

LUIZ FERNANDO PRICINOTTO

RESPOSTA DO MILHO PIPOCA ÀS DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO  
NITROGÊNIO EM ADUBAÇÃO DE COBERTURA

MARINGÁ

PARANÁ – BRASIL

MARÇO – 2009

LUIZ FERNANDO PRICINOTTO

RESPOSTA DO MILHO PIPOCA ÀS DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO  
NITROGÊNIO EM ADUBAÇÃO DE COBERTURA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

MARINGÁ

PARANÁ – BRASIL

MARÇO – 2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

P947r Pricinotto, Luiz Fernando  
Resposta do milho pipoca às doses e épocas de aplicação do nitrogênio em adubação de cobertura / Luiz Fernando Pricinotto. -- Maringá, 2009.  
xv, 74 f. : il., figs.

Orientador : Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2009.

1. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Adubação nitrogenada - Produtividade. I. Vidigal Filho, Pedro Soares, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 21.ed. 633.15

LUIZ FERNANDO PRICINOTTO

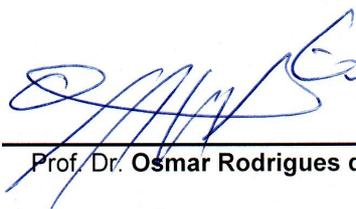
**RESPOSTA DO MILHO PIPOCA À DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO  
NITROGÊNIO EM ADUBAÇÃO DE COBERTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de março de 2009.



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> **Maria Anita Gonçalves da Silva**



Prof. Dr. **Osmar Rodrigues de Brito**



Prof. Dr. **Carlos Alberto Scapim**  
(Orientador)



*“O único lugar onde o sucesso vem  
antes do trabalho é no dicionário.”*

**Albert Einstein**

Aos meus amados pais Valmir e Ivone, pelo apoio, amor, orações,  
carinho e exemplos de luta, força e dignidade.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Criador, pelas graças proporcionadas em minha vida;

À Universidade Estadual de Maringá, que me proporcionou a oportunidade de aperfeiçoamento por meio do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA);

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Estudo;

Ao professor Pedro Soares Vidigal Filho (DAG/PGA), pela Orientação;

Aos professores Carlos Alberto Scapim (DAG/PGA), Alessandro de Lucca e Braccini (DAG/PGA) e Maria Anita Gonçalves da Silva (DAG/PGA) pelas valorosas contribuições a esse trabalho;

Ao amigo Odair José Marques, pelo grandioso auxílio nas dificuldades e pela valorosa amizade firmada nesses dois anos de convivência;

Aos amigos Deivid Lincoln Reche e Luciano Ivano da Silva pelo valoroso auxílio na condução do experimento e pela grande amizade;

Aos senhores Paulo, Antônio e Gildo (Funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi), pelo auxílio nas tarefas realizadas na área experimental;

À Érika Cristina Takamizawa Sato (Secretária do PGA), pela atenção dedicada e amizade;

Ao meu irmão, Gustavo Pricinotto, que sempre esteve presente e incentivou-me nos momentos difíceis;

À minha namorada, Michelly Poliana Viguiato, que sempre me serviu de exemplo de dedicação para realização de minhas tarefas;

A todos os parentes, amigos e colegas não nominados que, de uma forma ou de outra, contribuíram para que esse trabalho pudesse ser realizado e que rezaram pelo meu sucesso;

## **BIOGRAFIA**

**LUIZ FERNANDO PRICINOTTO**, filho de Valmir Pricinotto e Ivone Polizer Pricinotto, nasceu na cidade de Japurá (PR), aos 05 dias do mês de Outubro de 1984.

Em 1986, mudou-se com a família para o município de Araguari (MG), de onde retornou para Japurá (PR) no ano de 1993.

Em 1991, ingressou no ensino fundamental na Colégio Positivo, em Araguari (MG).

Em 1998, concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Emílio de Menezes, em Japurá (PR).

Em 1999, ingressou no ensino médio no Colégio Estadual Rui Barbosa, concluindo-o em 2001.

Em 2001, foi aprovado no vestibular de Inverno da Universidade Estadual de Maringá - UEM, no curso de Agronomia, onde, em 2006 concluiu o ensino em nível superior, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo;

Em Março de 2007, ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – PGA, da Universidade Estadual de Maringá – UEM, em Maringá, PR.

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE QUADROS DO APÊNDICE.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Origem.....	4
2.2. Produtividade e capacidade de expansão.....	4
2.3. Nitrogênio e crescimento e desenvolvimento da planta de milho.....	7
2.3.1. Respostas da cultura à adubação nitrogenada.....	9
2.3.2. Época de aplicação do nitrogênio.....	15
2.4. Adubação em milho pipoca.....	18
2.5. Estádios fenológicos da planta de milho.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Localização.....	20
3.2. Clima.....	20
3.3. Solo das áreas experimentais.....	21
3.4. Tratamentos e delineamento experimental.....	22
3.4.1. Características das unidades experimentais.....	23
3.5. Implantação e condução dos experimentos.....	23
3.5.1. Preparo do solo da área experimental.....	23
3.5.2. Cultivares de milho pipoca utilizadas.....	23
3.5.3. Semeadura e população de plantas.....	24
3.5.4. Adubação de semeadura.....	24
3.5.5. Adubação de cobertura.....	25
3.5.6. Identificação dos estádios fenológicos.....	25
3.5.7. Tratos culturais e fitossanitários.....	26
3.5.8. Irrigação.....	27
3.6. Avaliações fitotécnicas.....	27

3.6.1. Altura média de plantas .....	27
3.6.2. Altura média de inserção de espiga.....	27
3.6.3. Índice de área foliar .....	28
3.6.4. Comprimento da espiga.....	28
3.6.5. Número de grãos por fileira .....	28
3.6.6. Massa de 1.000 grãos .....	28
3.6.7. Massa de grãos por espiga .....	29
3.6.8. Produtividade de grãos da cultura .....	29
3.6.9. Capacidade de expansão .....	29
3.7. Análises estatísticas .....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1. Safra de “Verão” .....	32
4.1.1. Condições climáticas .....	32
4.1.2. Características da parte aérea das plantas .....	32
4.1.3. Componentes de produção e capacidade de expansão.....	35
4.1.4. Contrastes entre o fatorial e as testemunhas adicionais .....	43
4.2. Safra de Outono/Inverno (‘Safrinha’) .....	45
4.2.1. Condições climáticas .....	45
4.2.2. Características da parte aérea das plantas .....	45
4.2.3. Componentes de produção e capacidade de expansão.....	49
4.2.4. Contrastes entre o fatorial e as testemunhas adicionais .....	56
5. CONCLUSÕES .....	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE.....	71

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Precipitação pluvial acumulada (mm) e temperaturas médias máximas e mínimas (°C) semanais, ocorridas na Fazenda Experimental de Iguatemi, no período de outubro de 2007 a setembro de 2008. (Dados obtidos junto ao LAS/FEI).....21
- Figura 2** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura das plantas de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....33
- Figura 3** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura de inserção da espiga de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....34
- Figura 4** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no índice de área foliar das plantas de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....35
- Figura 5** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no comprimento da espiga de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....36
- Figura 6** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no número de grãos por fileira das espigas de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....37
- Figura 7** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na massa de grãos por espiga de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....38
- Figura 8** – Efeito das doses de N, (a) dentro das cultivares e (b) dentro das épocas de aplicação na massa de 1.000 grãos de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....39
- Figura 9** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na produtividade de grãos de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....41

<b>Figura 10</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.....	42
<b>Figura 11</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura de plantas de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008. ....	46
<b>Figura 12</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura de inserção de espiga das plantas de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.....	47
<b>Figura 13</b> – Efeito das doses de N, (a) dentro das cultivares e (b) dentro das épocas de aplicação no índice de área foliar das plantas de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008. ....	48
<b>Figura 14</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no comprimento de espiga de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008. ....	50
<b>Figura 15</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no número de grãos por fileira da espiga de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.....	51
<b>Figura 16</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na massa de grãos por espiga de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.....	52
<b>Figura 17</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na massa de 1.000 grãos de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.....	53
<b>Figura 18</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na produtividade de grãos de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.....	54
<b>Figura 19</b> – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.....	56

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Características químicas e físicas do LATOSSOLO VERMELHO distrófico da área experimental do cultivo de “Verão”.....	21
<b>Quadro 2</b> – Características químicas e físicas de NITOSSOLO VERMELHO eutrófico da área experimental do cultivo da “Safrinha”.....	22
<b>Quadro 3</b> – Características agronômicas das cultivares de milho pipoca utilizadas.....	24
<b>Quadro 4</b> – Descrição dos tratamentos estudados.....	25
<b>Quadro 5</b> – Estádios fenológicos* da cultura do milho .....	26
<b>Quadro 6</b> – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à produtividade de grãos, safra de “Verão” de 2007/2008.....	43
<b>Quadro 7</b> – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à capacidade de expansão, safra de “Verão” de 2007/2008.....	44
<b>Quadro 8</b> – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à produtividade de grãos, “Safrinha” de 2008.....	57
<b>Quadro 9</b> – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à capacidade de expansão, “Safrinha” de 2008.....	58

## LISTA DE QUADROS DO APÊNDICE

- Quadro 1A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE) e índice de área foliar (IAF), safra de “Verão” de 2007/2008 .....72
- Quadro 2A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas comprimento de espigas (CPE), número de grãos por fileira (NGF) e massa de grãos por espiga (MGE), safra de “Verão” de 2007/2008 .....72
- Quadro 3A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas massa de 1.000 grãos (MMG), produtividade de grãos (PROD) e capacidade de expansão (CE), safra de “Verão” de 2007/2008 .....73
- Quadro 4A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE) e índice de área foliar (IAF), “Safrinha” de 2008 .....73
- Quadro 5A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas comprimento de espigas (CPE), número de grãos por fileira (NGF) e massa de espiga (MGE), “Safrinha” de 2008.....74
- Quadro 6A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas massa de 1.000 grãos (MMG), produtividade de grãos (PROD) e capacidade de expansão (CE), “Safrinha” de 2008 .....74

## RESUMO

PRICINOTTO, LUIZ FERNANDO, M.Sc. Universidade Estadual de Maringá. Março de 2009. **Resposta do milho pipoca às diferentes doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.** Professor Orientador: Pedro Soares Vidigal Filho. Professores Conselheiros: Carlos Alberto Scapim, Maria Anita Gonçalves da Silva e Alessandro de Lucca e Braccini.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a resposta do milho pipoca na produtividade, nas características da planta e na qualidade da pipoca, em função da adubação nitrogenada (N) em cobertura. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá, durante os períodos da safra de “Verão” de 2007/2008 e da “Safrinha” de 2008. Os experimentos foram instalados sob o delineamento em blocos completos com tratamentos casualizados, no esquema fatorial de  $5 \times 2 \times 2 + 2$ , em que foram estudadas 5 doses de nitrogênio em cobertura, aplicados em 2 estádios fenológicos de 2 cultivares de milho pipoca, com 2 testemunhas com 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. As características avaliadas foram altura de planta, altura de inserção da espiga, índice de área foliar, comprimento da espiga, número de grãos por fileira, massa de grãos por espiga, massa de 1.000 grãos, produtividade de grãos e capacidade de expansão da pipoca. No período de “Verão”, as características da parte aérea das plantas de milho pipoca não foram influenciadas pela adubação nitrogenada, enquanto que, os componentes de produção responderam de forma positiva ao N aplicado em cobertura, sobretudo na cultivar BRS-Angela, mesmo com a ocorrência de déficit hídrico. No período da “Safrinha”, a adubação nitrogenada proporcionou respostas positivas nas características da parte aérea das plantas. Os componentes de produção foram influenciados pelas baixas temperaturas, em ambas as cultivares, mesmo assim, a produtividade de grãos da cultivar IAC-125 respondeu de forma positiva à adubação nitrogenada. Não houve

influência da adubação nitrogenada na capacidade de expansão do milho pipoca, nos dois períodos avaliados.

**Palavras-chave:** *Zea mays L.*, Fertilizantes, Nitrogênio, Adubação, Capacidade de expansão.

## ABSTRACT

PRIGINOTTO, LUIZ FERNANDO, M.Sc. State University of Maringá. March, 2009. **Popcorn responses to different shots and times of application of nitrogen in covering.** Adviser: Pedro Soares Vidigal Filho. Committee members: Carlos Alberto Scapim, Maria Anita Gonçalves da Silva and Alessandro de Lucca e Braccini.

The objective of this work was to evaluate the responses of the popcorn in the productivity, in the characteristics of the plant and in the quality of the popcorn, in function of the manure with nitrogen (N) in covering. The work was conducted in Fazenda Experimental de Iguatemi, of the Universidade Estadual de Maringá, during the summer harvest of 2007/2008 and the autumn/fall of 2008. The experiments was installed in a blocks with treatments completely randomized, in the factorial design of  $5 \times 2 \times 2 + 2$ , in that they were studied five N shots in covering, applied in two fenologic stadiums of two cultivate of popcorn (a variety and a hybrid), with two additional treatments (shot of  $180\text{kg ha}^{-1}$  fractional, for each to cultivate) with four repetitions. The data were submitted to analyses of variance and regression. The popcorn characteristics evaluated were: plant height, height of the ear insert, index of foliar area, length of the ear, number of the grains for row, mass of the grains for ear, mass of the a thousand grains, productivity and expansion capacity. In the "summer", the characteristics of the aerial part of the plants of the popcorn were not influenced by nitrogen fertilization, while the components of production to respond positively to N applied in coverage, especially in the BRS-Angela, even with the occurrence of water deficit. In the period of the "autumn", the nitrogen provided positive responses on the characteristics of the aerial part of the plants. The components of production were affected by low temperatures, in both cultivars, in the "autumn", even so, the grain yield of the cultivar IAC-125 responded positively to nitrogen fertilization. The use of manure with nitrogen in covering didn't interfere in the expansion capacity of the it cultivate of popcorn in both appraised periods.

**Index terms:** *Zea mays everta*, Fertilizers, Nitrogen, Manuring, Expansion Capacity.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho pipoca é um tipo de milho especial que tem como principal característica a capacidade de estourar o grão quando aquecido, e se transformar em pipoca, característica essa que o diferencia do milho comum, embora ambos pertençam a mesma espécie botânica (*Zea mays* L.). É considerado um milho de grãos duros, com sementes pequenas e pericarpo mais espesso entre os tipos de milho (ZIEGLER e ASHMAN, 1994).

No Brasil, os dados sobre produção, produtividade e consumo de milho pipoca são escassos pelo fato de ele ser incluído, nos levantamentos estatísticos, no total de produção de grãos de milho comum.

De acordo com informações de empresas que atuam no setor, na safra 2003/04 foram importadas cerca de 61.000 toneladas, e a produção nacional foi de aproximadamente 20.000 toneladas, podendo-se estimar que o consumo no período considerado foi de aproximadamente 80.000 toneladas de grãos, cerca de 75% desse mercado corresponde ao milho pipoca americano, importado principalmente da Argentina (PACHECO et al., 1998; GALVÃO et al., 2000; PEREIRA e AMARAL Jr., 2001; SCAPIM et al. 2006). Enquanto que na safra 2004/05, segunda estas mesmas empresas, a importação brasileira de milho pipoca caiu para 20.000 toneladas.

O milho pipoca é muito apreciado no Brasil e devido ao aprimoramento e popularização das pipoqueiras elétricas, e dos fornos de microondas, constata-se um aumento crescente na produção e no consumo do referido produto (NUNES, 2003).

O melhoramento de cultivares e o desenvolvimento de uma tecnologia de produção específica para o milho pipoca levaram a um aumento significativo na qualidade do produto nos Estados Unidos, fato que contribuiu para ampliar a aceitação dos híbridos americanos no mercado brasileiro. No Brasil, o milho pipoca não recebeu a mesma atenção dos pesquisadores que o milho comum, e as pesquisas encontram-se restritas a poucas instituições oficiais e a

algumas empresas privadas produtoras de sementes ou grãos para exportação (NUNES, 2003).

Todavia, o interesse pelo cultivo de milho pipoca vem crescendo a cada ano, tendo em vista o potencial de retorno econômico da cultura, sobretudo, para os pequenos agricultores que praticam a agricultura familiar. Isso tem sido confirmado pelo número crescente de trabalhos com milho pipoca como objeto de pesquisa, principalmente nas linhas de melhoramento genético, adaptabilidade da cultura e qualidade de grãos (RUFFATO et al., 2000; ANDRADE et al., 2001; ANDRADE et al., 2002; PINHO et al., 2003; CARNEIRO et al., 2003; SIMON et al., 2004; PACHECO et al., 2005; CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005; SCAPIM et al., 2006; SEIFERT et al., 2006; FREITAS Jr. et al., 2006; PINTO et al., 2007; VILELA et al., 2008), mas ainda é necessário o desenvolvimento tecnológico em outras áreas do conhecimento.

Um dos fatores limitante na produtividade brasileira de milho pipoca é a falta de informações sobre práticas culturais aplicadas à cultura, dentre as quais se destaca o manejo da adubação. A adubação afeta, principalmente a produtividade, mas também quando efetuada de forma correta, pode contribuir para a melhoria da qualidade dos grãos.

Em nível de campo, observa-se que vários agricultores têm utilizado as recomendações de adubação do milho comum para a cultura do milho pipoca, de forma adaptada. Isso ocorre, principalmente, em função dos resultados experimentais para a cultura do milho pipoca serem escassos. No entanto, devido diferenças de potenciais produtivos entre eles, as doses de fertilizantes utilizadas para o milho pipoca podem estar sendo superestimadas (NUNES, 2003).

Os fertilizantes estão entre os itens que mais oneram o custo de produção da cultura do milho pipoca. Esse fato, somado à pequena disponibilidade de recursos para investimentos da maioria dos agricultores, contribui para que o uso desse insumo seja inadequado. Para estimular o emprego da adubação, é necessário desenvolver estudos para aumentar a sua

eficiência, de forma a tornar o investimento economicamente viável (EMBRAPA, 1993).

Na cultura do milho comum o manejo adequado do nitrogênio (N) é importante porque ele está diretamente associado com a elevação dos produtividades de grãos desta cultura (HEINRICHS et al., 2003; MAR e MARCHETTI, 2003; ARAÚJO et al., 2004; FERNANDES e BUZETTI, 2005; SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2006; DUETE et al., 2008), apesar dos seus efeitos dependerem de fatores genotípicos (CARLONE e RUSSELL, 1987) e ambientais (BONDAVALLI et al., 1970), o que também ocorre com a maioria das culturas.

No solo o N proveniente de fertilizantes minerais segue diferentes caminhos: i) parte é absorvida pelas plantas; ii) parte é perdida por processos de lixiviação, volatilização, erosão e denitrificação (LARA CABEZAS et al., 2000); iii) parte permanece no solo na forma de nitrogênio orgânico (SCIVITTARO et al., 2000; SILVA et al., 2006)

A quantidade de nitrogênio a ser aplicado deve ser definida levando em consideração a produtividade almejado, a cultivar utilizada, a fertilidade e classe do solo, o clima local, a época de semeadura, a cultura antecessora e o sistema de produção adotado (PÖTTKER e WIETHÖLTER, 2004).

Além da produtividade de grãos, outra característica importante na cultura do milho pipoca é a sua capacidade de expansão dos grãos (CE), a qual normalmente é utilizada como referência na avaliação do valor comercial da cultivar e dos grãos comercializados. Quanto maior for a CE, maior valor comercial terá a cultivar, pois essa característica esta associada com a maciez da pipoca. Tal característica é afetada por diversos fatores, entre eles os genéticos e ambientais (SAWAZAKI, 1996). Existe uma escassez de literatura e informações a respeito da interação entre adubação nitrogenada e produtividade de grãos e/ou características agronômicas do milho pipoca.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a resposta do milho pipoca à doses e épocas de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Origem**

O milho pipoca (*Zea mays L.*) tem como centro de origem o Sul do México e a América Central, incluindo as Antilhas (VAVILOV, 1951). Essa espécie é uma cultura típica do continente americano e de acordo com descobertas arqueológicas, esse tipo de milho teve um importante papel no desenvolvimento pré-histórico do milho comum no referido continente (LUZ, 2003).

Várias hipóteses têm sido propostas a cerca da origem e evolução do milho pipoca, entretanto nenhuma destas hipóteses é aceita definitivamente (ZINSLY e MACHADO, 1987; RICCI, 2006). Erwin (1949) propôs que o milho pipoca tivesse sido originado por meio de uma mutação do milho “flint”. Outra teoria da origem do milho pipoca demonstra que ele provém do teosinte (*Zea mexicana*) por seleção direta do homem (GAMA et al., 1990).

Quando comparadas com o milho comum, as plantas de milho pipoca, na sua maioria, apresentam-se mais precoces, prolíficas, menores, com menor número de folhas, limbo foliar estreito, maior tamanho de pendão, espigas menores, inserção de espiga mais alta, maior suscetibilidade a doenças e a pragas, e menor produtividade de grãos (ZIEGLER e ASHMAN, 1994).

### **2.2. Produtividade e capacidade de expansão**

A produtividade de grãos e a capacidade de expansão são duas características de importância para o milho pipoca, sendo que a presença de bons resultados em apenas uma destas características não propicia bom produtividade econômico da cultura. Embora seja almejada a maior produtividade da lavoura, é a capacidade de expansão que tem papel decisivo no valor comercial da pipoca (ZINSLY e MACHADO, 1987).

No ambiente agrônômico ou agrícola, a produtividade é definida como a quantidade de produção por unidade de área cultivada. Assim sendo, a produtividade, tanto do milho comum como a do milho pipoca, é influenciada por vários fatores ambientais, genéticos e de manejo da cultura. E dentre os fatores associados ao manejo da cultura, um dos principais é a adubação, e no caso de gramíneas se dá uma maior importância a adubação nitrogenada.

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2004), para se obter produtividade elevada e lucrativa na cultura do milho, é necessário que se tenha atenção especial com a escolha da época correta de semeadura para a região em questão, o uso de genótipos adequados as condições do ambiente, conhecimento pleno das etapas críticas do desenvolvimento da cultura, emprego de ações de intervenção fundamentadas em estádios fenológicos e a garantia não só do equilíbrio, mas também do fornecimento de nutrientes em doses adequadas. Os mesmos autores, citam ainda que a produtividade da cultura do milho está diretamente relacionada com a população de plantas e prolificidade, ambas otimizadas para cada genótipo utilizado, e também o número médio de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira e da massa média dos grãos.

