



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFEITO DA DENSIDADE DE PLANTAS E DOSES DE NITROGÊNIO
SOBRE A PRODUTIVIDADE, FENOLOGIA E COMPOSIÇÃO
ORGANOMINERAL DE AMARANTO EM LATOSSOLO DE
CERRADO**

CLARISSA CAMPOS FERREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EFEITO DA DENSIDADE DE PLANTAS E DOSES DE NITROGÊNIO
SOBRE A PRODUTIVIDADE, FENOLOGIA E COMPOSIÇÃO
ORGANOMINERAL DE AMARANTO EM LATOSSOLO DE
CERRADO

CLARISSA CAMPOS FERREIRA

ORIENTADORA: MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS

CO-ORIENTADOR: WALTER QUADROS RIBEIRO JUNIOR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 47/2012

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EFEITO DA DENSIDADE DE PLANTAS E DOSES DE NITROGÊNIO
SOBRE A PRODUTIVIDADE, FENOLOGIA E COMPOSIÇÃO
ORGANOMINERAL DE AMARANTO EM LATOSSOLO DE
CERRADO

CLARISSA CAMPOS FERREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE/DOCTOR EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS, PhD, Professora Associada
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília – FAV)
(ORIENTADORA) CPF: 002.094.438-12. E-mail: lucrecia@unb.br

CARLOS SPEHAR, PhD, Professor Associado
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília – FAV)
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 122.262.116-91. E-mail: spehar@unb.br

GIULIANO MARCHI, Dr, Pesquisador
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Cerrados)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 036.350.466-47. E-mail:
giuliano.marchi@embrapa.br

BRASÍLIA/DF, 29 de MARÇO de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

FERREIRA, Clarissa Campos

Efeito da densidade de plantas e doses de nitrogênio sobre a produtividade, fenologia e composição organomineral de amaranto em latossolo de cerrado./ Clarissa Campos Ferreira Orientação: Maria Lucrecia Gerosa Ramos; Co-orientação: Walter Quadros Ribeiro Junior – Brasília, 2012. 61 p.

Dissertação de mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2012.

1. Amaranto. 2. Nitrogênio. 3. Densidade de plantio. 4. Cerrado

I. Ramos, M. L. G. II. Ph.D.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Ferreira, C. C. **Efeito da densidade de plantas e doses de nitrogênio sobre a produtividade, fenologia e composição organomineral de amaranto em latossolo de cerrado.** Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília-Brasília, 2012; 59 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Clarissa Campos Ferreira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Efeito da densidade de plantas e doses de nitrogênio sobre a produtividade, fenologia e composição organomineral de amaranto em latossolo de cerrado.

GRAU: Mestre ANO: 2012

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Clarissa Campos Ferreira

CPF: 020.765.221-07

End: SQN 409 Bloco J Apt. 208

Tel: (61) 8222-7900 E-mail: clarissacafe@gmail.com

“A ciência é uma mescla de dúvida e certeza. O bom cientista é arrogante e humilde, o que não se reduz ao mero jogo de palavras: arrogante em relação ao método e humilde quanto à fé no seu conhecimento.”

Bachrach

Dedico à minha amada mãe e a todos que me cercam com amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao João Renato Victor Pereira da Silva por toda sua paciência e amor em todos os momentos que precisei.

Ao meu irmão Álvaro Campos Ferreira pelo seu companheirismo e carinho nas horas mais difíceis que passei ao seu lado.

Aos meus pais, Jussara Campos e Francisco Alves Ferreira Filho pela educação, construção do meu caráter e por terem dado a oportunidade de chegar aonde cheguei.

A minha professora e orientadora, Maria Lucrécia e meu coorientador Walter Quadros, pelo incentivo e orientação.

Ao amigo Thiago Rodrigues pelos inúmeros esclarecimentos, idéias, conhecimentos, revisões e, é claro, paciência e consideração.

Ao professor Carlos Spehar pela inspiração e orientações.

À minha amiga Bruna Rebelo, por estar comigo sempre, me ajudando no que preciso.

À minha amiga Vanessa Santoro, pela imensa ajuda e pelo companheirismo de sempre.

À minha amiga Renata Motta por ter me ensinado a nunca desistir do que quero.

Aos alunos do Laboratório de Solos, Ricardo, Maria Tereza, Leandro e Hercules.

Aos pesquisadores do Laboratório de Química de Plantas, Vilderete, Francisco, Darlan e Delvico.

A todos os funcionários da Embrapa Cerrados que me auxiliaram de alguma forma, principalmente ao Beto e ao Pernambuco, pelo carinho e dedicação.

Aos meus familiares que são meu porto seguro.

À CAPES, que por meio da bolsa de estudos, permitiu o desenvolvimento da pesquisa.

À Embrapa Cerrados, pela estrutura para o desenvolvimento do trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. AMARANTO.....	3
2.2. ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	5
2.3. DENSIDADE DE PLANTIO	7
2.4. CERRADO.....	8
3. JUSTIFICATIVA	9
4. OBJETIVOS	10
4.1. OBJETIVO GERAL	10
5. HIPÓTESES.....	10
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
7. INTRODUÇÃO	21
8. MATERIAL E MÉTODOS	22
8.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	23
8.2. AVALIAÇÕES.....	23
8.3. ANÁLISES.....	24
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
9.1. CORRELAÇÃO DE PEARSON.....	36
9.2. MACRO E MICRONUTRIENTES	37
10. CONCLUSÕES	42
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química e granulométrica do solo antes da instalação do experimento, no ano de 2010.	22
Tabela 2 – Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrados médios e níveis de significância para as características avaliadas.	25
Tabela 3 - Peso de Matéria Seca de folhas e caule (kg ha^{-1}) em amaranto em diferentes doses de N (kg ha^{-1}) e densidades de plantas ha^{-1}	25
Tabela 4 - Peso de panícula (kg ha^{-1}) em amaranto em diferentes doses de N e densidades de plantas/ha.	27
Tabela 5 - Peso de grãos (kg ha^{-1}) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.	28
Tabela 6 - Altura de planta (m) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.	31
Tabela 7 - Comprimento de panícula (cm) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.	32
Tabela 8 - Largura de panícula (cm) em amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas/ha.	34
Tabela 9 - Diâmetro de caule (cm) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.	35
Tabela 10 - Correlação de Pearson entre os parâmetros estudados, agrupando-se as doses de N e as densidades de plantio.	36
Tabela 11 - Resumo da análise de variância e níveis de significância para as variáveis avaliadas no experimento, de acordo com a fonte de variação	37
Tabela 12 - Teor de macro e micronutrientes em grãos de <i>Amaranthus cruentus</i> , sob diferentes densidades de plantas por metro e doses de nitrogênio	38
Tabela 13 - Teor de proteína (N) (%) em amaranto em diferentes doses de N (kg ha^{-1}) e densidades de plantas ha^{-1}	39
Tabela 14 - Teor de Fósforo (P) (dag/kg) em amaranto em diferentes doses de N (kg ha^{-1}) e densidades de plantas ha^{-1}	40
Tabela 15 - Teor de Magnésio (Mg) (dag/kg) em amaranto em diferentes Doses de N (kg ha^{-1}) e densidades de plantas ha^{-1}	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de caule e folhas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.....	26
Figura 2 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de panículas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.....	28
Figura 3 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de grãos para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro	30
Figura 4 - Regressão entre as doses de nitrogênio e a altura de plantas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro	32
Figura 5 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o comprimento de panícula para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.....	33
Figura 6 - Relação Densidade de plantio (n° plantas/metro) e Largura de panícula (cm)	34
Figura 7 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o diâmetro do caule para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro	36
Figura 8 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o teor de proteína para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro.....	40
Figura 9 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o teor de Fósforo (P) para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro	41
Figura 10 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o teor de Magnésio (Mg) para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro.....	42
Figura 11 – Amarantho BRS Alegria aos 15 dias após a emergência	43
Figura 12 - Amarantho BRS Alegria no período de enchimento de grãos	43

EFEITO DA DENSIDADE DE PLANTAS E DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A PRODUTIVIDADE, FENOLOGIA E COMPOSIÇÃO ORGANOMINERAL DE AMARANTO EM LATOSSOLO DE CERRADO

Resumo Geral

O cultivo de amaranto granífero (*Amaranthus cruentus*) no cerrado é um evento recente, não havendo informação sobre o manejo da adubação nitrogenada para a produção comercial. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do amaranto (*Amaranthus cruentus* cultivar BRS Alegria), a quatro dosagens de N: 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹, e quatro densidades de plantio, 6, 8, 12 e 25 plantas por metro linear, na Embrapa Cerrados, em Planaltina/DF. O experimento foi conduzido de dezembro de 2010 a abril de 2011, em um delineamento experimental tipo fatorial em blocos ao acaso com quatro repetições. No plantio, foram utilizados 500 kg de 0-20-20 aplicados no sulco. A área do experimento foi dividida em 64 parcelas, cada uma com quatro linhas de 3,0 m de comprimento, espaçadas entre si por 0,40 m, totalizando uma área de 3,6 m². O desbaste, para obter a densidade de plantas desejada, foi realizado manualmente aos 15 dias após a emergência. A adubação com N foi feita aos 25 dias após a emergência, em cobertura. Para as análises, determinaram-se: pesos de matéria seca, de panícula e de grãos, altura de plantas, diâmetro de caule e comprimento e largura de panícula. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que, para pesos de matéria seca, panícula e grãos, maiores densidades de plantio, no geral, apresentaram as mesmas tendências e oferecem melhores respostas, enquanto para altura de planta, comprimento e largura de panícula e diâmetro de caule, quanto maior o número de plantas por área, menores são os valores obtidos. Quando observadas as dosagens de N isoladamente, para os pesos de matéria seca, panícula, grãos e altura de planta, a dose máxima aplicada, de 150 kg ha⁻¹, gerou os melhores resultados. Todos os parâmetros, com exceção da largura de panícula, apresentaram interação significativa entre a densidade de plantio x doses de N. Níveis crescentes de N, até a dose de 150 kg ha⁻¹, no geral em todas as densidades, produzem resposta linear no rendimento de grãos de amaranto. Houve efeito das doses de N e/ou densidades de plantas nos teores de P, Mg, Cu e Fe na biometria do amaranto.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, cerrado, biometria, *Amaranthus cruentus*.

EFFECT OF DIFFERENT SOWING DENSITIES AND NITROGEN DOSES ON GRAIN YIELD, FENOLOGY AND ORGANOMINERAL COMPOSITION OF AMARANTH IN AN OXYSOL AT SAVANNAH

General Abstract

Grain amaranth cultivation is a new event in the Brazilian Savannah and there is no information about plant density and nitrogen application for commercial production. This study aimed to evaluate the response of amaranth (*Amaranthus cruentus*, cv. BRS Alegria), to four different dosages of fertilizer 0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹, and four planting densities, 25, 12, 8 and 6 plants m⁻¹, in Planaltina, DF, Brazil. The experiment was conducted in the years 2010 and 2011 in a factorial randomized block design, with four replications. At sowing, 500 kg of 0-20-20 formulated were applied in furrows. The experimental area was divided into 64 plots, each with four rows 3,0 m long, spaced by 0.40 m, totaling an area of 3.6 m². Thinning, to obtain the desired plant density, was done manually 15 days after emergence. N fertilization was band applied 25 days after emergence. For the analyzes, data were collected on plant and panicle dry weight and grain yield, plant height, stem diameter and length and width of the panicle. Analysis of variance was performed and means compared by Tukey test at 5% probability. The results showed that for the dry weights, panicle and grain, the higher planting densities, in general, showed the same trends and provide better answers, while for plant height, panicle length and width and stem diameter, the higher number of plants per area, smaller values are obtained. When the dosage of N is considered, panicle dry matter, plant height and grain reached a maximum at 150 kg ha⁻¹. All parameters, except panicle width, showed significant interaction between planting density x N rates. Increasing levels of N up to a dose of 150 kg ha⁻¹ in general for all densities, producing a linear response in yield of amaranth. There was an effect of N rates and / or plant densities in the levels of P, Mg, Cu and Fe in the biometrics of amaranth.

Key words: nitrogen fertilization, savannah, biometry, *Amaranthus cruentus*.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de novas espécies vegetais é importante para compor a diversidade de sistemas agropecuários. A escolha dessas espécies se apoia em características com vantagens comparativas, como rapidez de crescimento, tolerância à deficiência hídrica, alta relação C/N na planta e diversidade de utilização. (RIVERO, 1994; SPEHAR et al., 1997). O amaranto apresenta características bastante promissoras, podendo ser utilizado na proteção do solo e como forragem, no período de entressafra. Os grãos destinam-se à alimentação humana e animal.

O amaranto é uma granífera originária das antigas civilizações americanas, produzindo grande volume de biomassa e reciclando nutrientes nos sistemas produtivos (RIVERO, 1994; SPEHAR et al., 1997).

Produz óleo e proteína com qualidade superior à dos cereais (SPEHAR et al., 2003). Em sua forma crua, os grãos são excepcionalmente ricos em cálcio, proteína, betacaroteno, manganês, fósforo, zinco e ferro, mas seu aquecimento prolongado, quando cozido, leva a uma considerável perda de seu valor nutritivo. (SPEHAR, 2007)

A demanda por amaranto é crescente no mundo, principalmente dos que buscam uma alternativa para substituição de carnes, porém sua produção é ainda pouco expressiva em termos de volume. No Brasil ainda é pouco conhecido e por isso a sua produção e comercialização ainda é muito escassa. Isso torna seu custo superior ao dos grãos de uso comum, mas seus benefícios acabam por compensar o investimento.

As plantas das variedades hoje disponíveis possuem maturação diferenciada: as panículas amadurecem enquanto o talo permanece verde. Devido a isso, existe a possibilidade de, na época da colheita, utilizar a planta para a alimentação animal e os grãos para alimentação humana, tendo assim um aproveitamento total do amaranto com uma maior rentabilidade para o produtor.

As folhas de amaranto, assim como os grãos, também têm sido utilizadas como alimento de baixo custo em suplementos alimentares para recém-nascidos e crianças em países como a Índia e em regiões da África. Pesquisas com animais sugerem que a fibra do amaranto age no intestino (colón) com ação de proteção ao câncer, bem como a redução do

colesterol ruim (LDL) e do açúcar da dieta, e ainda pode atuar no controle da glicemia em diabéticos, tornando-se aliada na prevenção de doenças cardiovasculares (COSTA, 2009).

