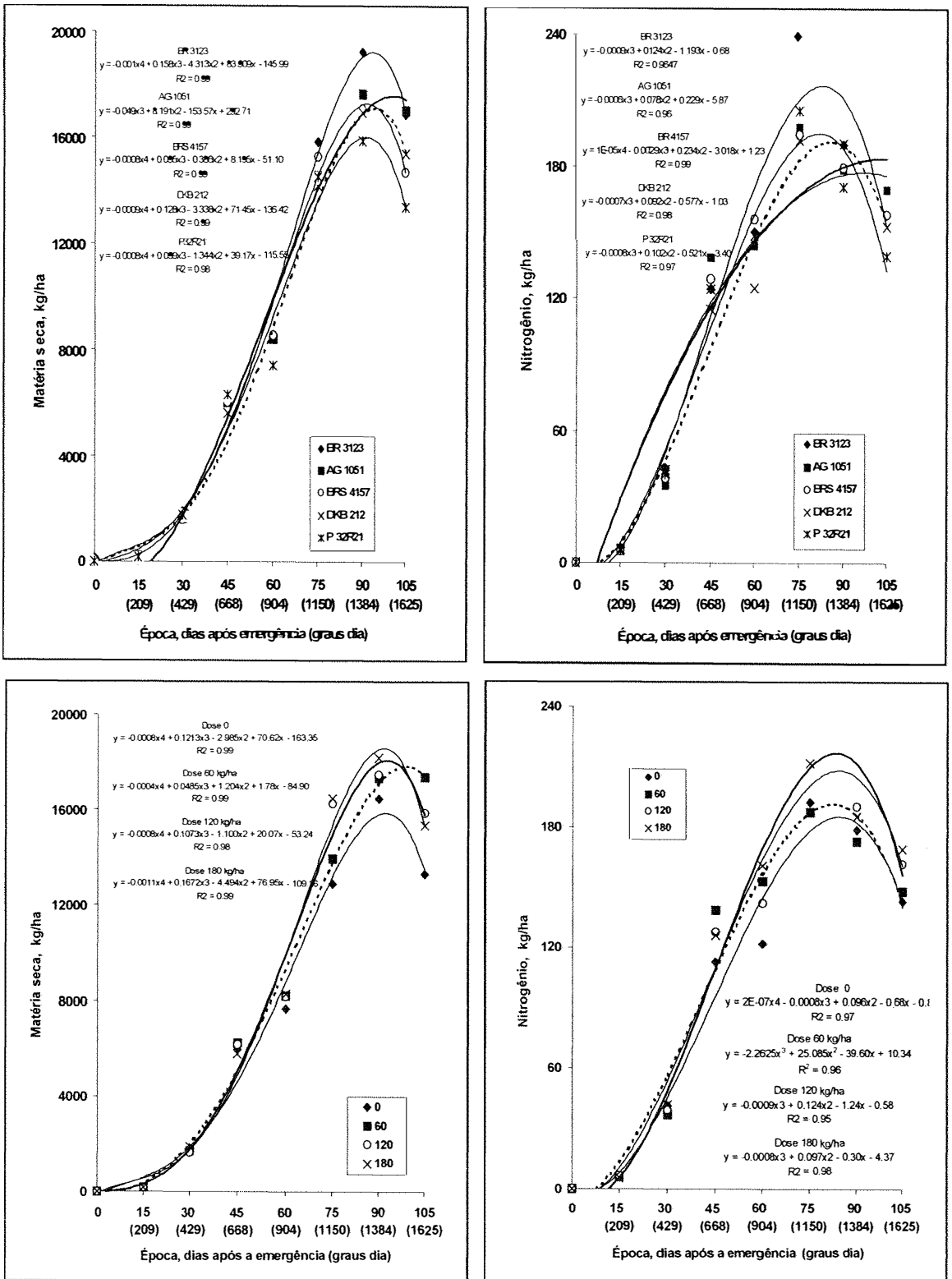


Figura 24. Curvas de acúmulo de matéria seca e nitrogênio em função de cultivares e doses de nitrogênio em Palmital (SP) em 2000/01.

nitrogênio pelas raízes. Como as curvas foram construídas com resultados obtidos em intervalos relativamente longos, de 15 em 15 dias, sua precisão não é suficiente para diferenciar possíveis períodos de paralisação temporária do acúmulo de nutrientes, como observado por Karlen et al. (1988) para o nitrogênio no florescimento.

O valor médio estimado para o acúmulo de matéria seca, $16,2 \text{ Mg ha}^{-1}$, é compatível com lavouras de alto potencial produtivo e coerente com as produtividades de grãos entre 9 e 10 Mg ha^{-1} das cultivares AG 1051 e BR 3123, que são adaptadas as semeaduras tardias. A razão entre o acúmulo de N e o acúmulo de matéria seca foi relativamente alta (dados não apresentados), se comparada aos valores obtidos por Andrade et al. (1975a,b), Vasconcellos et al. (1983), Hiroce et al. (1989) e Karlen et al. (1987). A alta disponibilidade de nitrogênio no solo, devido à adoção do sistema plantio direto por mais de cinco anos, e à adição do N como fertilizante, contribuiu para a elevada extração desse nutriente pela planta.

Ressalte-se que, no subprojeto sobre partição, para P 32R21, DKB 212 e BRS 4157 as colheitas no florescimento da ocorreram no primeiro terço do período entre os 45 e 60 dias da curva de acúmulo, enquanto para AG 1051 e BR 3123, deu-se no dia anterior ao período 60 dias. Os materiais de ciclo mais longo na maturação dos grãos (DKB 212 e AG 1051) foram os únicos colhidos com praticamente todas as folhas secas (dados apresentados no item anterior) e após a última amostragem referente à curva de acúmulo, aos 109 e 115 dias respectivamente.

Calcularam-se os valores máximos de matéria seca e nutrientes acumulados na planta inteira empregando-se as equações da curva de acúmulo e supondo-se que o início do florescimento ocorreu 1,5 dia antes do corte, para a AG 1051, e 2,5 dias, para as demais. O acúmulo de matéria seca e nitrogênio até o florescimento, em relação ao acúmulo máximo, foi baixo (40 a 43%, dependendo da dose de N) e elevado (62 a 66%), respectivamente. Hanway (1962ab) observou que, quando a acumulação de matéria seca foi de 44%, N, P e K acumularam, em média, 65%, 50% e 75%, respectivamente, valores semelhantes aos de matéria seca e N do presente trabalho. Já os valores correspondentes obtidos por Sayre (1948) foram, em média, 50%, 66%, 58% e 96%.

Karlen et al. (1987), em trabalho conduzido com cultivares modernas, irrigação e altíssimas populações de plantas, verificaram que, até o florescimento, o acúmulo de matéria seca foi, em média, de apenas 30% do máximo, ao passo que N, P e K acumularam 60%, 46% e 80% do máximo, respectivamente. Devido a essa baixa acumulação de matéria seca em relação ao acúmulo de nutrientes, Karlen et al. (1987) sugeriram que no primeiro período, o acúmulo de nutrientes tenha sido maior do que nos estudos anteriores. Isso foi atribuído pelos autores a um possível efeito da melhoria no vigor dos híbridos nos primeiros estádios e ao fato de as populações de plantas terem sido muito altas.

Os valores do acúmulo máximo de MS e N foram semelhantes entre as doses de nitrogênio, mas o acúmulo máximo foi antecipado em cerca de cinco dias nos tratamentos 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em comparação à testemunha e ao tratamento 60 kg ha⁻¹ de N (dados não apresentados). As cultivares AG 1051 e BR 3123 apresentaram os maiores acúmulos de matéria seca, enquanto a BR 3123 acumulou mais N. Como já citado nos itens anteriores, e de acordo com os resultados do estudo sobre partição, essas cultivares apresentaram as maiores produtividades de grãos.

Na análise conjunta dos resultados de acúmulo nas épocas 30 a 90 dias (Tabela 67), as cultivares tropicais apresentaram maiores valores de MS, o que pode estar relacionado ao seu maior potencial produtivo de grãos nas condições do experimento. Embora as cultivares tropicais tenham apresentado maior acúmulo médio de matéria seca no período 30 a 90 dias e na estimativa de acúmulo máximo, não acumularam mais nitrogênio do que as temperadas. Já as cultivares que mostraram as menores produtividades de grãos, apresentaram como característica altos teores de N nos grãos, compensando possíveis reduções de acúmulo de N em função da menor produtividade.

As cultivares BR 4157 e P32R21 foram as mais precoces para atingir o máximo de acúmulo de MS, enquanto a BR 4157 foi a mais precoce para atingir o acúmulo máximo de N. Por outro lado, as estimativas dos acúmulos após o florescimento, expressos como porcentagem do total acumulado (dados não apresentados), indicaram que as cultivares temperadas acumularam 40% a mais de nitrogênio do que as tropicais, e valores semelhantes de matéria seca após o florescimento.