Por sua vez, a propriedade de expansão do milho pipoca ocorre na medida em que o calor no interior do grão aumenta e as moléculas de água se expandem, aumentando a pressão interna (SILVA et al., 1993). De acordo com Silva et al. (1993), quando a temperatura atinge aproximadamente 180°C e a pressão no grão alcança 930,8 kPa, o pericarpo se rompe e o endosperma se expande violentamente por meio das fraturas do pericarpo (RUFFATO et al., 2000).

A capacidade de expansão (CE), obtida pelo teste oficial de volume, pode ser estimada seja pela relação entre volume de pipoca estourada e o volume de grãos utilizados para estourar, ou pelo teste oficial de peso, cuja expansão é medida pela razão de volume expandido por peso de grãos, sendo que o resultado é expresso pelo índice de capacidade de expansão (ICE), conforme Ruffato et al. (2000). Tal característica é afetada por vários fatores, entre eles os genéticos e os ambientais (SAWAZAKI, 1996). Dentre os fatores

ambientais, é importante verificar se variações em determinadas práticas culturais, tais como a adubação, poderão afetar a qualidade da pipoca, avaliada pela CE.

De acordo com o projeto de Normas de Identidade e Qualidade de Milho Pipoca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, para que o milho pipoca possa ser comercializado, segundo o teste oficial de volume, é necessário apresentar, no mínimo, um ICE de 15 (PACHECO et al., 1996; GUADAGNIN, 1996). Entretanto, conforme Gama et al. (1990), sementes de uma boa cultivar devem ter capacidade de expansão acima de 25.

Contudo, pelo teste oficial de peso, de acordo com Green e Harris (1960) uma população de milho pipoca com capacidade de expansão menor que  $25\text{ml g}^{-1}$  é considerada pobre, apresentando em torno de 25 e  $30\text{ml g}^{-1}$  é considerada regular e, para valores entre 30 e  $35\text{ml g}^{-1}$  é considerada boa. Acima de  $35\text{ml g}^{-1}$  as populações são consideradas como excelentes.

As características de produtividade e de capacidade de expansão do milho pipoca, até a primeira metade da década de 90, estavam por volta de  $2.500\text{kg ha}^{-1}$  e de 20 (v/v), respectivamente. Na segunda metade da mesma década, a produtividade de grãos estava por volta de  $3.000\text{kg ha}^{-1}$  e a CE em 25 (v/v). Em experimentos conduzidos em Viçosa e Visconde do Rio Branco, na Zona da Mata de Minas Gerais, foram obtidas médias de produtividade de grãos de até  $2.766\text{kg ha}^{-1}$  (ANDRADE, 1996). Por outro lado, o 'Ensaio Nacional de Milho Pipoca', realizado no ano agrícola de 1991/1992, apresentou média geral de  $2.075\text{kg ha}^{-1}$ , e a melhor cultivar produziu  $3.058\text{kg ha}^{-1}$ . A capacidade de expansão (v/v) nesses ensaios teve valor médio de 17,5 e maior valor de 20,8 (SAWAZAKI, 1996). Estudos desenvolvidos por Coimbra et al. (2001), trabalhando com a população de milho pipoca DFT-1 Ribeirão, resultaram na produtividade de  $4.924\text{kg ha}^{-1}$  sob irrigação, enquanto que, Galvão et al., 2000, avaliando híbridos de milho pipoca, obtiveram produtividade de até  $5.000\text{kg ha}^{-1}$  de grãos.

WILLIER e BRUNSON (1927) observaram que a capacidade de expansão teve uma correlação com a massa de cem grãos, diminuindo de 24,2

para 6,0 à medida que essa massa aumentou de 11,6 para 15,5g. A mesma relação entre tamanho dos grãos e capacidade de expansão foi constatada por Sawazaki et al. (1986), que afirmam que a expansão do endosperma é afetada principalmente pelo fator genético, além do tamanho e da umidade dos grãos, havendo indicações de que a maior capacidade de expansão é obtida com grãos de tamanho menor e com umidade entre 10,5 e 11,5%.

### **2.3. Nitrogênio e crescimento e desenvolvimento da planta de milho**

O nitrogênio é absorvido pelas plantas principalmente na forma de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  (MARENCO E LOPES, 2005), que são reduzidas à  $\text{N-NH}_2$  e incorporado à biomassa vegetal.

Conforme Below (1995), o N é o nutriente que mais frequentemente limita o crescimento e a produtividade de plantas não-leguminosas, que requerem relativamente grandes quantidades de N (1,5 a 5% da massa seca da planta) para incorporação em numerosos componentes orgânicos. Estes componentes incluem aminoácidos, proteínas, que contém em torno de 18% de N (MARENCO E LOPES, 2005), açúcares nucleicos e reguladores de crescimento, todos eles desempenham funções vitais no crescimento e desenvolvimento de plantas (BELOW, 1995).

Em adição a sua função na formação de proteínas, o N é uma parte integral da clorofila, que é o principal receptor da energia luminosa necessária para a fotossíntese (TISDALE et al. 1985).

Segundo Marschner (1995) dentre os fatores que fazem do N o nutriente mais importante para a cultura do milho pode-se citar sua participação no crescimento vegetativo, na fotossíntese, no aumento da porcentagem total de proteínas, tendo por conseqüência o aumento da produtividade.

Below (1995), afirma que o N é incorporado em numerosos compostos orgânicos à planta, cuja maioria (90%) está presente nas proteínas. Embora, o metabolismo do N em relação ao crescimento e produtividade da planta seja complexo, é possível resumi-lo em duas funções básicas, como: manutenção da capacidade fotossintética, em particular, pela participação no N na molécula

de clorofila e pelo estímulo ao crescimento e o desenvolvimento de drenos reprodutivos.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes absorvidos em maiores quantidades pelas culturas e também pode ser o mais limitante para as mesmas. Büll (1993) relata que o N é o elemento mais exportado pelas plantas de milho, e que a cada tonelada de grãos produzida são exportados aproximadamente 15kg de N, já outros autores afirmam que este valor se encontra entre 20 e 25kg (SOUZA e LOBATO, 2004). Isto se deve ao fato da maior parte do N presente na planta ser exportado junto com os grãos, que retém cerca de dois terços do N da plantas e, somente, um terço se distribui nas partes remanescentes da planta (DUETE et al., 2008; SILVA et al., 2006).

O uso de fertilizantes propicia o fornecimento dos nutrientes necessário para o desenvolvimento das culturas, e este insumo é um dos itens que mais oneram o custo de produção das culturas, principalmente na cultura do milho (AMADO et al., 2002; ARAÚJO et al., 2004; SILVA et al., 2005). Dessa forma, torna-se necessário o correto manejo do fertilizante visando o maior aproveitamento pela cultura, de forma a tornar o investimento economicamente viável.

No que se refere a absorção de N pelas plantas de milho, a mesma ocorre em todo seu ciclo vegetativo, sendo pequena no primeiro mês, aumenta consideravelmente a partir daí, atingindo taxa superior a 4,5kg ha<sup>-1</sup> por dia, durante todo o florescimento (CRUZ et al., 2008).

A maior demanda de N pela cultura do milho se dá a partir do estágio de quatro a cinco folhas expandidas (V<sub>4</sub> e V<sub>5</sub>), quando o suprimento insuficiente nessa fase pode levar a uma redução na diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga e no número de espigas por planta, reduzindo assim o potencial produtivo da cultura (MENGEL e BARBER, 1974; COELHO et al., 2003).

Todavia, Fancelli (1997) evidencia que nesse caso particular, a baixa disponibilidade de nitrogênio (< 25kg ha<sup>-1</sup>) e a ocorrência de temperaturas baixas (< 12°C) no início do desenvolvimento da planta (estádios V<sub>4</sub>/V<sub>5</sub>),

contribuem de forma decisiva para a redução do potencial de produção da cultura.

O N, depois de aplicado ao solo, está sujeito a perdas por volatilização, imobilização, desnitrificação e lixiviação, e a eficiência das plantas em utilizar este N é regulada por fatores edafoclimáticos, bem como pelo tipo de cultura e de fertilizante e das práticas de manejo (BASSO e CERETTA, 2000; LARA CABEZAS et al., 2005; LARA CABEZAS e COUTO, 2007).

A condição favorável à mineralização ou imobilização do N, é influenciada por fatores como: temperatura, umidade, presença de O<sub>2</sub>, biomassa microbiana do solo e pela relação C/N do material orgânico adicionado ao solo (LOPES et al., 2004).

A dinâmica do N fertilizante no solo, seja ele de origem mineral ou orgânica, tem relação direta com o teor de matéria orgânica do solo, o tipo de cultura implantada anteriormente, relação C/N dos resíduos da cultura anterior, tipo de solo, dentre outros, sendo os processos de imobilização/mineralização governados pelas condições climáticas (AMADO e MIELNICZUK, 2000).

#### **2.4. Respostas da cultura à adubação nitrogenada**

A obtenção de elevada produtividade na cultura do milho requer grandes quantidades de N (ROJAS et al., 1999; CANTARELLA et al., 2003; COUTO, 2003; GAVA, 2003). Atualmente, no Brasil, para a cultura do milho são recomendadas doses de N que variam de 30 a 40kg ha<sup>-1</sup> na semeadura (adubação de semeadura) e 140 a 180kg ha<sup>-1</sup> em cobertura (SOUZA e LOBATO, 2004). Já Pauletti e Costa (2000), em condições mais específicas para a região dos Campos Gerais no Paraná, afirmam que a dose total de 120kg ha<sup>-1</sup>, é suficiente para atender as necessidades em nitrogênio na cultura do milho para obtenção de altas produtividades.

O aumento no suprimento de N proporciona maior taxa de crescimento e o vigor das plantas, enquanto a deficiência resulta em plantas menores e com folhas de coloração mais pálidas. Conjuntamente, em qualquer uma destas situações as deficiências indicadas afetam a interceptação solar, a fotossíntese e, em última instância, a produtividade de grãos (BELOW, 2002).

Vale ressaltar que a adubação nitrogenada, além de proporcionar aumento na produtividade, também propicia maior altura da planta, altura da inserção da espiga e maiores teores de N na folha. Sangoi e Almeida (1994) observaram efeito do uso de adubação nitrogenada na altura das plantas ou de inserção da primeira espiga quando a cultura se desenvolveu em condições de estresse hídrico. Também foi verificado efeito da adubação nitrogenada na altura de plantas e altura de espigas em trabalho realizado por Pauletti e Costa (2000).

Estudos desenvolvidos por Mar e Marchetti (2003), provaram que o fornecimento da dose de N de  $120\text{kg ha}^{-1}$  foi a que proporcionou maiores alturas de plantas e de inserção de espigas. Os mesmos resultados foram obtidos por Silva et al. (2005), no qual os autores afirmaram que a altura das plantas e altura de inserção das espigas estão diretamente relacionadas.

Silva et al. (2005) demonstraram que o incremento da dose de N aplicada proporcionou aumento na altura da planta e da espiga, atingindo os pontos de máximo, com as doses de  $171$  e  $158\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente. De acordo com Büll (1993), uma planta bem nutrida em N apresenta melhor desenvolvimento de área foliar e de sistema radicular, uma vez que o nutriente influencia diretamente a divisão e expansão celular e o processo fotossintético, podendo causar aumento da altura da planta e, conseqüentemente, favorecer a maior altura da espiga.

Gomes et al. (2007) observaram aumento na altura de plantas em função do aumento das doses de N aplicado, sendo que os maiores valores foram obtidos com a dose de  $150\text{ kg de N.ha}^{-1}$ .

A altura das plantas de milho também apresentou resposta à diferentes doses de N utilizadas no trabalho realizado por Cruz et al. (2008), no qual a altura das plantas respondeu de forma quadrática ao aumento do fornecimento de N com máxima altura alcançada com a dose de  $90\text{kg ha}^{-1}$ . O autor afirma que até determinadas doses de N, a planta continua a crescer, a partir dessas doses, o auto-sombreamento e o sombreamento mútuo entre plantas, contribui para a redução do crescimento. Por sua vez, Duete et al. (2008), da mesma

forma, observaram efeito das doses de N sobre a altura de plantas e de inserção de espigas de milho comum.

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2004), a produtividade da cultura do milho está diretamente relacionada com a atividade fotossintética da planta, sendo que esta depende da extensão da área foliar e do tempo de permanência das folhas em plena atividade na planta. O desenvolvimento e permanência dessas folhas têm relação direta, entre outros fatores, com o estado nutricional da planta, principalmente em relação à disponibilidade de nitrogênio. O aumento no fornecimento de nitrogênio possibilitou maior número de folhas, e também altura de inserção da espiga e índice de área foliar à cultura do milho em estudo realizado por Soares (2003).

Por outro lado, Casagrande e Fornasieri Filho (2002), quando avaliando doses e épocas de aplicação do N em milho safrinha, não observaram efeito significativo para altura de plantas e de espigas, independente da forma de aplicação, ausência de resposta essa justificada pelo alto teor de matéria orgânica do solo. A mesma ausência de resposta da altura de plantas às doses de N foi obtida em trabalho realizado por Ferreira et al. (2001).

Os fatores ambientais, os fatores inerentes à própria cultura e os fatores do solo afetam a resposta da cultura do milho à adubação nitrogenada de tal forma que as respostas de produtividade podem ter comportamento variado em diferentes locais, assim como em solos férteis, com alto teor residual de N, adubações nitrogenadas podem não ter efeito ou até mesmo reduzir os produtividades (BELOW, 2002).

A adubação nitrogenada está diretamente relacionada com os componentes que definem a produtividade da cultura do milho. O aumento da adubação nitrogenada proporciona maiores valores para número de espigas por planta, número de grãos por fileira, massa de grãos por espigas e massa de 1.000 grãos e por fim, maiores produtividades (BÜLL, 1993; SANGOI E ALMEIDA, 1994; FERREIRA et al., 2001).

Rajj et al. (1981) conduziram 25 ensaios avaliando o efeito do nitrogênio na cultura de milho, e observaram reação positiva das plantas em 16

destes ensaios, sendo que o ganho médio de produtividade alcançado com a maior dose de N ( $120\text{kg ha}^{-1}$ ), foi de aproximadamente  $1.500\text{kg ha}^{-1}$  de grãos, e o maior ganho de produtividade obtido com a mesma dose foi de  $5.000\text{kg ha}^{-1}$ .

Sangoi e Almeida (1994) mostraram que em condições de solo com elevado teor de matéria orgânica aliado a estresse hídrico, houve menor produtividade e maior efeito de doses de N, em termos de incremento porcentual na produtividade de grãos. Quando as condições hídricas foram mais favoráveis, a produtividade foi maior, mas o efeito das doses de N foi menos acentuado. Desta forma é possível afirmar que a maior disponibilidade de umidade no solo tenha proporcionado maior mineralização da matéria orgânica, reduzindo o efeito do N-mineral.

Pauletti e Costa (2000), afirmam que na ausência de adubação nitrogenada, ocorre redução da massa de 1.000 grãos, dados estes que diferem dos observados por Escosteguy et al. (1997).

Outro estudo feito por Ferreira et al. (2001), com relação ao efeito da adubação nitrogenada em quatro doses (0; 70; 140 e  $210\text{kg ha}^{-1}$ ) sobre a produção e qualidade de grãos, mostraram que a produção de grãos, o número de espigas por planta, a massa das espigas com e sem palha e a massa de 1.000 grãos aumentaram com o incremento das doses de N, obtendo-se a máxima produção com a dose de  $200\text{kg ha}^{-1}$ . Por outro lado, Casagrande e Fornasieri Filho (2002), quando avaliando doses e épocas de aplicação do N em milho safrinha, não observaram o efeito do N para massa de 1.000 grãos, índice de colheita e produtividade de grãos, independente da forma de aplicação, ausência de resposta essa justificada pelo alto teor de matéria orgânica presente no solo.

Trabalho realizado por Oliveira e Caíres (2003) demonstrou maior produtividade de grãos, massa de grãos por espigas e por planta e massa de 1.000 grãos quando o N foi fornecido em maiores quantidades à cultura.

Por sua vez, Soares (2003) constatou que a aplicação de N na dose de  $120\text{kg ha}^{-1}$  proporcionou aumento tanto da produtividade de grãos quanto de uma série de outras variáveis que contribuíram para esse aumento, tais como diâmetro do colmo, comprimento da espiga, massa seca de espiga e

prolificidade, sendo que a aplicação do dobro da dose ( $240\text{kg ha}^{-1}$ ) não resultou em acréscimo significativo nos valores obtidos. Por outro lado, um efeito positivo das doses de N sobre o comprimento de espigas não foi observado em trabalho realizado por Heinrichs et al. (2003), enquanto que, a massa de 1.000 grãos e a produtividade foram influenciados pelas doses de N. Da mesma forma, Araújo et al. (2004) demonstraram efeito do uso de N em cobertura sobre a produtividade de grãos de milho em condições de alta produtividade ( $> 9.000\text{ kg ha}^{-1}$ ), pois foi obtido ajuste linear desta em função das doses de N.

Fernandes et al. (2004), não observaram diferenças significativas na massa de 1.000 grãos e número de grãos por fileira em diferentes doses de N ( $90, 180$  e  $270\text{kg ha}^{-1}$ ) e diferentes épocas de aplicação. Por outro lado, Fernandes e Buzetti (2005), avaliando três doses de N ( $0, 90$  e  $180\text{kg ha}^{-1}$ ) observaram resposta na massa de 100 grãos, e não no número de grãos por fileira e um ajuste quadrático das doses de N em relação a produtividade de grãos de milho comum, sendo a maior produtividade alcançada com a dose de  $142\text{ kg ha}^{-1}$ .

Posteriormente, Lourente et al. (2007) avaliando doses de N e diferentes coberturas antecessoras ao cultivo do milho, evidenciaram que em média, a adubação nitrogenada proporcionou um aumento no teor de N foliar, no comprimento e no diâmetro das espigas, na massa de 1.000 grãos, e na produtividade. Aumentos na produtividade devido as maiores doses de N utilizadas, independente da cultura antecessora, também foram observados por Silva et al. (2006) e Andrioli et al. (2008).

Gomes et al. (2007) observaram aumento da produtividade de grãos e massa de grãos por espiga em função do aumento das doses de N aplicado, sendo que os maiores valores foram obtidos com a dose de  $150\text{ kg de N.ha}^{-1}$ . Aumento na produtividade de grãos também foi observada em trabalho de Duete et al. (2008), no qual os autores observaram efeito do N sobre a massa de 1.000 grãos.

Cruz et al. (2008) obtiveram efeito das doses de N sobre a produtividade das cultivares estudadas, com ajuste quadrático para a variedade utilizada e linear para os híbridos. Os diferentes resultados são explicados

devido à variedade apresentar menor potencial produtivo que híbridos, os quais são selecionados visando altas produtividades.

Em condições de plantio direto com diferentes tipos de cobertura morta, Andrioli et al. (2008) verificaram que as doses de N para a máxima produtividade foram de 97,1; 87,8 e 96,1kg ha<sup>-1</sup> para coberturas com crotalária, lablab e milheto, respectivamente, já para a condição de plantio convencional a dose de N necessária para a máxima produtividade foi de 120kg ha<sup>-1</sup> (média de três anos).

O nitrogênio quando utilizado em altas doses pode modificar o pH do solo, aumentando ou diminuindo a disponibilidade de alguns nutrientes e pode também proporcionar aumento na mineralização da matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, aumentar a quantidade de nutrientes disponíveis (LANGE, 2006).

Em ensaios realizados por Silva et al. (2003) e Cazetta et al. (2005), a cultura do milho apresentou aumentos lineares na produtividade em função do aumento das doses, não sendo possível a identificação do ponto de máxima produtividade da cultura.

Na maioria dos casos a eficiência na utilização da adubação nitrogenada pela cultura do milho se encontra entre 43 a 57% tal como observado por Reddy e Reddy (1993). Os autores observaram também que o N não aproveitado pelas plantas foi três vezes maior quando se dobrou a dose de 100kg ha<sup>-1</sup> para 200kg ha<sup>-1</sup>. Tais resultados evidenciam que doses maiores aumentam a produção, mas diminuem a eficiência de utilização do fertilizante.

Visando maior eficiência na utilização do N aplicado na forma de fertilizante, é importante não aplicar quantidade de N maior que a necessidade da cultura para a produtividade máximo, informação essa confirmada por ensaios realizados por Olson (1980), que não verificou diferença de produtividade entre as doses de 50 e 150kg ha<sup>-1</sup>. Há outros trabalhos como os de Coelho et al. (1992) e Fernandes et al. (1998) que evidenciaram que, tanto a produção de palhada quanto a de grãos de milho aumentaram de forma quadrática com o aumento das doses de N, e as doses de N para máxima eficiência econômica (90% da máxima produção) foram de 70 e 80kg ha<sup>-1</sup>,

respectivamente. Tais doses são bem inferiores as doses mais elevadas testadas, doses estas que proporcionaram produtividades inferiores.

## **2.5. Época de aplicação do nitrogênio**

Normalmente, o aproveitamento do N fertilizante pela cultura do milho decresce com o aumento da dose aplicada, uma vez que o suprimento deste nutriente pode exceder as necessidades da cultura, podendo ocorrer perdas, principalmente por lixiviação, volatilização e denitrificação (LARA CABEZAS et al., 2000; SILVA et al., 2006).

Em geral, a absorção do nitrogênio pela cultura do milho é mais intensa no período entre o 40º e 60º dia após a germinação, mas a planta ainda absorve pequena quantidade na germinação e após o início do florescimento, caracterizando dessa forma três fases para a absorção: uma fase inicial logo após a germinação, uma fase de crescimento rápido, quando 70 a 80% de toda a matéria seca é acumulada, e uma última fase de crescimento lento, que ocorre o acúmulo de cerca de 10% da massa seca total (MACHADO et al., 1982; HARPER e SHARPE, 1995; VASCONCELLOS et al., 1998).

Por sua vez, Mengel e Barber (1974), definem a época de maior demanda por N pela cultura do milho com base nos estádio fenológicos da cultura, sendo que a maior demanda seria a partir do momento em que as plantas apresentam de 4 a 5 folhas completamente expandidas. O suprimento de N insuficiente nessa fase pode reduzir a diferenciação celular e o número de óvulos nos primórdios da espiga e o número de espigas por planta e, com isso, afetar negativamente a produtividade de grãos (MENGEL e BARBER, 1974; SCHREIBER et al., 1998).

A adubação nitrogenada pode ser realizada em diferentes épocas, seja em pré-semeadura (manejo de cobertura do solo), semeadura ou cobertura (após a emergência da cultura).