Assim como a quinoa, o amaranto foi selecionado pela NASA para alimentar os astronautas devido ao seu alto valor nutritivo, seu aproveitamento integral, sua facilidade de cultivo e seu rápido crescimento, mesmo em condições adversas. Foi descrito pela NASA como uma cultura CELSS (Controlled Ecological Life Support System), ou seja, a planta elimina dióxido de carbono na atmosfera e, ao mesmo tempo, gera alimentos, água e oxigênio para os astronautas. Por isso o amaranto passou a ser cultivado em viagens espaciais desde 1985 (COSTA, 2009).

O nitrogênio é um macro nutriente de suma importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Com exceção de parte das leguminosas, que obtém o N por meio da fixação biológica, e de algumas gramíneas que se associam com bactérias diazotróficas, a maior parte das espécies cultivadas precisam receber o nutriente por meio da adubação nitrogenada. Ainda não existem muitas pesquisas sobre adubação na cultura do amaranto, mas é possível verificar que a planta responde bem à fertilidade do solo e principalmente à adubação nitrogenada (POSPISIL et al., 2006).

Os estudos sobre eficiência de adubação, dentre elas a nitrogenada, têm como o objetivo a adequada nutrição das plantas e com isso a melhora na qualidade da produção agrícola. Assim, é possível a otimização da produtividade com o uso mínimo de insumos, acarretando em menor impacto ambiental, ou seja, a produção sustentável de alimentos.

A densidade de plantio é um fator limitante no crescimento e desenvolvimento das culturas e, juntamente à umidade do solo está envolvida na variação da altura e diâmetro do caule, que pode apresentar valores entre 2,54 e 15 mm na cultura do amaranto. (STALLKNECHT & SCHULZ-SCHAEFFER, 1993).

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de diferentes doses de N e densidades de plantio, na produtividade e nas características biométricas de amaranto, cultivar BRS Alegria, no cerrado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Amarantho

O mais significativo uso do amarantho na história foi pela civilização Asteca no México. Há indícios de que o amarantho passou a ser domesticado e utilizado como grão há mais de 6000 anos na América Central (SAUER, 1993). As sementes mais antigas já encontradas foram da espécie *A. cruentus* (MYERS, 1996). As sementes de *A. cruentus* e de *A. hypochondriacus* foram encontradas em cavernas no México, mas acredita-se que essas podem ter sido domesticadas em outro local e muito antes da época em que foram encontradas (SAUER, 1993).

Atualmente, os Estados Unidos têm liderado a produção comercial de grãos de amarantho para a alimentação, apesar disso, acredita-se que na última década, a área de maior produção tenha sido a China. Os chineses utilizam o amarantho preferencialmente como forragem para os porcos ao invés de colheita do grão (MYERS, 1996). Na África, Ásia e nas Américas, como hortaliça (COONS, 1981; KAUFFMAN, 1992; BRENNER, 2000). Nos Estados Unidos, o grão é usado no processamento de pães, biscoitos e alimentos especiais para pessoas com dietas restritivas (WILLIAMS & BRENNER, 1995). Na Índia, os grãos de amarantho são usados como farinha, para alimentar a população mais pobre (MYERS, 1996; AMAYA-FARFAN et al., 2005; COSTA & BORGES, 2005).

Na alimentação de suínos e aves, apresenta vantagem sobre o milho ou a soja, isoladamente, como fonte de proteína de alto valor biológico (RIVERO, 1994; BRENNER & WILLIAMS, 1995).

Sua fração proteica é comparável à caseína do leite, podendo ser uma opção para crianças após o desmame. Por ser mais equilibrada em aminoácidos essenciais, pode complementar a alimentação de humanos, aves e suínos com vantagem sobre os cereais e a soja, quando empregados isoladamente (BRENNER & WILLIAMS, 1995; RIVERO, 1994). Inúmeros alimentos podem ser produzidos para atender à demanda por dietas especiais, como farinhas, cereais matinais, massas, biscoitos livres de glúten. São úteis às pessoas que buscam alternativa à proteína animal, livre de colesterol, e pode ser usada em dietas especiais destinadas à pacientes celíacos (pessoas alérgicas ao glúten) no enriquecimento de alimentos como pães e biscoitos e na culinária em geral (TEIXEIRA et al., 2002).

O alto valor proteico do grão e a sua qualidade justificam o interesse crescente pela planta. A proteína apresenta elevado teor de lisina e outros aminoácidos essenciais e fornece

fibras, minerais e nutrientes, principalmente o cálcio (MYERS, 1996; ERASMO et al., 2004; AMAYA-FARFAN et al., 2005; COSTA & BORGES, 2005; DOMINGOS et al., 2005). Com a maior procura por dietas alimentares saudáveis, tenderá a ser amplamente demandada.

O amaranto é um pseudocereal da família Amaranthaceae, gênero *Amaranthus* sp.. É uma planta dicotiledônea, de porte herbáceo, com inflorescência tipo capítulo, cacho ou panícula, com folhas inteiras, de disposição espiralada ou oposta cruzada, sem estípulas (JOLY, 2002; AMAYA-FARFAN et al., 2005; COSTA & BORGES, 2005). As espécies mais cultivadas do gênero são: *A. cruentus* (México, África, Caribe, Ásia e América do Sul), *A. caudatus* (América do Sul), *A. hypochondriacus* (Índia, México e Estados Unidos) e *A. tricolor* (China e Índia) (SAUNDERS E BECKER, 1984; BRENNE, 1991).

A planta, por possuir raiz pivotante vigorosa, com abundante ramificação, cria condições favoráveis à absorção de água e nutrientes (SPEHAR, 2007), e por isso tem facilidade de se adaptar aos locais de climas áridos, ou em locais com período seco prolongado, o que explica o fato de, no Brasil, a maior produção da planta ocorrer no Cerrado.

As plantas de *A. cruentus* se desenvolvem muito vigorosas e robustas. Possuem inflorescências em panículas ou cachos coloridos, variando do amarelo ao roxo. Após os 30 dias da emergência, as plantas apresentam rápido crescimento e podem atingir até 2,0 m, com a inflorescência de até 0,6 m, dependendo do manejo, fertilidade do solo, suprimento de água e época de plantio (SPEHAR, 2007).

No início da fase vegetativa, o amaranto cultivado pode ser confundido com espécies de plantas daninhas do mesmo gênero (*A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus*), conhecidas popularmente por caruru ou bredo (COONS, 1981).

As espécies cultivadas apresentam um ciclo variando entre 90 e 100 dias, nas condições do Brasil Central. Após 20-30 dias da sementeira, o crescimento é rápido e podem atingir até 2m em sementeiras de safrinha (fevereiro-março), com um suprimento de 300 mm de água. O sistema radicular vigoroso e o ciclo curto possibilitam ao amaranto tolerar os estresses hídricos e produzir grãos e biomassa para a proteção do solo, nas mesmas condições que sorgo, milho e girassol (SPEHAR, 1998; SPEHAR & CABEZAS, 2001).

Planta C₄, é uma das poucas dicotiledôneas em que o primeiro produto da fotossíntese é realizado por um composto de quatro carbonos. A combinação de características anatômicas e metabolismo C₄ resulta em eficácia aumentada do uso de CO₂ sob uma vasta gama de ambientes de estresse de temperatura e umidade, e contribui para a adaptabilidade

geográfica da planta a diversas condições ambientais. (STALLKNECHT & SCHULZ-SCHAEFFER, 1993.).

O amaranto apresenta crescimento em altas temperaturas e baixa precipitação, e existem variedades tolerantes a solos salinos ou com presença de alumínio tóxico (ERASMO *et al.*, 2004); além da formação de biomassa protetora do solo, a planta também tem potencial forrageiro (BRENNER & WILLIAMS, 1995; SPEHAR *et al.*, 2003). No Brasil, a Embrapa Cerrados, testou várias espécies de amaranto, para a produção de alimentos, diversificação de grãos e adubação verde na entressafra, além de uso no plantio direto (SPEHAR; SANTOS; SOUZA, 1997; SPEHAR; CABEZAS, 2001; SPEHAR; TEIXEIRA, 2002). Foi desenvolvida na Embrapa Cerrados, a cultivar BRS Alegria que já se encontra disponível ao cultivo (SPEHAR *et al.*, 2003).

O amaranto apresenta grande potencial para se tornar cultura valorizada e integrada aos sistemas de cultivo tradicionais ou modernos. Pode ter importante papel na economia mundial, pela facilidade de cultivo comercial e por ser fonte de nutrientes oriundos tanto do grão quanto das partes vegetativas (KAUFFMAN, 1992).

2.2. Adubação Nitrogenada

O nitrogênio (N) é um macronutriente, essencial para as plantas e, exceto para algumas leguminosas, que conseguem obter o nitrogênio de que necessitam por meio da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, as demais plantas cultivadas devem receber este elemento, seja por adubação orgânica ou mineral (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Apesar de ser o elemento mais abundante na atmosfera (78%), o N não é constituinte das rochas e talvez por isso seja um dos fertilizantes mais caros na produção agrícola. Devido à sua multiplicidade de reações químicas e biológicas, à dependência das condições ambientais e ao seu efeito no rendimento das culturas, o N é o elemento que apresenta maiores dificuldades de manejo na produção agrícola, mesmo em propriedades tecnicamente orientadas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O elemento participa na constituição de moléculas vitais, como aminoácidos e ácidos nucléicos. Na planta é inicialmente reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico, este por sua vez é incluído em mais de uma centena de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na formação de proteínas. As proteínas participam como enzimas, nos processos metabólicos das plantas. Plantas

deficientes em nitrogênio têm seu ciclo encurtado, amadurecendo prematuramente. (RAIJ, 1991)

As plantas, de modo geral, respondem à adubação nitrogenada (ARAÚJO et al., 2004), e respondem com maior intensidade da cor verde do dossel, além de maior massa seca e área foliar (SCHRODER et al., 2000). A deficiência de N também é muito prejudicial ao desenvolvimento das culturas. Sintomas como o baixo crescimento das plantas, devido à diminuição da formação de proteínas de outros compostos nitrogenados que controlam o crescimento, e a clorose ou amarelecimento da planta (V invertido) podem ser observados visualmente (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

No sistema agrícola, a maior disponibilidade do N no solo depende da fertilização. As formas em que o N se apresenta nos adubos nitrogenados são: nítricas (ex. nitrato de cálcio), amoniacais (ou ambas, como e o caso do nitrato de amônio), orgânica e amídica (uréia). A concentração de N nos adubos pode variar desde 82% na amônia anidra até 1% nos adubos orgânicos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Como em outras plantas cultivadas, o amaranto responde à fertilidade do solo, e o nitrogênio provou ser o principal fator limitante (WEBER, 1989; MYERS, 1998). O suprimento de N está diretamente ligado a altos conteúdos de proteína nas sementes e folhas de amaranto. (WALTERS et al., 1988).

Existem poucos trabalhos sobre adubação do amaranto, mas os resultados disponíveis reforçam a importância do nitrogênio para esta planta. Nos Estados Unidos, a adubação nitrogenada deve estar entre 112 e 135 kg N ha⁻¹ (MAKUS, 1990; PUTNAM, 1990; SCHULZ-SCHAEFFER et al., 1989). Na Tailândia, foi observado que a adubação nitrogenada (entre 15 e 312,5 kg N ha⁻¹), de *Amaranthus tricolor* pode alterar a altura das plantas, diâmetro do colmo e a biomassa fresca (CHAKHATRAKAN, 2003).

No Brasil, o rendimento de variedades de *Amaranthus* spp. no sul do Tocantins com formulado NPK (05-25-15), mostrou melhor resposta na dose de 300 kg ha⁻¹ e cobertura de N aos 30 dias após a emergência, na dose de 45 kg ha⁻¹ (ERASMO et al., 2004).

Em geral, experimentos com amaranto, realizados nos trópicos, mostram respostas inconsistentes em relação à adubação nitrogenada, refletindo a diversidade de ambientes (clima e solo) onde os experimentos foram realizados (BRAMBILLA, 2008). Além disso, a ocorrência de acamamento no amaranto pode ser um problema, por excesso de N. (MYERS, 1998).

Existe uma relação entre o teor de matéria orgânica do solo e a necessidade de adubação nitrogenada. Em solo com baixos teores de MO, são requeridas doses mais elevadas

de fertilizantes nitrogenados, tanto no plantio quanto em cobertura (CHAKHATRAKAN, 2003).

A precipitação pluviométrica, fixação biológica do N₂ atmosférico (VIANA, 2002), fertilizantes e resíduos animais e vegetais são as formas de entrada do nitrogênio no solo. As perdas ocorrem, principalmente, por lixiviação, erosão, remoção pelas culturas, volatilização e desnitrificação (CERRI et al. 1992).

O elemento tem recebido atenção insuficiente nos trabalhos de pesquisa, havendo lacunas sobre os conhecimentos mais básicos. Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa e que não deixa efeitos residuais diretos das adubações, o manejo adequado da adubação nitrogenada é dos mais difíceis. (RAIJ, 1991)

2.3. Densidade de Plantio

A densidade de plantio tem papel importante na produção do cultivo. Variações na densidade podem exercer efeitos positivos ou negativos no rendimento de grãos e outros parâmetros agronômicos.

Existe a interação entre o nível de adubação e a densidade de plantio, especialmente com a adubação nitrogenada. Em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, onde se esperam baixos rendimentos, a densidade ótima deverá ser menor em relação a uma lavoura em solos férteis (CRUZ, 2002).

O espaçamento e a densidade de plantio são componentes tecnológicos que definem a população e o arranjo de plantas, podendo interferir no rendimento e nas operações a serem realizadas em uma lavoura. (ANDRADE, 1999)

Teoricamente, a melhor disposição de plantas é aquela que proporciona uma distribuição espacial mais uniforme, possibilitando melhor utilização da luz, água e nutrientes (RIZZARDI et al., 1994).

Um dos mais importantes efeitos dependentes da densidade é a competição entre indivíduos. Vários autores discutem o papel da competição entre indivíduos da mesma espécie na dinâmica populacional e mencionam que a capacidade de suporte do ambiente deve ser expressa tanto em função do número quanto da biomassa produzida (SOLBRIG, 1980; WESTOBY, 1981; DIRZO & SFIARUKHÁN, 1984; HUGHES & GRIFFITHS, 1988; WELLER, 1989; LONSDALE, 1990).

2.4. Cerrado

O cerrado é o bioma mais antigo e no Brasil é o segundo maior em extensão, perdendo apenas para a Amazônia. Possui duas estações climáticas bem características, uma chuvosa, que dura de outubro a março, e outra seca, que dura de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500 mm e as temperaturas variam geralmente entre 21°C e 27°C em média (KLINK, 2005). Os solos do Cerrado, em sua maioria, são Latossolos, quimicamente muito pobres, mas muito produtivos depois da correção do solo por calagem e fertilização.