Tabela 67. Valores médios do acúmulo de matéria seca e nitrogênio em plantas inteiras em cultivares de milho e resultados da análise de variância em função de épocas de amostragem (30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência) e cultivares em Palmital 2000/01.

Cultivar	Matéria seca	Nitrogênio
	kg ha ⁻¹	
Temperada		
DKB 212	10222	136
P32R21	9887	138
Media	10055	137
Tropical		
AG 1051	10883	144
BR 3123	11424	151
BRS 4157	10542	143
Média	10950	146
	P > F ⁽¹⁾	
Época	**	**
Cultivar	**	Ns
temperada x tropical	**	Ns
DKB212 x P32R21	Ns	Ns
AG 1051 x BRs	Ns	Ns
BR3123 x BRS4157	**	Ns
Época x Cultivar	**	Ns
Bloco	**	**
C. V. (%)	6.8	13.6

⁽¹⁾ Teste F: ** = significativo a 1% e ns = não significativo.

Esses resultados corroboram as observações de Feil et al. (1992), que verificaram maior acúmulo de N, P e K após o florescimento nas cultivares temperadas em relação às tropicais, e a de Osaki (1995a), que observou maior acúmulo de nitrogênio neste subperíodo nas temperadas. Por outro lado, a semelhança entre as cultivares quanto ao acúmulo de matéria seca após o florescimento não confirma as observações de Osaki (1995a) e contradiz as inferências sobre a superioridade das temperadas feitas na revisão bibliográfica, a partir de comparações de resultados obtidos entre países de clima temperado e de clima tropical. Provavelmente o baixo potencial produtivo das cultivares temperadas, por não estarem adequadamente adaptadas às condições ambientais, contribuiu para que tivessem padrão de acúmulo de matéria seca semelhante às tropicais.

Ao comparar os acúmulos de matéria seca e nitrogênio entre as doses de nitrogênio, verifica-se que os valores foram maiores quando se aplicou nitrogênio em cobertura, mas as diferenças entre as doses 120 e 180 kg ha⁻¹ foram inexpressivas. No estudo da partição não se verificou efeito do nitrogênio para massa seca de plantas no estágio de maturação, nem para a produtividade de grãos (Tabelas 55 e 58). Por outro lado, a adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de N na planta nos estádios de florescimento e de maturação de grãos (Tabelas 54 e 56), de maneira linear e quadrática, respectivamente; na maturação, esse aumento foi acentuado apenas entre as doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de N. Embora no trabalho de partição as diferenças entre as doses tenham sido mais evidentes no florescimento do que no estágio de maturação dos grãos, na presente curva de acúmulo a magnitude das diferenças foram maiores a partir do florescimento. É provável que a menor diferenciação dos tratamentos no estágio de maturação esteja relacionada ao efeito de possíveis perdas líquidas de massa e de nitrogênio na planta antes desse estágio.

Ao comparar as cultivares quanto ao acúmulo relativo no subperíodo florescimento-maturação fisiológica dos grãos, expresso como porcentagem do acúmulo até a maturação (item 4.4.1), evidenciou-se que a XL 212 apresentou um dos maiores acúmulos relativos de matéria seca e nitrogênio na planta depois do florescimento em Palmital 2000/01, assim como nos dois outros experimentos. Porém, em Palmital 2000/01, a P 32R21 apresentou um dos menores valores de acúmulo relativo de matéria

seca e nitrogênio na planta depois do florescimento, ao contrário dos elevados valores revelados pelo método da estimativa do máximo acúmulo. É provável que inferências a partir da curva de acúmulo sejam mais realistas do que as obtidas pela determinação direta dos acúmulos nos estádios de florescimento e maturação fisiológica dos grãos devido às perdas líquidas de matéria seca e nitrogênio na planta antes da maturação.

Caso tenha ocorrido perda líquida de tecidos e nitrogênio antes da maturação fisiológica do grãos nos outros dois experimentos, à semelhança de Palmital 2000/01, as avaliações realizadas nesse estágio subestimaram o acúmulo máximo da planta e, por consequência, os valores de acúmulo relativo após o florescimento podem estar subestimados. Além disso, avaliou-se o florescimento quando todas as plantas já tinham emitido pendão, período no qual muitas delas já apresentavam espigas e tinham acumulado parte da matéria seca e nutrientes específicos do ciclo entre o florescimento e a maturação. Esse acúmulo anterior às avaliações deixou de ser contabilizado nos cálculos, reforçando ainda mais a possibilidade de os resultados dos acúmulos relativos de matéria seca e nitrogênio após o florescimento estarem subestimados em Palmital 1999/00 e Votuporanga 1999/00.

4.5 Qualidade Física dos Grãos

A amplitude dos valores médios dos parâmetros avaliados nos diferentes experimentos indica que o ambiente influenciou a qualidade física dos grãos. Os valores do “test weight” foram maiores do que aqueles relatados em países de clima temperado, exceto em Palmital-Maturação, onde as espigas foram colhidas na maturidade fisiológica e debulhadas manualmente. Ressalte-se que as presentes análises foram realizadas em grãos com umidade menor do que as utilizadas na maioria dos trabalhos.

Aparentemente, os grãos foram menos duros em Palmital-Maturação do que em Votuporanga e Palmital. Além das diferenças quanto às condições ambientais, a grande proporção de cultivares com grãos do tipo dentado e semi-dentado contribuiu para os altos valores de grãos flutuantes em Palmital-Maturação.

A análise conjunta de Palmital e Votuporanga indicou interação significativa entre local e doses de nitrogênio para os parâmetros avaliados. Embora todos os parâmetros de dureza tenham apresentado resposta quadrática às doses de nitrogênio em Palmital, não foi possível observar que altas doses podem afetar negativamente a qualidade dos grãos. Em Votuporanga, apenas o teste de grãos boiantes e o “test weight” indicaram que a qualidade aumentou com a adubação nitrogenada, enquanto os demais parâmetros de dureza dos grãos não diferiram entre as doses de N. Em Palmital-Maturação, os dois parâmetros do “Stenvert Test” e a remoção por abrasão pelo equipamento TADD foi influenciada pelo nitrogênio, indicando que a dureza aumentou linearmente com a doses de nitrogênio. Ocorreu interação genótipos x nitrogênio apenas para um dos parâmetros do “Stenvert Test”.

O quebramento sempre diminuiu com a adubação nitrogenada. Esse aumento de qualidade física, mesmo quando a resposta em produtividade não ocorre ou quando poucos parâmetros indicam o aumento da dureza dos grãos, estendem os resultados anteriores de Kniep and Mason (1989), Bauer and Carter (1986), e Johnson and Russell (1982), com milho colhido nos Estado Unidos da América do Norte, para as condições de cultivo tropicais.

Tabela 68. Influência da adubação nitrogenada na qualidade física de grãos de milho em Palmital e Votuporanga em 2000/01.

Nitrogênio kg ha ⁻¹	Grãos boiantes %	“Test weight g L ⁻¹	Densidade g mL ⁻¹	“Stenvert test”		TADD remoção %	Suscetibilidade quebramento %
				Tempo s	Altura mm		
Palmital							
0	48	804	1.47	12.6	80	61	35.2
60	30	807	1.48	14.2	78	57	31.9
120	29	809	1.48	15.0	77	54	30.5
180	26	808	1.49	15.1	77	54	28.3
Votuporanga							
0	24	821	1.51	14.2	80	53	33.0
60	24	819	1.50	14.5	79	53	32.6
120	23	817	1.50	14.7	79	53	30.3
180	21	818	1.51	14.4	80	53	31.1
P > F ⁽¹⁾							
N	**	ns	ns	**	**	**	**
N * Cultivar	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N* Local	**	**	**	**	**	**	**
N Palmital							
Linear	**	**	**	**	**	**	**
Quadrático	**	**	**	**	**	**	**
N Votuporanga							
Linear	*	*	ns	ns	ns	ns	**
Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C. V. (%)	23.9	0.7	1.2	8.4	2.2	4.4	12.3

⁽¹⁾ Teste F: ** = significativo a 1% e ns = não significativo.

Tabela 69. Influência da adubação nitrogenada na qualidade física de grãos de milho em Palmital,-Maturação em 2000/01.