O parcelamento da dose utilizada e a avaliação da época de aplicação do adubo nitrogenado constituem-se em alternativas para maximizar a eficiência da adubação nitrogenada e reduzir as perdas. Isso acontece devido o maior aproveitamento do N pela cultura, resultante da sincronização entre as

aplicações e o período de alta demanda do nutriente pela cultura (AMADO et al., 2002; SILVA et al., 2005).

Em condições de solos com baixo teor de argila, períodos chuvosos e altas doses de N, o parcelamento da adubação de cobertura pode ser realizado em duas ou mais vezes visando melhor aproveitamento pela cultura do N aplicado. O parcelamento da adubação nitrogenada se faz necessário quando o solo apresenta percentual de argila menor do que 30% ou quando a época de aplicação coincidir com o período chuvoso (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004). Gava et al. (2006) verificaram que, em média, cerca de 25% do N aplicado em cobertura não é aproveitado pela planta de milho, devido perdas por lixiviação, volatilização da amônia e denitrificação (LARA CABEZAS et al. 2000).

Dessa forma, o parcelamento visando ao aumento da eficiência da adubação nitrogenada, constitui uma prática recomendada (COSTA e OLIVEIRA, 1998). Além disso, a adubação nitrogenada em cobertura tem sido bastante efetiva, ao minimizar as perdas do nutriente aplicado e atender à demanda da cultura. Deve-se, entretanto, levar em consideração a fenologia da cultura do milho, as condições climáticas e a classe de solo, pois grande parcelamento do adubo nitrogenado em cobertura pode comprometer os retornos econômicos da adubação (FRANÇA et al., 1994).

Coelho et al. (2003) afirma que o parcelamento reduz o excesso de sais no sulco de plantio, o risco de prejuízo à germinação e atenua as perdas de nitrato por lixiviação.

Silva e Silva (2002) observaram que a aplicação única do N aos 45 dias após a semeadura proporcionou menor altura de plantas e de espigas que em tratamentos, nos quais, o N foi aplicado ao menos em parte na semeadura ou na época de 25 dias após a semeadura, sendo que não foi observado efeito das épocas de aplicação sobre a massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho comum.

Ao avaliar efeitos das doses e épocas de aplicação de N no cultivo do milho “Safrinha”, Silva e Silva (2002) e Mar e Marchetti (2003) verificaram que a aplicação da dose total do N, tanto no estágio V<sub>4</sub> quanto no V<sub>8</sub>, não

proporcionou diferenças na produtividade de grãos de milho, mas o parcelamento (1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura, nos estádios V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>) das doses de 90 e 120kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou melhor aproveitamento do nutriente, enquanto que para doses inferiores (60 kg ha<sup>-1</sup>) não foram observados efeitos significativos.

Heinrichs et al. (2003) verificaram que a adubação nitrogenada em cobertura não afetou o diâmetro e o comprimento de espiga, diâmetro de sabugo e massa seca de plantas, enquanto que a massa de 1.000 grãos e a produtividade de grãos de milho aumentaram em função das doses de N aplicada em cobertura.

Por outro lado, Silva et al. (2005) demonstraram que a maior produtividade foi proporcionada pela aplicação do N nos estádios iniciais da cultura (na semeadura e entre os estádios V<sub>4</sub> e V<sub>6</sub>), enquanto que a aplicação no 35º dia após a emergência da plântulas foi considerada tardia para a planta de milho no sistema de plantio direto.

Silva et al. (2006) demonstraram que as épocas de aplicação do N influenciaram a altura da planta e da espiga, apenas quando se confrontaram os tratamentos em que todo o N foi aplicado entre os estádios V<sub>8</sub> a V<sub>10</sub> com aquele em que se aplicou meia dose do N na semeadura e o restante entre os estádios V<sub>8</sub> a V<sub>10</sub>, sendo que a aplicação de parte na semeadura proporcionou plantas maiores. E a aplicação parcelada do N (metade da dose de N na semeadura e metade entre os estádios V<sub>4</sub> a V<sub>6</sub>) também proporcionou maior altura de espiga, quando comparada ao tratamento em que todo o N foi aplicado entre os estádios V<sub>8</sub> a V<sub>10</sub>.

Silva et al (2006) observaram maior produtividade de grãos quando o N foi aplicado no estádio V<sub>4</sub>, quando comparado a aplicação no estádio V<sub>8</sub>.

Em ensaios realizados por Gomes et al. (2007), os autores observaram que os maiores produtividades de grãos foram obtidos quando o N foi aplicado todo em cobertura em dose única ou parcelado em duas ou três vezes. Tais resultados corroboram com aqueles obtidos por Fernandes e Buzetti (2005), bem como os obtidos por Rambo et al. (2008), em que a maior dose de N aplicado (20% na semeadura e o restante em cobertura (estádio V<sub>6</sub>) foi

responsável pela maior produtividade da cultura. Arf et al. (2007) não obtiveram a mesma resposta as épocas de aplicação, quando utilizando a dose de 100 kg de N.ha<sup>-1</sup> aplicada toda na semeadura, parcelada 20, 40, 60 ou 80% da dose total em cobertura e o restante na semeadura ou dose total em cobertura.

Gomes et al. (2007) também verificaram aumento significativo na massa de grãos por espigas e na massa de 1.000 grãos com a aplicação do N em cobertura (30 dias após a emergência).

O milho apresenta alto aproveitamento do N quando este é aplicado parcelado em, no máximo, três vezes até o estágio V<sub>8</sub>, sendo que parcelamentos em quatro ou cinco vezes em estádios mais avançados da cultura, não proporcionaram incremento na eficiência da utilização e nem na produtividade (DUETE et al., 2008).

## **2.6. Adubação em milho pipoca**

Os dados experimentais sobre práticas de adubação para a cultura do milho pipoca são escassos no Brasil, principalmente relacionados ao uso de adubação nitrogenada em cobertura. O que se encontra na maioria das vezes são dados técnicos publicados por empresas particulares, os quais, se baseiam em adaptações das recomendações do milho comum para o milho pipoca.

A avaliação da resposta do milho pipoca a adubação foi efetuada por Brugnera (2003), utilizando duas doses na adubação de semeadura, 250 e 500kg.ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16. Os autores observaram que o aumento na dose da adubação de semeadura proporcionou aumento da produtividade de grãos, todavia, não alterou a capacidade de expansão e, conseqüentemente, a qualidade da pipoca.

Gökmen et al. (2001) observaram que o aumento nas doses de N utilizada na cultura do milho pipoca levou a um aumento na produtividade. Entretanto, as doses entre 100 a 250kg.ha<sup>-1</sup> não apresentaram efeito significativo no aumento da produtividade, apesar de que as maiores doses de N propiciaram maior massa de 1.000 grãos e maior massa de grãos por espiga.

As recomendações de adubação nitrogenada para milho pipoca segundo Sawazaki (2001) é de 20 a 30kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e de 100, 70

e 40 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura para solos de alta, média e baixa resposta ao nitrogênio, respectivamente.

## **2.7. Estádios fenológicos da planta de milho**

O conceito de fenologia envolve o conhecimento de todas as etapas de crescimento e desenvolvimento da vida do vegetal, uma vez que a reunião desses conhecimentos, de forma ordenada e concisa, possibilita a determinação das relações e do grau de influência dos diversos fatores envolvidos no processo produtivo, favorecendo o estabelecimento de estratégias de manejo e de tomada de decisão (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004).

Fancelli (1986) destaca que a fenologia é utilizada por ser uma referência exata, pois o manejo baseado na simples escala de tempo, como dias transcorridos após a semeadura, pode ocasionar equívocos dependendo das condições ambientais nas quais a cultura é submetida. O autor destaca, ainda, que a condução da cultura, baseada na fenologia, considera que há correlações entre os eventos fisiológicos e bioquímicos (inerentes a cada etapa de crescimento e de desenvolvimento da planta) e suas características morfológicas, proporcionando maior segurança e precisão nas práticas de manejo.

A importância de se conhecer os acontecimentos fisiológicos e bioquímicos ocorridos na planta durante cada estágio fenológico é essencial devido a importância que estes acontecimentos tem na definição da produtividade da cultura. Fancelli (1986) afirma que o conhecimento das ocorrências em cada estágio, como diferenciação floral e término da fase de diferenciação das folhas entre os estádios V<sub>4</sub> e V<sub>6</sub>, confirmação do número de fileiras e por consequência o número de ovários da espiga de V<sub>7</sub> a V<sub>9</sub>, bem como o tamanho da espiga, a qual é definida quando as plantas se encontram no estágio V<sub>12</sub>, é essencial para definição do manejo a ser adotado para proporcionar maiores produtividades. O mesmo autor ressalta que a baixa disponibilidade de N (< 25kg ha<sup>-1</sup>) e a presença de temperaturas baixas (< 12°C) no início do desenvolvimento da planta (V<sub>4</sub> ~ V<sub>5</sub>) contribuem de forma decisiva para a redução do tamanho da raiz (redução da síntese de citocinina) e, conseqüentemente, do potencial produtivo da cultura.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

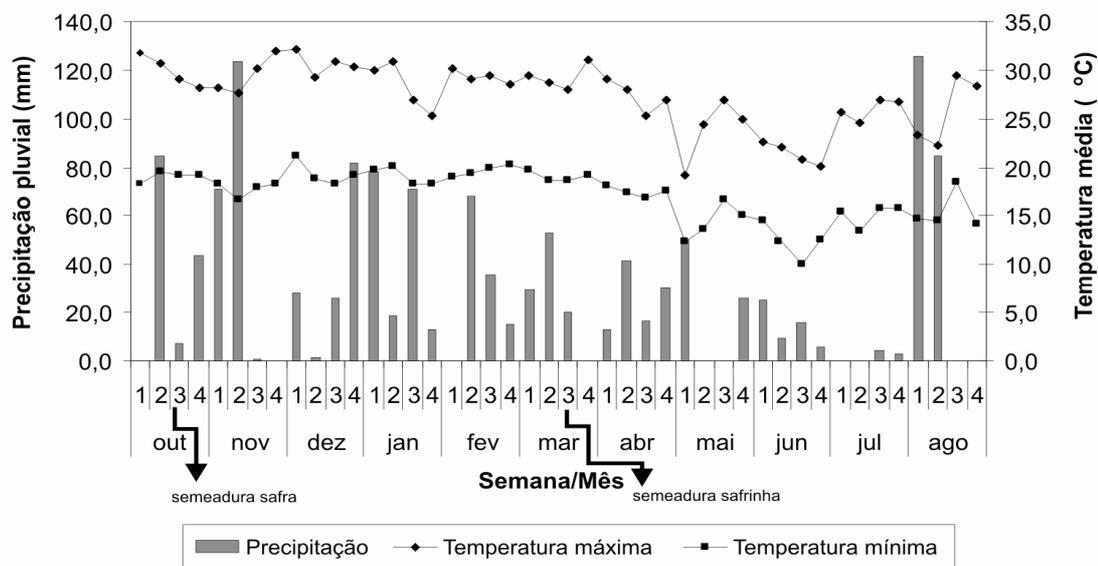
No período de outubro de 2007 a agosto de 2008 foram conduzidos dois experimentos, sendo um na safra de “Verão” e outro na safra de Outono/Inverno (‘Safrinha’). Para a safra de “Verão” a semeadura foi realizada em 17 de outubro de 2007 e a colheita em 29 de fevereiro de 2008. Por sua vez, na “Safrinha” a semeadura foi realizada em 19 de março de 2008 e a colheita dia 30 de agosto do mesmo ano.

#### **3.1. Localização**

Os experimentos foram conduzidos em nível de campo na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), de propriedade da Universidade Estadual de Maringá. A FEI está localizada no Distrito de Iguatemi, no município de Maringá, na região Noroeste do Estado do Paraná (coordenadas geográficas: 23°21' S e 52°04' W), com altitude média de 550m.

#### **3.2. Clima**

O clima de Maringá, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo Cfa, definido como clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas no período de verão, contudo sem estação seca definida. Os dados referentes às médias de precipitação pluvial e temperaturas médias máximas e mínimas, observadas no período experimental, encontram-se na Figura 1. Tais informações foram obtidas junto ao Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da FEI.



**Figura 1** – Precipitação pluvial acumulada (mm) e temperaturas médias máximas e mínimas (°C) semanais, ocorridas na Fazenda Experimental de Iguatemi, no período de outubro de 2007 a setembro de 2008. (Dados obtidos junto ao LAS/FEI).

### 3.3. Solo das áreas experimentais

O solo da área experimental de “Verão” foi classificado como sendo um LATOSSOLO VERMELHO distrófico (EMBRAPA, 1999), cujas principais características químicas e texturais estão apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1** – Características químicas e físicas do LATOSSOLO VERMELHO distrófico da área experimental do cultivo de “Verão”

Características	Valores
pH em CaCl <sub>2</sub>	4,60
C (g dm <sup>-3</sup> )	6,97
P (mg dm <sup>-3</sup> ), Mehlich 1	11,30
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), Mehlich 1	0,08
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), KCl 1mol L <sup>-1</sup>	1,09
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), KCl 1mol L <sup>-1</sup>	0,54
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), KCl 1 mol L <sup>-1</sup>	0,00
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), método SMP	2,73
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,71
V (%)	38,51
m (%)	0,00
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,44
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> ), método Fósforo Monocálcico	1,21
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	760
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	10
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	230

Análises realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

Na “Safrinha”, optou-se pela mudança da área experimental para outro local, devido a disponibilidade de sistema de irrigação, tendo em vista as dificuldades enfrentadas com estiagens no período de verão (Figura 1). Além disso, havia a possibilidade de proceder-se o molhamento das plantas nas madrugadas visando minimizar os danos de possíveis geadas. O solo da segunda área experimental foi classificado como NITOSSOLO VERMELHO eutrófico (EMBRAPA, 1999), cujas principais características químicas e texturais são apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 2** – Características químicas e físicas de NITOSSOLO VERMELHO eutrófico da área experimental do cultivo da “Safrinha”

Características	Valores
pH em CaCl <sub>2</sub>	5,0
C (g dm <sup>-3</sup> )	12,77
P (mg dm <sup>-3</sup> ), Mehlich 1	8,2
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), Mehlich 1	0,58
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), KCl 1mol L <sup>-1</sup>	3,34
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), KCl 1mol L <sup>-1</sup>	1,60
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), KCl 1 mol L <sup>-1</sup>	0,00
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), método SMP	4,96
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,52
V (%)	52,67
m (%)	0,00
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,48
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> ), método Fósforo Monocálcico	6,32
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	340
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	140
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	520

Análises realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

### 3.4. Tratamentos e delineamento experimental

Os experimentos foram instalados em um delineamento experimental em blocos completos, com tratamentos casualizados, no esquema fatorial 5 x 2 x 2 + 2, com quatro repetições. Os fatores estudados foram: i) fator A - cinco doses de adubação nitrogenada de cobertura (0, 45; 90; 135 e 180kg ha<sup>-1</sup>); ii) fator B – duas cultivares de milho pipoca (uma variedade e um híbrido); iii) fator C - duas épocas de aplicação, correspondentes à dois estádios fenológicos das plantas (V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>), de acordo com Ritchie et al. (1993); v) dois tratamentos adicionais constituídos pelas duas cultivares submetidas a aplicação da dose

de 180kg ha<sup>-1</sup> de forma fracionada, sendo meia dose em cada estágio fenológico.

#### 3.4.1. Características das unidades experimentais

Cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de plantas com 6,0m de comprimento, espaçadas em 0,9m. As avaliações foram realizadas nas três linhas centrais, excluindo 0,5m de cada extremidade de cada uma das parcelas, totalizando 13,5m<sup>2</sup> de área útil.

### 3.5. Implantação e condução dos experimentos

#### 3.5.1. Preparo do solo da área experimental

A área experimental do cultivo de “Verão” havia sido anteriormente cultivada com mandioca, em que após a colheita das raízes tuberosas, foi efetuada a calagem um mês antes da semeadura com a aplicação de cerca de 0,65t ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico (PRNT 78%), visando elevar a saturação por bases até 50%. O calcário foi aplicado a lanço, manualmente, e posteriormente incorporado com grade niveladora.

Para o cultivo do milho pipoca de “Safrinha” foi adotado o sistema de plantio direto na palha, sendo que o manejo das plantas daninhas foi realizado por meio da dessecação com Glyphosate (Roundup Original) e Atrazine (Atranex 500), em ambos os casos foi utilizada a dose de 4L ha<sup>-1</sup>.

#### 3.5.2. Cultivares de milho pipoca utilizadas

Foram testadas as cultivares BRS Angela (Variedade) e IAC 125 (Híbrido Top Cross), cujas características agronômicas encontram-se descritas no Quadro 3.

### Quadro 3 – Características agronômicas das cultivares de milho pipoca utilizadas

Cultivar	BRS-Angela*	IAC-125**
Tipo de cultivar	Variedade	Híbrido top cross
Tipo de grãos	Branco e arredondado	Duro, tipo pérola, cor alaranjado
Altura de planta	2,10m	2,04m
Altura de espiga	1,25m	1,10m
Ciclo	Precoce	57 dias
Empalhamento	Ótimo	Bom
Massa de 1000 grãos	-	148,8g
Massa específica aparente	840kg m <sup>-3</sup>	869kg m <sup>-3</sup>
Capacidade de expansão	26mL g <sup>-1</sup>	43,2mL g <sup>-1</sup>

Fonte: \*Embrapa (2008); \*\*IAC (2008).

#### 3.5.3. Semeadura e população de plantas

Em ambas as épocas, a semeadura foi realizada direto na palha, utilizando-se o espaçamento entre linhas de 0,9m. A mesma foi efetuada com semeadora manual (matraca), com covas distantes umas das outras em 0,20m e sendo colocadas 2 sementes por cova. Após a emergência das plantas foi realizado o desbaste deixando 5 plantas m<sup>-1</sup>, de forma a estabelecer uma população final de aproximadamente 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### 3.5.4. Adubação de semeadura

A adubação de semeadura no cultivo de “Verão” foi realizada com o fornecimento de N (sulfato de amônio), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. (superfosfato triplo) e K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) nas doses de 24, 80 e 60kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Enquanto que no período da “Safrinha” a adubação de semeadura constou da aplicação de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente nas doses de 24, 50 e 50kg ha<sup>-1</sup>, as mesmas fontes empregadas na safra de “Verão”, ambas as recomendações são baseadas nos resultados das análises de solo de cada área (Quadro 1 e 2).

Em ambas as épocas, a adubação de semeadura foi realizada aplicando-se a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no fundo do sulco através de semeadora de plantio direto.

### 3.5.5. Adubação de cobertura

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada de forma manual, a lanço, utilizando Sulfato de Amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  nas doses de N de 0, 45, 90, 135 e 180kg  $\text{ha}^{-1}$ . O fertilizante foi aplicado distante aproximadamente 0,08m das fileiras de plantas, quando estas se apresentavam nos estádios  $V_4$  ou  $V_8$  (4 e 8 folhas completamente expandidas, respectivamente), conforme Ritchie et al. (1993). No caso da dose de 180kg  $\text{ha}^{-1}$ , além de ser aplicada a dose total nos estádio  $V_4$  ou  $V_8$ , também foi aplicada a dose fracionada, sendo meia dose em cada referido estádio. Os tratamentos são discriminados no Quadro 4.

**Quadro 4** – Descrição dos tratamentos estudados

Tratamentos	Cultivar	Época	Dose de N (kg $\text{ha}^{-1}$ )
1	BRS-Angela	4 folhas	0
2			45
3			90
4			135
5			180
6		8 folhas	0
7			45
8			90
9			135
10			180
11	4 e 8 folhas	180	
12	IAC-125	4 folhas	0
13			45
14			90
15			135
16			180
17		8 folhas	0
18			45
19			90
20			135
21			180
22	4 e 8 folhas	180	

### 3.5.6. Identificação dos estádios fenológicos

Visando maior facilidade de manejo dos experimentos, bem como com o objetivo de estabelecer as relações entre eventos fisiológicos, climatológicos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos com o desempenho da planta,

utilizou-se a descrição dos estádios fenológicos distintos (Quadro 5), conforme proposto por Ritchie et al. (1993) para as plantas de milho comum.

**Quadro 5** – Estádios fenológicos\* da cultura do milho

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE – emergência	R1 – florescimento feminino
V1 – primeira folha	R2 – grão leitoso
V2 – segunda folha	R3 – grão pastoso
V3 – terceira folha	R4 – grão farináceo
Vn – enésima folha	R5 – grão farináceo-duro
VT - pendoamento	R6 – maturidade fisiológica

\*Os estádios fenológicos de uma plantação de milho somente é definido quando 50% ou mais das plantas no campo estiveram num determinado estágio. Fonte: Ritchie et al. (1993).

Conforme Fancelli (1986) a folha completamente expandida é aquela que apresenta a linha de união lâmina-bainha (“colar”) facilmente visível, e que o estágio das plantas é determinado quando cerca de 50% das plantas da lavoura apresentarem a descrição característica.

### 3.5.7. Tratos culturais e fitossanitários

Os tratos culturais e fitossanitários realizados em ambos os experimentos foram àqueles comuns a cultura do milho pipoca. Inicialmente o controle de plantas daninhas foi realizado por meio do manejo (dessecação) mencionado anteriormente no item 3.5.1, e mediante a aplicação em pós-emergência do produto Callisto (Mesotrione) na dose de 0,4L.ha<sup>-1</sup>, associado a realização de capinas manuais quando necessário.

O controle de pragas iniciais que atacam o milho pipoca foi realizado por meio do tratamento de sementes com Imidacloprido + Tiodicarbe ( Cropstar ), na dose de 0,3L 100kg<sup>-1</sup> de sementes, enquanto que o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith) foi realizado com aplicação dos inseticidas Benzoilureia (Match CE ), Organofosforado (Lorsban 480BR) e Metilcarbamato de Oxima (Larvin), nas doses de 0,3 e 0,6L ha<sup>-1</sup> e 0,15kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

No período da “Safrinha”, realizou-se ainda, mais duas aplicações do fungicida Azoxystrobin + Cyproconazole (Priori Xtra), na dose de 0,3L ha<sup>-1</sup>, visando o controle de helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), cercosporiose (*Cercospora zea-maydis* e *Cercospora sorghi f. maydis*) e ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) do milho.

#### 3.5.8. Irrigação

Ao longo do período de desenvolvimento das plantas na “Safrinha” foi utilizada a irrigação suplementar em períodos de ocorrência de estiagem (Figura 1), de forma a evitar o estresse hídrico.