O bioma cerrado ocupa 24% do território nacional, o que representa dois milhões de quilômetros quadrados (IBGE, 2006). Segundo a classificação de Köppen o clima do cerrado é o Aw, tropical chuvoso (SANO et al., 2008). A temperatura média anual varia entre 22 e 27 °C e a precipitação se concentra entre os meses de outubro a março, com índice pluviométrico anual entre 1200 e 1800 mm, entretanto durante a estação chuvosa pode ocorrer curtos períodos de seca, denominados veranicos, onde se destaca a importância de práticas agrícolas adequadas (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Os solos predominantes no Cerrado são Latossolos, representando cerca de 43% do total, muito profundos, normalmente superiores a 2 m, bem drenados; com topografia plana a suave ondulado. Em sua maioria, são distróficos, álicos, com uma mineralogia pobre e baixa quantidade de bases, que resulta em baixa CTC, o que leva a uma menor retenção de nutrientes e água (RESCK et al., 1996) o que ocasiona uma menor captação de nutriente por parte da planta, gerando por consequência uma planta nutricionalmente deficiente e com desenvolvimento afetado.

A facilidade de crescimento em temperaturas elevadas e em condições de baixa pluviometria, com variedades que expressam tolerância a sais e a toxicidade de alumínio em solo ácido, são fatores importantes para a introdução de uma cultura no sistema de produção em solos sob cerrado (FERREIRA et al., 1979). As características do amaranto o tornam uma cultura promissora nesse sentido.

O amaranto pode ser plantado em ambas as estações. Na chuvosa, são possíveis dois plantios, o de safra (no início da estação chuvosa) e o de safrinha (no final da estação chuvosa). Na safra, existe a possibilidade de chuva na colheita, o que prejudicaria a atividade. Na safrinha a desvantagem seria a falta d'água durante o ciclo, porém não há chuva na colheita. No inverno, o cultivo é de alta tecnologia, com utilização de mais insumos e irrigação. A colheita é feita até o final de setembro e gera alta produtividade. O plantio de inverno, assim como o de safrinha, são os que produzem os melhores resultados quando se

objetiva a produção de grãos. Já para forragem, as semeaduras de verão e verão tardio são as mais indicadas.

3. JUSTIFICATIVA

Os grãos de amaranto, com excelente qualidade proteica, atendem à procura por dietas especiais, livres de glúten e podem ser usados na alimentação animal. Inúmeros alimentos podem ser produzidos a partir do amaranto para atender à demanda, como farinhas, cereais matinais, massas, biscoitos; são úteis à pessoas que buscam alternativa à proteína animal, livre de colesterol, e à pacientes celíacos. Na alimentação de suínos e aves, apresenta vantagem sobre o milho ou a soja, isoladamente, como fonte de proteína de alto valor biológico (RIVERO, 1994; BREMNER & WILLIAMS, 1995).

A diversificação do sistema produtivo no Cerrado depende de espécies com rápido crescimento, tolerância ao déficit hídrico, produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e utilização humana e animal e a espécie *Amaranthus cruentus* apresenta essas características. (SPEHAR, 1998; SPEHAR & CABEZAS, 2001).

O *A. cruentus* BRS Alegria, primeira recomendação ao cultivo granífero no Brasil, originou-se da variedade AM 5189, dos Estados Unidos, na qual realizou-se seleção massal. Em sucessão à soja, apresentou produção média de 2.359 kg ha⁻¹ de grãos e 5.650 kg ha⁻¹ de biomassa total em apenas 90 dias de ciclo.

A planta apresenta estatura média de 180 cm, da qual a inflorescência ocupa 48 cm. Os grãos prontos para o armazenamento, com umidade de 12%, apresentam peso médio de 0,68 g por 1.000 grãos e conteúdo de proteína de 15 g por 100 g; maturação fisiológica aos 90 dias; resistência ao acamamento; com produção de 2,3 t ha⁻¹ (sementes) e 5,6 t ha⁻¹ (biomassa total).

No Brasil, a produtividade e o ciclo curto possibilitam atender rapidamente à demanda dos agricultores. Por tratar-se de planta nova no sistema produtivo dos cerrados, cujo clima é bastante distinto da região onde foi domesticada, não apresenta as pragas e doenças típicas da espécie.

O amaranto BRS Alegria pode ser cultivado em qualquer época do ano, em razão da finalidade, ou seja, para a produção de grãos, as semeaduras de safrinha (outono) e de entressafra (inverno) são as que apresentam melhor resultado; para a produção de forragem, a

semeadura de verão é ideal. Semeaduras de verão atrasadas podem também ser úteis na produção de grãos, por permitirem que a maturação ocorra no período seco.

Espera-se que o grão seja utilizado pelas indústrias de alimentos e rações (SPEHAR et al., 2003). A planta inteira, como forragem na alimentação animal, pode integrar o sistema lavoura-pecuária (SPEHAR & CABEZAS, 2001). Existem já alguns trabalhos brasileiros que visam à utilização do amaranto e de sua farinha em produtos industrializados (CHAVEZ-JAUREGUI et al, 2003, MARCÍLIO et al, 2003; MARCÍLIO et al, 2005).

O manejo da cultura tem um papel de suma importância para que haja resultados satisfatórios. A escolha de uma eficiente adubação e um arranjo de plantas adequado para garantir maior produtividade, acaba por ser indispensável a um sistema produtivo de sucesso. A falta de informações acerca da adubação, principalmente nitrogenada, e na densidade de semeadura ideal na cultura do amaranto impulsiona a realização de pesquisa na área.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre a produtividade e variáveis biométricas do amaranto.

5. HIPÓTESES

1. O amaranto responde à adubação nitrogenada, refletindo positivamente na fenologia e no rendimento;
2. Há influência da densidade de plantio sobre a produtividade e fenologia do amaranto;
3. A resposta de amaranto a adubação nitrogenada depende densidade de plantio que influencia o rendimento de grãos e a fenologia da planta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus sp.*) Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, v. 12, n. 1, p. 47-56, jul./dez. 2005.

ANDRADE, F. P. ; FREIRE, E. C. ; COSTA, J. N. ; PEDROSA, M. B. . Melhoria do algodoeiro de fibras longas para cultivo sob condições irrigadas no Nordeste do Brasil. In: II Congresso Brasileiro de Algodão, 1999, Ribeirão Preto. Anais. Ribeirão Preto: EMBRAPA/CNPA, 1999. p. 566-568.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M., E.; CRUZ, M. C. P. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.8, p.771-777, ago. 2004

BRAMBILLA, T, R.; CONSTANTINO, A, P.; OLIVEIRA, P, S. Efeito da adubação nitrogenada na produção de amaranto. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.29, n.4, p. 761-768, out./dez. 2008

BREENE, W.M. Food uses of grain amaranth. *Cereal Foods World*, St. Paul, v.36, n.5, p 426-429, 1991.

BRENNER, D. Genetic resources and breeding of amaranthus. *Plant Breeding Reviews*, New York, v. 19, p. 227-286, 2000.

BRENNER, D.; WILLIAMS, J. T. Grain Amaranth (*Amaranthus* species). In: WILLIAMS, J. T. (Ed.). *Underutilized crops: cereals and pseudocereals*. London: Chapman & Hall, 1995. V. 4, n. 08, p.128 – 186.

CERRI, C.C.; ANDREAUX, F. & EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S.M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). *Microbiologia do solo*. Campinas: SBCS. p.73-90, 1992.

CHAKHATRAKAN, S. Influences of N fertilizers on the vegetable amaranth production. *Thammasat International Journal of Science and Technology*, Pathum Thani, Tailândia, v. 8, n. 4, Oct./Dec. 2003.

COONS, M. P. O gênero *Amaranthus* em Minas Gerais. *Experientiae*, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 115-158, 1981.

COSTA, D. M. A.; BORGES, A. S. Avaliação da produção agrícola do amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Holos*, Natal, v. 21, n. 1, p. 97 – 111, maio 2005.

COSTA, M. D. A., DANTAS, J., A., Efeitos do substrato na germinação de sementes de amaranto (*Amaranthus* spp) *Revista Ciência Agronômica*, vol. 40, núm. 4, outubro-dezembro, 2009, pp. 498-504 Universidade Federal do Ceará Ceará, Brasil.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. ; ALVARENGA, R. C. ; COELHO, A. M.; NOVOTNY, E. . Cultura brasileira do milho. *Revista Brasileira de Agropecuária*, v. 3, p. 16, 2002.6, p. 115-158, 1981.

DIRZO, R.; SARUKHÁN, J. *Perspectives on plant population ecology*. Massachusetts: Sinauer Associates, 1984. 478p.

DOMINGOS, V. D.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, J. I. C.; CAVALCANTE, G. D.; SPEHAR, C. R. Crescimento, produção de grãos e biomassa de cultivares de amaranto (*Amaranthus cruentus*) em função de adubação com NPK. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 29-39, sep./dec. 2005.

ERASMO, E. A. L.; DOMINGOS, V. D.; SPEHAR, C. R.; DIDONET, J.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, A. M. Avaliação de cultivares de amaranto (*Amaranthus* spp.) em sistema plantio direto no sul de Tocantins. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 171-176, jan./apr. 2004.

FERREIRA, M. B. O.; LACA-BUENDIA, J. P. C; MACEDO, G. A. R. Frequência densidade e abundancia de espécies de cerrado x Latossolo vermelho-amarelo na fazenda Santa Rita – EPAMIG. Prudente de morais, M. G. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30, Campo Grande. Resumos..., Campo Grande: n. 2, v. 1, p. 78-79, 1979.

HUGHES, R.N.; GRIFFITHS, C.L. Self-thinning in barnacles and mussels: the geometry of packing. *The American Naturalist*, Lancaster, v.132, p.484-491, 1988.

JOLY, A.B. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. 13a ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

KAUFFMAN, C. The status of grain amaranth for the 1990's. Food Review International, New York, v. 8, n. 1, p. 165-185, 1992.

KLINK, C. A. ; MACHADO, R. . A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KLUTHCOUSKI, J. Efeitos nocivos do manejo inadequado da adubação no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no potássio. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

LONSDALE, W.M. The self-thinning rule: dead or alive? Ecology, Brooklyn, v.71, p.1373-1388, 1990.

MAKUS, J. D. Applied N affects vegetable and seed quality. In: Proc. Natl. Amaranth Symp. 4th: Perspectives os Production, Processing and marketing, Minneapolis, MN. 23-25 Aug. 1990. Minn. Ext. Serv., St. Paul., pp: 187-188.

MOREIRA, F.M. DE S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: editora UFLA, 729p. 2006.

MYERS, R. L. Amaranth: New crop opportunity. In: JANICK, J., ed. Progress in new crops. Alexandria, ASHS Press, 1996. p.207-220.

MYERS, R. L. Nitrogen fertilizer effect on grain amaranth. Agronomy Journal, Madison, v. 90, n. 5, p. 597-602, Sep./Oct. 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). Amaranth: modern prospects for an ancient crop. Washington: National Academy Press, 1984. p. 1-81.

PUTNAM, D. H. Agronomic practices for grain amaranth. In: Proc. Fourth Amaranth Conference Minnesota Ext. Serv., Minnesota Agr., Univ. Minnesota, St. Paul. 1990.

PEREIRA FILHO, I. A. ; CRUZ, J. C. ; KARAM, D. ; WAQUIL, J. ; VIANA, P. ALVARENGA, R. C. . Fundamentos para um bom cultivo. Revista Brasileira de Agropecuária, v. 3, p. 26-29, 2002.

POSPISIL, A.; POSPISIL, M.; VARGA, M.; SVECNJAK, Z. Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. European Journal Agronomy, v.25, p.250-253, 2006.

RAIJ, B.V. Fertilidade do Solo e Adubação. São Paulo, Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. P.343

RIVERO, J. L. L. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. La Paz: Instituto Nacional del Desarrollo Experimental, 1994. 457 p.

RIZZARDI, M.A; BOLLER, W; DALLOGLIO, R.C. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1231-1236. 1994.

SAUER, J. D. The grain amaranthus; a survey of their history and classification. Anals Missouri Botanic Garden, St. Louis, v.37, p. 561-618, 1950.

SAUER, J. D. Historical geography of crop plants: a select roster. CRC Press, Boca Raton, FL. 1993.

SAUNDERS, R. M; BECKER, R. Amaranthus: A potencial food and feed resource. Advances in Cereal Science and Technology, v. 6, p. 257-396, 1984.

SCHULZ-SCHAEFFER, J.;G.F. STALLKNER; D.E. BALDRIDGE; L.A. LARSON. Registration of Montana-3 grain amaranth germoplasm. Crop Science. v. 29., 244-245, 1989.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 151-164, 2000.

SOLBRIG, O.T. *Demography and evolution in plant population*. Berkeley: University of California, 1980. 222p

SPEHAR, C. R. Production systems in the savannas of Brazil: key factors to sustainability. In: LAL, R. (Ed.). *Soil quality and agricultural sustainability*. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998. p. 301-318.

SPEHAR, C. R.; CABEZAS, W. A. R. L. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: CABEZAS, W. A. R. L.; FREITAS, P. L. (Ed.). *Plantio direto na integração lavoura pecuária*. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia. 2001. p. 179-189.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B.; SOUZA, P. I. M. Novas plantas de cobertura para o sistema de produção de grãos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. *Anais... Passo Fundo: Embrapa/CNPT*, 1997. p. 169-172, 1997.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L. Diferenças entre o pseudocereal amarantho e espécies de planta daninha, *Amaranthaceae*. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. (Comunicado Técnico, 69).

SPEHAR, C. R. Amarantho BRS Alegria – Alternativa para diversificar os sistemas de produção. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v.39, n. 1, p. 85 – 91, 2003.

SPEHAR, C. R. Amarantho: opção para diversificar a agricultura e os alimentos. Brasília, DF: Embrapa Informação e Tecnologia 130 p. 2007.

STALLKNECHT, G. F.& SCHULZ-SCHAEFFER, J. R. Amaranth Rediscovered. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), *New Crops*. Wiley, New York, 1993. p.211-218.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAPIA, M., *Cultivos andinos subexplorados y su aporte a la alimentación*. Santiago: Oficina regional de la FAO para la America latina y Caribe, 1997. 217 p.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R. Diferenças entre o pseudocereal amaranto e espécies de planta daninha, *Amaranthaceae*. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. (Comunicado Técnico, 69).