Nitrogênio kg ha ⁻¹	Grãos boiantes %	“Test weight g L ⁻¹	Densidade g mL ⁻¹	“Stenvert test”		TADD remoção	Suscetibilidade quebramento %
				Tempo s	Altura mm		
0	63	752	1.56	12.2	86	64	25.5
60	63	740	1.53	12.0	86	60	23.7
120	61	742	1.56	12.6	84	57	24.2
180	63	746	1.56	13.0	85	58	21.9
				P > F ⁽¹⁾			
N Linear	ns	ns	ns	**	**	**	**
N Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N* Cultivar	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
C. V. (%)	13.2	3.3	3.32	7.5	1.4	10.2	14.3

⁽¹⁾ Teste F: ** = significativo a 1% e ns = não significativo.

4.6 Considerações Finais

Nos latossolos roxos, quando os teores médios de N inorgânico até 40 cm de profundidade foram maiores do que $11 \mu\text{g g}^{-1}$, não houve resposta à adubação nitrogenada de cobertura, sugerindo que neste tipo de solo a determinação de N inorgânico nas camadas 0-20 e 20-40 cm pode auxiliar na predição da resposta do milho à adubação nitrogenada.

O aumento do teor de N no solo com a adubação não perdurou durante todo o ciclo da cultura em Votuporanga, em solo de textura média. Nessa localidade, a produtividade de grãos e o acúmulo relativo de N depois do florescimento foram menores do que em Palmital no ano que não houve o veranico. Isso foi devido, entre outros fatores, aos menores teores de N na planta decorrentes da menor disponibilidade de N no solo.

No subprojeto Genótipos x Nitrogênio, quando se procedeu a análise dos sete experimentos individualmente, constatou-se interação significativa entre genótipos e doses de nitrogênio para a produtividade grãos em três experimentos, e para exportação de N, em dois. Nas análises conjuntas dos experimentos, sempre houve interação genótipos x nitrogênio, proporcionando melhor diferenciação das cultivares quanto à resposta ao nitrogênio. Poucas cultivares apresentaram resposta diferenciada, destacando-se a XL 212, como pouco responsiva, e as IAC VI, BR 3123 e 8410, como muito responsivas.

A diferenciação das cultivares quanto ao nível de resposta à adubação nitrogenada é bastante complexa devido, entre outros fatores, à adaptação do germoplasma às condições edafoclimáticas regionais, que influenciam a expressão do potencial produtivo. Sugere-se que os estudos da interação genótipos x nitrogênio sejam feitos apenas com cultivares comprovadamente adaptadas ao ambiente. A análise conjunta de experimentos em mais de um local e durante dois anos agrícolas parece diluir possíveis efeitos de fatores não controlados no desempenho específico de uma cultivar em dado ambiente (ex.: temperatura do ar, estresse hídrico e compactação do solo), possibilitando melhor diferenciação das cultivares contrastantes quanto à resposta ao nitrogênio.

Não houve interação genótipo x nitrogênio para o conteúdo de nitrogênio nos grãos; P 32R21, BR 4157, 8410, C 333B e IAC VI tiveram os maiores valores, e a AG 1051 e XL 212, os menores. De maneira geral, as cultivares com mais N nos grãos foram as mais responsivas ao nitrogênio, com exceção da C 333B. No entanto, elevados teores de N nos grãos não foi uma premissa para que a cultivar se destacasse quanto à resposta ao N; a BR 3123 não se diferenciou das demais quanto ao N nos grãos, e foi muito responsiva à adubação.

O teor de N nos grãos aumentou até a maior dose de N, enquanto a produtividade estabilizou ou decresceu a partir de um ponto de máximo; em alguns casos ocorreu exportação desnecessária de nitrogênio nas maiores doses desse nutriente. Do ponto de vista da qualidade dos grãos, a adubação nitrogenada sempre aumentou os teores de N e reduziu a suscetibilidade ao quebramento dos grãos, mesmo quando não houve resposta em termos de produtividade. Essa melhoria da qualidade física dos grãos indica que se pode empregar maiores doses de N em situações em que a cultivar apresenta elevada suscetibilidade ao quebramento de grãos.

A diferenciação das respostas das cultivares em função do parcelamento do N na base e em cobertura, assim como suas diferentes características quanto ao acúmulo relativo de N após o florescimento, sugere que as recomendações de quando aplicar o fertilizante podem ou devem ser diferenciadas para algumas cultivares.

Constataram-se poucas interações entre cultivares e doses de nitrogênio para os parâmetros acúmulo, partição e eficiência de uso de N na planta. Porém, por ser complexa a diferenciação das cultivares quanto à resposta da produtividade ao N, os estudos de caracterização das cultivares **per se** quanto ao acúmulo, partição e eficiência de uso do N na planta auxiliaram na compreensão dessas diferenças.

Confirmou-se que os materiais com germoplasma predominantemente temperado diferem dos tropicais quanto ao acúmulo e partição do nitrogênio. Nos experimentos com maior produtividade de grãos, as cultivares tropicais AG 1051 e BR 3123 apresentaram a menor partição de N no colmo por ocasião da maturação. As cultivares temperadas, por sua vez, apresentaram os maiores teores de N na planta inteira no estágio de florescimento (XL 212) ou maturação (XL 212 e P 32R21). A BR 4157,

melhorada em condições de baixa disponibilidade de N no solo, apresentou elevados teores de N no colmo na maturação e, nos experimentos onde o N inorgânico do solo não sofreram acentuada redução após a segunda cobertura (Palmital 1999/00 e 2000/01), destacou-se também pelos teores de N na planta inteira.

Houve tendência de as cultivares XL 212 e AG 1051 apresentarem maior acúmulo relativo de matéria seca e nitrogênio no subperíodo florescimento-maturação, expresso como porcentagem do acúmulo total. Porém, no estudo da curva de acúmulo, verificou-se que as cultivares temperadas XL 212 e P 32R21 acumularam mais N depois do florescimento do que as demais. Osaki (1995a) também verificou que, em plantas de milho tropical, a maior quantidade do nitrogênio dos grãos foi translocada das folhas e do colmo, enquanto no milho temperado foi absorvida pelas raízes durante a maturação. Essa discrepância ocorreu porque, provavelmente, o acúmulo total foi subestimado no trabalho de partição devido às perdas de matéria seca e nitrogênio antes da maturação fisiológica dos grãos, estágio no qual se procedeu a avaliação do acúmulo que caracterizou o ciclo completo das plantas.

As cultivares P32R21 e BR 3123, consideradas muito responsivas à adubação nitrogenada, tiveram o menor ciclo relativo entre o florescimento e a maturação dos grãos, enquanto a AG 1051, altamente produtiva mesmo na ausência de N, e a XL 212, pouco responsiva ao N, tiveram os maiores períodos relativos.

O aumento da produtividade em função da adubação foi obtido com redução da eficiência de uso do N da planta e do fertilizante. Porém, ao mesmo tempo, a proporção de N acumulado nos grãos em relação ao total da planta e a eficiência de uso do N nos grãos (unidade de massa por unidade de N) aumentaram com as adubações. A partição de massa seca na fração espiga aumentou, e a na fração colmo diminuiu com as doses de N nos experimentos em que a produtividade de grãos aumentou com a adubação de cobertura.

Nos experimentos com maior produtividade de grãos, as plantas apresentaram maior acúmulo relativo de matéria seca e nitrogênio depois do florescimento. Porém, as cultivares com maior acúmulo relativo de matéria seca e de nitrogênio depois do florescimento, como a XL 212 e a AG 1051, não foram sempre as mais produtivas.

Cultivares melhoradas em condições de estresse de nitrogênio, como a BR 4157, podem não se adaptar em condições regionais. Devido à baixa adaptação produtiva da BR 4157 aos ambientes em que os experimentos foram realizados, essa variedade não expressou suas vantagens de eficiência de uso do N nos tratamentos sem e com adubação nitrogenada de cobertura. Embora a BR 4157 tenha se destacado quanto aos teores de N nos grãos, não apresentou elevada partição do N da planta nos grãos.

Deve-se lembrar que o presente trabalho foi desenvolvido em áreas cultivadas no sistema de plantio direto por mais de três anos. No sistema plantio direto estabilizado, especialmente nos solos argilosos, as chances de estresse severo de nitrogênio podem ser menores do que no sistema convencional, em função da mineralização do N da matéria orgânica acumulada nas camadas superficiais do solo (Sá, 1995b). Friesen et al. (2001) e Banziger et al. (2000) citaram que os programas de melhoramento em condições de estresse de N são efetivos para lançar cultivares adaptadas a condições de estresse severo desse nutriente. Por outro lado, tem-se verificado que, geralmente, os híbridos de maior potencial produtivo em condições ambientais favoráveis são também os mais produtivos em condições de estresse - geralmente moderado para N (Carlone & Russel, 1987 e Duvick 1984).

Outro ponto é que a definição do termo “eficiência” é ampla, variando de maior proporção do N da planta nos grãos ao maior acúmulo de massa por unidade de N nos tecidos, incluindo também aspectos de acúmulo relativo no subperíodo florescimento-maturação.