### 3.6. Avaliações fitotécnicas

Na etapa final do trabalho foram avaliadas as características fitotécnicas da cultura, tais como altura da planta, altura da inserção da espiga, índice de área foliar, comprimento da espiga, número de grãos por fileira, massa de 1.000 grãos, massa de grãos por espiga, produtividade e capacidade de expansão da pipoca.

#### 3.6.1. Altura de plantas

A determinação da altura das plantas, expresso em metros, foi efetuada por ocasião do pleno florescimento (estádio V<sub>T</sub>) por meio da mensuração do comprimento do colmo (da superfície do solo até a base da inflorescência masculina), sendo avaliadas dez plantas por parcela.

#### 3.6.2. Altura de inserção de espiga

A altura de inserção de espiga, expresso em metros, foi determinada por meio da mensuração da distância entre a superfície do solo até a inserção da espiga mais alta com o colmo. Nesta avaliação foram consideradas as mesmas 10 plantas avaliadas no item 3.6.1.

### 3.6.3. Índice de área foliar

Na determinação da área foliar (AF), realizada logo após a constatação do estágio  $V_T$  nas plantas, foram avaliadas 7 plantas de cada parcela, sendo mensurado o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas de cada uma das plantas. Os dados obtidos foram submetidos à seguinte expressão, proposta por Francis (1969):  $AF = 0,75 * C * L$ , obtendo-se, dessa forma, a área foliar. Em seguida, o índice de área foliar (IAF), expresso em  $m^2$  de folha por  $m^2$  de superfície do solo, foi calculado a partir das medidas de AF, conforme a expressão:  $IAF = \frac{AF}{(e1 * e2)}$ , em que, e1 e e2 referem-se ao espaçamento entre plantas na linha de plantio (m) e entre as linhas de plantio (m), respectivamente.

### 3.6.4. Comprimento de espiga

A determinação do comprimento das espigas, expresso em centímetros, foi realizada após a colheita, mensurando aleatoriamente 10 espigas do total de espigas colhidas de cada parcela.

### 3.6.5. Número de grãos por fileira

O número de grãos por fileira foi determinado pela contagem simples dos grãos de cada fileira de grãos das espigas, sendo que para tanto, utilizou-se as mesmas espigas do item 3.6.4.

### 3.6.6. Massa de 1.000 grãos

Após a debulha de todas as espigas colhidas na área útil das parcelas experimentais foi determinada a massa de 1.000 grãos (MMG), de acordo com a metodologia proposta por Brasil (1992), a qual corresponde à média da massa de oito amostras de cem grãos cada, retiradas de forma aleatória de cada parcela, pesadas em balança digital de precisão de milésimo de gramas. Inicialmente, determinou-se a umidade das amostras em um determinador

digital (marca MOTOMCO) e, em seguida, os valores de massa obtidos na pesagem das amostras foram corrigidos para umidade de 14%.

### 3.6.7. Massa de grãos por espiga

A massa de grãos por espiga foi avaliada por meio da seguinte expressão:  $MGE = NF * NGF * \left(\frac{MMG}{1000}\right)$ , em que MGE é a massa de grãos por espiga, NF é o número de fileiras por espiga, NGF é o número de grãos por fileira e MMG é a massa de 1.000 grãos.

### 3.6.8. Produtividade de grãos

A produtividade foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de todas as espigas colhidas na área útil (13,5m<sup>2</sup>) das parcelas experimentais (kg parcela<sup>-1</sup>) e, em seguida, convertida para kg ha<sup>-1</sup> após ser corrigida para umidade de 14%.

### 3.6.9. Capacidade de expansão

A massa de grãos submetida ao processo de expansão foi retirada da parte central das espigas, sendo formadas amostras-piloto, com aproximadamente 0,5kg correspondentes a cada parcela dos experimentos para posterior monitoramento da umidade nos grãos. Tais amostras foram armazenadas em câmara seca e fria com umidade relativa e temperatura aproximadas de 30% e 10°C, respectivamente (SCAPIM et al. 2006). O processo de estouro para obtenção da característica capacidade de expansão (CE) foi realizada somente a partir do momento em que as amostras-piloto atingiram umidade aproximada de 11,5%, visando propiciar melhor expansão, conforme demonstrado por Sawazaki (1986). O volume da pipoca expandida foi medido em proveta de 2.000ml. As amostras de 30g de grãos foram submetidas à temperatura de 280°C durante dois minutos e quinze segundos, sob constante agitação, utilizando uma pipoqueira elétrica modelo EMBRAPA. Foram realizadas 3 repetições de cada tratamento. Em seguida, foi determinado o índice de capacidade de expansão (ICE) de cada tratamento

pela razão entre o volume da pipoca expandida (VPE) e a massa de grãos (30g) de milho pipoca, conforme a expressão:  $ICE = \left( \frac{VPE}{MP} \right)$ , sendo expresso em  $\text{ml g}^{-1}$ .

### 3.7. Análises estatísticas

Os dados experimentais obtidos na ‘Saфра’ e ‘Safrinha’ foram submetidos aos testes de homocedasticidade das variâncias (teste de Levene) e de normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilks), utilizando-se o programa estatístico SAS. A seguir, uma vez atendidas as pressuposições básicas da estatística, os dados foram submetidos à análise de variância individual (ZIMMERMANN, 2004), utilizando-se o programa estatístico SISVAR. O modelo matemático adotado foi:

$$Y_{ijkl} = m + b_i + A_j + B_k + C_l + AB_{jk} + AC_{jl} + BC_{kl} + ABC_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que:

$Y_{ijkl}$  = valor observado na ijkl-ésima parcela;

$m$  = média geral do experimento;

$b_i$  = efeito associado ao i-ésimo bloco

$A_j$  = efeito do j-ésimo nível do fator A;

$B_k$  = efeito do k-ésimo nível do fator B;

$C_l$  = efeito do l-ésimo nível do fator C;

$AB_{jk}$  = efeito da interação do j-ésimo nível do fator A com o k-ésimo nível do fator B;

$AC_{jl}$  = efeito da interação do j-ésimo nível do fator A com o l-ésimo nível do fator C;

$BC_{kl}$  = efeito da interação do k-ésimo nível do fator B com o l-ésimo nível do fator C;

$ABC_{jkl}$  = efeito da interação do j-ésimo nível do fator A com k-ésimo nível do fator B com o l-ésimo nível do fator C;

$\varepsilon_{ijkl}$  = efeito residual associado ao i-ésimo bloco com o j-ésimo nível do fator A com o k-ésimo nível do fator B com l-ésimo nível do fator C;

Independente da obtenção da interação significativa ou não, procedeu-se aos desdobramentos necessários. Isso é necessário, pois a análise de variância inicial apresenta um teste F “médio” e às vezes, interações não significativas, em determinado nível de probabilidade, quando se efetua um estudo mais detalhado encontram-se resultados significativos e importantes do ponto de vista prático.

As médias do efeito das doses de nitrogênio em cobertura sobre as variáveis respostas foram submetidas à análise de regressão (ZIMMERMANN, 2004). Por sua vez, as médias dos tratamentos do fatorial foram comparadas com as médias dos tratamentos adicionais, por meio do teste de Dunnett (ZIMMERMANN, 2004).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Safra de “Verão”

#### 4.1.1. Condições climáticas

A precipitação pluvial observada ao longo do cultivo de “Verão” de 2007/2008 foi de 767,9mm (Figura 1), sendo essa quantidade suficiente para o desenvolvimento da cultura do milho pipoca. Segundo Fornasieri Filho (1992), a quantidade de água necessária para o crescimento e desenvolvimento da planta de milho da emergência até maturação fisiológica é de aproximadamente 573mm, sendo que a maior demanda ( $7\text{mm dia}^{-1}$ ) ocorre no período compreendido entre o pré-florescimento e o término do enchimento de grãos (Ritchie et al. 1993). Todavia, a cultura passou por períodos de estiagem entre os estádios  $V_8$  e  $V_T$ . Considerando o período entre os dias 16 de novembro e 20 de dezembro de 2007, as precipitações pluviais observadas não chegaram a 30mm e a estiagem máxima foi de 20 dias, ocorrida entre os dias 16 de novembro e 05 de dezembro (Figura 1). Tal fato, aliado à textura do solo da área experimental, comprometeu o desenvolvimento das plantas de milho pipoca.

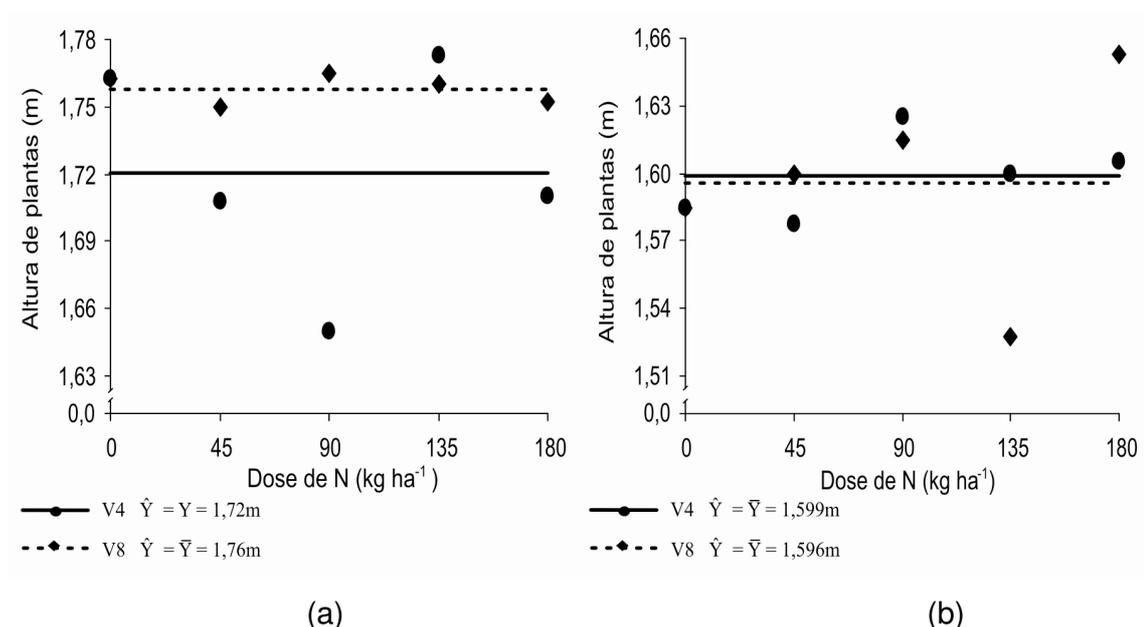
#### 4.1.2. Características da parte aérea das plantas

Em relação às características da parte aérea das plantas de milho pipoca, não houve efeito significativo das doses de N dentro de cada combinação com os fatores cultivar e/ou época de aplicação, para altura de plantas (Figura 2), altura de inserção de espiga (Figura 3) e índice de área foliar (Figura 4).

##### 4.1.2.1. Altura de plantas (AP)

Os resultados de AP (Figura 2) são condizentes com aqueles encontrados por Ferreira et al. (2001) e Casagrande e Fornasieri Filho (2002)

em trabalhos com milho comum. Por outro lado, Pauletti e Costa (2000), Below (2002), Mar e Marchetti (2003), Silva et al. (2005), Gomes et al. (2007), Cruz et al. (2008) e Duete et al. (2008) encontraram respostas significativas do efeito da adubação nitrogenada sobre a AP em milho comum. Em trabalho de Gomes et al. (2007), a maior AP (2,2m) foi obtida com a dose de 150kg ha<sup>-1</sup>. Duete et al. (2008) observaram que a maior AP foi obtida com a maior dose estudada (175kg ha<sup>-1</sup>).



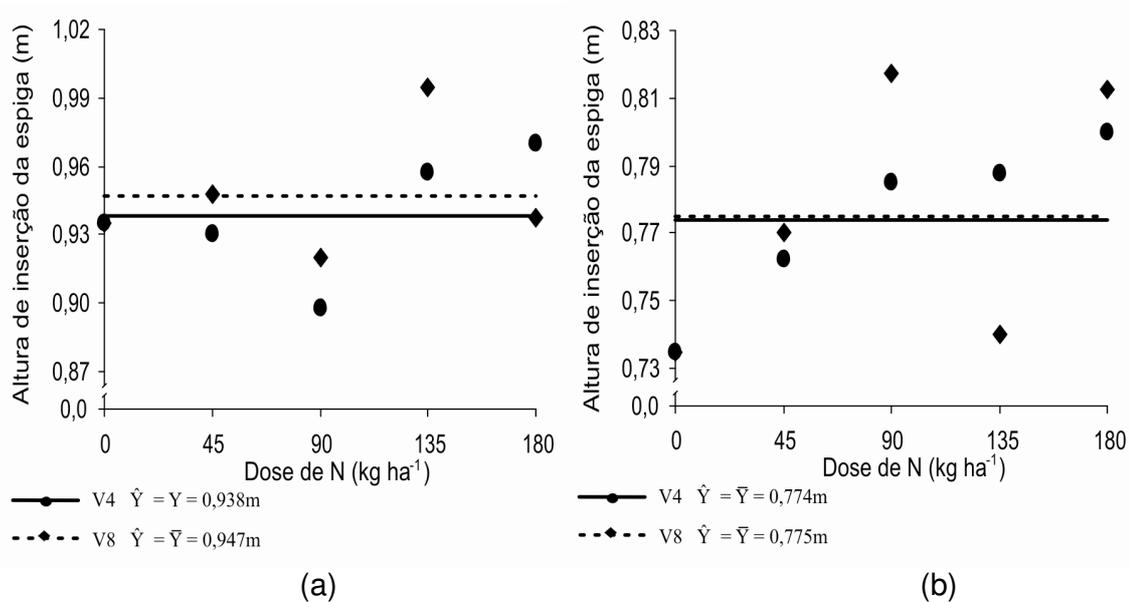
**Figura 2** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura das plantas de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

Efeito significativo das doses de N sobre a AP de milho pipoca, foi encontrado por Gökmen et al. (2001), que afirmaram que o aumento na AP, com o aumento das doses de N, se deve ao fato do nitrogênio promover maior desenvolvimento vegetativo da cultura. Os autores observaram, ainda, que as maiores APs foram alcançadas com a maior dose de N utilizada no trabalho (250kg ha<sup>-1</sup>).

#### 4.1.2.2. Altura de inserção de espigas (AIE)

A característica AIE (Figura 3) foi avaliada nos trabalhos de Escosteguy et al. (1997) e Mar e Marchetti (2003), com milho comum, entretanto, os

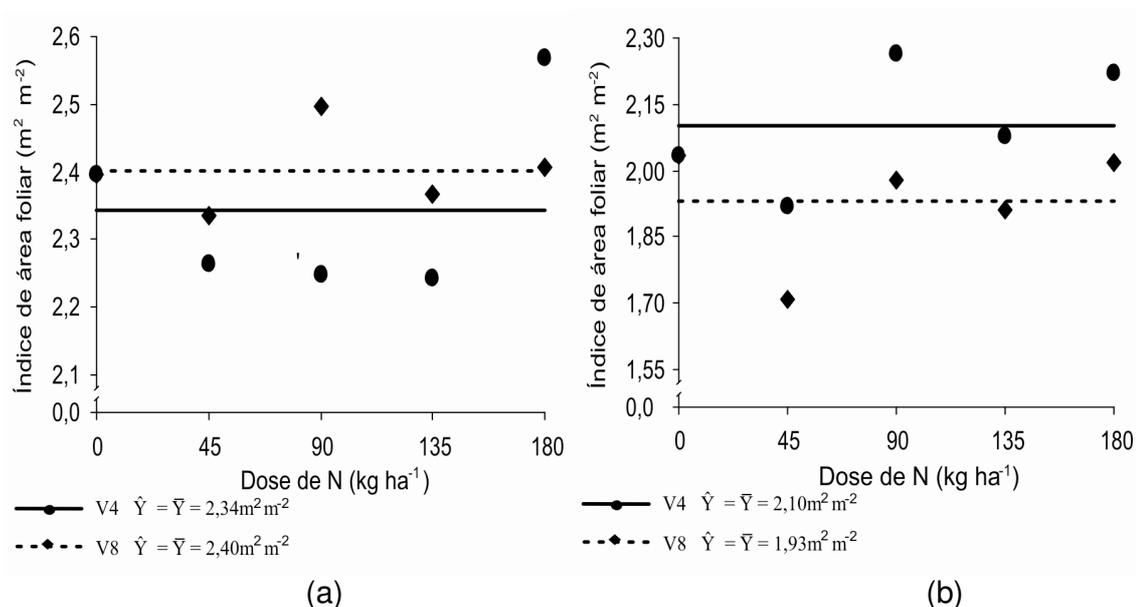
autores também não observaram efeito significativo das doses de N sobre a AIE. Todavia, Duete et al. (2008) observaram que a AIE foi incrementada na ordem de 0,0314m para cada unidade de N aplicado em cobertura, em diferentes épocas de aplicação na cultura do milho comum.



**Figura 3** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura de inserção da espiga de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

#### 4.1.2.3. Índice de área foliar (IAF)

Em relação ao IAF (Figura 4), os resultados obtidos discordam daqueles encontrados por Soares (2003) e Tomazela (2005), os quais observaram diferença significativa na característica em questão, em plantas de milho comum com o aumento do N fornecido.



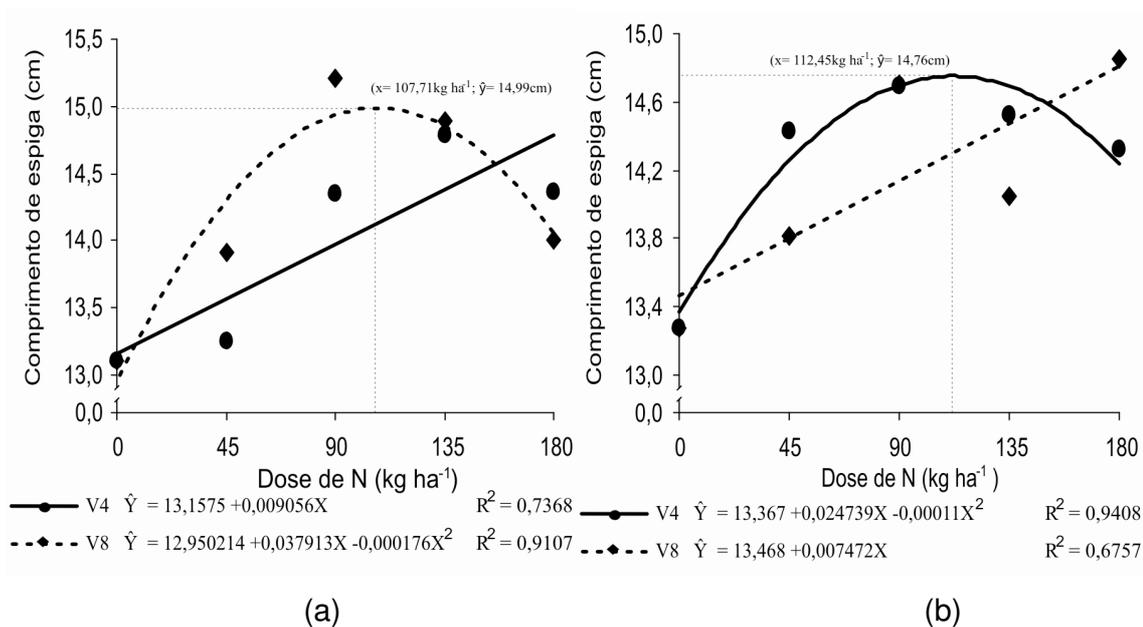
**Figura 4** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no índice de área foliar das plantas de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

#### 4.1.3. Componentes de produção e capacidade de expansão

##### 4.1.3.1. Comprimento de espiga (CPE)

As médias de CPE, para a cultivar BRS-Angela, se ajustaram de forma linear e quadrática nos estádios  $V_4$  e  $V_8$ , respectivamente (Figura 5a). No estádio  $V_4$  a cada unidade da dose de N incrementou o comprimento de espiga em 0,009cm, enquanto que no estádio  $V_8$  a resposta máxima  $\hat{y} = 14,99\text{cm}$  foi estimada na dose de N de  $x = 107,71\text{kg ha}^{-1}$  (Figura 5a).

A cultivar IAC-125 apresentou médias de CPE com ajuste quadrático e linear nos estádios  $V_4$  e  $V_8$ , respectivamente (Figura 5b). No estádio  $V_4$  a dose de N estimada em  $x = 112,45\text{kg ha}^{-1}$  proporcionou a resposta máxima  $\hat{y} = 14,76\text{cm}$ , por sua vez, no estádio  $V_8$  houve o incremento de 0,0075cm no CPE a cada unidade da dose de N aplicada (Figura 5b).



**Figura 5** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no comprimento da espiga de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

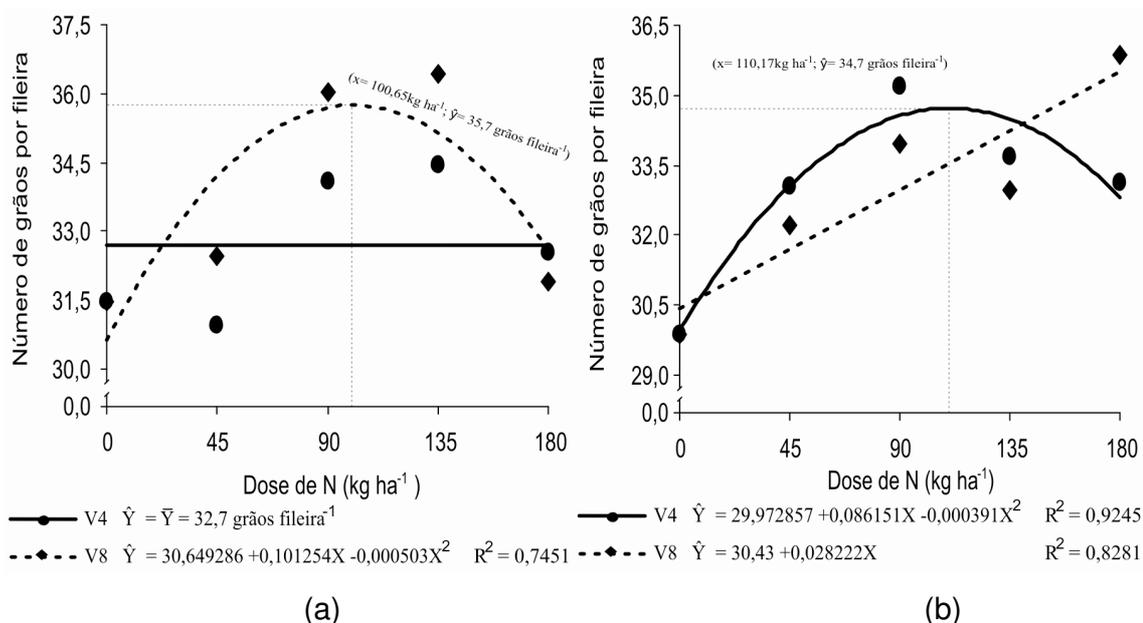
Gökmen et al. (2001) observaram que o aumento das doses de N utilizada na cultura do milho pipoca proporcionou o aumento significativo do CPE e, que os maiores CPEs foram obtidos com as maiores doses de N utilizadas ( $250 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Enquanto que, Soares (2003) e Lourente et al. (2007) observaram que houve efeito significativo do N sobre o CPE de milho comum. No entanto, Heinrichs et al. (2003) observaram que o CPE de milho comum não foi influenciado pelo aumento das doses de N.