TEUTONICO, R.A.; KNOOR, D. Amaranth; compositions, properties and applications of a rediscovered crop. *Food Tchnology*, Chicago, v.39, n.4, p. 49-59, 1985.

VELOSO, M. E. C. Potencialidade de impacto ambiental por nitrato, doses de N e flutuações do lençol freático para a cultura do milho sob sistema de drenagem. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.

VIANA, L. T. Comparação das dinâmicas de mineralização de nitrogênio, biomassa e estrutura das comunidades microbianas do solo em áreas de cerrado nativo e pastagem: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Dissertação de Mestrado, 2002.

WALTERS, R.D; COFFEY, D.L. SAMS, C.E. Fiber, nitrate, and protein content of *Amaranthus* accessions as affected by soil nitrogen application and harvest date. *HortScience* 23:338-341, 1988.

WEBER, L. E. 1989. *Amaranth grain production guide*. Rodale Press, Emmaus, PA.

WELLER, D.E. The interspecific size-density relationship among crowded plant stands and its implications for the - 3/2 power rule of self-thinning. *The American Naturalist*, Lancaster, v.133, p.20-41, 1989.

WESTOBY, M. The place of the self-thinning rule in population dynamics. *The American Naturalist*, Lancaster, v.118, p.581-587, 1981.

WILLIAMS, J. T.; BRENNER, D. Grain amaranth (*Amaranthus* species). In: WILLIAMS, J. T. (Ed.). *Underutilized crops: cereals and pseudocereals*. London: Chapman & Hall, 1995. p. 128-186.

Capítulo Único

Efeito de densidades de plantio e dosagens de nitrogênio sobre a produtividade e variáveis biométricas de amaranto no Cerrado.

Trabalho a ser encaminhado para a Revista **Bioscience Journal**

**EFEITO DA DENSIDADE DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A
PRODUTIVIDADE E BIOMETRIA DE AMARANTO, NO CERRADO DO PLANALTO
CENTRAL.**

**EFFECT OF DIFFERENT SOWING DENSITIES AND NITROGEN DOSES IN GRAIN
YIELD AND BIOMETRY OF AMATANTH, AT SAVANNAH IN CENTRAL BRAZIL.**

RESUMO – O Amarantho é uma granífera com características de crescimento, estabelecimento e produção promissoras e com grande potencial para um aumento do seu cultivo. Porém, devido à lacuna de informações acerca do manejo para sua produção comercial, observa-se a inexistência de um modelo de densidade de sementeira e dose de nitrogênio ótimos para o Brasil. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de quatro densidades de sementeira, 25, 12, 8 e 6 plantas m^{-1} e quatro doses de N, 0, 50, 100 e 150 $kg\ ha^{-1}$ com quatro repetições e no plantio de safra no cerrado, na produtividade e em variáveis biométricas de Amarantho. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planatina/DF, e foi realizado em delineamento experimental de blocos ao acaso e esquema fatorial, 4x4 (quatro densidades de sementeira, 25, 12, 8 e 6 plantas m^{-1} e quatro doses de N, 0, 50, 100 e 150 $kg\ ha^{-1}$), com quatro repetições. Determinaram-se os pesos de matéria seca, de panícula e de grãos, altura de plantas, diâmetro de caule e comprimento e largura de panícula. Os resultados mostraram que, para pesos de matéria seca, panícula e grãos, as maiores densidades de plantio, no geral, apresentaram as mesmas tendências oferecem melhores respostas, enquanto para altura de planta, comprimento e largura de panícula e diâmetro de colmo, quanto maior o número de plantas por área, menores são os valores obtidos. Quando observadas as dosagens de N isoladamente, para os pesos de matéria seca, panícula, grãos e altura de planta a dose máxima aplicada, de 150 $kg\ ha^{-1}$, gerou os melhores resultados. Todos os parâmetros, com exceção da largura de panícula, apresentaram interação entre a densidade de plantio x doses de N significante. Níveis crescentes de N, até a dose de 150 $kg\ ha^{-1}$, no geral em todas as densidades, produzem resposta linear no rendimento de grãos de amarantho. Houve efeito das doses de N e/ou densidades de plantas nos teores de P, Mg, Cu e Fe na biometria do amarantho.

PALAVRAS-CHAVE: adubação nitrogenada, cerrado, biometria, *Amaranthus cruentus*.

ABSTRACT - The Amaranth is a granífera with growth characteristics, establishment and production with great promise and potential for an increase in its cultivation. However, due to the lack of information about management for commercial production, there is the lack of a standard planting density and optimum dose of nitrogen to Brazil. The objective of this study was to determine the effect of planting density and nitrogen doses at productivity and biometric variables Amaranth. The experiment was conducted at Embrapa Cerrados in Planatina / DF, and had the experimental design was randomized block s with factorial design 4x4 (four seeding, 25, 12, 8 and 6 plants per meter and four doses of N, 0, 50, 100 and 150 kgha⁻¹), with four replicates. For the analyzes were determined: dry weights, and grain panicle, plant height, stem diameter and panicle length and width. The results showed that for the dry weights, panicle and grain, the higher planting densities, in general, showed the same trends provide better results, while for plant height, panicle length and width and stem diameter, the higher the number of plants per area, smaller values are obtained. It was observed that when the dosage of N individually to the weight of dry matter panicles, plant height and grain the highest dose applied of 150 kgN ha⁻¹, yielded the best results. All parameters, except the width of the panicle showed interaction between planting density x N rates significantly. Increasing levels of N up to a dose of 150 kg ha⁻¹ in general for all densities, producing a linear response in yield of amaranth. There was an effect of N rates and / or plant densities in the levels of P, Mg, Cu and Fe in the biometrics of amaranth.

KEY WORDS: nitrogen fertilization, savannah, biometrics, *Amaranthus cruentus*.

7. INTRODUÇÃO

O uso de novas espécies é importante para compor a diversidade de sistemas produtivos. A escolha dessas espécies se deve a características como rapidez de crescimento, tolerância à deficiência hídrica, alta relação C/N e diversidade de utilização (RIVERO, 1994; SPEHAR, et al., 1997) e o amaranto apresenta características bastante promissoras nesses aspectos. O amaranto pode ser utilizado na proteção do solo e como forragem, no período de entressafra e os grãos destinam-se à alimentação humana e animal.

Além disso, a facilidade de crescimento em temperaturas elevadas e em condições de baixa pluviosidade, a presença de algumas variedades que expressam tolerância a sais e a toxicidade de alumínio em solo ácido, são fatores importantes para a introdução do amaranto no sistema de produção em solos sob cerrado (ERASMO et al., 2004), além disso, vários genótipos de *Amaranthus cruentus* também apresentam alta estabilidade de produção e adaptação a diferentes condições ambientais (GARCIA-PEREYNA et al., 2011).

O amaranto possui alto valor proteico nos grãos (14 a 16%), além de ser rico em lisina, arginina e histidina, é rico em fibras e minerais (ERASMO et al., 2004; GIMPLINGER et al., 2008) e o *Amaranthus cruentus* pode ser suplementado à farinha de trigo, aumentando seu valor nutricional em Fe de até 2.3 vezes (SANZ-PENELA & LAPARRA, 2012)

A planta pode atingir cerca de 2 metros de altura em três meses e possui elevada capacidade de produção de biomassa, que pode ser utilizada como forragem (SPEHAR et al., 2003) de alta qualidade nutricional (AYNEHBAND, 2008). Talvez por causa dessa peculiaridade, o amaranto tem registrado rendimentos em massa seca de 4,5 ton/ha, em poucas semanas (TEUTÔNICO & KNORR, 1985) e rendimento de grãos de 5 ton/ha (BAMBRILLA et al., 2008).

No Brasil, a depender da cultivar e das condições ambientais, tem-se obtido produtividades entre 1000 e 2359 kg/ha (DOMINGOS et al., 2005; SPEHAR et al., 2003), em condições de solo de cerrado. No sul do país, tem se obtido produtividades de até 4,5 ton/ha (BRAMBILLA et al., 2008). Nos EUA, MYERS (1994 apud BRENNER, 2000) e na Índia (BRENNER, 2000) foram obtidas produtividades de 0,22 a 4,1 ton/ha. No Brasil, em solos anteriormente cultivados com soja, na região do DF, obtiveram-se produtividades entre 1,0 a 3,0 ton/ha (SPEHAR, 1998).

O amaranto pode ser introduzido no sistema de produção, em solo de cerrado e, como está sendo introduzido em local diferente daquele onde foi domesticado, em geral, não possui ataque de pragas e doenças (SPEHAR et al., 2003).

Para a produção comercial, o melhor desempenho da safra deve ser desejável por meio de mudanças nas práticas culturais. A definição de densidade de plantio e aplicação de adubos orgânicos e fertilizantes deve contribuir para melhorar o desempenho agrônômico e produção da cultura, dentre eles o nitrogênio, que é um elemento requerido em grandes quantidades pela planta (ERASMO et al., 2004) e sua deficiência causa amarelecimento nas folhas e diminuição do crescimento das plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Há poucos trabalhos no Brasil (BAMBRILLA et al., 2008) e em outros locais do mundo (ERLEY et al., 2005) que estudam o efeito da adubação nitrogenada no desenvolvimento e na produtividade do amaranto e há trabalhos mostrando pouco efeito (BAMBRILLA et al., 2008) ou até nenhum efeito (POSPSIL et al., 2006) dessa. Além disso, há ainda poucas informações sobre a densidade de plantas mais adequada para o desenvolvimento da cultura, bem como sua produtividade (GUILLEN-PORTAL et al., 1999) e tem-se obtido acréscimo da produtividade e desenvolvimento do amaranto com o aumento da densidade de plantas (PEIRETTI & GESUMANIA, 1998) e há outras pesquisas mostrando nenhum efeito (MYERS, 1996).

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de diferentes doses de N e densidades de plantio, na produtividade e na biometria do amaranto, em solo de cerrado.

8. MATERIAL E MÉTODOS

Anteriormente à instalação do experimento, a área foi cultivada com quinoa, amaranto e soja. A análise química e a textura do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química e granulométrica do solo antes da instalação do experimento, no ano de 2010.

Ano	pH	Ca	Mg	K	Al	P	MO	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
	(H ₂ O)	mmol _c dm ⁻³			mg kg		g kg	g kg ⁻¹			
2010	6,15	3,61	5,37	135,5	0,02	21,4	2,12	70	350	140	440

Em novembro de 2010, a área foi preparada com aração e gradagem. A adubação foi feita no dia do plantio com 500 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-20.

O experimento foi instalado em dezembro de 2010, na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, localizada na BR 020, Km 18 e delimitada pelas coordenadas geográficas 47°54'10''W e 15°43'52''S. A área se encontra a 1.040 m do nível do mar, possui clima do

tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, com inverno seco e verão quente, precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 21°C. O solo do local é classificado como Latossolo vermelho distoferrico típico argiloso.

A semeadura foi feita manualmente, nas linhas, em dezembro de 2010, utilizando-se o cultivar BRS Alegria. Cada parcela continha quatro linhas, com três metros cada e o seu tamanho foi de 4,8 m² (3m x 1,6m). A densidade de plantio foi elevada para permitir o desbaste. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,4 metros.

O desbaste, para obtenção da densidade de plantio desejada para cada parcela, foi feito manualmente, com o auxílio de uma tesoura de poda, 15 dias após a adubação, quando as plantas possuíam, aproximadamente, 20 cm de altura.

As plantas floresceram aos 45 dias após o plantio. A colheita foi feita aos 90 dias após a semeadura, ao final do enchimento dos grãos. A colheita foi feita manualmente, com auxílio de facão e foice, nas duas linhas centrais de cada parcela, sendo que foi colhido um metro linear de cada uma das duas linhas.

Nas Figuras 1 e 2 (Anexo), é mostrado o desenvolvimento da cultura aos 15 dias após a emergência das plantas e no enchimento de grãos.

8.1. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 4x4, com quatro doses de N, 4 densidades de plantio e 4 repetições, totalizando 64 parcelas. As doses de N foram: 0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹ na forma de sulfato de amônio (25% de N) na linha de plantio, aos 15 dias após a emergência da plântula. A aplicação foi feita no fim de tarde e logo após, a área foi irrigada por aspersão. As densidades de plantio foram: 6 (150 000 plantas/ha), 8 (200 000 plantas ha⁻¹), 12 (300 000 plantas ha⁻¹) e 25 (625 000 plantas ha⁻¹) plantas por metro linear. O desbaste foi feito aos 15 dias após a emergência das plantas, quando estas tinham uma altura de 20 cm.

8.2. Avaliações

O caule e as folhas foram separados das panículas colocados em sacos de papel e levados à estufa a 65°C, por 72 horas, até atingir peso constante.

Para a pesagem das panículas - inflorescência que se caracteriza por um cacho composto, em que os ramos vão decrescendo, da base para o ápice - foi feita primeiramente a

remoção dos grãos. Uma vez separadas, as panículas foram levadas a uma estufa a 65°C e, posteriormente, pesadas.

Os grãos foram pesados com umidade de 13% e os dados obtidos foram transformados para kg/ha⁻¹ e foram feitas as análises de macro e micronutrientes.

8.3. Análises

Foram feitas análises de variância dos seguintes parâmetros: peso seco de caule e folhas, peso panículas e de grãos (produtividade). Além disso, foram determinados: altura de plantas, diâmetro de caule e comprimento e largura de panícula.

Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Além disso, foi feita a correlação de Pearson, utilizando-se os dados individuais de cada parâmetro analisado.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para peso de matéria seca de caule e folhas (PMS), tanto as doses de N quanto as densidades de plantio mostraram efeito significativo. O mesmo nível de significância foi observado para o resultado da interação doses de N x densidade (Tabela 2).

Quanto ao peso de panícula (PP), o resultado não foi significativo para a densidade, porém, verificou-se significância para doses de N e a interação doses de N x densidade de plantio.

O peso de grãos (PG) e a altura de plantas (AP) responderam à densidade de plantio e às doses de N, assim como para a interação entre os dois fatores.

O comprimento de panícula (CP) e o diâmetro de caule (DC) mostraram não ser influenciados pelas doses de N, porém para a densidade de plantas e a interação densidade x doses de N, houve efeito significativo.

Para a largura de panícula (LP), apenas a densidade de plantas mostrou diferença significativa.

Tabela 2 – Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrados médios e níveis de significância para as características avaliadas.