Nos casos dos agricultores que utilizam grãos de milho em sua propriedade, o emprego de cultivar com elevado teor de N nos grãos e, freqüentemente, maior relação N acumulado nos grãos/ N na planta, pode ser desejável devido aos maiores teores de proteína. Porém, quando os grãos são comercializados, não há compensação financeira pela maior exportação de N. Assim, do ponto de vista agrônômico, é fundamental que a eficiência esteja associada também com elevadas produtividades. Nesse particular, o conhecimento da adaptação ambiental e da resposta da cultivar ao N pode ser mais relevante do que o da eficiência de uso do N, porque possibilita inferências quanto ao potencial produtivo em diferentes níveis de manejo da fertilidade do solo.

5 CONCLUSÕES

- 1) Dentre as treze cultivares estudadas, XL 212 destacou-se por apresentar baixa resposta da produtividade de grãos ao nitrogênio aplicado em cobertura, e IAC V1, BR 3123 e 8410, por apresentarem alta resposta.
- 2) Os padrões de exigência de N durante os estádios iniciais de desenvolvimento variaram entre as cultivares: para a C 333B, o aumento na produção de grãos com a aplicação de N em cobertura não foi influenciado pela adubação de semeadura, enquanto para a BR 3123 a resposta foi maior quando o N foi aplicado na semeadura.
- 3) As cultivares temperadas XL 212 e P 32R21 apresentaram os maiores teores de N na planta inteira no estágio de florescimento e/ou maturação de grãos, e as tropicais AG 1051 e BR 3123, as maiores partições de N no colmo na maturação e as maiores eficiências de uso do N na planta (massa por unidade de N).
- 4) As cultivares P 32R21 e BR 3123, muito responsivas ao N, apresentaram os menores ciclos relativos após o florescimento, expresso como porcentagem do ciclo total até a maturação.
- 5) O aumento da produtividade em função da adubação foi obtido com a redução da eficiência de uso do N na planta (unidade de massa na planta por unidade de N) e do fertilizante (N acumulado na planta / N aplicado) e, ao mesmo tempo, com o aumento da partição de N nos grãos (N acumulado nos grãos/ N na planta) e da eficiência de uso do N nos grãos.

- 6) A partição de massa seca na fração espiga aumentou, e na fração colmo diminuiu com as doses de N nos experimentos em que a produtividade de grãos aumentou com a adubação nitrogenada.
- 7) A proporção do N total acumulado na planta depois do florescimento variou de 19,6% a 39,8%, dependendo da cultivar e dose de N.
- 8) A adubação nitrogenada melhorou a qualidade dos grãos, aumentando os teores de N e reduzindo a suscetibilidade ao quebramento, mesmo quando não houve aumento de produtividade.
- 9) Predominou a forma N-nitrato no período em que a adubação aumentou o N inorgânico no solo.
- 10) Em solo textura média não foram encontrados resíduos da adubação nitrogenada por ocasião do florescimento do milho, o contrário ocorrendo em solo argiloso quando a dose foi igual ou superior a 120 kg ha^{-1} .

ANEXOS



Anexo 2. Desenvolvimento da cultivar P 32R21 sem e com nitrogênio (120 kg ha^{-1}) em cobertura no subprojeto Partição em Votuporanga 1999/00



Anexo 1. Diferença de desenvolvimento das cultivares XL 212 (esquerda) e P 32R21 (direita) na ausência de cobertura no experimento do subprojeto Partição em Palmital 1999/00



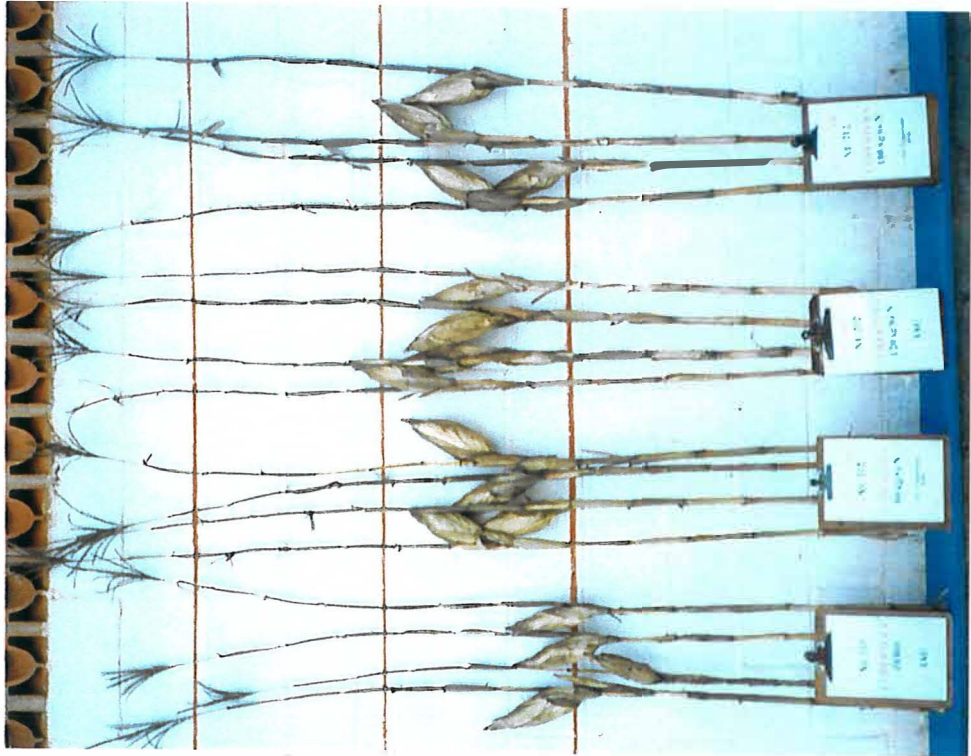
Anexo 3. Aspecto geral do experimento do subprojeto Parcelamento em Votuporanga 1998/99 mostrando a diferença das parcelas sem e com N na sementeira



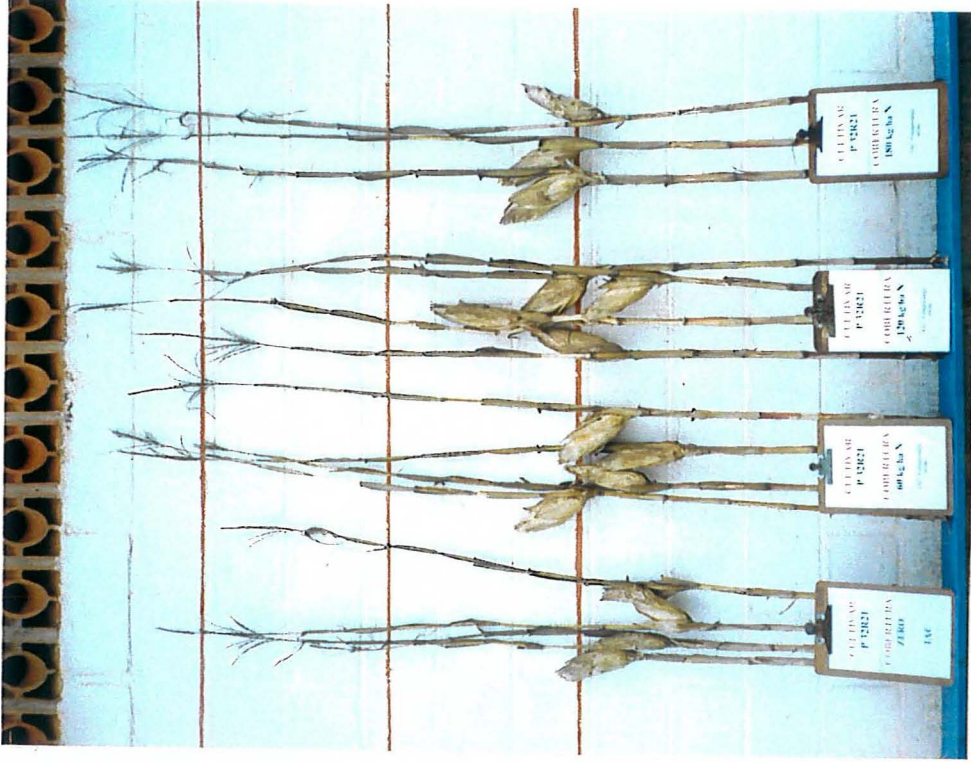
Anexo 4. Desenvolvimento da BR 3123 sem e com N na sementeira e ambos com N em cobertura em Votuporanga 1998/99