#### 4.1.3.2. Número de grãos por fileiras (NGF)

Em relação ao NGF, as médias, para a cultivar BRS-Angela, se ajustaram à regressão quadrática no estádio  $V_8$ , enquanto que, no estádio  $V_4$  não houve ajuste significativo da regressão (Figura 6a). A resposta máxima  $\hat{y} = 36$  grãos fileira<sup>-1</sup> foi proporcionada pela dose de N estimada em  $x = 100,65 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 6a).

Por sua vez, para a cultivar IAC-125, as médias do NGF se ajustaram de forma de forma quadrática no estádio  $V_4$  e, não houve ajuste significativo da regressão no estádio  $V_8$  (Figura 6b). No estádio  $V_4$  a dose de N estimada em

$x = 110,17\text{kg ha}^{-1}$  proporcionou a resposta máxima  $\hat{y} = 35,7$  grãos fileira<sup>-1</sup> (Figura 6b), enquanto que no estágio V<sub>8</sub> o NGF foi incrementado em 0,028 grãos fileira<sup>-1</sup> a cada unidade da dose de N aplicada (Figura 6b).



**Figura 6** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no número de grãos por fileira das espigas de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

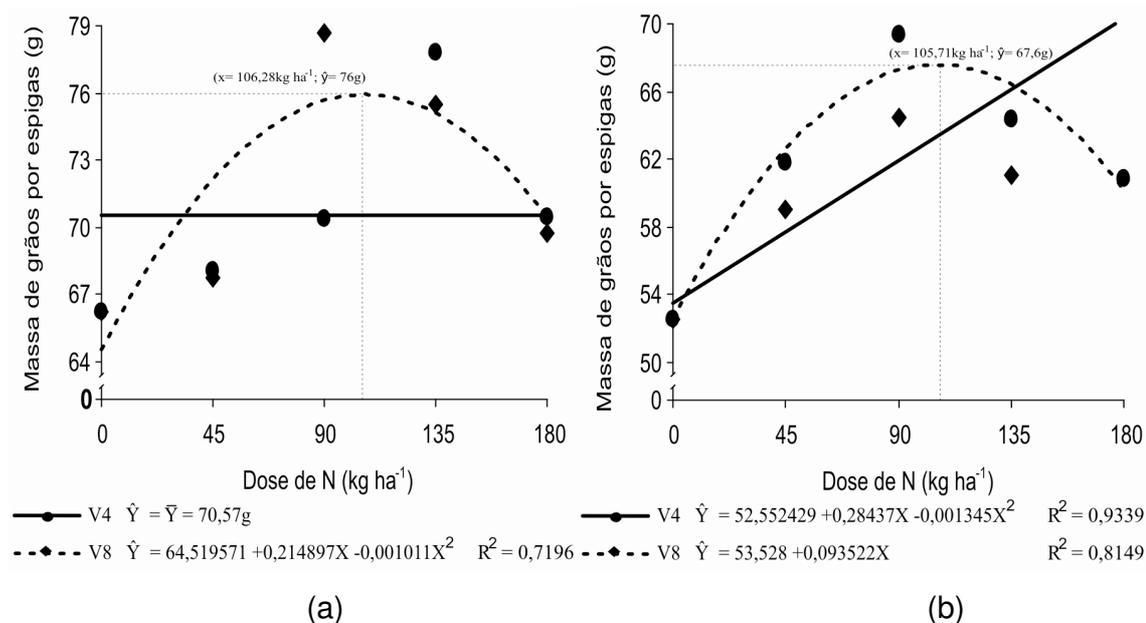
Soares (2003) observou que houve aumento no NGF de milho comum, influenciado pelo incremento de N em cobertura. Por outro lado, Fernandes et al. (2004) não observaram diferenças significativas no NGF, quando as plantas de milho comum foram submetidas a diferentes doses de N (90, 180 e 270kg ha<sup>-1</sup>).

#### 4.1.3.3. Massa de grãos por espiga (MGE)

As médias de MGE, para a cultivar BRS-Angela, apresentaram ajuste quadrático no estágio V<sub>8</sub>, enquanto que no estágio V<sub>4</sub> não houve diferença significativa pela análise de regressão (Figura 7a). No estágio V<sub>8</sub> a resposta máxima  $\hat{y} = 76,0\text{g}$  foi estimada na dose de N de  $x = 106,28\text{kg ha}^{-1}$  (Figura 7a).

Em relação a cultivar IAC-125, houve ajuste quadrático das médias do NGF no estágio V<sub>4</sub> e, não houve ajuste significativo da regressão no estágio V<sub>8</sub>

(Figura 6b). No estágio V<sub>4</sub> a resposta máxima  $\hat{y} = 67,6\text{g}$  foi obtida com a dose de N estimada em  $x = 105,71\text{kg ha}^{-1}$  (Figura 6b), enquanto que no estágio V<sub>8</sub> houve incremento de 0,094g na MGE por unidade da dose de N aplicada (Figura 7b).



**Figura 7** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na massa de grãos por espiga de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

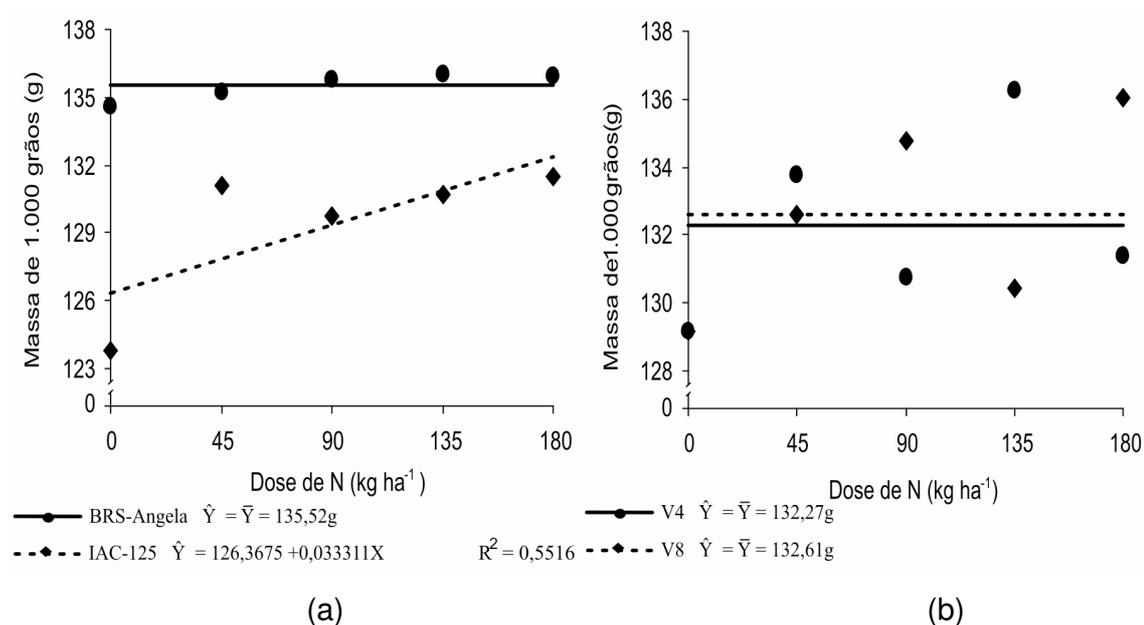
Gökmen et al. (2001) observaram o aumento significativo na MGE de milho pipoca com o aumento da quantidade de N fornecida a cultura. Ferreira et al. (2001), Oliveira e Caíres (2003), Soares (2003) e Gomes et al. (2007) também encontraram efeito significativo das doses de N sobre a MGE de milho comum.

O efeito das doses de N sobre as características CPE, NGF e MGE da cultivar BRS-Angela, observado no estágio V<sub>4</sub> (Figuras 5a, 6a e 7a, respectivamente), pode ser atribuído à maior imobilização do N aplicado, devido à maior quantidade de restos culturais presentes na superfície do solo, quando foi realizada a adubação em cobertura (BASSO e CERETTA, 2000; LARA CABEZAS et al., 2005; LARA CABEZAS e COUTO, 2007). Enquanto que, no caso da cultivar IAC-125, o mesmo efeito foi observado quando o N foi aplicado no estágio V<sub>8</sub> (Figuras 5b, 6b e 7b, respectivamente), o que,

possivelmente, se deve ao fato de ser uma cultivar híbrida, com maior sensibilidade às intempéries climáticas. O déficit hídrico observado no período de cultivo (Figura 1) pode ter prejudicado a absorção de N, pois as plantas estavam sob estresse (TAIZ e ZEIGER, 2004).

#### 4.1.3.4. Massa de 1.000 grãos (MMG)

A análise de regressão dos efeitos das doses de N dentro das combinações de cultivares e de épocas de aplicação não apresentou ajuste significativo de regressão na MMG. Dessa forma, procedeu-se o desdobramento das interações duplas (Figura 8) para análise dos efeitos da adubação nitrogenada dentro das cultivares (Figura 8a) e dentro das épocas de aplicação do N (Figura 8b).



**Figura 8** – Efeito das doses de N, (a) dentro das cultivares e (b) dentro das épocas de aplicação na massa de 1.000 grãos de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

Assim, observou-se que as médias de MMG se ajustaram de forma quadrática para a cultivar IAC-125, com incremento de 0,033g a cada quilograma de N aplicado em cobertura (Figura 8a). No entanto, para a cultivar BRS-Angela, não houve ajuste significativo de regressão (Figura 8a). Por sua

vez, as médias de MMG não apresentaram ajustes significativos de regressão, para as épocas de aplicação do N (Figura 8b).

É válido lembrar que, no caso das interações duplas de um fatorial com três fatores, como é o fatorial deste trabalho, o efeito do fator ausente da combinação de fatores está implícito nas médias da variável resposta.

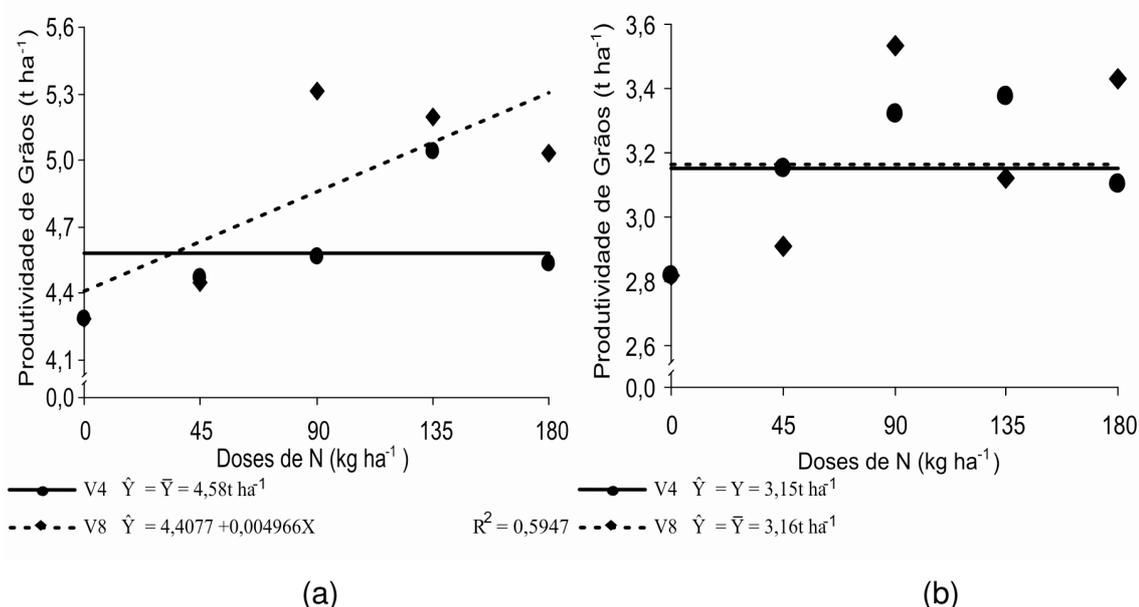
Com exceção das médias de MMG da cultivar IAC-125 (Figura 8a), todos os demais resultados estão de acordo com os obtidos por Escosteguy et al. (1997), Gökmem et al. (2001), Bortolini et al (2001), Casagrande e Fornasieri Filho (2002); Fernandes et al. (2004) e Gomes et al. (2007), os quais também não observaram efeito das doses de N sobre a MMG de milho comum. Por outro lado, Sangoi e Almeida (1994), Ferreira et al. (2001), Oliveira e Caíres (2003), Fernandes e Buzetti (2005), Lourente et al. (2007) e Duete et al. (2008) afirmaram em seus trabalhos que a MMG em milho comum foi influenciada pelas doses de N utilizada. Ferreira et al. (2001) observaram que as médias de MMG se ajustaram de forma quadrática, obtendo a resposta máxima  $\hat{y} = 352,4\text{g}$  com a dose de N estimada em  $207\text{kg ha}^{-1}$ .

#### 4.1.3.5. Produtividade de grãos da cultura (PROD)

Em relação à PROD, as médias se ajustaram de forma linear crescente para a cultivar BRS-Angela no estádio V8, cujo incremento de PROD foi de  $0,005\text{t ha}^{-1}$  a cada quilograma de N aplicado em cobertura (Figura 9a). Por outro lado, as médias de PROD para a cultivar BRS-Angela no estádio V4 e para a cultivar IAC-125 em ambos os estádios não apresentaram ajustes significativos de regressão (Figura 9).

Gökmen et al. (2001) observaram que as menores doses de N ( $0, 50$  e  $100\text{kg ha}^{-1}$ ) proporcionaram incrementos significativos na PROD de milho pipoca, enquanto que as maiores dose de N ( $150, 200$  e  $250\text{kg ha}^{-1}$ ) não proporcionaram incrementos significativos na PROD. Araujo et al. (2004), Duete et al. (2008) observaram que houve incrementos na PROD de milho comum de forma linear crescente em resposta ao aumento das doses de N aplicado em cobertura.

Silva et al. (2006) observaram que a aplicação do N em cobertura entre os estádios V<sub>4</sub> a V<sub>6</sub> proporcionou maior PROD de milho comum do que quando o N foi aplicado entre os estádios V<sub>8</sub> a V<sub>10</sub>, visto que por ocasião da aplicação tardia do N a cultura já havia definido seu potencial produtivo (RITCHIE et al., 1993). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2006), em que os autores observaram maior PROD da cultura de milho comum quando a adubação nitrogenada foi realizada no estágio V<sub>4</sub>, em comparação a aplicação no estágio V<sub>8</sub>.



**Figura 9** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na produtividade de grãos de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

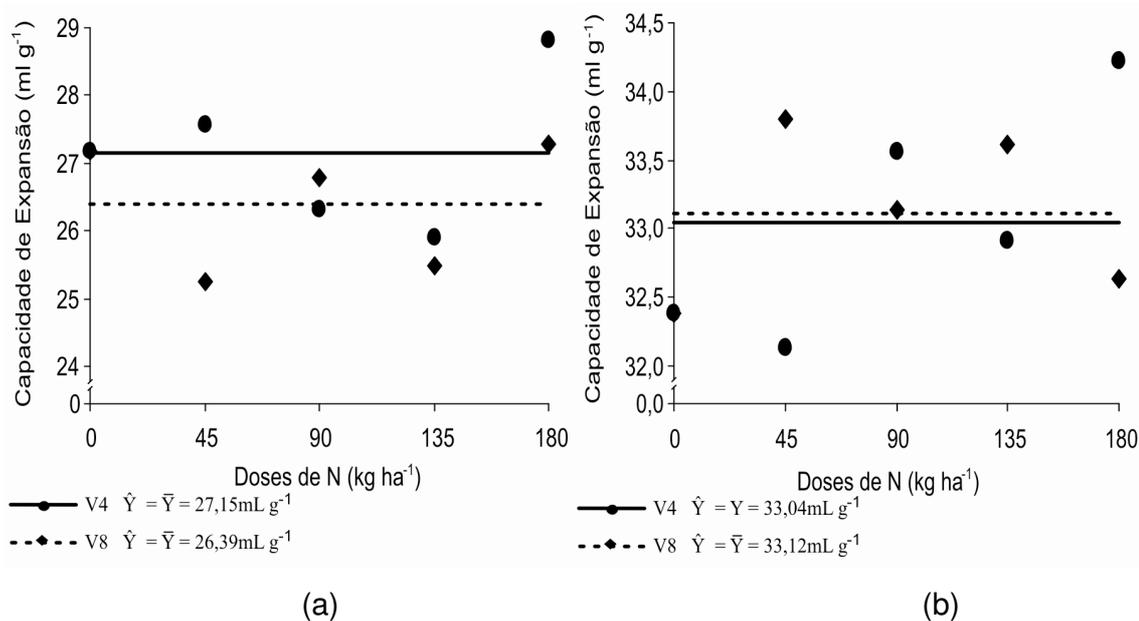
A cultivar BRS-Angela apresentou PRODs maiores do que a cultivar IAC-125 (Figura 9). Tais resultados divergem da afirmação de Cruz et al (2008) de que a maior PROD do milho é obtida com híbridos, tendo em vista o potencial genético associado à essas plantas. Desse modo, maior PROD da cultivar BRS-Angela (variedade) em relação à cultivar IAC-125 (híbrido comercial), pode estar associada à sua maior rusticidade às condições adversas, como o déficit hídrico (Figura 1), ocorrido na safra de “Verão”.

O efeito positivo do N sobre os componentes de produção e a produtividade de grãos, possivelmente está associado ao efeito do N na

definição da capacidade reprodutiva da planta, a qual ocorre nos estádios iniciais na cultura do milho (RITCHIE et al. 1993), ocasião em que a divisão celular é intensa. O fornecimento de N às plantas proporciona o aumento dos níveis de citocinina na parte aérea, aumentando a divisão celular (SAMUELSON et al., 1992), influenciando positivamente a formação de órgãos reprodutivos (RITCHIE et al. 1993). Por sua vez, a ausência do efeito do N na PROD, possivelmente, deve-se a dificuldade do aproveitamento da adubação nitrogenada imposta pelo déficit hídrico (Figura 1), visto que o N é absorvido, principalmente, por fluxo de massa (BARBER, 1984; FLOSS, 2006).

#### 4.1.3.6. Capacidade de expansão (CE)

As médias de CE, de forma análoga ao que ocorreu com as características da parte aérea, não apresentaram ajustes significativos da regressão (Figura 10).



**Figura 10** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca cultivado na safra de “Verão” de 2007/2008.

Os resultados médios obtidos de CE do milho pipoca foram classificados como: regular ( $26,77\text{ml g}^{-1}$ ) e bom ( $33,08\text{ml g}^{-1}$ ), de acordo com Green e Harris (1960), para a cultivar BRS-Angela e IAC-125, respectivamente.

A CE apresentada pelas cultivares de milho pipoca nesse estudo foi superior ao maior valor que consta dos resultados do Ensaio Nacional de Milho Pipoca ( $20,8\text{ml g}^{-1}$ ), realizado na safra 1991/1992 (SAWAZAKI, 1996). Além disso, a CE pode ter sido influenciada pela diferença genética entre as cultivares utilizadas e não pelas doses ou épocas de aplicação do N, de modo que, tais diferenças, possivelmente, foram condicionadas pelas características dos grãos de cada cultivar tais como o tamanho, a espessura do pericarpo e o teor de umidade (SAWAZAKI et al., 1986; RUFFATO et al., 2000).

#### 4.1.4. Contrastes entre o fatorial e as testemunhas adicionais

Na comparação dos tratamentos do fatorial “versus” (vs) tratamentos adicionais (aplicação da dose de N de  $180\text{kg ha}^{-1}$  fracionada em  $V_4$  e  $V_8$ ), em relação à PROD no “Verão”, não foi observada diferença significativa ( $p > 0,1$ ) entre os tratamentos adicionais e o fatorial, em cada cultivar, enquanto que, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,1$ ) entre as cultivares (Quadro 6).

**Quadro 6** – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à produtividade de grãos, safra de “Verão” de 2007/2008

Tratamentos	Médias de produtividade ( $\text{t ha}^{-1}$ )	Tratamentos adicionais	
		BRS-Ângela	IAC-125
		V4-8 - 180	V4-8 - 180
BRS-Ângela - V4 - 45	4,474	ns	* (+)
BRS-Ângela - V4 - 90	4,563	ns	* (+)
BRS-Ângela - V4 - 135	5,038	ns	* (+)
BRS-Ângela - V4 - 180	4,537	ns	* (+)
BRS-Ângela - V8 - 45	4,449	ns	* (+)
BRS-Ângela - V8 - 90	5,310	ns	* (+)
BRS-Ângela - V8 - 135	5,194	ns	* (+)
BRS-Ângela - V8 - 180	5,033	ns	* (+)
BRS-Ângela - V4-8 - 180	4,774	—	* (+)
IAC-125 - V4 - 45	3,154	* (-)	ns
IAC-125 - V4 - 90	3,320	* (-)	ns
IAC-125 - V4 - 135	3,375	* (-)	ns
IAC-125 - V4 - 180	3,101	* (-)	ns
IAC-125 - V8 - 45	2,912	* (-)	ns
IAC-125 - V8 - 90	3,536	* (-)	ns
IAC-125 - V8 - 135	3,123	* (-)	ns
IAC-125 - V8 - 180	3,432	* (-)	ns
IAC-125 - V4-8 - 180	3,085	* (-)	—

ns: não difere da testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0.1.

\* (+): difere e é superior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

\* (-): difere e é inferior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

Resultados semelhantes foram obtidos por Sangoi e Almeida (1994) e por Silva e Silva (2002) em milho comum. Sangoi e Almeida (1994) atribuíram à ocorrência de estiagem, entre os estádios iniciais da cultura até V<sub>9</sub>, a ausência de resposta do milho comum ao fracionamento da adubação nitrogenada, sendo tais condições semelhantes as que ocorreram no período de verão (Figura 1), nesse trabalho.