FV ¹	GL	Quadrado Médio						
		PMS	PP	PG	AP	CP	LP	DC
Densidade (A)	3	1008834.77**	532505.68 ns	805781.46**	0.088056**	225.34**	173.58**	0.30**
Dose de N (B)	3	719767.58**	1737904.03* *	2069596.74**	0.149722**	24.20 ns	37.47 ns	0.02 ns
AxB	9	956581.23**	1085975.91* *	1112122.64**	0.041389**	40.94**	28.30 ns	0.12**
CV(%)	-	12.25	13.15	9.75	1.99	7.12	17.99	7.21

*PMS – peso de matéria seca; PP – peso de panícula; PG – peso de grãos; AP – altura da planta; CP – comprimento de panícula; LP – largura de panícula; DC – diâmetro do caule.

A interação entre doses de N e densidades de plantio (Tabela 3), para o peso seco de folhas e caule, mostrou que na dose de 150 kg ha⁻¹ obteve-se o maior peso seco de folhas e caule na densidade de 25 plantas m⁻¹. Enquanto o menor valor foi obtido com a dose 100 kg ha⁻¹ na mesma densidade.

Na densidade de 12 plantas m⁻¹ o peso de caule e folhas foi semelhante independente da dose de N. Na densidade de 8 plantas m⁻¹, a dose de 150 kg ha⁻¹ apresentou o maior peso de folhas e caule, com diferença significativa entre os outros tratamentos. Já na densidade de 6 plantas por metro, todas as doses de N apresentaram menor peso de folhas e caule que o tratamento sem adubação nitrogenada, o que de que nesta densidade existe um menor número de plantas.

O aumento do número de plantas por área demonstrou limitar o peso seco de caule e folhas por planta, em amaranto, conforme também observado por Weber (1989). Porém, as parcelas com 25 plantas m⁻¹, ainda assim, apresentaram maiores valores para peso total de matéria seca por parcela.

Dentro de cada dose de N, em geral, o maior peso de caule e folhas por ha, foi obtido entre 12 e 25 plantas m⁻¹ e os menores valores nas densidades de 6 e 8 plantas m⁻¹. Por planta, certamente o resultado seria o contrário.

Tabela 3 - Peso de Matéria Seca de folhas e caule (kg ha⁻¹) em amaranto em diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	2468,79BCab	2916,75Ba	1893,42Cb	3673,33Aa
12	2045,00Bbc	2918,37Aa	2654,42Aba	2437,88ABbc
8	1749,42Bc	1887,33Bb	1832,87Bb	2861,00Ab
6	2932,71Aa	2020,92Bb	2148,92Bab	1873,33Bc

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

O *A. cruentus*, representa a espécie que possui a maior altura de planta, diâmetro do caule e diâmetro da inflorescência. Esse fato leva a inferir que esta espécie é grande produtora de matéria seca (CARMO & AGUIAR, 2000). A cultura do amaranto, pela biomassa produzida de folhas e caules, poderia ser utilizada em sistema de plantio direto na região dos cerrados, por sua estabilidade na produção de grãos e biomassa, principalmente na safrinha (ERASMO et al., 2004). Além disso, as folhas podem ser usadas na alimentação animal, mas recomenda-se que sejam utilizadas aquelas mais jovens e que possuem menor concentração de substâncias fitotóxicas (MUSA et al., 2011).

Na Figura 1 (A a D), estão apresentadas as respostas da produção de caule e folhas em função das doses de N para cada densidade de plantio. A densidade de 25 plantas por metro apresentou o menor coeficiente de determinação. Na densidade de 12 plantas por metro, houve diminuição do peso de folhas e caule, a partir da dose de 100 kg ha⁻¹, por outro lado na densidade de 8 plantas por metro, houve aumento do peso de caule e folhas a partir desta dose, observou-se um comportamento de aumento de peso seco com o aumento da dosagem de N. Na densidade de 6 plantas m⁻¹, houve diminuição dos pesos, a partir de 50 kg ha⁻¹.

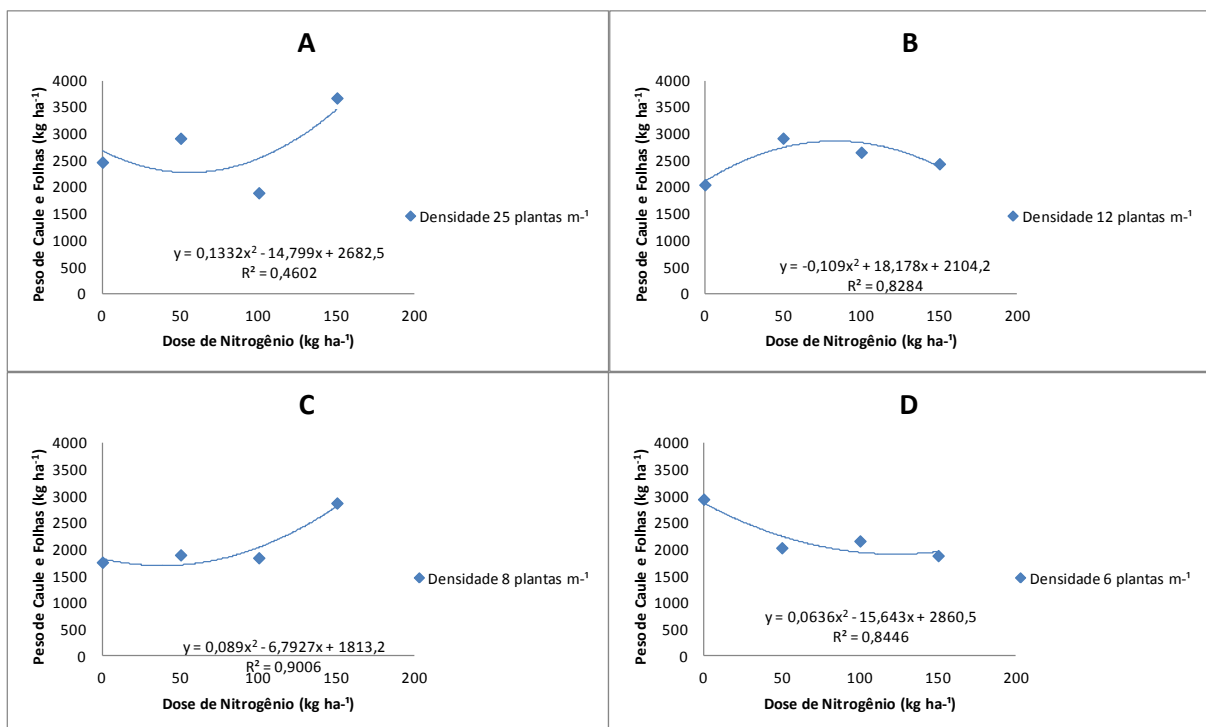


Figura 1 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de caule e folhas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro

Para o peso de panícula (Tabela 4), entre as doses de N e na densidade de 12 plantas m⁻¹, em geral, o tratamento sem adubação nitrogenada apresentou menor peso que aqueles

com 50, 100 e 150 kg ha⁻¹. Para a densidade de 6 plantas por metro, o peso de panícula da dose zero de N foi semelhante ao peso das doses 100 e 150 e maior que na dose de 50 kg ha⁻¹. Na densidade de 8 plantas por metro linear, o peso de panícula foi semelhante entre as doses 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ e superior na dose de 150 kg ha⁻¹. Nas densidades de 25, 12 e 8 plantas por metro, os maiores resultados foram obtidos na dose de 150 kg ha⁻¹.

Tabela 4 - Peso de panícula (kg ha⁻¹) em amaranto em diferentes doses de N e densidades de plantas ha⁻¹.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	2837,91BCb	3502,91ABa	2111,66Cb	3920,00Aab
12	2746,25Bb	3746,25Aa	3645,41ABa	4297,91Aa
8	2600,41Bb	3260,00ABa	3363,33ABa	4166,25Aa
6	3895,41Aa	2815,41Ba	3491,66ABa	3156,66ABb

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Com relação ao peso de panícula, dentro da dose de 50 kg ha⁻¹, não houve diferença significativa entre as diferentes densidades de plantas. Para a dose de 100 kg ha⁻¹, a densidade de 25 plantas por metro apresentou menor peso de panícula que as outras densidades de plantas. E para a dose de 150 kg ha⁻¹, a densidade de 6 plantas por metro apresentou menor peso de panícula que as densidades de 8 e 12 plantas por metro.

O aumento da população de plantas entre 12 e 25 plantas por metro, no geral, resultou em diminuição do peso das inflorescências (panículas), esse resultado corrobora com o já encontrado por Fitterrer (1996). Este fato pode ter ocorrido pela maior competição por nutrientes pelas plantas.

Na Figura 2 (A a D), o comportamento do peso de panícula em função das doses de N para cada densidade de plantas foi diferente. A regressão entre as doses de N e o peso de panícula para cada densidade de plantas, mostrou que as melhores relações foram entre as densidades de 8 e 12 plantas por metro linear e apresentaram altos valores de r², de 0,82 e 0,94, respectivamente, e observou-se aumento do peso de panículas com o aumento das doses de N; já para as outras densidades de plantas, o coeficiente de determinação foi extremamente baixo.

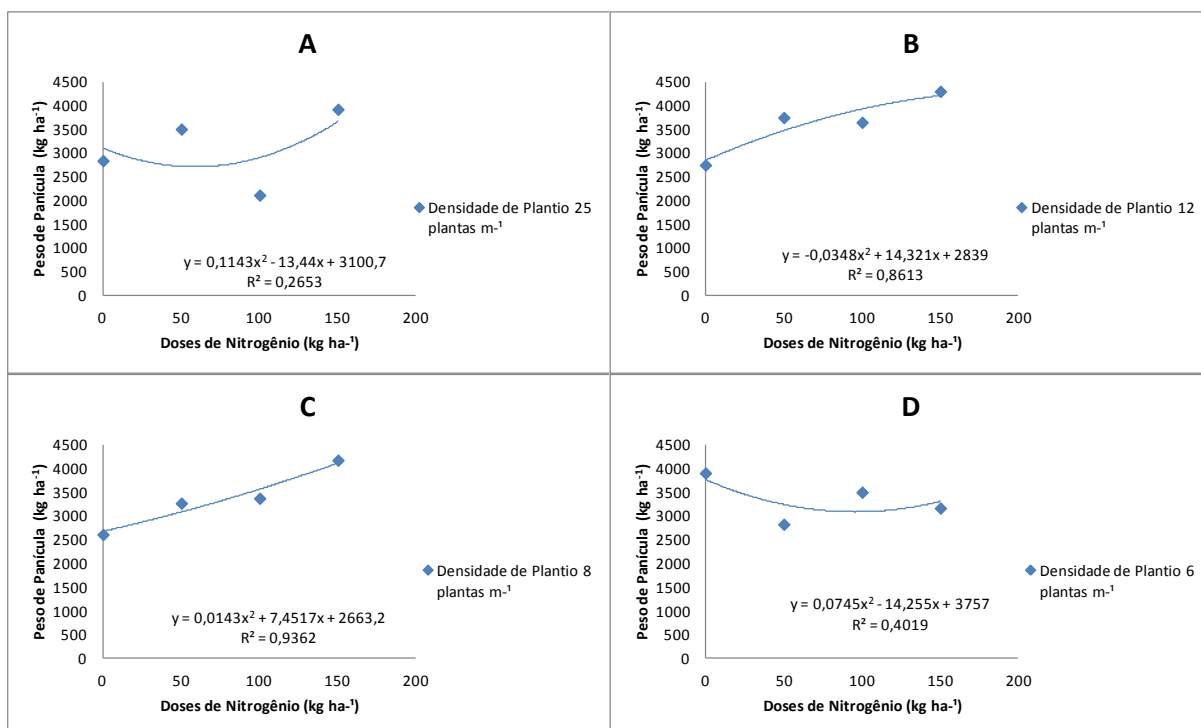


Figura 2 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de panículas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro

Na produtividade de grãos (Tabela 5), para as densidades de 12 e 8 plantas por metro, as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ apresentaram produtividade semelhante à dose zero de N e, somente a dose de 150 kg ha⁻¹, apresentou maiores valores. Para a densidade de 25 plantas por metro linear as doses de 50 e 150 kg ha⁻¹ apresentaram as maiores produtividades. Dentro de cada dose de N, em geral, as maiores produtividades foram obtidas nas densidades de 25 e 12 plantas por metro linear.

Tabela 5 - Peso de grãos (kg ha⁻¹) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	2382,50Ba	3006,66Aa	1396,25Cc	3572,91Aa
12	2508,75Ba	2930,00Ba	2860,00Ba	3692,50Aa
8	2120,00Ba	2608,33Ba	2096,66Bb	3323,75Aa
6	2635,41ABa	1584,16Cb	2982,50Aa	2372,08Bb

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Vários autores têm obtido um aumento do rendimento dos grãos com o aumento da densidade de plantas (PEIRETTI & GESUMARIA, 1998) e este fato, normalmente, é afetado pelas condições ambientais (HENDERSON et al., 2000). Por outro lado, há trabalhos mostrando pouca alteração de produtividade em diferentes faixas de população de plantas, ou

até nenhuma resposta para rendimento de grãos relacionado à densidade de plantas (MYERS, 1996). Guillen-Portal et al. (1999) sugerem que a planta compensa as variações ambientais, com a alocação de mais energia aos órgãos reprodutivos da planta, restringindo o diâmetro do caule e minimizando o efeito da competição por água e radiação solar. Em trabalho desenvolvido na Bolívia com *A. caudatus*, Apaza-Gutierrez et al. (2002) observaram que, com o aumento da densidade de plantas, foi obtido um acréscimo no rendimento dos grãos/ha. Porém, o rendimento dos grãos/planta diminuiu a partir do aumento da densidade de plantio. Esse decréscimo está relacionado à competição entre plantas. Weber (1990) afirma que em populações excessivamente elevadas, a competição por umidade e os nutrientes reduz o rendimento de grãos.

Resultados de pesquisas que determinem o espaçamento ideal da cultura para se obter a máxima produtividade tem sido inconclusivos (ROBINSON, 1986). A resposta do rendimento de grãos à densidade de plantas mostrou ser influenciada pelo ambiente, pelas espécies e cultivares (PUTNAM, 1990; EDWARDS & VOLAK 1980; HAAS 1983). Robinson (1986) relatou uma diminuição na produção em uma população superior a 210.000 plantas ha⁻¹. No entanto, Haas (1983) identificou uma densidade de plantas ideal muito superior, entre 323.000 e 360.000 plantas ha⁻¹.