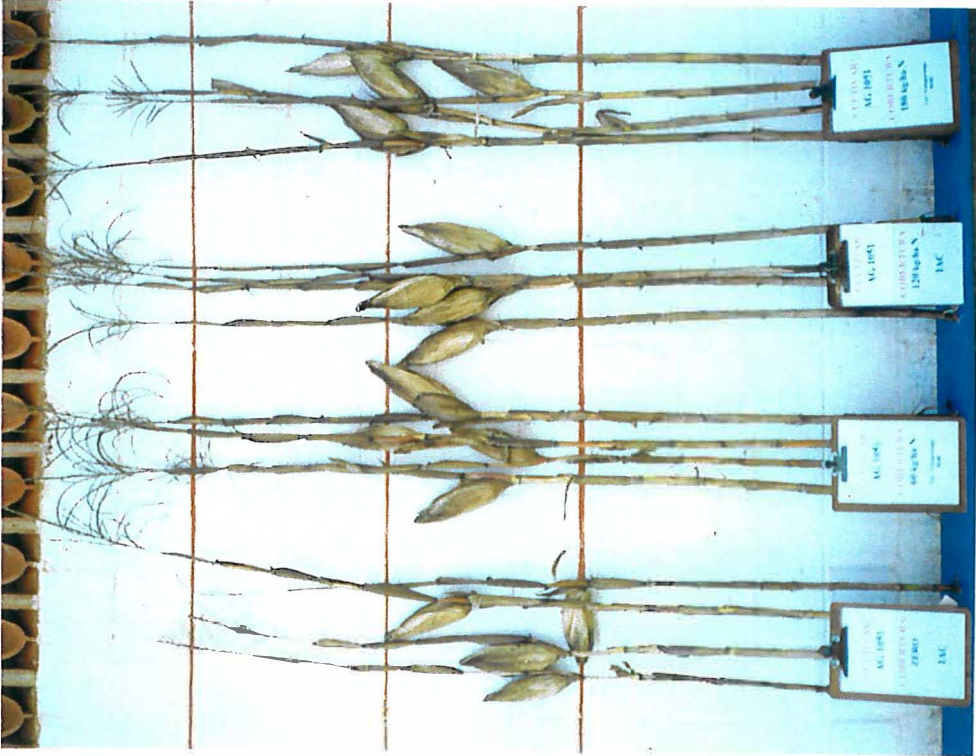
Anexos 5 e 6. Aspecto geral dos experimentos dos subprojetos Partição (esquerda) e Nitrogênio (direita) em Palmital 1999/00, mostrando sintomas de estresse hídrico.



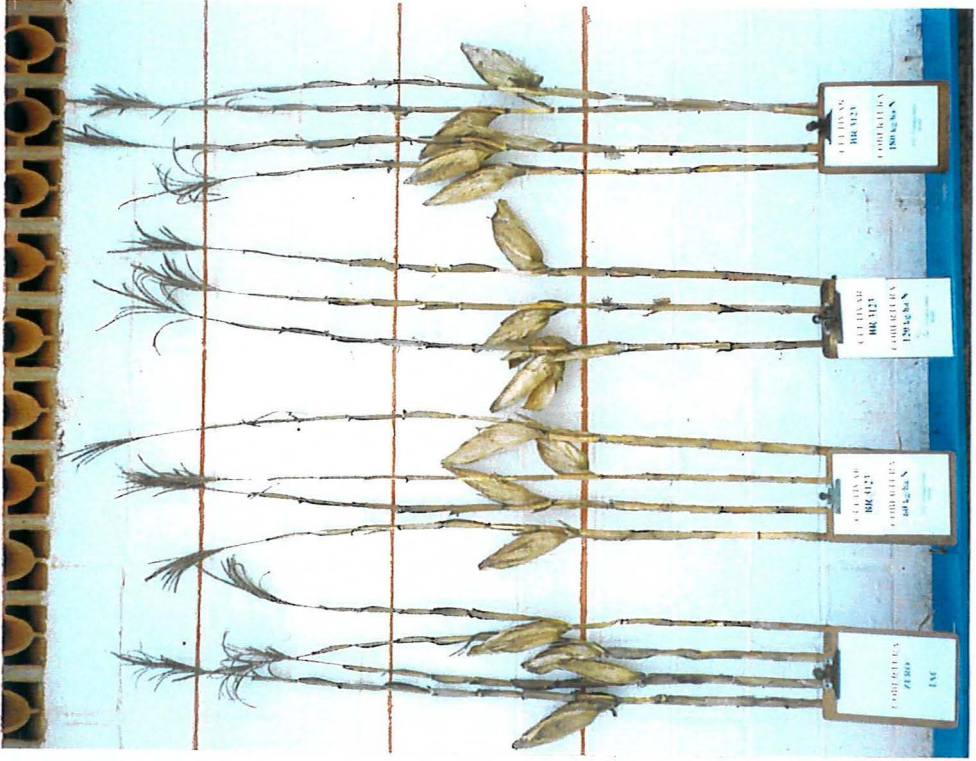
Anexo7. Plantas da cultivar XL 212 nos tratamentos 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura no experimento do subprojeto Partição em Votuporanga 1999/00



Anexo 8. Plantas da cultivar P 32R21 nos tratamentos 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura no experimento do subprojeto Partição em Votuporanga 1999/00



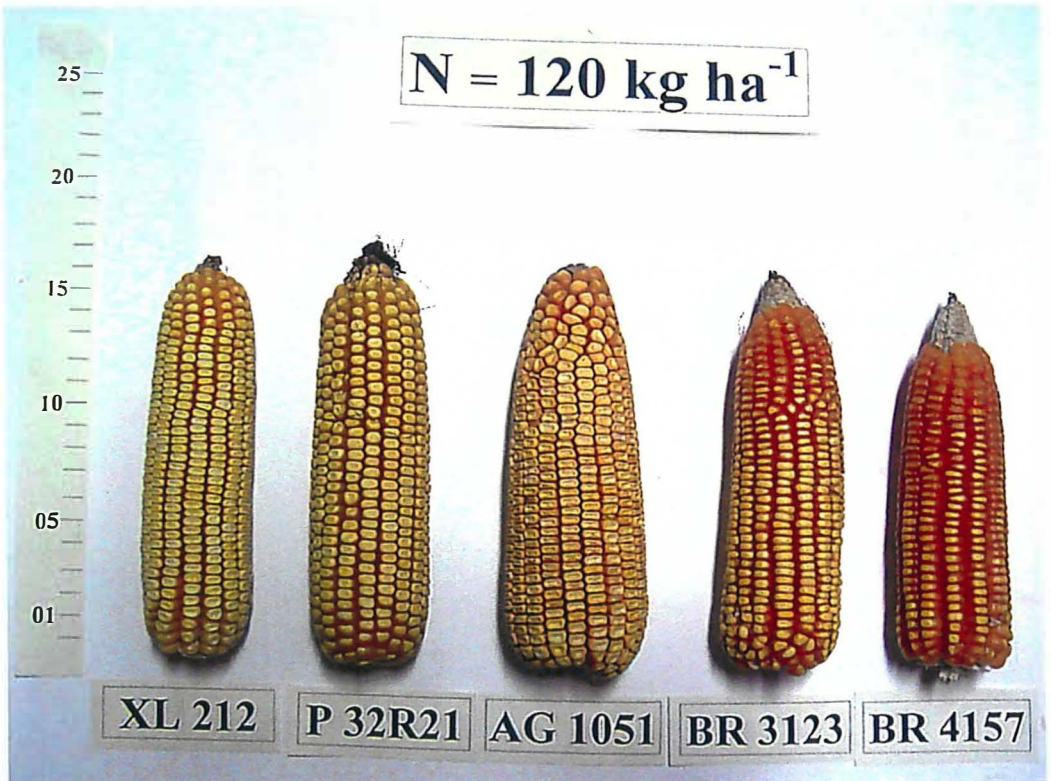
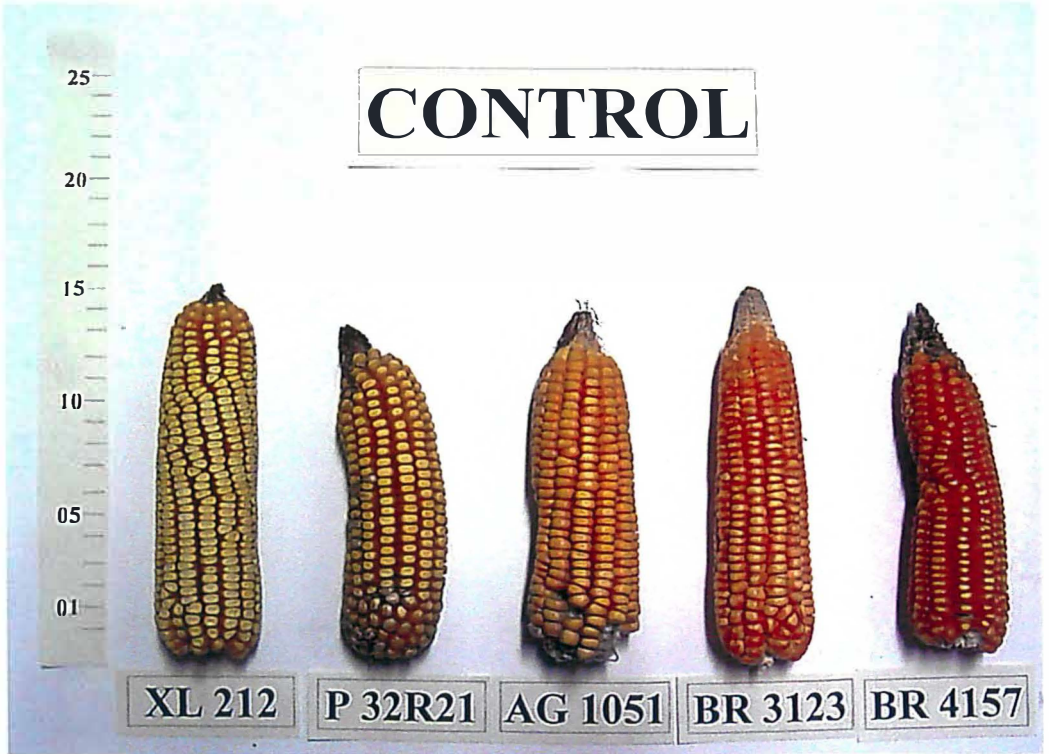
Anexo 9. Plantas da cultivar AG 1051 nos tratamentos 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura no experimento do subprojeto Partição em Votuporanga 1999/00