De forma análoga, em relação à CE, os tratamentos do fatorial não diferiram significativamente ( $p > 0,1$ ) dos tratamentos adicionais, em cada cultivar e diferiram ( $p > 0,1$ ) entre as cultivares (Quadro 7).

**Quadro 7** – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à capacidade de expansão, safra de “Verão” de 2007/2008

Tratamentos	Médias de capacidade de expansão (ml g <sup>-1</sup> )	Tratamentos adicionais	
		BRS-Ângela	IAC-125
		V4-8 - 180	V4-8 - 180
BRS-Ângela - V4 - 45	27,6	ns	*(-)
BRS-Ângela - V4 - 90	26,3	ns	*(-)
BRS-Ângela - V4 - 135	25,9	ns	*(-)
BRS-Ângela - V4 - 180	28,8	ns	*(-)
BRS-Ângela - V8 - 45	25,3	ns	*(-)
BRS-Ângela - V8 - 90	26,8	ns	*(-)
BRS-Ângela - V8 - 135	25,5	ns	*(-)
BRS-Ângela - V8 - 180	27,3	ns	*(-)
BRS-Ângela - V4-8 - 180	28,5	—	*(-)
IAC-125 - V4 - 45	32,1	ns	ns
IAC-125 - V4 - 90	33,6	*(+)	ns
IAC-125 - V4 - 135	32,9	*(+)	ns
IAC-125 - V4 - 180	34,2	*(+)	ns
IAC-125 - V8 - 45	33,8	*(+)	ns
IAC-125 - V8 - 90	33,1	*(+)	ns
IAC-125 - V8 - 135	33,6	*(+)	ns
IAC-125 - V8 - 180	32,6	*(+)	ns
IAC-125 - V4-8 - 180	33,3	*(+)	—

ns: não difere da testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

\* (+): difere e é superior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

\* (-): difere e é inferior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

Os resultados indicaram que a estratégia de fracionamento da adubação nitrogenada não proporcionou incrementos significativos na produtividade de grãos (Quadro 6), nem na capacidade de expansão do milho

pipoca (Quadro 7), além do ônus proporcionado pela duplicidade da operação de aplicação do N.

## **4.2. Safra de Outono/Inverno ('Safrinha')**

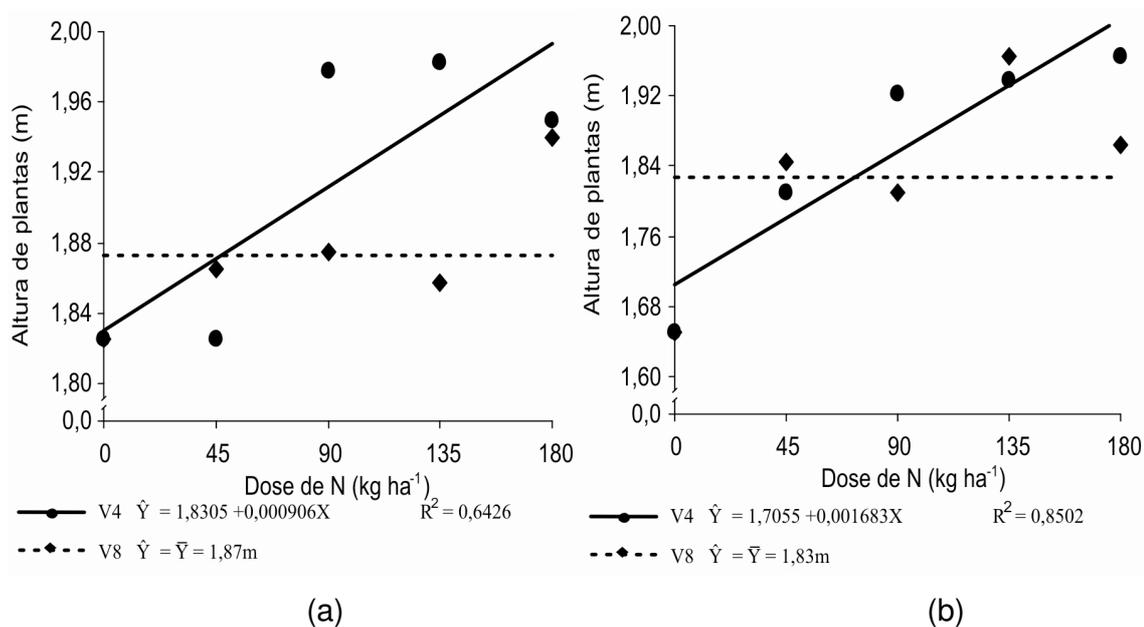
### **4.2.1. Condições climáticas**

No período de outono-inverno do ano agrícola de 2008 ('Safrinha'), em função da utilização de irrigação durante os períodos de restrição hídrica (Figura 1) e de maior demanda de água pelas plantas (RITCHIE et al. 1993), a cultura não sofreu nenhum estresse decorrente da falta de água. Por sua vez, nesse cultivo houve a ocorrência de baixas temperaturas na primeira semana do mês de maio e em meados de junho (Figura 1), ocasião em que as temperaturas foram inferiores à temperatura base (10°C), considerada ótima para o crescimento e o desenvolvimento da planta de milho (TOLLENAAR et al., 1979; DIDONET et al., 2008). Em alguns dias foram registradas temperaturas mínimas abaixo de 5°C, oferecendo risco de geada à área experimental, onde na maior parte do período as temperaturas encontravam-se abaixo das temperaturas mínimas exigidas pela cultura do milho.

### **4.2.2. Características da parte aérea das plantas**

#### **4.2.2.1. Altura de plantas (AP)**

A AP de ambas as cultivares foi influenciada significativamente pelas doses de N em cobertura, quando este foi aplicado no estágio V<sub>4</sub> (Figura 11). Nos dois casos houve ajuste de regressão linear crescente das médias de AP, com incrementos de 0,0009 e 0,0017m para as cultivares BRS-Angela e IAC-125, respectivamente, a cada unidade de N acrescida. Enquanto que, no estágio V<sub>8</sub>, não houve ajuste significativo das médias de AP (Figura 11).



**Figura 11** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura de plantas de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

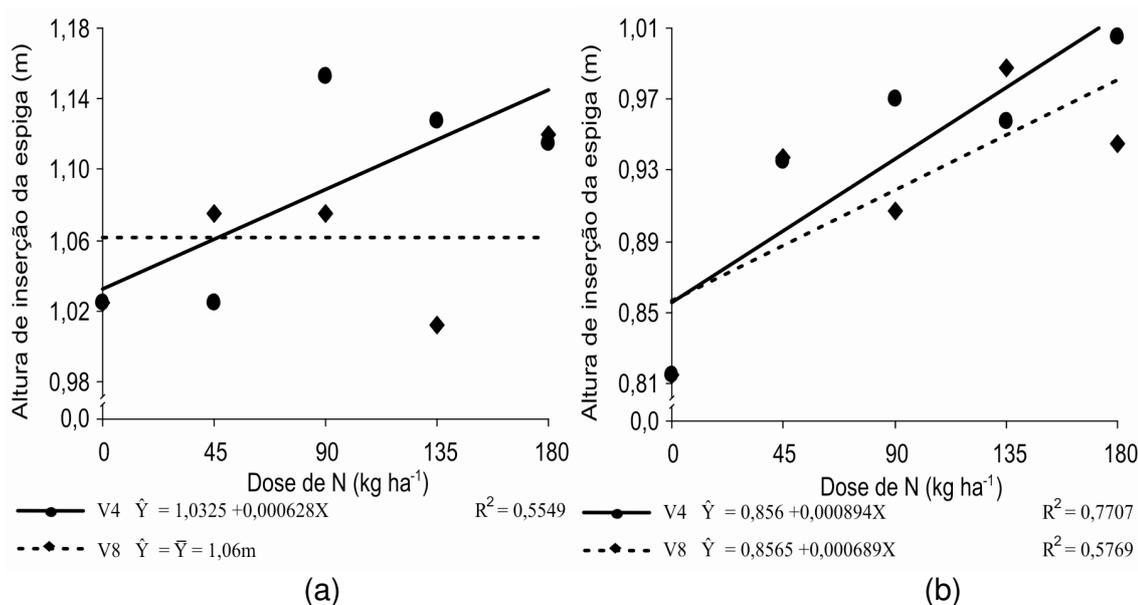
Gökmen et al. (2001) encontraram efeito significativo de diferentes doses de N na AP de milho pipoca, sendo a maior altura de plantas obtida com a maior dose de N utilizada no trabalho. Below (2002), Mar e Marchetti (2003), Silva et al. (2005), Gomes (2007) e Cruz et al. (2008) também encontraram respostas significativas do efeito da adubação nitrogenada sobre a AP em milho comum.

Mar e Marchetti (2003) observaram ajuste de regressão quadrática para AP de milho comum cultivado na “Safrinha” e, a maior altura (2,1m) foi obtida com a aplicação de N na dose de 121,4kg ha<sup>-1</sup>. Enquanto que Duete et al. (2008) obtiveram a maior AP com a maior dose de N utilizada (175kg ha<sup>-1</sup>) com milho comum cultivado na safra de “Verão”.

Por outro lado, os resultados obtidos quando o N foi aplicado no estágio V<sub>8</sub> (Figura 12) são condizentes com aqueles encontrados por Ferreira et al. (2001) e Casagrande e Fornasieri Filho (2002) em trabalhos com milho comum. Casagrande e Fornasieri Filho (2002) afirmam que isso se deve as condições adversas do cultivo de “Safrinha”.

#### 4.2.2.2. Altura de inserção da espiga (AIE)

As médias de AIE, para a cultivar BRS-Angela, de forma análoga à AP, se ajustaram linearmente quando o N foi aplicado no estágio V<sub>4</sub>, com incremento de 0,0006m por unidade de N, enquanto que no estágio V<sub>8</sub> não houve ajuste significativo (Figura 12a).



**Figura 12** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na altura de inserção de espiga das plantas de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

Por sua vez, as médias de AIE, para a cultivar IAC-125, se ajustaram de forma linear crescente em ambos os estádios de aplicação do N, com incrementos de 0,0009 e 0,0007m a cada unidade de N aplicado nos estádios V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>, respectivamente (Figura 12b).

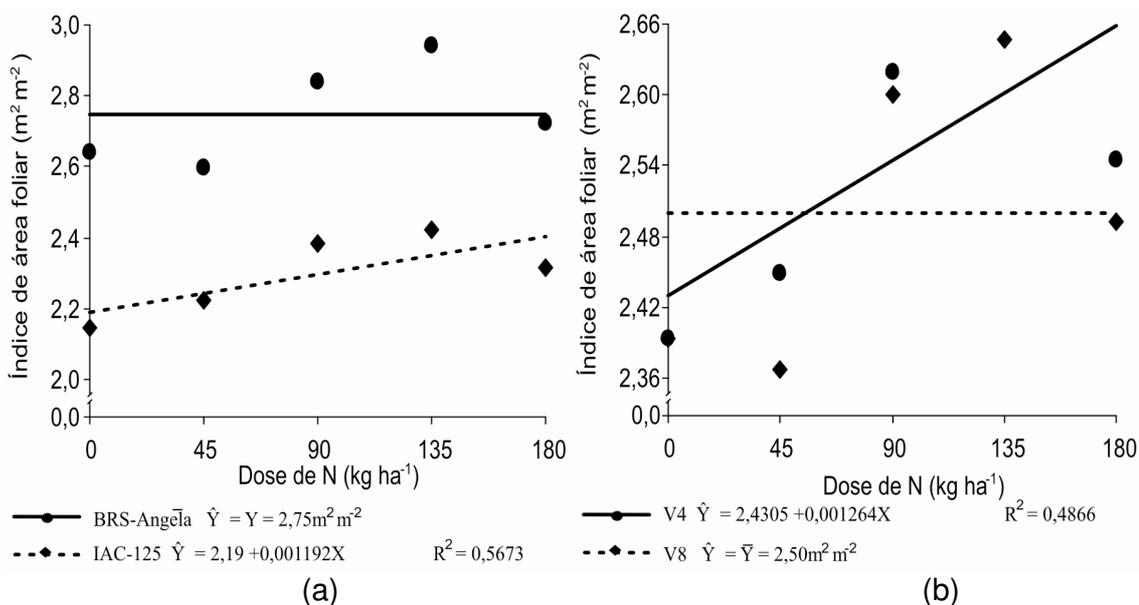
O efeito significativo da adubação nitrogenada, na AIE, também foi encontrado em trabalhos realizados por Sangoi e Almeida (1994), Pauletti e Costa (2000), Soares (2003) e Silva et al. (2005) com milho comum.

Casagrande e Fornasier Filho (2002) não encontraram efeito significativo das doses de N sobre a AIE de milho comum cultivado na “Safrinha”. Por outro lado, Duete et al. (2008) observaram efeito significativo das doses de N sobre a AIE, sendo que o aumento das doses de N

proporcionou incrementos na ordem de 0,0314m por unidade de N. Mar e Marchetti (2003) observaram ajuste de regressão quadrática das médias de AIE em milho comum cultivado no período da “Safrinha” e que a maior AIE média foi de 0,99m foi proporcionada pela dose de N de 116,1kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4.2.2.3. Índice de área foliar (IAF)

A análise de regressão dos efeitos das doses de N dentro das combinações de cultivares e de épocas de aplicação não apresentou ajuste significativo de regressão no IAF, procedendo-se o desdobramento das interações duplas (Figura 13).



**Figura 13** – Efeito das doses de N, (a) dentro das cultivares e (b) dentro das épocas de aplicação no índice de área foliar das plantas de milho pivota cultivado na “Safrinha” de 2008.

Dessa forma, foi possível observar que as médias de IAF se ajustaram de forma linear para a cultivar IAC-125 (Figura 13a) e para a aplicação do N no estágio V<sub>4</sub> (Figura 13b), com incrementos de 0,0012 e 0,0013m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> a cada unidade de N aplicado, respectivamente. Enquanto que para a cultivar BRS-Angela e para o estágio V<sub>8</sub> não houveram ajustes significativos de regressão (Figura 13).

Soares (2003) e Tomazela (2005) também encontraram respostas lineares crescentes das doses de N sobre o IAF de milho comum.

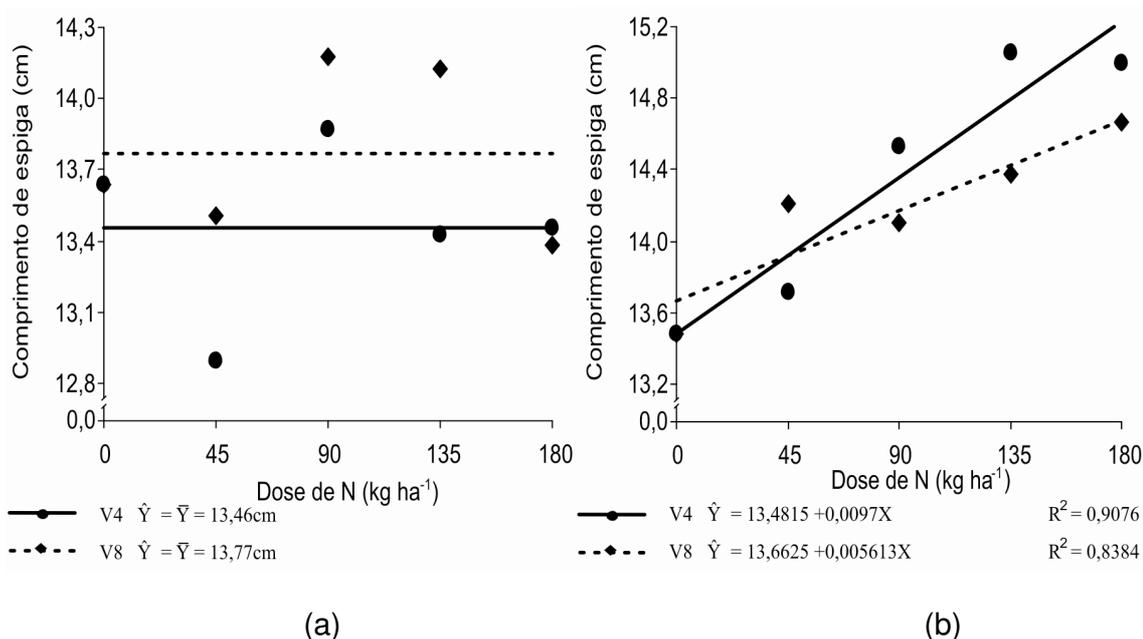
A resposta positiva das características de parte aérea à adubação nitrogenada foi explicada por Arnon (1975) que afirmou que plantas bem nutridas com N têm maior capacidade de assimilar CO<sub>2</sub> e de sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando no maior acúmulo de biomassa e na intensa divisão celular nos pontos de crescimento, levando ao aumento da AP e AIE, bem como no IAF.

No entanto, a ausência de resposta das características da parte aérea à adubação nitrogenada, principalmente nas condições onde o N foi fornecido no estágio V<sub>8</sub>, provavelmente ocorreu devido às baixas temperaturas observadas a partir desse período (Figura 1), as quais, possivelmente, interferiram no desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, restringiu o efeito do N sobre as características da parte aérea. De acordo com Taiz e Zeiger (2004) a ocorrência de baixas temperaturas afetam o crescimento de algumas espécies vegetais, promovendo perda da semi-permeabilidade de membranas celulares, alterações na oxidação de mitocôndrias, alteração no funcionamento dos cloroplastos e redução da atividade da enzima PEPcase (fosfoenolpiruvato carboxilase), com conseqüente redução na fixação de CO<sub>2</sub>.

#### 4.2.3. Componentes de produção e capacidade de expansão

##### 4.2.3.1. Comprimento de espiga (CPE)

Em relação ao CPE, para a cultivar BRS-Angela, não houve ajuste significativo de regressão (Figura 14a). Enquanto que, para a cultivar IAC-125, as médias de CPE se ajustaram de forma linear crescente, sendo que a cada unidade de N acrescida houve incrementos na ordem de 0,0097 e 0,0056cm no CPE quando o N foi aplicado nos estádios V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>, respectivamente (Figura 14b).



**Figura 14** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no comprimento de espiga de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

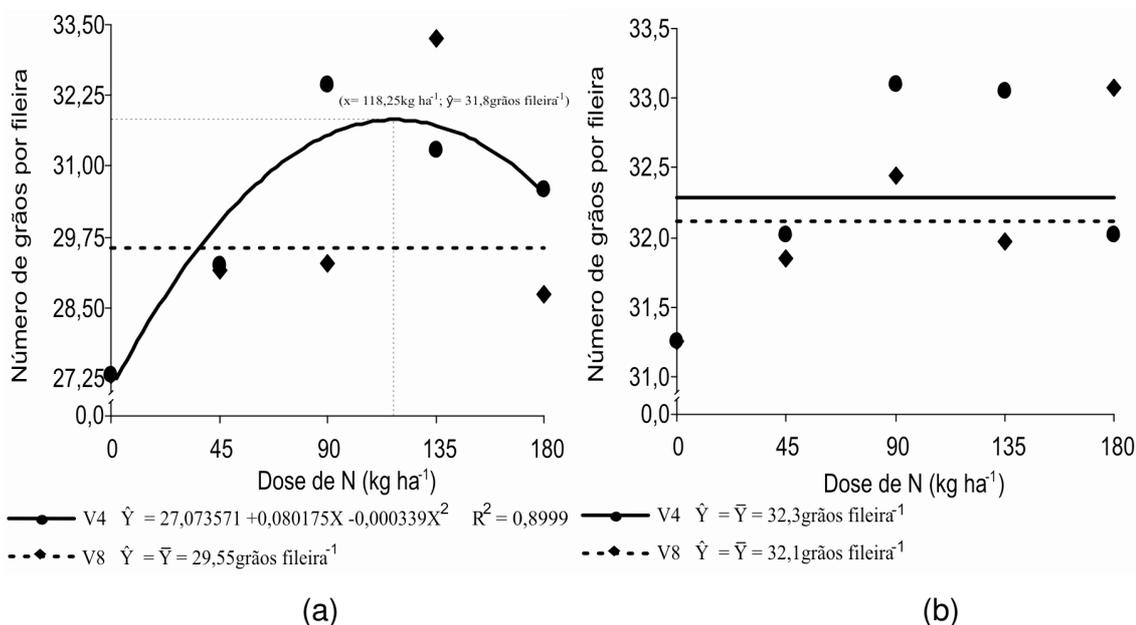
Gökmen et al. (2001) observaram que o aumento das doses de N proporcionou o aumento significativo no CPE de milho pipoca. Enquanto que, em milho comum, o CPE foi influenciado pela aplicação de N em cobertura, conforme observado por Soares (2003) e Lourente et al. (2007). No entanto, Heinrichs et al. (2003) não observaram o efeito significativo das doses de N sobre o CPE de milho comum, de forma análoga ao que ocorreu na cultivar BRS-Angela (Figura 14a).

#### 4.2.3.2. Número de grãos por fileiras (NGF)

As médias de NGF se ajustaram de forma quadrática, para a cultivar BRS-Angela quando o N foi aplicado no estágio V<sub>4</sub>, sendo a resposta máxima  $\hat{y} = 31,8$  grãos por fileira obtida com a dose de N estimada de  $x = 118,25 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 15a). Por sua vez, quando o N foi aplicado no estágio V<sub>8</sub> não houve ajuste significativo de regressão (Figura 15a), bem como para a cultivar IAC-125, em ambos os estádios de aplicação do N (Figura 15b).

Com exceção da resposta quadrática obtida, os demais resultados, contradizem os obtidos por Fernandes et al. (2004) que observaram diferenças

significativas no NGF, quando as plantas de milho comum foram submetidas a diferentes doses de N, assim como das diferentes épocas de aplicação do N.