Quanto ao efeito da dose de N na produtividade de amaranto, POSPISIL *et al.* (2006) avaliaram a produtividade por dois anos e obtiveram resposta à adubação nitrogenada, apenas no ano de 2003, quando o clima estava seco e com condições desfavoráveis à mineralização de N. Em anos cujas variáveis climáticas se apresentaram favoráveis e em solos bem supridos de N, o amaranto pode ser cultivado sem adubação nitrogenada ou com aplicação de 50 kg ha⁻¹. Olaniyi et al. (2008) obtiveram incremento no rendimento dos grãos com o aumento das doses de N de 0 até 45 kg ha⁻¹ e diminuição em 60 kg ha⁻¹ para as duas variedades testadas. Em outros trabalhos desenvolvidos no Brasil e no mundo, o *Amaranthus cruentus* respondeu pouco à adubação nitrogenada (BAMBRILLA et al., 2008; POSPISIL et al, 2006) e sugere-se que esta planta pode ser utilizada, inclusive em sistema orgânico de produção (POSPISIL et al, 2006).

Na Figura 3 (A a D), são apresentadas as regressões entre as doses de N e a produtividade da cultura. A produtividade de grãos respondeu de forma diferente, de acordo com as densidades de plantas. A densidade de 6 plantas m⁻¹, apresentou um r² = 0,06 (ns). As densidades de 12 e 8 plantas por metro apresentaram os maiores coeficientes de determinação.

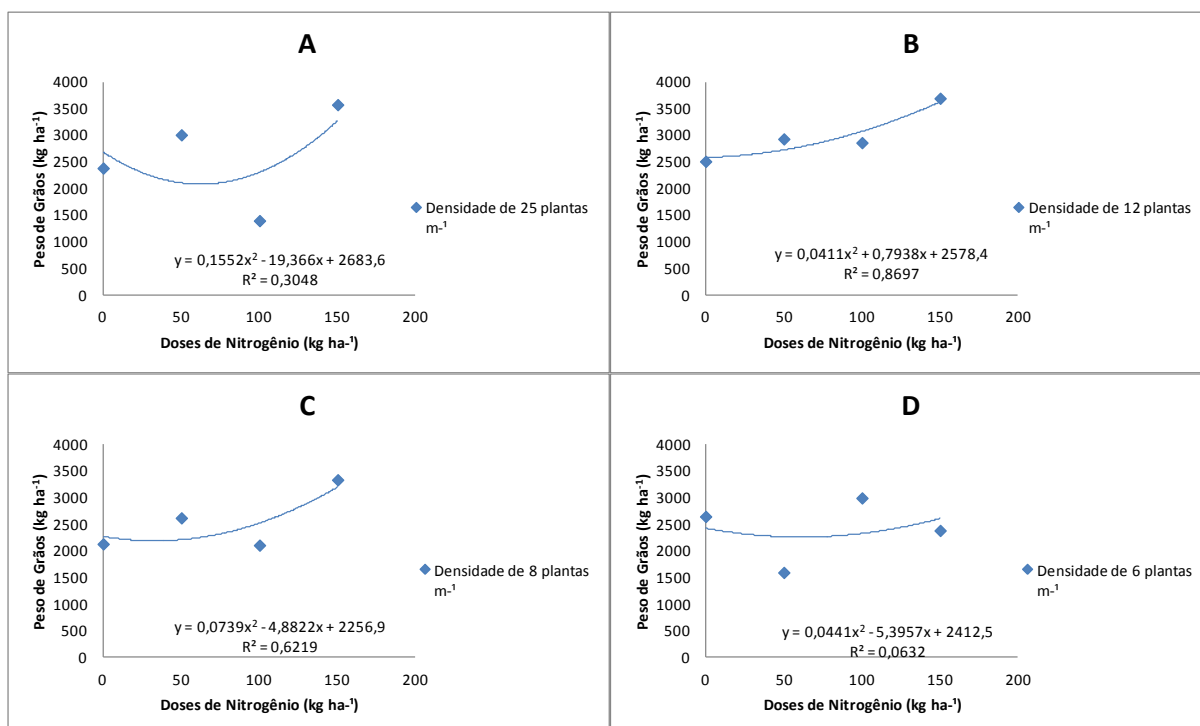


Figura 3 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de grãos para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.

Possivelmente, a baixa densidade de plantas pode ter provocado a lixiviação de nitrato ou a volatilização de amônia, pois as alterações do nitrogênio no solo são bastante rápidas e complexas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Nas densidades de 12 e 8 plantas por metro, houve resposta quadrática à adubação nitrogenada, com aumento de até 100 kg/ha entre as doses de 100 e 150 kg ha⁻¹. Já para a densidade de 25 plantas/metro, o coeficiente de determinação foi muito baixo ($r^2 = 0,30$). Um baixo coeficiente de determinação também foi obtido para a produção de matéria seca e caule, nesta mesma densidade de plantas (Figura 1A).

Com relação à altura de plantas, em geral, houve efeito da adubação nitrogenada neste parâmetro e as doses de 50 e 150 kg ha⁻¹ promoveram maior altura de plantas.

Dentro de cada dose de N, dependendo da interação densidade x dose, a altura foi bastante diferenciada. Na dose zero, destacaram-se as densidades de 12 e 6 plantas por metro, na de 50 kg ha⁻¹, destacou-se a densidade de 8 plantas por metro, na de 100 kg ha⁻¹, a melhor densidade foi a de 12 plantas por metro linear e na de 150 kg N há⁻¹, destacou-se a densidade de 6 plantas por metro.

Tabela 6 - Altura de planta (m) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	1,20Db	1,50Ab	1,30Cd	1,40Bd
12	1,40Ca	1,46Bb	1,73Aa	1,50Bc
8	1,20Cb	1,60Aa	1,40Bc	1,56Ab
6	1,40Ca	1,50Bb	1,50Bb	1,73Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A altura de plantas (Tabela 6), em geral, variou entre 1,20 a 1,73 cm e estes valores são considerados valores médios para essa cultivar, de acordo com SPEHAR (2003). No Sul do Brasil, Bambrilla et al. (2008) encontraram valores maiores, portanto, a diferença pode estar ligada às condições ambientais e/ou à fertilidade do solo.

Em média, para todas as dosagens de N, a densidade de 25 plantas por metro linear apresentou menores alturas de planta e a densidade de 6 plantas por metro linear as maiores. Percebe-se, também, que para todas as densidades, em media, os menores valores foram observados na dosagem de zero kg ha^{-1} , enquanto que os maiores valores encontram-se na dosagem de 150 kg ha^{-1} .

A maior altura de plantas (1,73m) foi obtida na densidade com o menor número de plantas (6 plantas por metro linear) e do menor resultado (1,35m) na densidade com o maior número de plantas (25 plantas por metro linear). Resultados semelhantes também foram observados por Maluf (1999) para *A. cruentus*. A morfologia das plantas reflete o grau de competição entre elas, conforme já descrito por outros autores (GUILLEN-PORTAL, 1999). Por outro lado, Popsil et al. (2006) avaliaram a altura de plantas por três anos consecutivos e sob três doses de N (0, 50 e 100 kg ha^{-1}) e não obtiveram efeito da doses de N na altura de plantas em dois dos três anos de estudo e a altura máxima obtida foi de 2,07 m.

O comportamento observado da altura de plantas difere-se daquele obtido por Brambilla et al. (2008), pois no presente trabalho a resposta à adubação nitrogenada foi linear, enquanto naquele, a resposta foi quadrática. No trabalho citado, o nitrogênio foi aplicado até a dose de 200 kg N ha^{-1} e, esta não promoveu aumento da altura de plantas. Para a cultivar BRS Alegria, Domingos et al., (2005) obtiveram altura máxima das plantas aos 60 dias após a emergência das plantas, entre 1,0 e 1,3 m, dependendo da formulação de NPK.

A altura de plantas é um importante parâmetro para a colheita mecanizada (ERASMO et al., 2004), além da estabilidade da produção de grãos, sob diferentes condições ambientais.

A regressão entre as doses de N e as diferentes densidades de plantas mostrou, novamente, um baixo coeficiente de determinação para a densidade de 25 plantas /metro linear (Figura 4 A a D).

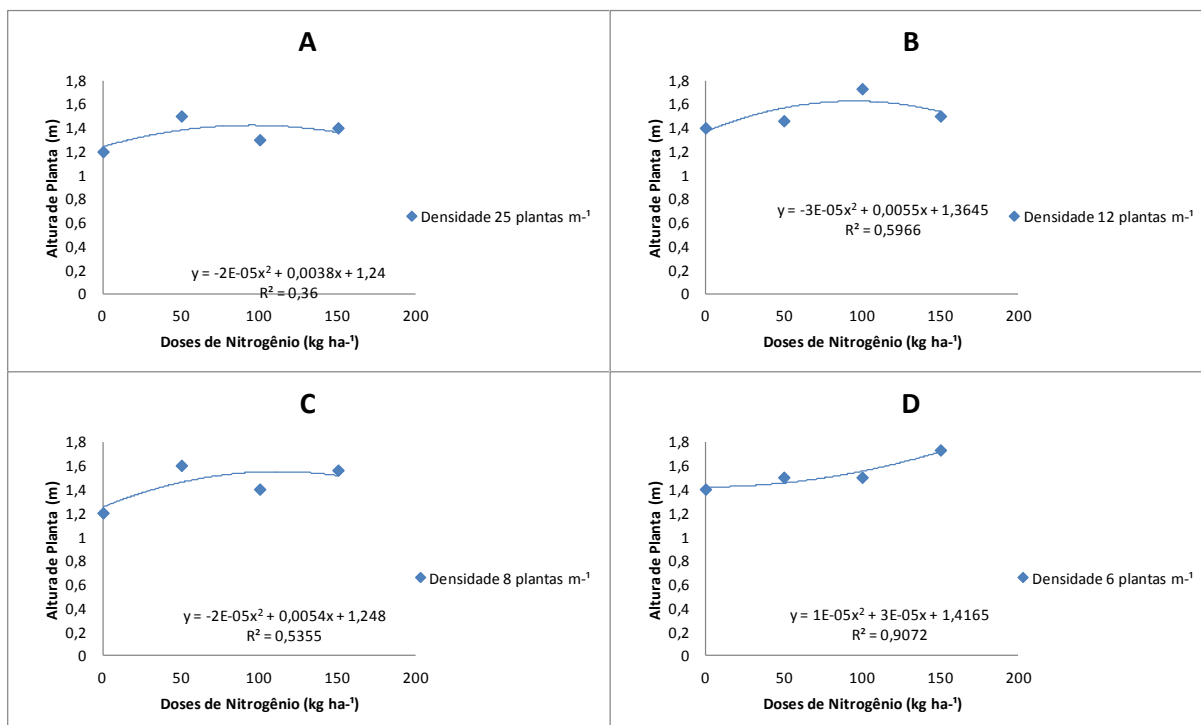


Figura 4 - Regressão entre as doses de nitrogênio e a altura de plantas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.

Para o comprimento de panícula (Tabela 7), em geral, os melhores resultados obtidos foram aqueles com adubação nitrogenada. Nas doses de 0 e 150 kg ha⁻¹, as densidades que promoveram maior comprimento de panícula foram as de 8 e 6 plantas por metro linear e na dose de 50 kg ha⁻¹, não houve diferença significativa entre as densidades de plantio. Plantas com maior espaçamento entre si tendem a terem menor competição por água, luz e nutrientes, e conseqüentemente, apresentarem panículas com maior desenvolvimento.

Tabela 7 - Comprimento de panícula (cm) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	33,66Bb	40,66Aa	37,00ABb	37,00ABb
12	38,66Bb	46,33Aa	47,16Aa	41,33ABb
8	46,66Aa	46,66Aa	43,00Aab	49,33Aa
6	48,16ABa	43,33Ba	42,00Bab	51,00Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O tamanho da panícula reflete o ambiente onde se desenvolve a planta: população, fertilidade do solo, estresse hídrico, época de semeadura.

Na Figura 5, são apresentadas as regressões entre as doses de nitrogênio e o comprimento de panículas para cada densidade de plantas. As densidades de 6 e 12 plantas por metro apresentaram os maiores coeficientes de determinação, mas com tendências opostas; na de 12 plantas, após a dose de 100 kg ha⁻¹ houve diminuição do comprimento das panículas, por outro lado, para a densidade de 6 plantas por metro, houve um aumento do comprimento, a partir da dose de 100 kg ha⁻¹.

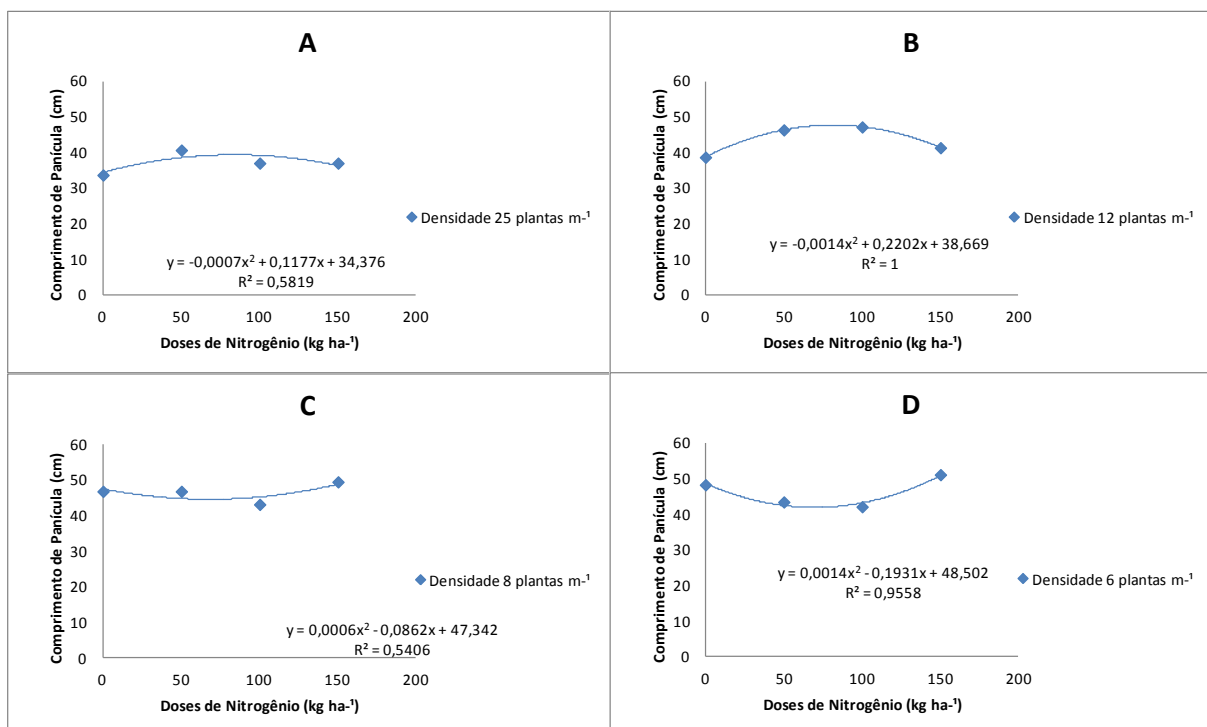


Figura 5 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o comprimento de panícula para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.