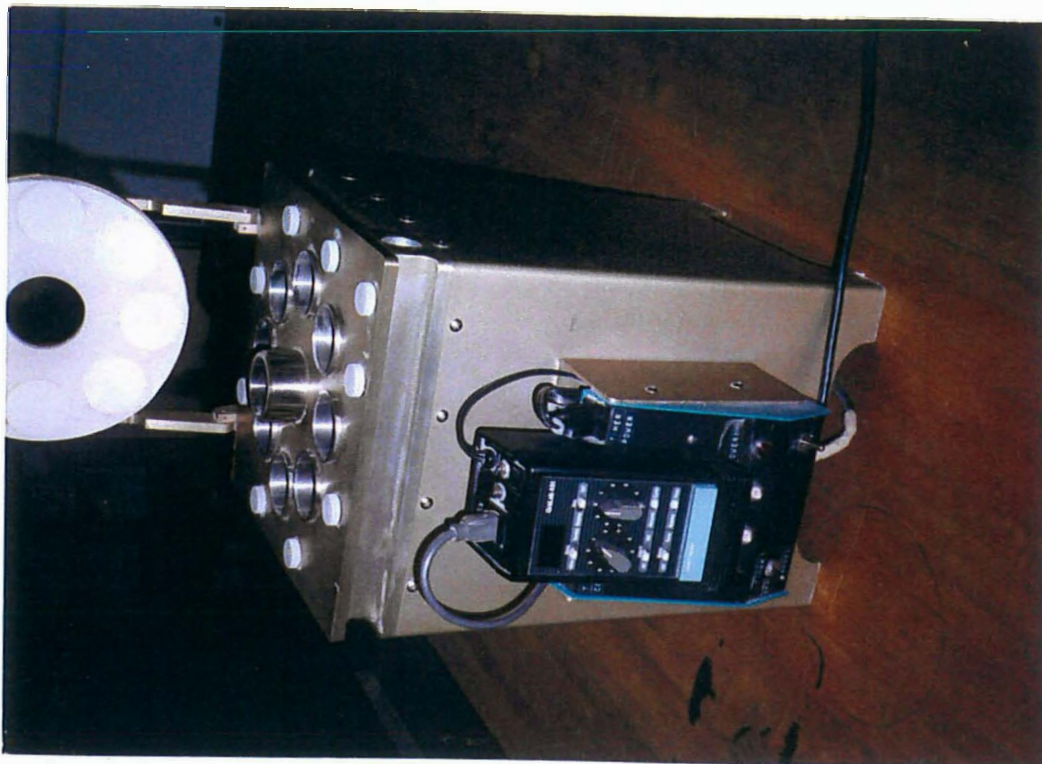
Anexo 10. Plantas da cultivar BR 3123 nos tratamentos 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura no experimento do subprojeto Partição em Votuporanga 1999/00



Anexo 11. Plantas da cultivar BR 4157 nos tratamentos 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura no experimento do subprojeto Partição em Votuporanga 1999/00



Anexos 12 e 13. Aspecto das espigas das cultivares de milho no subprojeto Partição, nas doses 0 e 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura



Anexo 14. Equipamento TADD ("Tangential Abrasive Dehulling Device") utilizado para avaliar a dureza dos grãos por abrasão.



Anexo 15. Moinho de martelos modelo "Stenvert Test" e acessórios utilizados para avaliar a dureza dos grãos através de moagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUS, W.L.; MORAGHAN, J.T. Responses of three early maturing corn hybrids to nitrogen fertilizer. **Journal Production . Agriculture.**, v.8, n.4, p.581-584, 1995.
- ANDRADE, A.G.de; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de; SARRUGE, J.R. Acumulação deferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (Zea mays L.) I. Acumulação de macronutrientes. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, v.32, p.115-149, 1975.
- ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de; SARRUGE, J.R. Acumulação deferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (Zea mays L.) II. Acumulação de micronutrientes. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, v.32, p.151-171, 1975.
- ARNOLD, J.M.; BAUMAN, L.F.; YCOCAK, H.S. Interrelations among protein, lysine, oil, certain mineral element concentrations, and physical kernel characteristics in two maize populations. **Crop Science**, v.17 p.421-425, 1977
- BALKO, L.G.; RUSSEL, W.A. Response of maize inbred lines to N fertilizer. **Agronomy Journal**, v.72, p.723-728, 1980.
- BANZIGER, M.; EDMEADES, G.O.; BECK, D.; BELLON, M. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize**: From theory to practice. Mexico: CIMMYT, 2000. 68.p.

- BASSOI, L.H.; REICHARDT, K. Acúmulo de matéria seca e de nitrogênio em milho cultivado no período de inverno com aplicação de nitrogênio no solo e via água de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.12, p.1361-1373, 1995.
- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1978. 31p. (Circular, 87).
- BAUER, P.J.; CARTER, P.R. Effect of seeding date, plant density, moisture availability, and soil nitrogen fertility on maize kernel breakage susceptibility. **Crop Science**, v.26, p.1220- 1226, 1986.
- BEAUCHAMP, E.G.; KANNENBERG, L.W; HUNTER, R.B.. Nitrogen accumulation and translocation in corn genotypes following silking. **Agronomy Journal**, v.68, p.418-422, 1976.
- BHATIA, C.R.; RABSON, R. Relationship of grain yield and nutritional quality. In: OLSON R.A.; FREY, K.I. (Ed.). **Nutritional Quality of Cereal Grains: Genetics and Agronomic Management**. Madison, WI: American Society of Agronomy, 1987. p.11-44,
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARCK, F.E. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison, WI: American Society of Agronomy, v.2, p.1256-1286, 1965 (Agronomy, 9).
- BRUNINI,O.; LISBÃO,R.S.; BERNARDI, J.B. Temperatura Base para Alface “Withe Boston”, em um Sistema de Unidades Térmicas. **Bragantia**, v.35, p.214-219, 1976.

- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., Campinas, **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. p.229-244.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Um revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v.59, p.125-137, 2000.
- CAMPBELL, C.M. Influence of seed formation of corn on accumulation of vegetative dry matter and stalk strength. **Crop Science**, v.4, p.31-34, 1964.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Adubação do Milho Safrinha. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA. 3., Assis, 1995. **Resumos**. Campinas: IAC, CDV, 1995. p.21-27.
- CARDWELL, V.B. Fifty years of Minnesota corn production: Sources of Yield Increase. **Agronomy Journal**, v.74, p.984-990, 1982.
- CARLONE, M.R.; RUSSEL, W.A. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivar from different eras of breeding. **Crop Science**, v.27, p.465-470, 1987.
- CERRATO, M.E.; BLACKMER, A.M. Relationships between grain nitrogen concentrations and the nitrogen status of corn. **Agronomy Journal**, v.82, p.44-749, 1990.
- CHEVALIER, P.; SCHRADER, L.E. Genotype differences in nitrate absorption and partitioning of N among plant parts in maize. **Crop Science** , v.17, p.897-901, 1977.

- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio (^{15}N) em um latossolo vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.187-193, 1991.
- CROCOMO, O.J.; NEPTUNE, A.M.L. O ciclo do nitrogênio. **O solo**, v.54, n.1, p.9-72, 1962.
- CROMWELL, G.L.; BITZER, M. J.; STAHLY, T.S.; JOHNSON, T.H. Effects of soil nitrogen fertility on the protein and lysine content and nutritional value of normal and opaque-2 corn. **Journal of Animal Science** v.57, p.1345-1351, 1983.
- DOMMERGUES, Y.; MANGENOT, F. **La rizosphère**. Ecologie microbienne du sol. Paris: Masson, 1970. 760 p.
- DOWSWELL, C.R.; PALIWAL, R.L.; CANTRELL, R.P. **Maize in the third world**. Westview Press, 1996. 268p.
- DUARTE, A.P.; PARTERNIANI, M.E.A.G.Z. **Cultivares de milho no Estado de São Paulo. Resultados das avaliações regionais IAC/CATI/Empresas - 1997/98**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 81p. (Documentos, 62.)
- DUARTE, A.P.; FREITAS, J.G.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; CANTARELLA, H. Eficiência e resposta de genótipos de milho ao nitrogênio em cobertura.. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., **resumos**. Recife (PE), Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998. p.184.
- DUDLEY, J.W.; LAMBERT, R.J.; DE LA ROCHE, I.A. Genetic analysis of crosses among corn strains divergently selected for percent oil and protein. **Crop Science**, v.7, p.111-117, 1977.

DUVICK, D.N. Genetic contributions to yield gains of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980 . In: **Genetic contributions to yield gains of five major crop plants**. Madison: ASA-CSSA, 1984. p.15-47.

DWYER, L.D.; ANDERSON, A.M.; DOUGLAS, W. S.; TOLLENAAR, M. Changes in maize hybrid photosynthetic response to leaf nitrogen, from pre-anthesis to grain fill. **Agronomy Journal**, v.87, p.1221-1225, 1995.

ELLINGS, A.; WHILE, J.W.; EDMEADES, G.O. Options for breeding for greater maize yields in the tropics. In: ITTERSUM, M.K. van ; GEIJN, S.C. van. (Ed.). **Perspectives for agronomy – Adopting ecological principles and managing resource use** . Amsterdam: Elsevier Science, 1997, p.155-168.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sol-da-manhã NF. Sete Lagoas, s.d. 1v.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

FEIL, B.; THIRAPORN, R.; GEISLER, G.; STAMP, P. Genotype variation in grain nutrient concentration in tropical maize grown during a rainy and a dry season. **Agronomie**, v.10, p.717-725, 1990.

FEIL, B.; THIRAPORN, R.; GEISLER, G.; STAMP, P. Yield, development and nutrient efficiency of temperate and tropical maize germoplasm in the tropical lowlands. II. Uptake and redistribution of nitrogen, phosphorus and potassium. **Maydica**, v.37, p.199-207, 1992.

FEIL, B.; THIRAPORN, R.; LAFITTE, H.R. Accumulation of nitrogen and phosphorus in the grain of tropical maize cultivars. **Maydica**, v.38, p.291-300, 1993.

- FREY, K.J.; BRIMHALL, B.; SPRAGUE, G.F. The effects of selection upon protein quality in the corn kernel. **Agronomy Journal** v.4, p.1399, 1949.
- FRIEDRICH, J.W.; SCHRADER, L.E. N. Deprivation in maize during grain-filling. II. Remobilization of ^{15}N and ^{35}S and the relationship between N and S accumulation. **Agronomy Journal**, v.71, p.466-472, 1979
- FRIESEN, D.K.; WADDINGTON, S.R.; DIALLO, A.; KANAMPIU, F. Breeding and agronomic approaches to managing abiotic stresses in maize. In: NATIONAL MAIZE WORKSHOP OF ETIOPIA, 2. Addis Ababa, 2001. **Proceedings**. México: CIMMYT, 2001. p.214-222.
- FURLANI, P.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; SILVA, W.J. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. **Bragantia**, v.36, n.22, p.223-9, 1977.
- GERLOFF, G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium. In: WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, Ithaca, 1977. **Proceedings**. Ithaca: Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., 1977. p.161-173.
- HAGEMAN, R.H. Nitrate metabolism in roots and leaves. In: J. C. SHANNON et al. (Ed.). **Regulation of carbon and nitrogen reduction and utilization in maize**. Rockville, MD: Am. Soc. Physiology, 1986. p.105-116
- HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. **Agronomy Journal**, v.54, p.145-148, 1962a.

- HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. **Agronomy Journal**, v.54, p.217-222, 1962b.
- HARMSSEN, G.W.; KOLENBRANDER, G.J. Soil inorganic nitrogen. In: **Soil Nitrogen**. Madison (Wisconsin): American Society of Agronomy, 1965. 615p. (Agronomy, 10)
- HAY, R.E.; EATLEY, E.B.; DeTURK, E.E. Concentration and translocation of nitrogen compounds in the corn plant (*Zea mays*) during grain development. **Plant Physiology**, v.28, p.606-621, 1953.
- Hill, L.D. Quality problems in exporting U.S. corn. **Proceedings of the Annual Corn and Sorghum Research Conference**, v.36 p.191-198. 1981
- HIROCE, R.; FURLANI, A.M.C.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho**. Campinas: Instituto Agronômico, 1989. 24p. (Boletim Científico, 17)
- IAEA, 1970. Fertilizer management practices of maize: results of experiments with isotopes. Vienna. 78p. 1970. (Technical Report Series, 121).
- JENKINSON, J.C. Chemical test for potentially available nitrogen in soil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, p.160-168, 1968.
- JOHNSON, D.Q.; RUSSELL, W.A. Genetic variability and relationships of physical grain quality traits in the BSSS population of maize. **Crop Science** v.22 p.805-809 1982,

- KARLEN, D. L.; SADLER, E.J.; CAMP, C.R. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation rates by corn on Norfolk Loamy Sand. **Agronomy Journal**, v.79, p.649-656, 1987.
- KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, v.80, p.232-242, 1988.
- KAUFFMANN, K.D.; DUDLEY, J.W. Selection indices for grain yield, percent protein, and kernel weight. **Crop Science**, v.19, p.583-588, 1979.
- KNIEP, K.R.; MASON, S.C. Kernel breakage and density of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. **Crop Science**, v.29, p.158-163, 1989.
- LANG, A.L.; PENDLETON, J.W.; DUGAN, G.H. Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids. **Agronomy Journal**, v.48, p.284-289, 1956.
- LEFORD, D.R.; RUSSELL, W.A. Evaluation of physical quality in BS17 and BS1(HS)C1. **Crop Science**, v.25, p.421-425, 1985.
- MACHADO, A.T.; MAGALHÃES, J.R. Melhoramento de milho para uso eficiente de nitrogênio sob condições de estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL. Sete Lagoas, 1992. **O milho em perspectiva**. Sete Lagoas, México: EMBRAPA/CNPMS, CIMMYT/UNDP, 1995. p.321-343.
- MACHADO, A.T.; MACHADO, C.T.T.; FURLANI, P.R. Avaliação e caracterização de variedades locais de milho para condições adversas de ambiente. In: SOARES, A.C.; MACHADO, A.T.; SILVA, B.M.; WEID, J.M.von der (Ed.). **Milho Crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998a. p.151-178.

- 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, J.M.von der (Ed.). **Milho Crioulo**: conservação e uso da biodiversidade. Rio de Janeiro: AS-PTA,1998b. p.93-106.
- MACHADO, A.T.; PATERNIANI, E. Avaliação de germoplasma de milho (*Zea mays* L.) com relação à eficiência e/ou fixação biológica do nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO,17., **Resumos**. Piracicaba: ESALQ, 1988. p.130.
- MANOHARKUMAR, B.; GERSTENKORN, P.; ZWINGELBERG, H.; BOLLING, H. On some correlations between grain composition and physical characteristics to the dry milling performance for maize. **Journal of Food Science and Technology**, v.15 p.1-6, 1978
- MILLER, B.S.; HUGHES, J.W.; ROUSSER, R.; PONERANZ, R. Measuring the breakage susceptibility of shelled corn. **Cereal Foods World**, v.26 p.75-80, 1981
- MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J. Effects os population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays* L. **Agronomy Journal**, v.69, p.81-85, 1977.
- MOLL, R.H.; E.J. KAMPRATH; W.A. JACKSON. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, v.74, p.562-564, 1982.
- MOLL, R.H.; JACKOSON, W.A.; MIKKELSEN, R.L. Recurrent selection for maize grain yield: dry matter and nitrogen accumulation and partitioning changes. **Crop Science**, v.34, p.874-881, 1994.