**Figura 15** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação no número de grãos por fileira da espiga de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

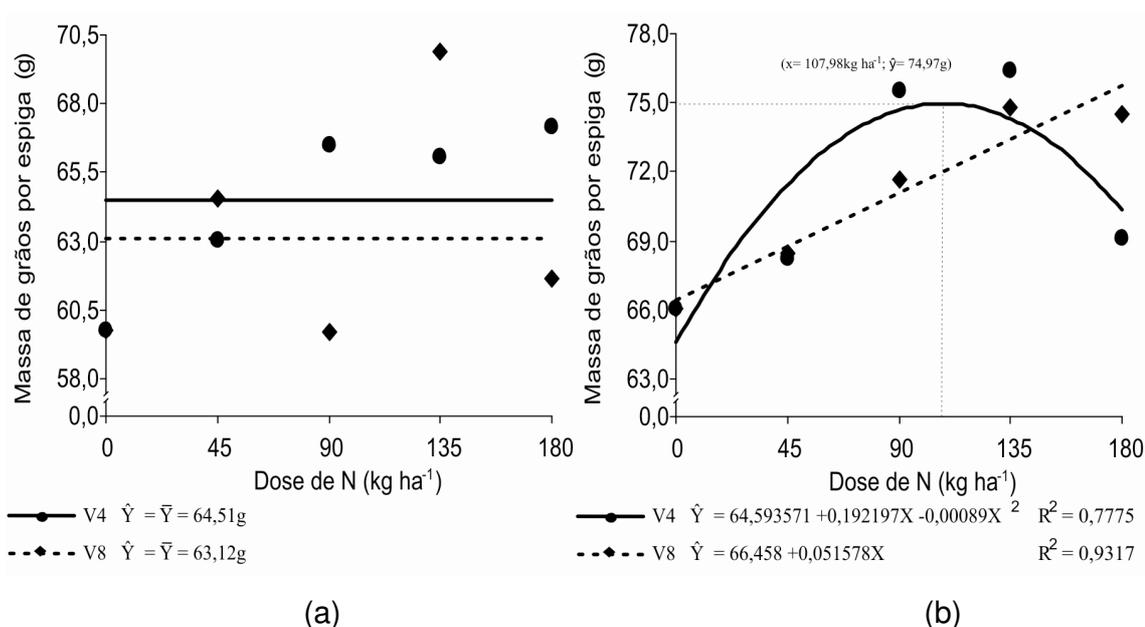
A ausência de respostas significativas, provavelmente está ligada à ocorrência das baixas temperaturas observadas no período (Figura 1).

#### 4.2.3.3. Massa de grãos por espiga (MGE)

Em relação à MGE, para a cultivar BRS-Angela não foram observados ajustes significativos de regressão, em nenhuma da época de aplicação do N (Figura 16a). Por sua vez, para a cultivar IAC-125, as médias de MGE se ajustaram de forma quadrática e linear crescente, quando o N foi aplicado nos estádio V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>, respectivamente (Figura 16b). A dose de N de  $x = 107,98 \text{ kg ha}^{-1}$  proporcionou 74,97g de MGE, enquanto que, o incremento na MGE foi de 0,052g a cada unidade de N acrescida (Figura 16b).

No caso específico da cultivar IAC-125 (Figura 16b), as diferentes respostas observadas em ambas as épocas de aplicação do N em cobertura se devem, provavelmente, ao fato de que o fornecimento no estádio V<sub>4</sub> proporcionou melhores condições de aproveitamento do N, uma vez que, na

ocasião, as temperaturas observadas no período (Figura 1) foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Enquanto que, quando o N foi fornecido mais tardiamente, no estágio V<sub>8</sub>, o desenvolvimento da cultura foi afetado pelas baixas temperatura, podendo ter interferido no aproveitamento do N pelas plantas.



**Figura 16** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na massa de grãos por espiga de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

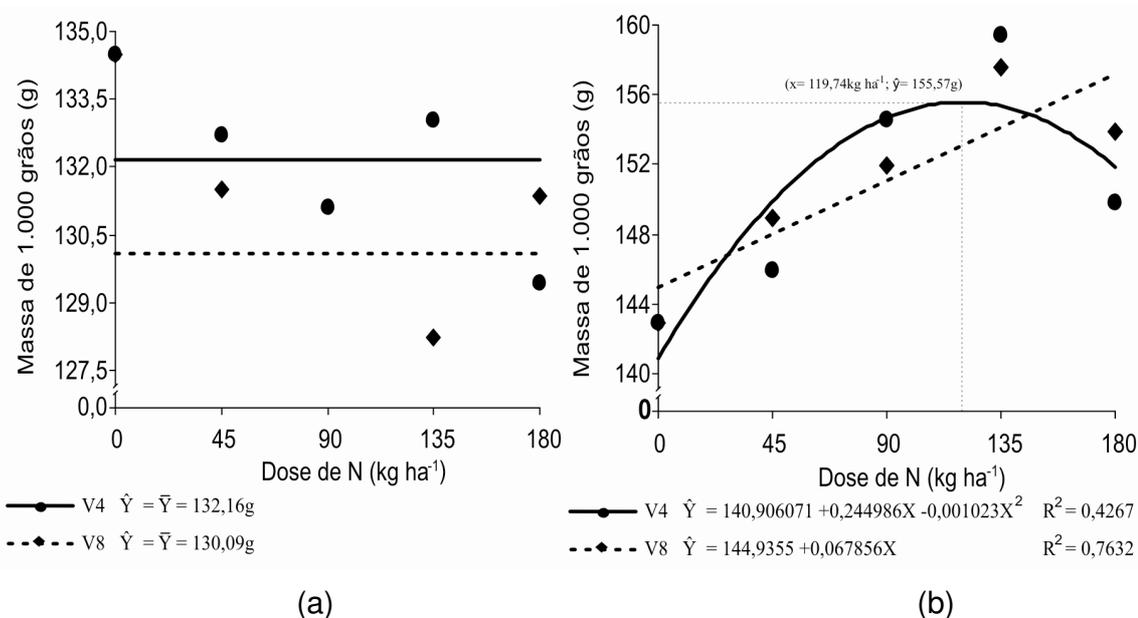
De forma semelhante, Gökmen et al. (2001) observaram o aumento significativo na MGE de milho pipoca com o aumento da quantidade de N fornecida a cultura. Ferreira et al. (2001), Oliveira e Caíres (2003), Soares (2003) e Gomes et al. (2007) também encontraram efeito significativo das doses de N sobre a MGE de milho comum.

#### 4.2.3.4. Massa de 1.000 grãos (MMG)

A MMG, de forma análoga à MGE (Figura 16), apresentou o mesmo comportamento, ou seja, não houve ajustes significativos de regressão, para a cultivar BRS-Angela (Figura 17a). Enquanto que, para a cultivar IAC-125, também foram observados ajustes quadrático e linear das médias de MMG, nos estádios V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>, respectivamente, sendo a resposta máxima  $\hat{y} = 155,57g$ ,

obtida com a dose de N de  $x = 119,74\text{kg ha}^{-1}$ , no estágio  $V_4$ , e, cada unidade de N proporcionou o incremento de  $0,068\text{g}$  na MMG, no estágio  $V_8$  (Figura 17b).

Os resultados da Figura 16a estão de acordo com os obtidos por Escosteguy et al. (1997), Gökmem et al. (2001), Bortolini et al (2001), Casagrande e Fornasieri Filho (2002); Fernandes et al. (2004) e Gomes et al. (2007). Casagrande e Fornasieri Filho (2002), afirmam que a ausência de resposta da MMG, em relação às doses de N, provavelmente, se deve às condições adversas encontradas pelas plantas de milho durante o cultivo da “Safrinha”.



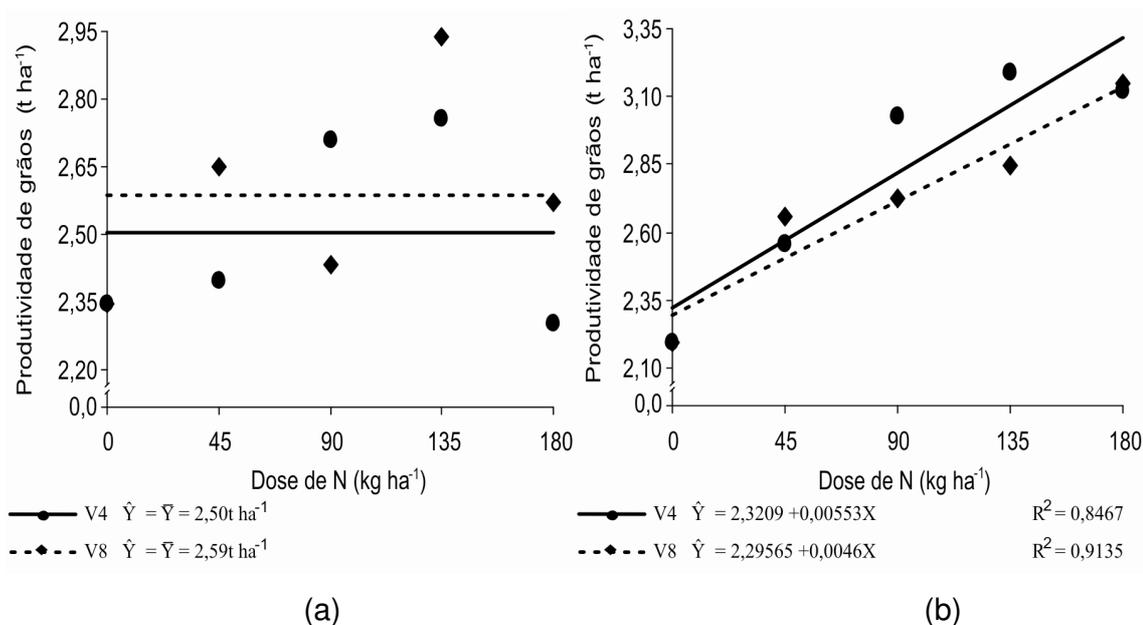
**Figura 17** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na massa de 1.000 grãos de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

Por outro lado, os resultados condizem com os que foram observados por Sangoi e Almeida (1994), Ferreira et al. (2001), Oliveira e Caíres (2003), Fernandes e Buzetti (2005), Lourente et al. (2007) e Duete et al. (2008), que também observaram efeito significativo da adubação nitrogenada na MMG de milho comum. Ferreira et al. (2001) observaram ajuste quadrático de regressão da MMG, cuja resposta máxima  $\hat{y} = 352,4\text{g}$  foi obtida com a dose de N de  $x = 207\text{kg ha}^{-1}$ .

#### 4.2.3.5. Produtividade de grãos da cultura (PROD)

Ao contrário do que ocorreu na safra de “Verão” (Figura 9), na “Safrinha” as médias de PROD da cultivar BRS-Angela não se ajustaram significativamente à regressão polinomial (Figura 18a), provavelmente, devido aos fatores climáticos desfavoráveis observados no período de cultivo (Figura 1), os quais interferiram no desenvolvimento das plantas dessa cultivar, impedindo a máxima expressão do nutriente na planta.

Casagrande e Fornasieri Filho (2002) também não observaram efeito da adubação nitrogenada sobre a PROD de milho comum cultivado na “Safrinha”, em que pesa o fato desse cultivo ser realizado num período em que as condições climáticas são adversas à cultura.



**Figura 18** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na produtividade de grãos de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

Por sua vez, para a cultivar IAC-125, as médias de PROD se ajustaram linearmente, de forma crescente, em ambas as épocas em que foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura, com incrementos de 0,0055 e 0,0046t ha<sup>-1</sup>, a cada unidade de N aplicada nos estádios V<sub>4</sub> e V<sub>8</sub>, respectivamente (Figura 18b).

Gökmen et al. (2001) observaram incrementos significativos na PROD de milho pipoca, proporcionados até a dose de N de 100kg ha<sup>-1</sup>. Ferreira et al. (2001) obtiveram ajuste quadrático de regressão para médias de PROD de milho comum, em função da adubação nitrogenada, com 8,5t ha<sup>-1</sup> estimada com a dose de N de 201,2kg ha<sup>-1</sup>.

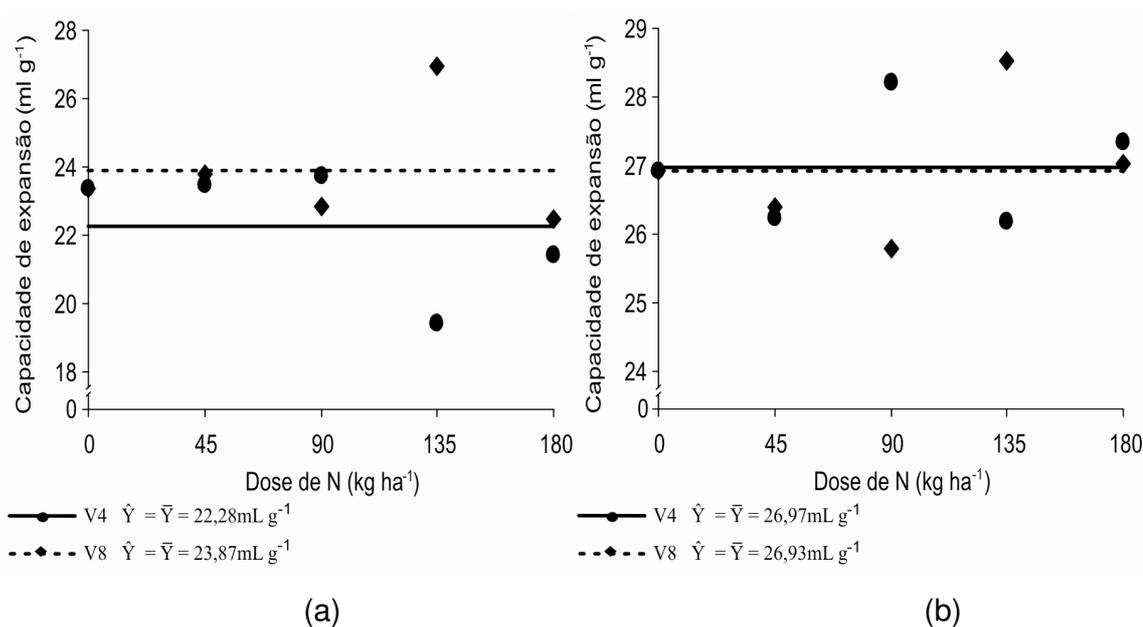
Mar e Marchetti (2003) observaram efeito significativo das doses de N sobre a PROD, com ajuste de regressão quadrático, sendo a maior produtividade (6,55t ha<sup>-1</sup>) obtida com a dose de N de 131kg ha<sup>-1</sup>. Os autores afirmam, ainda, que as melhores PRODs foram alcançadas quando o N em cobertura foi aplicado no estágio V<sub>8</sub> e as menores no V<sub>4</sub>, entretanto, embora tenha sido observada diferença significativa entre as médias de PROD, em função das épocas de aplicação, os autores a consideraram mínima, o que os levou a recomendar a adubação nitrogenada em ambos os estádios fenológicos.

Araujo et al. (2004) e Duete et al. (2008) observaram que a PROD de milho comum respondeu de forma linear crescente aos incrementos nas doses de N, sendo as maiores doses de N utilizadas 240 e 175kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A ausência de resposta da adubação nitrogenada nos componentes de produção, em alguns casos, pode ser atribuída à ocorrência de baixas temperaturas no período de cultivo da “Safrinha” (Figura 1), as quais, possivelmente, interferiram no desempenho reprodutivo da cultura e, conseqüentemente, restringiu a expressão máxima do N sobre a PROD (TAIZ e ZEIGER, 2004).

#### 4.2.3.6. Capacidade de expansão (CE)

Da mesma forma que no período de “Verão”, na “Safrinha”, a CE não apresentou ajustes significativos de regressão, em nenhuma das combinações com as cultivares e épocas de aplicação do N em cobertura (Figura 19).



**Figura 19** – Efeito das doses de N dentro das cultivares (a) BRS-Angela e (b) IAC-125 e das épocas de aplicação na capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca cultivado na “Safrinha” de 2008.

Os resultados médios obtidos de CE do milho pipoca foram classificados como: pobre ( $23,08 \text{ mL g}^{-1}$ ) e regular ( $26,95 \text{ mL g}^{-1}$ ), de acordo com Green e Harris (1960), para a cultivar BRS-Angela e IAC-125, respectivamente, mesmo assim, os resultados foram superiores à média de CE apresentada pelas cultivares de pipoca utilizadas no Ensaio Nacional de Milho Pipoca ( $20,8 \text{ mL g}^{-1}$ ), realizado na safra 1991/1992 (SAWAZAKI, 1996).

#### 4.2.4. Contrastes entre o fatorial e as testemunhas adicionais

Na comparação dos tratamentos do fatorial vs tratamentos adicionais, em relação à PROD na “Safrinha”, não foi observada diferença significativa ( $p > 0,1$ ) entre os tratamentos adicionais e o fatorial, em cada cultivar, enquanto, entre as cultivares, apenas os tratamentos da cultivar BRS-Angela que receberam as doses de N de 45 e 90  $\text{kg ha}^{-1}$  no estágio V<sub>4</sub> diferiram e foram superados pelo tratamento adicional da cultivar IAC-125 (Quadro 8).

**Quadro 8** – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à produtividade de grãos, “Safrinha” de 2008

Tratamentos	Médias de produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Tratamentos adicionais	
		BRS-Ângela	IAC-125
		V4-8 - 180	V4-8 - 180
BRS-Ângela - V4 - 45	2,396	ns	* (-)
BRS-Ângela - V4 - 90	2,711	ns	ns
BRS-Ângela - V4 - 135	2,757	ns	ns
BRS-Ângela - V4 - 180	2,302	ns	* (-)
BRS-Ângela - V8 - 45	2,651	ns	ns
BRS-Ângela - V8 - 90	2,434	ns	ns
BRS-Ângela - V8 - 135	2,938	ns	ns
BRS-Ângela - V8 - 180	2,572	ns	ns
BRS-Ângela - V4-8 - 180	2,599	—	ns
IAC-125 - V4 - 45	2,560	ns	ns
IAC-125 - V4 - 90	3,026	ns	ns
IAC-125 - V4 - 135	3,191	ns	ns
IAC-125 - V4 - 180	3,123	ns	ns
IAC-125 - V8 - 45	2,661	ns	ns
IAC-125 - V8 - 90	2,726	ns	ns
IAC-125 - V8 - 135	2,843	ns	ns
IAC-125 - V8 - 180	3,151	ns	ns
IAC-125 - V4-8 - 180	3,126	ns	—

ns: não difere da testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

\* (+): difere e é superior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

\* (-): difere e é inferior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

Em relação à CE, os tratamentos do fatorial também não diferiram ( $p > 0,1$ ) dos tratamentos adicionais, em cada cultivar. Por sua vez, entre as cultivares, apenas o tratamento da cultivar BRS-Angela que recebeu a dose de N de 180kg ha<sup>-1</sup> no estágio V<sub>4</sub> diferiu ( $p < 0,1$ ) e foi superado pelo tratamento adicional da cultivar IAC-125 e, os tratamentos da cultivar IAC-125 que receberam as doses de N de 45 e 90kg ha<sup>-1</sup>, no estágio V<sub>4</sub>, e 135kg ha<sup>-1</sup>, no estágio V<sub>8</sub>, diferiram ( $p < 0,1$ ) e superaram o tratamento adicional da cultivar BRS-Angela (Quadro 9).

Assim como na safra de “Verão”, na “Safrinha”, os resultados indicaram que a estratégia de fracionamento da adubação nitrogenada, não proporcionou incrementos significativos na PROD do milho pipoca (Quadro 8), nem na CE (Quadro 9). Resultados semelhantes, em relação à PROD, foram obtidos por Sangoi e Almeida (1994) e por Silva e Silva (2002) em milho comum.

**Quadro 9** – Contrastes entre os tratamentos do fatorial e os tratamentos adicionais em relação à capacidade de expansão, “Safrinha” de 2008

Tratamentos	Médias de produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Tratamentos adicionais	
		BRS-Ângela	IAC-125
		V4-8 - 180	V4-8 - 180
BRS-Ângela - V4 - 45	23,5	ns	ns
BRS-Ângela - V4 - 90	23,7	ns	ns
BRS-Ângela - V4 - 135	23,6	ns	ns
BRS-Ângela - V4 - 180	21,4	ns	* (-)
BRS-Ângela - V8 - 45	23,8	ns	ns
BRS-Ângela - V8 - 90	22,8	ns	ns
BRS-Ângela - V8 - 135	26,9	ns	ns
BRS-Ângela - V8 - 180	22,4	ns	ns
BRS-Ângela - V4-8 - 180	23,4	—	ns
IAC-125 - V4 - 45	28,8	* (+)	ns
IAC-125 - V4 - 90	28,2	* (+)	ns
IAC-125 - V4 - 135	24,7	ns	ns
IAC-125 - V4 - 180	27,3	ns	ns
IAC-125 - V8 - 45	26,4	ns	ns
IAC-125 - V8 - 90	25,8	ns	ns
IAC-125 - V8 - 135	28,5	* (+)	ns
IAC-125 - V8 - 180	27,0	ns	ns
IAC-125 - V4-8 - 180	26,2	ns	—

ns: não difere da testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

\* (+): difere e é superior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

\* (-): difere e é inferior à testemunha pelo teste de Dunnett em nível de 0,1.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente estudo, concluiu-se que:

1. De modo geral, na safra de “Verão”, não houve incremento nas características da parte aérea das plantas de milho pipoca, em função do incremento de nitrogênio.
2. Os componentes de produção responderam de forma positiva a aplicação da adubação nitrogenada em cobertura, na safra de “Verão”, refletindo na produtividade de grãos da cultivar BRS-Angela, mesmo com a ocorrência de déficit hídrico.
3. No período da “Safrinha”, a adubação nitrogenada proporcionou respostas positivas nas características da parte aérea das plantas.
4. os componentes de produção foram influenciados pelas baixas temperaturas, em ambas as cultivares, na “Safrinha”, mesmo assim, a produtividade de grãos da cultivar IAC-125 respondeu de forma positiva à adubação nitrogenada.
5. Não houve influência da adubação nitrogenada na capacidade de expansão do milho pipoca, nos dois períodos avaliados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistema de manejo e cultura de coberturas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.553-560, 2000.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.

ANDRADE, R.A. **Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho pipoca**. 56 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

ANDRADE, M.F.B.; MORAIS, A.R.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, M.V. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.242-250, 2001.

ANDRADE, R.A.; CRUZ, C.D.; SCAPIM, C.A.; SILVÉRIO, L.; PINTO, R.J.B.; TONET, A. Análise dialélica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v.24, n.5, p.1197-1204, 2002.

ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, F.F.; COUTINHO, E.L.M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1691-1698, 2008.

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.771-777, 2004.

ARF, O; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S; RODRIGUES, R.A.F; SÁ, M.E; ANDRADE, J.A.C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade do milho. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v.29, n.2, p.211-217, 2007.

ARNON, I. **Mineral nutrition maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability a mechanistic approach**. New York: John Wiley & Sons, 1984, 398p.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, n.4, p.905-915, 2000.

BELOW, F.E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas POTAFOS**, Piracicaba, n.99, p. 7-12, 2002.

BELOW, F.E. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: PRESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, p.275-301, 1995.