Quanto à largura de panícula (Tabela 8), foi o único parâmetro em que não houve interação entre doses de N e a densidade de plantas. A adubação nitrogenada não alterou a largura da panícula, mas a densidade de 25 plantas por metro promoveu menor largura de panícula que as demais densidades de plantas. Para as densidades de 12, 8 e 6 plantas m⁻¹, os resultados foram superiores e estatisticamente semelhantes.

Tabela 8 - Largura de panícula (cm) nas diferentes densidades de plantio (plantas por metro linear)

Densidades de plantio	Largura de Panícula
	MÉDIAS
25	21,83b
12	27,91a
8	28,83a
6	30,58a

*Médias seguidas pela mesma minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Figura 6 apresenta a regressão entre a largura de panícula e a densidades de plantio. Pode-se observar um comportamento de diminuição de largura com o aumento da densidade de plantas. A competição entre plantas pode ser um fator contribuinte para esse comportamento.

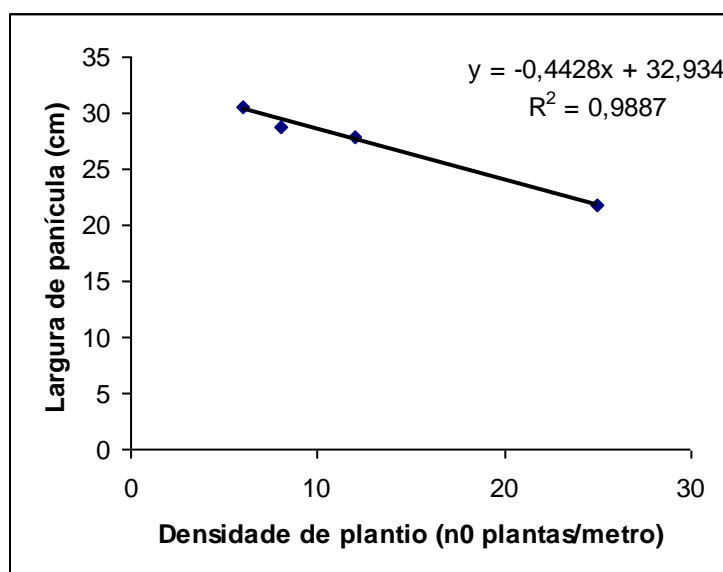


Figura 6 – Relação Densidade de plantio (nº plantas/metro) e Largura de panícula (cm)

Deve-se observar que assim como a altura de plantas (Figura 4), o comprimento de panícula (Figura 5) e o diâmetro do caule (Figura 7), quanto maior a densidade de plantas, menores os valores de largura de panícula. Essa diminuição é relacionada, possivelmente, à maior competição entre plantas por água e nutrientes. É provável, que o resultado de rendimento de grãos por planta, caso fosse medido, também apresentasse um decréscimo em seu valor.

Com relação ao diâmetro de caule (Tabela 9), na densidade de 6 plantas m⁻¹, em geral, este parâmetro foi aumentando, proporcionalmente às doses de N. Na densidade de 12 plantas m⁻¹, os maiores diâmetros de caule ocorreram nas doses de 50 e 100 kg ha⁻¹. Assim como para o peso de panícula, o diâmetro de caule variou bastante entre as outras doses de N e densidades de plantas.

Tabela 9 - Diâmetro de caule (cm) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	1,40Aab	1,46Aa	1,10Bc	1,26ABb
12	1,26Bb	1,63Aa	1,53Ab	1,16Bb
8	1,60Aba	1,60ABa	1,43Bb	1,73Aa
6	1,46Cab	1,50BCa	1,90Aa	1,73ABa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

O aumento da população de plantas resultou diminuição do diâmetro do caule, como já foi observado anteriormente por Fitterer (1996). Essa alteração pode ser devido à competitividade entre plantas, o que pode ter provocado um maior diâmetro de caule (1,65 cm) nas parcelas com menor número de plantas por metro linear.

O diâmetro do caule é importante por relacionar-se com o tombamento das plantas, que, no presente experimento, não ocorreu. É provável que, no amaranto, a densidade de plantas seja mais importante na determinação do diâmetro do caule do que a adubação (HENDERSON et al., 2000; APAZA-GUTIERREZ et al., 2002).

A regressão entre as doses de N e o diâmetro do caule são apresentadas na Figura 7 (A a D) e o maior coeficiente de determinação foi obtido na densidade de 12 plantas por metro, mostrando um aumento entre as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ e diminuição a partir destas doses.

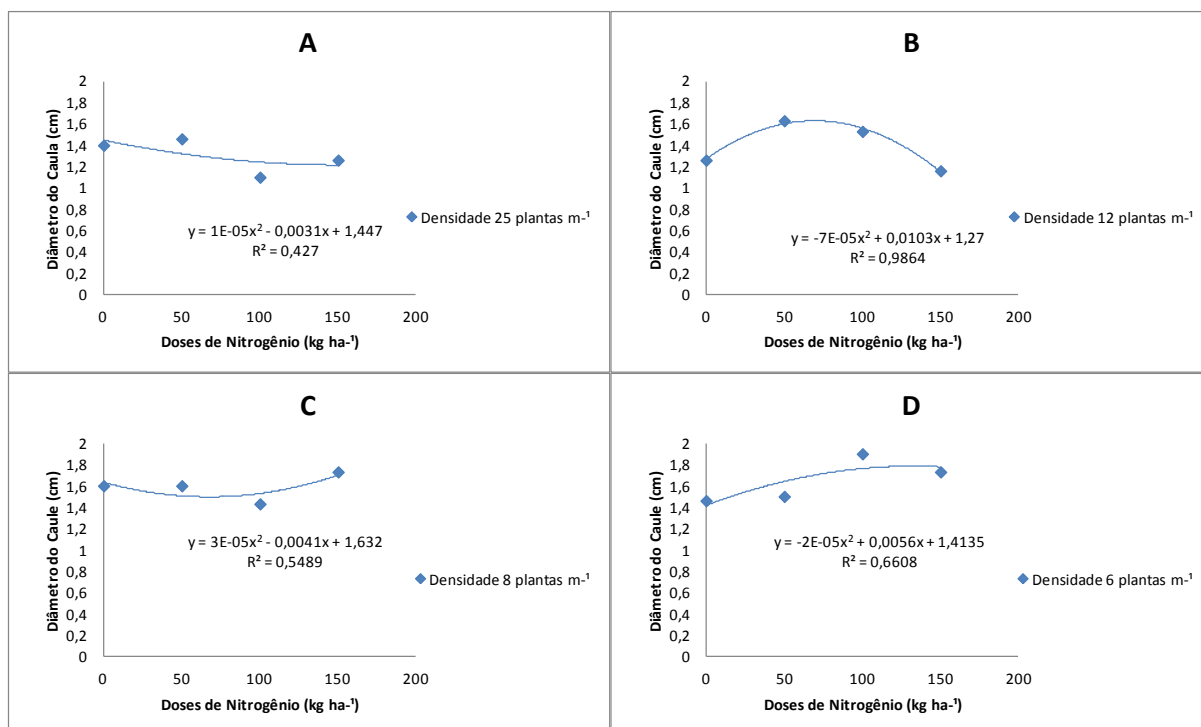


Figura 7 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o diâmetro do caule para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro.

9.1. Correlações de Pearson

Os dados de correlação de Pearson (Tabela 10) mostraram que a altura de plantas correlacionou-se positivamente com comprimento de panícula (0,532), largura de panícula (0,528), diâmetro do colmo (0,416) e peso de panícula (0,353). O comprimento de panícula correlacionou-se com a largura de panícula e o diâmetro do colmo. A largura de panícula correlacionou-se com o comprimento de panícula e diâmetro do colmo. O peso de matéria seca (folhas e caule) correlacionou-se com o peso seco de panícula e o peso de grãos.

Tabela 10 - Correlação de Pearson entre os parâmetros estudados, agrupando-se as doses de N e as densidades de plantio.

	Altura de Planta	Comprimento de Panícula	Largura de Panícula	Diâmetro de Colmo	Peso de Matéria Seca	Peso de Panícula	Peso de Grãos
Altura de Planta	1	,532(**)	,528(**)	,416(**)	,067	,353(*)	,256
Comprimento de Panícula		1	,598(**)	,500(**)	-,082	,189	,065
Largura de Panícula			1	,537(**)	-,217	,161	,021
Diâmetro de Colmo				1	-,111	,226	,088
Peso de Matéria Seca					1	,540(**)	,599(**)
Peso de Panícula						1	,769(**)
Peso de Grãos							1

**Correlações significativas a 1% ; *Correlações significativas a 5%

Há poucos trabalhos correlacionando características agronômicas em amaranto, mas Teixeira et al. (2002) também observaram correlação entre a altura de plantas e diâmetro do caule, porém não obtiveram correlação entre os parâmetros de biometria com a produtividade do amaranto. Por outro lado, Apaza-Gutierrez et al. (2002), consideram que o diâmetro do caule tem grande efeito na produtividade de grãos. No presente trabalho, a produtividade correlacionou-se positivamente com o peso de matéria seca de folhas e grãos e o peso de panículas.

9.2. Macro e Micronutrientes

Em geral, não houve efeito das densidades de plantas e das doses de N no teor de macro e micronutrientes nos grãos. Os teores de Cu e Fe foram afetados pelas densidades de plantas e houve interação significativa entre as doses de N e o teor de P (Tabela 11).

Houve interação significativa entre as densidades de plantas e as doses de N, para o teor de proteína, Mg e P nos grãos.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância e níveis de significância para as variáveis avaliadas no experimento, de acordo com a fonte de variação (FV), para os teores de nutrientes nos grãos.

FV ¹	GL	Quadrado Médio								
		Proteína	Ca	K	Mg	Zn	P	Cu	Mn	Fe
Densidade (A)	3	41.52**	0.01	0.0037	0.0021	10.06	0.018ns	7.35**	390.72	335150.31
Dose de N (B)	3	89.55	0.01	0.0091	0.0044	6.53 ns	0.056*	0.88 ns	339.65	143632.83
AxB	9	17.82*	0.02	0.017	0.015*	7.20 ns	0.037*	0.78 ns	211.25	75833.43
CV(%)	-	12,67	45,00	12,36	26,69	11,20	13,47	20,52	24,31	51,96

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Tabela 12, são apresentados os teores de K, Ca, e Zn e não houve diferença significativa das doses de N para nenhum dos nutrientes analisados, assim como para Cu e Fe. Por outro lado, a densidade de plantas por metro, alterou os teores de Cu e Fe (Tabela 13). Para os teores de Cu, a densidade de 25 plantas por metro apresentou maiores valores (8,25 mg kg⁻¹) que as densidades de 8 e 6 plantas por metro. Já para os teores de Fe, a densidade de 12 plantas por metro apresentou maiores valores que a densidade de 6 plantas por metro.

Como há poucas informações sobre a composição organo-mineral em grão de amaranto, optou-se por apresentar todos os dados obtidos, inclusive aqueles em que não houve diferenças significativas entre as doses de N e densidade de plantas.

Tabela 12 - Teor de macro e micronutrientes em grãos de *Amaranthus cruentus*, sob diferentes densidades de plantas por metro e doses de nitrogênio

Densidade de plantas	K (dag kg ⁻¹)				Média
	0	50	100	150	
25	0,86	0,83	0,77	0,87	0,83a
12	0,82	0,75	0,87	0,86	0,82a
8	0,96	0,75	0,88	0,83	0,86a
6	0,76	0,87	0,87	0,80	0,82a
Média	0,85A	0,80A	0,86A	0,84A	
	Ca (dag kg ⁻¹)				
	0	50	100	150	
25	0,36	0,37	0,27	0,37	0,35a
12	0,27	0,47	0,27	0,25	0,32a
8	0,32	0,32	0,25	0,27	0,29a
6	0,40	0,25	0,35	0,37	0,34a
Média	0,34A	0,35A	0,29A	0,32A	
	Zn (mg kg ⁻¹)				
	0	50	100	150	
25	28,94	29,65	29,63	31,80	29,96a
12	29,35	28,30	31,27	30,67	29,90a
8	29,40	27,90	31,87	28,27	29,36a
6	28,60	28,72	27,30	28,37	28,25a
Média	29,06A	28,64A	30,05A	29,78A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 13 - Teor de cobre (Cu) e ferro (Fe) em grãos de *Amaranthus cruentus*, sob diferentes densidades de plantas por metro e doses de nitrogênio

	Cu (mg kg ⁻¹)				
	0	50	100	150	
25	8,00	8,50	8,50	6,67	8,25a
12	6,5	6,75	6,75	7,00	7,50ab
8	6,5	6,25	6,25	6,75	6,50b
6	6,5	6,50	6,5	6,25	6,75b
Média	6,94A	7,00A	6,67A	7,25A	
	Fe (mg kg ⁻¹)				
	0	50	100	150	
25	627,50	516,75	450,67	1036,50	657,85ab
12	848,00	584,00	841,67	777,50	762,92a
8	438,75	470,25	607,50	560,00	519,12ab
6	435,50	375,00	441,32	496,50	437,08b
Média	587,44A	486,62A	585,29A	717,62A	

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Houve interação significativa entre as doses de N e as densidades de semeadura no teor de proteína nos grãos. (Tabela 14). Nas densidades de 25 e 12 plantas m⁻¹, a dose de 150 kgha⁻¹ apresentou o maior teor de proteína (23,50%) e as outras doses foram semelhantes entre si, inclusive em relação à dose 0 kg N ha⁻¹.

Para a densidade de 8 plantas/metro, a dose de 50 kg ha⁻¹ apresentou o maior valor (24,12%), significativamente maior que as doses de 0 e 100 kg ha⁻¹ já na densidade de 6 plantas, as doses de 100 e 150 kg ha⁻¹ apresentaram maiores valores que a dose 0 kg ha⁻¹.