MORO, J.R.; NASPOLINI FILHO, V.; VIANNA, R.T.; GAMA, E.E.G. Introdução de novos germoplasmas de milho no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, n.6, p.867-882, 1981.

NEPTUME, A.M.L. Efeito de diferentes épocas e modos de aplicação do nitrogênio na produção do milho, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante e na diagnose foliar utilizando sulfato de amônio - ^{15}N . **Anais da ESALQ**, v.34, n.1, p.515-539, 1977.

NEYRA, C.A.; PEREIRA, P.A., BALDANI, J.I.. Efficiency of nitrogen utilization by maize plant. In: **Maize breeding and maize production**. Belgrade, Yugoslavia: Europaize 88, 1988. p.219-231

OIKEH, S.O.; KLING, J.G.; OKORUWA, A.E. Nitrogen management effects on maize grain quality in the West Africa moist savanna. **Crop Science**, v.38 p.1056-1061, 1998.

OLSON, R.A.; FRANK, K.D.; DEIBERT, E.J.; DREIER, A.F.; SANDER, D.N.; JOHNSON, V.A. Impact of residual mineral N in soil on grain protein yields of winter wheat and corn. **Agronomy Journal**, v.68, p.769-772, 1976.

OSAKI, M. Comparison of productivity in relation to nitrogen nutrition; I. Leaf senescence and productivity in relation to nitrogen nutrition. **Soil Science Plant Nutrition**, v.41, n.3, p.439-450, 1995a.

OSAKI, M. Comparison of productivity in relation to nitrogen nutrition; II. Parameters determining between tropical and temperate maize. **Soil Science Plant Nutrition**, v.41, n.3, p.451-459, 1995b.

- OSINAME, O. van GIJN, H.; VLEK, P.L.G. Effect of nitrification inhibitors on the fate and efficiency of nitrogenous fertilizers under simulated humid tropical conditions. **Tropical Agriculture**, v.60, n.3, p.211-217, 1983.
- PALMER, A.F.E.; HEICHEL, G.H.; MUSGRAVE, R.B. Patterns of translocation, respiratory loss, and redistribution of ^{14}C in maize labeled after flowering. **Crop Science**, v.13, p.371-376, 1973.
- PAN, W.L.; KAMPRATH, E.J.; MOLL, R.H.; JACKSON, W.A. Prolificacy in corn: its effects on nitrate and ammonium uptake and utilization. **Soil Science Society American Journal**, v.48, p.1101-1106, 1984.
- PAN, W.L.; CAMBERATO, J.J.; MOLL, R.H., KAMPRATH, E.J.; JACKSON, W.A. Altering source-sink relationships in prolific maize hybrids: Consequences for nitrogen uptake and remobilization. **Crop Science**, v.35, p.836-845, 1995.
- PATERNIANI, E. Maize breeding in the tropics. **Plant Science**, v.9, n.2, p.125-154, 1990.
- PAULSEN, M.R.; HILL, L.D. Corn quality factors affecting dry milling performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.31, p.255-263, 1985.
- PAULSEN, M.R.; HILL, L.D.; WHITE, D.G.; SPRAGUE, G.F. Breakage susceptibility of corn-belt genotypes. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.32, p.1007-1014, 1983.
- PEPLINSKI, A.J.; PAULSEN, M.R.; ANDERSON, R.A.; KWOLEK, W.F. Physical, chemical, and dry milling characteristics of corn hybrids from various genotypes. **Cereal Chemistry**, v.66, p.117-120, 1989.

- POLLMER, W.G.; EBERHARD, D.; KLEIN, D.; DHILLON, B.S. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. **Crop Science**, v.19 p.82-86, 1979.
- REED, A.J.; BELOW, F.E.; HAGEMAN, R. Grain protein accumulation and the relationship between leaf nitrate reductase and protease activities during grain development in maize. **Plant Physiology**, v.66, p.164-170, 1980.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; VICTÓRIA, R.L.; VIÉGAS, G.P. Dinâmica do nitrogênio num solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.17-20, 1979.
- REICHART, R.D.; TYLER, R.T.; YORK, A.E.; SCHWAB, D.J.; TATARYNOVICH, J.E.; MWASARU, M.A.. Description of a production model of the tangential abrasive dehulling device and its application to breeder's samples. **Cereal Chemistry**, v.63, p.210-207, 1986
- RENDIG, V.V.; BROADBENT, F.E. Proteins and amino acids in grain of maize grown with various levels of N. **Agronomy Journal**, v.71 p.509-512, 1979
- RUSSEL, W.A. Agronomic performance of maize cultivars representing different eras of breeding. **Maydica**, v.29, p.375-390, 1984.
- SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, Fundação ABC, 1993. 96p.
- SÁ, J. C. M. Nitrogênio: Transformações no solo, mobilização e imobilização. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO. Castro, 1995. **Anais**. Castro: Fundação ABC, 1995a. p.206-212,

- SÁ, J.C.M. Nitrogênio: Influência da rotação de culturas e resposta da cultura de milho em solos sob plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO. Castro, 1995. **Anais**. Castro: Fundação ABC, 1995b, p.213-227.
- SAS INSTITUTE. **SAS Property Software**: Version 6.03. Cary, N.C., 1990.
- SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. **Plant Physiology**, v.23, n.3, p.267-281, 1948.
- SHUMWAY, C.R.; COTHREN, J.T.; SERNA-SALDIVAR, S.O. ; ROONEY, L.W. Planting date and moisture effects on yield, quality and alkaline-processing characteristics of food-grade maize. **Agronomy Journal**, v. 32 p.1265-1269, 1992
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimations and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Plant Nutrition**, v.4, n.3, p.289-302, 1981.
- THIRAPORN, R. GEISLER, G.; STAMP, P. Yield and relationships among yield components and N-and P-related traits in maize genotypes under tropical conditions. **Journal Agronomy & Crop Science**, v.152, p. 460-468, 1983.
- THIRAPORN, R.; FEIL, B.; STAMP, P. Effect of nitrogen fertilization on grain yield and accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in the grains of tropical maize. **Journal Agronomy & Crop Science**, v.169, p.9-16, 1992.
- THOMPSON, L.M. Climatic change, weather variability and corn production. **Agronomy Journal**, v.78, p.649-653, 1986.

- THOMPSON, R.A.; FOSTER, G.H.. Stress cracks and breakage in artificially dried corn. Washington, D.C: USDA, Agricultural Marketing Service,. 1963. (Marketing Research Report, 631)
- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n.1)
- TOLLENAAR, M. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. **Crop Science**, v.29, p.1365-1371, 1989
- TOLLENAAR, M. Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. **Crop Science**, v.31 p.119-124, 1991.
- TSAI, C.Y.; WARREN, H.L.; HUBER, D.M.; BRESSAN, R.A. Interactions between the kernel N sink, grain yield and protein nutritional quality of maize. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.34 p.255-263, 1983
- TSAI C.Y; DWEIKAT, I.; HUBER, D.M.; WARREN H.L. Interrelationship of nitrogen nutrition with maize (*Zea mays*) grain yield, nitrogen use efficiency and grain quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.58, p.1-8, 1992
- TSUNECHIRO, A. Aspectos econômicos da cultura do milho no Estado de São Paulo. In: DUARTE, A.P.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. **Cultivares de milho no Estado de São Paulo**. Resultados das avaliações regionais IAC/CATI/empresas - 1996/97. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 1-8p. (IAC. Documentos, 58.)
- ULLOA, A. M. C. Absorção, translocação e eficiência de utilização do nitrogênio fertilizante $\text{CO}(\text{}^{15}\text{NH}_2)_2$ por dois híbridos de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1981. 78p. Dissertação (Mestrado), ESALQ, USP.

- VASCONCELLOS, C.A.; BARBOSA, J.V.A.; SANTOS, H.L. dos ; FRANÇA, G.E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por duas cultivares de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, v.18, n.8, p.887-901, 1983.
- VYN, T.J.; MOES, J. Breakage susceptibility of corn kernels in relation to crop management under long growing season conditions. **Agronomy Journal**, v.80, p.915-920, 1988.
- VYN, T.J.; TOLLENAAR, M. Changes in chemical and physical quality parameters of maize grain during three decades of yield improvement. **Field Crops Research**, v.59 p.135-140, 1998.
- WATSON, S.A. Measurement and maintenance of quality. In: WATSON, S.A.; RAMSTAD, P.E (Ed.). *Corn: Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1987, p.125-183.
- WETSELAAR, R.; FARQUHAR, G.D. Nitrogen losses from tops of plants. **Advances in agronomy**, v.33, p.263-302, 1980.
- WU, Y.V.; BERGQUIST R.R. Relation of corn density to yields of dry milling products. **Cereal Chemistry**, v.68, p.542-544, 1991.