BONDAVALLI, B.; COLYER, D.; KROTH, E.M. Effects of weather, nitrogen and population on corn yield response. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, p.669-672, 1970.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.

BRASIL. Ministério da agricultura e reforma agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRUGNERA, A. Resposta de cultivares de milho-pipoca a doses de adubação de semeadura. **Ceres**, Viçosa, v.50, n.290, p.417-429, 2003.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p.63-145, 1993.

CANTARELLA, H.; LERA, F.L.; BOLONHEZI, D.; LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C. O. Antecipação de N em milho em sistema de plantio direto usando <sup>15</sup>N-. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

CARLONE, M.R.; RUSSELL, W.A. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. **Crop Science**, Madison, v.27, n.2, p.465-470, 1987.

CARNEIRO, V.; ARAÚJO, E.F.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; REIS, M.S.; DAVID, A.M.S.S. Efeito da debulha e da classificação sobre o tamanho e a

qualidade de sementes de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.1, p.97-105, 2003.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; RINALDI, D.A.; LIMA, V.E.N. Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.40, n.1, p.87-90, 2005.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.33-40, 2002.

CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Efeitos da cobertura vegetal e da adubação nitrogenada sobre os componentes de produção do milho em sistema de semeadura direta. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v.27, n.4, p.567-573, 2005.

COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Produtividade do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas POTAFOS**, Piracicaba, n.101, p.1-12, 2003.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; FILHO, A.F.C.B.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizante nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.61-67, 1992.

COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G.V.; VIANA, J.M.S. & CRUZ, C.D. Correlação entre características na população de milho pipoca DFT-1 Ribeirão. **Ceres**, Viçosa, v.48, p. 427-35, 2001.

COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E.F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Campo Mourão: COAMO/CODETEC, 1998. 89p.

COUTO, P.A. **Imobilização do nitrogênio do AS e da aplicação em pré-semeadura e cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto**. 2003. 73p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

CRUZ, J.C. Pra começar a safra com o pé direito. **A Granja**, Porto Alegre, v.55, n.609, p.12-22, set.,1999.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA, R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.62-68, 2008.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J.L.; IDE, F.; TISOT, D. Efeito de temperatura no desenvolvimento de milho. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Culturas: Milho. EMBRAPA. Documento Eletrônico. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/milho/tempmil.htm>. Acesso em: 01 março 2009.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em LATOSSOLO VERMELHO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.161-171, 2008.

EMBRAPA. – Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo. Guia de Cultivares. Cultivar BRS-Angela/Características. Sete Lagoas. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/angela.html>>. Acesso em: 12 jul. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Sistemas de Produção e Informação, 1993. 204p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Embrapa, 1999, 412p.

ERWIN, A.T. The origin and history of popcorn. **Agronomy Journal**, Madison, v.41, p.53-56, 1949.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.71-77, 1997.

FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias: guia para aulas, estudos e discussão**. Piracicaba: CALQ. 1986. 131p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fenologia do milho; **Informações Agronômicas POTAFOS**, Piracicaba, v.78, p.1-6, 1997. (Encarte Técnico).

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FERNANDES, A.L.; NETO, A.E.F.; VASCONSELOS, C.A.; GUEDES, G.A.A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.247-254, 1998.

FERNANDES, F.C.S.; BUZETTI, S. Efeito de níveis de nitrogênio na produtividade de seis cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n.7, p.10-16, 2005. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/agro07/artigos/artigos.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2008.

FERNANDES, F.C.S.; BUZETTI, S.; SILVA, M.M. Influência de diferentes níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho, na região de Ilha Solteira/SP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n.6, p.1-5 2004. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/agro06/artigos/artigos.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2008.

FERREIRA, A.C.B; ARAÚJO, G.A.A; PEREIRA, P.R.G; CARDOSO A.A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.1, p.131-138, 2001.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 3ª Ed. Passo Fundo: UPF, 2006, 751p.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992, 273p.

FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E.A. Rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays*). **Crop Science**, Madison, v.9, n.5, p.537-539, 1969.

FREITAS Jr., S.P.; AMARAL Jr., A.T.; PEREIRA, M.G.; CRUZ, C.D.; SCAPIM, C.A. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1599-1607, 2006.

GALVÃO J.C.C.; SAWAZAKI, E. MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Ceres**. Viçosa, v.47, n.275, p.1-18, 2000.

GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; SILVA, J.B.; SANS, L.M.A.; VIANA, P.A.; PARENTONI, S.N.; PACHECO, C.A.P.; CORRÊA, L.A.; FERNANDES, F.T. Milho pipoca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n.165, p.12-16, 1990.

GAVA, G.J.C. **Compartimentalização do nitrogênio no sistema solo-planta na implantação da semeadura direta no ciclo da cultura do milho**. 2003. 125p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; HEINRICHS, R.; SILVA, M.A. Balanço do nitrogênio da uréia (15N) no sistema solo-planta na

implantação da semeadura direta na cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.477-486, 2006.

GÖKMEN S.; SENCAR, Z.; SAKÜN, M.A. Response of popcorn (*Zea mays everta*) to nitrogen rates and plant densities. **Turk Journal Agriculture For.** Tubitak, v.25. p.15-23. 2001.

GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.31, n.5, p.931-938, 2007.

GREEN Jr., V.E.; HARRIS Jr., E.D. Popcorn quality and the measurement of popping expansion. **Proceedings of The Soil and Crop Science Society of Florida**, v.20, p.28-41, 1960.

GUADAGNIN, J.P. **Milho pipoca**. Porto Alegre: Fepagro, n.9, 1996, 11p. (Circular Técnica)

HARPER, L.H.; SHARPE, R.R. Nitrogen dynamics in irrigated corn: soil-plant nitrogen and atmosphere ammonia transport. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.4, p.669-675, 1995.

HEINRICH, R.; OTOBONI, J.L.M.; GAMBA JR, A.; CRUZ, M.C.; SILVA, C. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**, Garça. Ano II. n.4. 2003. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/agro04/artigos/artigos.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2008.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Produtos e Serviços. Cultivares**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2008.

LANGE, A. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho após cultivo de soja em sistema semeadura direta no cerrado**. 2006. 138p. Tese doutorado – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LARA CABEZAS, W.A.R; ARRUDA, M.R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI V.; TRIVELIN, P.C.O; BENDASSOLLI, J.A. Imobilização do nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura do milho, no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.2, p.215-226, 2005.

LARA CABEZAS, W.A.R.; COUTO, P.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de

milho, no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.739-752, 2007.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDÖRFER, G.H. & PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.363-376, 2000.

LOPES, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G. & SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 115p.

LOURENTE, E.R.P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI M.E.; RODRIGUES, E.T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v.29, n.1, p.55-61, 2007.

LUZ, M.L.S. **Influência da umidificação e de diferentes umidades das sementes na capacidade de expansão de três populações de milho pipoca**. 2003. 39p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; SILVA, W.J.; TEIXEIRA, J.P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.6, p.825-833, 1982.

MAR, G.D; MARCHETTI, M.E. Produção de milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 451p. 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.

MENGEL, D.B. & BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, n.3, p.399-402, 1974.

NUNES, H.V. Comportamento de cultivares de milho-pipoca em diferentes épocas de semeadura. **Ceres**, Viçosa, v.50, n.290, p. 445-460, 2003.

OLIVEIRA, J.M.S; CAIRES, E.F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v.25, n.2, p.351-357, 2003.

OLSON, R.A. Fate of tagged nitrogen fertilizer applied to irrigated corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.3, p.514-517, 1980.

PACHECO C.A.P.; CASTOLDI F.L.; ALVARENGA E.M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.18, n.2, p.267-270, 1996.

PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.; GUIMARÃES, P.E.D.; SANTOS, M.X.; FERREIRA, A.S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.12, p.1995-2001, 1998.

PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; GUIMARÃES, P.E.O. Avanços no processo seletivo da variedade de milho pipoca BRS Ângela. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.3, p.436-444, 2005.

PAULETTI, V.; COSTA, L.C. Época de aplicação de adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão à aveia preta no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.3, n.4, p.599-603, 2000.

PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Estimation of Genetic components in popcorn based on nested design. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n.1, p.3-10, 2001.

PINHO, R.G.V.; BRUGNERA, A.; PACHECO, C.A.P.; GOMES, M.S. Estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes ambientes, no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.1, p.53-61, 2003.

PINTO, R.J.B.; KVITSCHAL, M.V.; SCAPIM, C.A.; FRACARO, M.; BIGNOTTO, L.S.; SOUZA NETO, I.L. Análise dialélica parcial de linhagens de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3, p.325-337, 2007.

PÖTTKER, D; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004.

RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto da potassa e fosfato. 142p.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; DELATORRE, C. A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 401-409, 2008.

REDDY, G.B.; REDDY, K.R. Fate of nitrogen- 15 enriched ammonium nitrate applied to corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.57, p.111-115, 1993.

RICCI, G.C.L.; **Comportamento meiótico em linhagens de milho pipoca (*Zea mays* L.) com diferentes níveis de heterozigose**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a corn plant develops. Special Report n. 48. Ames: **Iowa State University of Science and Technology**. Cooperative Extension Service, 1993.

ROJAS, H.S.; ECHEVERRIA, H.E.; STUDDERT, G.A.; ANDRADE, F. No-till maize nitrogen uptake and yield: effect of urease inhibitor and application time. **Agronomy Journal**, Madison, v.91, n.6, p.950-955, 1999.

RUFFATO, S.; CORREA, P.C.; MARTINS, J.H.; MANTOVANI, B.H.M.; SILVA J.N. Efeito das condições de colheita, pré-processamento e armazenagem na qualidade do milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.591-597, 2000.

SAMUELSON, M.E.; ELIASSON, L.; LARSON, C.M. Nitrate-regulated growth and cytokinin responses in seminal roots of barley. **Plant Physiology**, Stanford, v.98, p.309-315, 1992.

SANGOI, L., ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.13-24, 1994.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho pipoca no Brasil. Informações Técnicas. O Agrônomo. Campinas, v. 53, p.11-13, 2001.

SAWAZAKI, E. **Parâmetro genéticos em milho pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 157p.

SAWAZAKI, E.; MORAIS, J.F.L.;LAGO, A.A. Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca South American Mushroom. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.363-370, 1986.

SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L.; PINTO, R.J.B.; AMARAL, A.T.; RODOVALHO, M.A.; SILVA, R.M.; MOTERLE, L.M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.36-41, 2006.

SCHREIBER, H.A.; STANBERRY, C.O. & TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row number at various growth stages. **Science**, v.135, p.135-136, 1998.

SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E. & TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.917-926, 2000.

SEIFERT, A.L.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; FERREIRA, J.M.; GERAGE, A.C. Análise combinatória de populações de milho pipoca em topcrosses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.41, n.5, p.771-778, 2006.

SILVA, E.C. DA; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L. DE; GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.725-733, 2005.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.C. & TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (15N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.739-746, 2006.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T. DE; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os produtividades de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.21 n.3, p.454-457, 2003.

SILVA, P.S.J.; SILVA, P.I.B. Efeito de época de aplicação de nitrogênio na produtividade de grãos de milho. **Revista Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.8, p.1057-1064, 2002.

SILVA, W.J.; VIDAL, B.C.; MARTINS, M.E.Q. What makes popcorn pop. **Nature**, London, v. 362, n.6419, p.470, 1993.

SIMON, G.A.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; PINTO, R.J.B.; BRACCINI, A.L.; TONET, A. Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.55-62, 2004.

SOARES, M. A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desenvolvimento da cultura do milho**. 2003. 92p. Tese (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.129-146, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução: Eliane Romanato Santarém et al. Porto Alegre: ARTMED, 3ª ed., cap.25, p.614-623, 2004.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. Macmillan: New York, 4 ed. 754p. 1985.

TOMAZELA, A.L. **Adubação nitrogenada e de micronutrientes na produtividade e incidência de doenças foliares e milho**. 2005. 57p. Tese (Mestrado) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiros, Piracicaba, 2005.

VASCONSELOS, C.A.; VIANA, M.C.M.; FERREIRA, J.J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.1835-1845, 1998.

VAVILOV, N.I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. **Chronica Botanica**, v.13, 366p., 1951.

VILELA, F.O.; AMARAL Jr., A.T.; PEREIRA, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIANA, A.P.; FREITAS Jr., S.P. Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v.30, n.1, p.25-30, 2008.

WILLIER, J.G. & BRUNSON, A.M. Factors affecting the popping quality of popcorn. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v.35, n.7, p.615-624, 1927.

ZIEGLER, K.E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: Hallauer, A.R. (Ed.). **Specialty corns**. Ames: CRC Press, p.189-223, 1994.

ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004, 402p.

ZINSLY, J.R.; MACHADO, J.A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho**. 2 ed. Campinas: Fundação Cargil, v.2, p. 413-421, 1987.

## **APÊNDICE**

**Quadro 1A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE) e índice de área foliar (IAF), safra de “Verão” de 2007/2008

Fontes de Variação	GL	AP		AIE		IAF	
		------(cm)-----				(m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	
Doses de N (D)	4	0,001158	*	0,004780	ns	0,144508	ns
Cultivares (C)	1	0,403280	*	0,564480	*	2,541845	*
Estádios (E)	1	0,006125	*	0,000500	ns	0,066125	ns
D x C	4	0,009455	*	0,007105	ns	0,030333	ns
D x E	4	0,006113	*	0,000913	ns	0,021475	ns
C x E	1	0,008000	*	0,000320	ns	0,262205	ns
D x C x E	4	0,002913	*	0,002283	ns	0,047030	ns
Fatorial	19	0,026103	*	0,032927	*	0,202292	*
Adicionais	1	0,020000	*	0,054450	*	0,043513	ns
Fatorial vs Adicionais	1	0,020131	*	0,054566	*	0,098560	ns
Tratamentos	21	0,024576	*	0,032390	*	0,187720	*
Blocos	3	0,000088		0,071908		1,325116	
Resíduo	63	0,000135		0,004692		0,075892	
Total	87						
CV (%):		0,70		7,98		12,51	
Média geral:		1,67		0,86		2,20	

\*Significativo ( $p > 0,05$ ) e <sup>ns</sup>não significativo ( $p < 0,05$ ), pelo teste F.

**Quadro 2A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas comprimento de espigas (CPE), número de grãos por fileira (NGF) e massa de grãos por espiga (MGE), safra de “Verão” de 2007/2008

Fontes de Variação	GL	CPE		NGF		MGE	
		(cm)				(g)	
Doses de N (D)	4	6,327515	*	45,652938	*	349,381504	*
Cultivares (C)	1	0,199001	ns	0,780125	ns	1.692,432020	*
Estádios (E)	1	0,093161	ns	4,560125	ns	6,543680	ns
D x C	4	0,753123	ns	12,925438	ns	81,334379	ns
D x E	4	0,205833	ns	0,597313	ns	41,984115	ns
C x E	1	0,639031	ns	4,753125	ns	3,646580	ns
D x C x E	4	0,698285	ns	7,406563	ns	83,911377	ns
Fatorial	19	1,730011	*	14,548546	*	206,793041	*
Adicionais	1	0,418612	ns	0,020000	ns	142,045512	ns
Fatorial vs Adicionais	1	1,085763	ns	6,600920	ns	149,380190	ns
Tratamentos	21	1,616951	*	13,477300	*	194,211808	*
Blocos	3	2,414153		13,654962		180,447656	
Resíduo	63	0,558120		5,259089		43,700937	
Total	87						
CV (%):		5,27		6,92		9,93	
Média geral:		14,17		33,16		66,56	

\*Significativo ( $p > 0,05$ ) e <sup>ns</sup>não significativo ( $p < 0,05$ ), pelo teste F.

**Quadro 3A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas massa de 1.000 grãos (MMG), produtividade de grãos (PROD) e capacidade de expansão (CE), safra de “Verão” de 2007/2008

Fontes de Variação	GL	MMG		PROD		CE	
			(g)		(t)		ml g <sup>-1</sup>
Doses de N (D)	4		54,730880 <sup>ns</sup>		1,244530 <sup>*</sup>		3,761311 <sup>ns</sup>
Cultivares (C)	1		757,188180 <sup>*</sup>		48,565978 <sup>*</sup>		797,016251 <sup>*</sup>
Estádios (E)	1		2,298420 <sup>ns</sup>		0,406980 <sup>ns</sup>		2,335861 <sup>ns</sup>
D x C	4		29,603589 <sup>ns</sup>		0,123849 <sup>ns</sup>		3,960029 <sup>ns</sup>
D x E	4		72,408605 <sup>ns</sup>		0,321414 <sup>ns</sup>		1,953108 <sup>ns</sup>
C x E	1		10,745780 <sup>ns</sup>		0,348480 <sup>ns</sup>		3,423781 <sup>ns</sup>
D x C x E	4		5,137264 <sup>ns</sup>		0,043472 <sup>ns</sup>		3,597097 <sup>ns</sup>
Fatorial	19		74,618617 <sup>*</sup>		2,960763 <sup>*</sup>		45,045372 <sup>*</sup>
Adicionais	1		21,451250 <sup>ns</sup>		5,705442 <sup>*</sup>		44,604013 <sup>*</sup>
Fatorial vs Adicionais	1		140,418379 <sup>*</sup>		5,705959 <sup>*</sup>		51,378314 <sup>*</sup>
Tratamentos	21		74,198672 <sup>*</sup>		2,950498 <sup>*</sup>		43,201923 <sup>*</sup>
Blocos	3		121,352686		0,570448		8,905809
Resíduo	63		34,792263		0,217898		4,580502
Total	87						
CV (%):			4,47		11,86		7,13
Média geral:			132,07		3,94		30,01

\*Significativo (p > 0,05) e <sup>ns</sup>não significativo (p < 0,05), pelo teste F.

**Quadro 4A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE) e índice de área foliar (IAF), “Safrinha” de 2008

Fontes de Variação	GL	AP		AIE		IAF	
			(cm)		(cm)		(m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Doses de N (D)	4		0,108999 <sup>ns</sup>		0,038870 <sup>*</sup>		0,248890 <sup>*</sup>
Cultivares (C)	1		0,050501 <sup>*</sup>		0,436601 <sup>*</sup>		4,045501 <sup>*</sup>
Estádios (E)	1		0,024151 <sup>ns</sup>		0,010351 <sup>ns</sup>		0,039161 <sup>ns</sup>
D x C	4		0,023783 <sup>ns</sup>		0,008326 <sup>ns</sup>		0,014761 <sup>ns</sup>
D x E	4		0,012326 <sup>ns</sup>		0,005564 <sup>ns</sup>		0,004646 <sup>ns</sup>
C x E	1		0,000451 <sup>ns</sup>		0,000451 <sup>ns</sup>		0,001901 <sup>ns</sup>
D x C x E	4		0,007758 <sup>ns</sup>		0,006820 <sup>ns</sup>		0,011917 <sup>ns</sup>
Fatorial	19		0,036135 <sup>*</sup>		0,036091 <sup>*</sup>		0,274074 <sup>*</sup>
Adicionais	1		0,001512 <sup>ns</sup>		0,040612 <sup>*</sup>		0,255613 <sup>*</sup>
Fatorial vs Adicionais	1		0,011269 <sup>ns</sup>		0,048236 <sup>*</sup>		0,463635 <sup>*</sup>
Tratamentos	21		0,033230 <sup>*</sup>		0,034950 <sup>*</sup>		0,270050 <sup>*</sup>
Blocos	3		0,013945		0,007050		0,178850
Resíduo	63		0,009872		0,004207		0,061274
Total	87						
CV (%):			5,31		6,46		9,76
Média geral:			1,87		1,00		2,54

\*Significativo (p > 0,05) e <sup>ns</sup>não significativo (p < 0,05), pelo teste F.

**Quadro 5A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas comprimento de espigas (CPE), número de grãos por fileira (NGF) e massa de espiga (MGE), “Safrinha” de 2008

Fontes de Variação	GL	CPE		NGF	MGE		
			(cm)			(g)	
Doses de N (D)	4	1,813128	*	23,086688	*	170,026480	*
Cultivares (C)	1	8,437005	*	109,980500	*	1.057,785125	*
Estádios (E)	1	0,074450	ns	3,200000	ns	9,288845	ns
D x C	4	1,443027	*	7,628938	*	18,507275	ns
D x E	4	0,331661	ns	3,180313	ns	28,075683	ns
C x E	1	1,230080	ns	1,058000	ns	10,037805	ns
D x C x E	4	0,318727	ns	5,689563	ns	37,069718	ns
Fatorial	19	1,335142	*	14,346342	*	110,097810	*
Adicionais	1	3,906013	*	8,611250	ns	1.830,427513	*
Fatorial vs Adicionais	1	4,135119	*	8,916886	ns	216,344600	*
Tratamentos	21	1,404896	*	13,404637	*	109,914428	*
Blocos	3	1,924828		7,023447		35,062186	
Resíduo	63	0,514141		2,694161		36,571705	
Total	87						
CV (%):		5,14		5,29		8,94	
Média geral:		13,95		31,05		67,62	

\*Significativo ( $p > 0,05$ ) e <sup>ns</sup>não significativo ( $p < 0,05$ ), pelo teste F.

**Quadro 6A** – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas massa de 1.000 grãos (MMG), produtividade de grãos (PROD) e capacidade de expansão (CE), “Safrinha” de 2008

Fontes de Variação	GL	MMG		PROD		CE	
			(g)		(t)		ml g <sup>-1</sup>
Doses de N (D)	4	79,027608	ns	1,02545	*	1,206973	ns
Cultivares (C)	1	7.729,525620	*	0,981688	*	300,390005	*
Estádios (E)	1	12,074580	ns	0,001584	ns	11,950580	ns
D x C	4	247,877945	*	0,395632	*	3,476040	ns
D x E	4	37,398868	ns	0,143762	ns	24,324789	*
C x E	1	33,230420	ns	0,179741	ns	13,284500	ns
D x C x E	4	2,709833	ns	0,045338	ns	4,367416	ns
Fatorial	19	486,467770	*	0,399164	*	24,164524	*
Adicionais	1	190,905800	*	0,555985	*	15,736050	ns
Fatorial vs Adicionais	1	1.846,341553	*	0,866561	*	16,014727	ns
Tratamentos	21	528,058533	*	0,402413	*	22,625747	*
Blocos	3	45,127528		0,149902		64,395608	
Resíduo	63	38,075063		0,127036		6,500954	
Total	87						
CV (%):		4,37		13,33		10,20	
Média geral:		141,09		2,67		25,00	

\*Significativo ( $p > 0,05$ ) e <sup>ns</sup>não significativo ( $p < 0,05$ ), pelo teste F.