Dentro das doses de N, as doses 0 e 150 kg ha⁻¹ não apresentaram valores com diferença significativa entre si; para a dose de 50 kg ha⁻¹, os maiores valores foram obtidos nas densidades de 8 e 6 plantas/metro, comparados à 25 e 12 plantas/metro; para a dose de 100 kg ha⁻¹, a densidade de 6 plantas/metro apresentou 24,60% de proteína e diferiu-se estatisticamente dos demais valores.

Tabela 14 - Teor de proteína (N) (%) em amaranto em diferentes doses de N (kg ha⁻¹) e densidades de plantas ha⁻¹.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	15.97Ba	16.95Bb	16.10Bb	22.96Aa
12	17.21Ba	16.20Bb	18.09ABb	23.50Aa
8	16.75Ba	24.12Aa	18.06Bb	21.31ABa
6	17.06Ba	21.60ABab	24.60Aa	25.71Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Na Figura 8, são apresentadas as regressões entre as doses de N e os teores de proteína, para cada densidade de plantas. As densidades de 12 e 6 plantas m⁻¹ apresentaram os maiores coeficientes de determinação, ou seja, houve um aumento do teor de proteína a partir de 50 kg ha⁻¹.

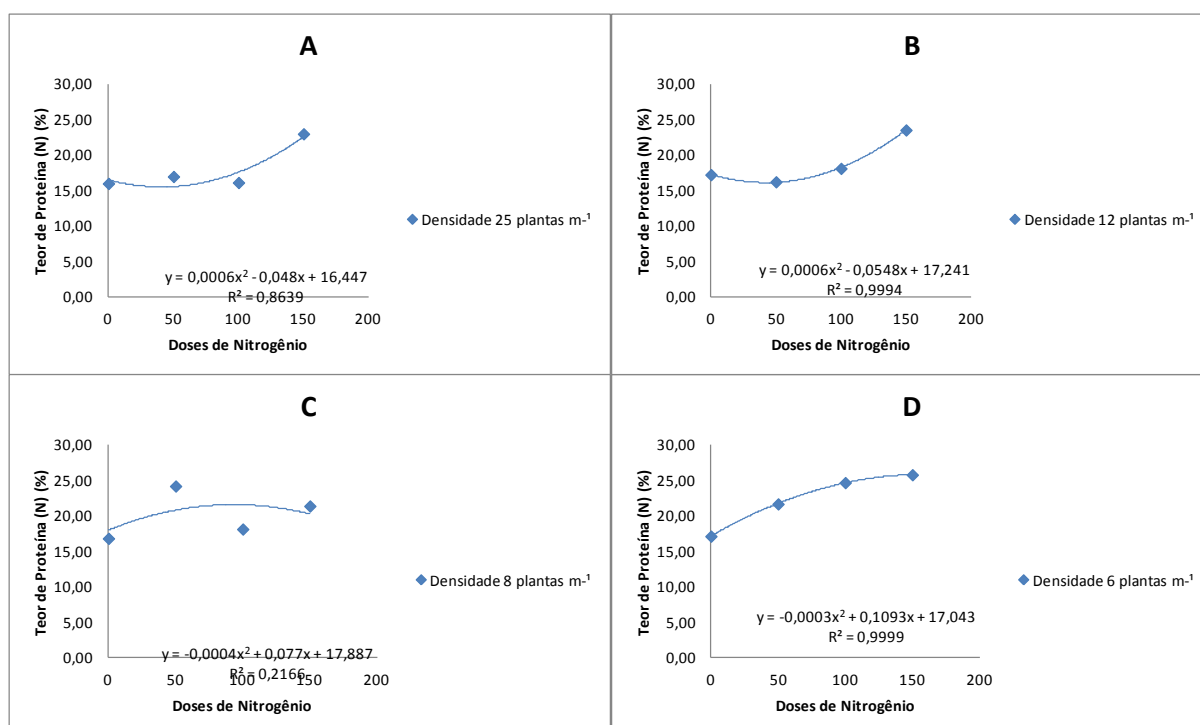


Figura 8 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o teor de proteína para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro.

O teor de proteína nos grãos de *A. cruentus* pode variar de 14,8 a 16,8% (KAUR *et al.*, 2010) e a cultura é considerada nutricionalmente semelhante à soja pela sua riqueza em proteínas e aminoácidos (GORINSTEIN *et al.*, 2002). A composição mostra que até 6,9% da proteína é lisina, e 4,4% são aminoácidos sulfurados. Estes dois grupos de aminoácidos representam o que há de mais limitante em quase todos os grãos (TEUTONICO & KNORR, 1985). Além deste fato, a proteína apresenta um alto valor biológico. Há autores que observaram correlação entre o teor de proteínas nos grãos e as doses de 90 e 180 kg N ha⁻¹ (SHOWEMINO E OLAREWAJU, 2004). O teor de proteína na cultura do amaranto é maior que na do milho, que pode variar de 7,5 a 10,5% entre as doses 0 a 210 kg N/ha, respectivamente (FERREIRA *et al.*, 2001) e menor que na cultura da soja, que pode variar entre 33 e 36% (CAIRES *et al.*, 2003). Sabe-se que o nitrogênio absorvido pelas plantas liga-se com os esqueletos de carbono produzindo aminoácidos que resultam em proteínas armazenadas nos tecidos vegetais (FERREIRA *et al.* 2001).

Houve interação significativa entre as doses de N e as densidades de semeadura no teor de P nos grãos (Tabela 15). Assim como para o Fe, para o P, na densidade de 25 plantas/metro a dose de 100 kg N ha⁻¹ apresentou o menor valor e o único estatisticamente diferente.

Tabela 15 - Teor de fósforo (P) (dag kg⁻¹) em amaranto em diferentes doses de N (kg ha⁻¹) e densidades de plantas ha⁻¹.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	0.99ABa	1.12Aab	0.81Ba	0.96ABa
12	1.04Aa	0.87Ab	0.99Aa	0.93Aa
8	1.03Aa	1.05Aab	1.04Aa	0.98Aa
6	1.14Aa	1.13Aa	1.00ABa	0.82Ba

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Na Figura 9 (A a D), são apresentadas as regressões entre as doses de N e o teor de P para cada densidade de plantas. Somente as densidades de 6 e 8 plantas por metro apresentaram altos coeficientes de determinação.

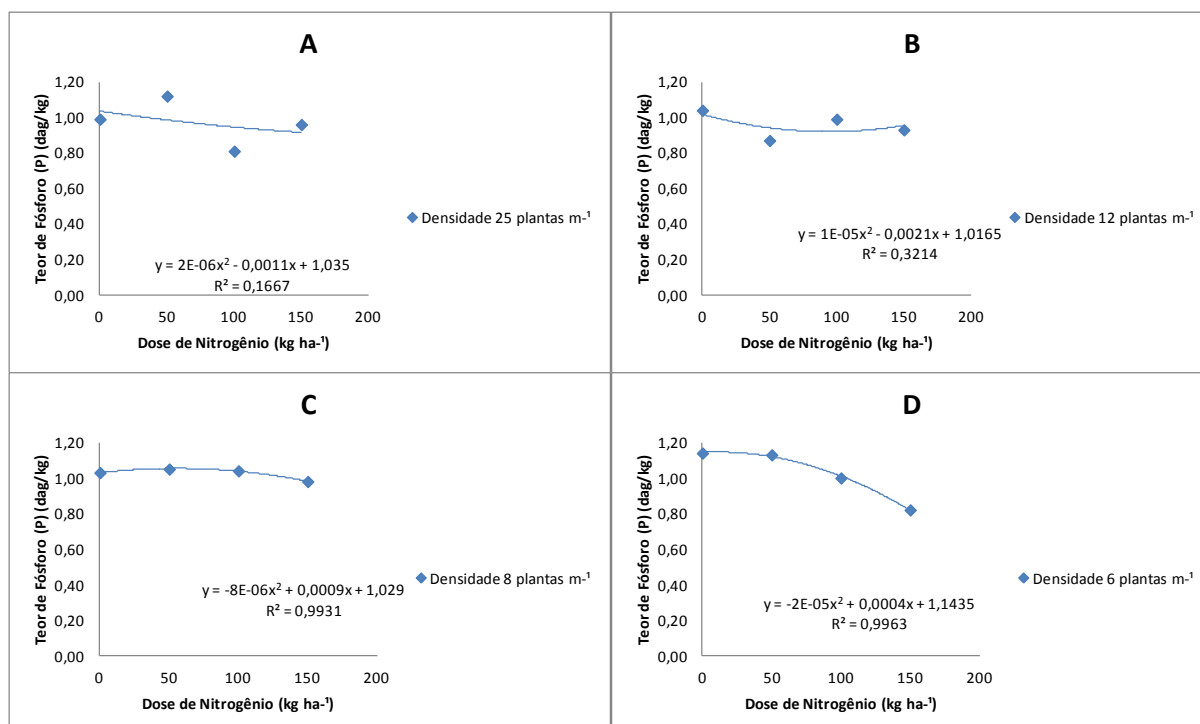


Figura 9 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o teor de fósforo (P) para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro.

Foi observada interação significativa entre as doses de N e as densidades de semeadura no teor de Mg nos grãos. (Tabela 16). Assim como para o Fe e P, na densidade de 25 plantas m^{-1} a dose de 100 $kg\ ha^{-1}$ apresentou o menor valor e o único estatisticamente diferente.

Tabela 16 - Teor de magnésio (Mg) ($dag\ kg^{-1}$) em amaranto em diferentes doses de N ($kg\ ha^{-1}$) e densidades de plantas ha^{-1} .

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	0.38Aa	0.32Aa	0.16Bb	0.30ABa
12	0.30Aab	0.30Aa	0.30Aab	0.27Aa
8	0.37Aa	0.25Aa	0.30Aab	0.32Aa
6	0.22Ab	0.30Aa	0.35Ab	0.27Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Figura 13 (A a D) são apresentadas as regressões entre as doses de N e os teores de Mg nos grãos. As densidades de 25 e 8 plantas por metro apresentaram a mesma tendência de resposta. Nas densidades de 12 e 6 plantas por metro houve uma diminuição a partir da dose de 100 $kg\ ha^{-1}$.

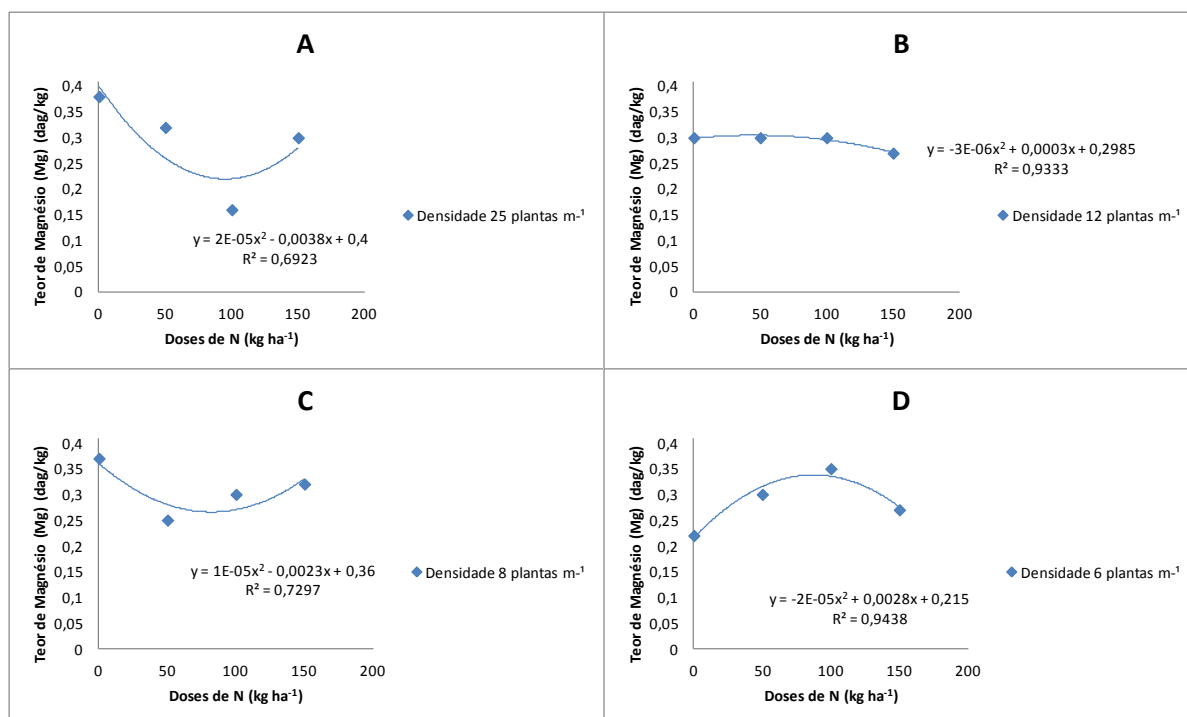


Figura 10 - Regressão entre as doses de nitrogênio e o teor de Magnésio (Mg) para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro.

Não foram encontrados na literatura dados sobre os teores de nutrientes em grãos de *Amaranthus cruentus*, mas comparando os teores obtidos no experimento aos teores de nutrientes na cultura do milho, obtidos por Ferreira et al. (2001) sob diferentes doses de N, os teores K, Ca, Zn, Cu, Fe, P e Mg foram bem menores no milho que no amaranto.

10. CONCLUSÕES

1. Para pesos de matéria seca, panícula e grãos, maiores densidades de plantio, no geral, apresentaram as mesmas tendências e oferecem melhores respostas, enquanto para altura de planta, comprimento e largura de panícula e diâmetro de caule, quanto maior o número de plantas por área, menores são os valores obtidos.
2. Para os pesos de matéria seca, panícula, grãos e altura de planta, o amaranto responde linearmente à N até a dose de 150 kg ha⁻¹.
3. Todos os caracteres, a exceção da largura de panícula, responderam à densidade de plantio em função das doses de N..
4. Houve efeitos das doses de N e/ou densidades de plantas nos teores de P, Mg, Cu e Fe.

11. ANEXOS



Figura 11 – Amarantho BRS Alegria aos 15 dias após a emergência



Figura 12 - Amarantho BRS Alegria no período de enchimento de grãos

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APAZA-GUTIERREZ, V., A. Romero-Saravia, F.R. Guillen Portal, D.D. Baltensperger. 2002. Response of grain amaranth production to density and fertilization in Tarija, Bolivia. p. 107 -109. In: J. Janick and A. Whipkey (Eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.

AYNEBAND, A. Cultivar and nitrogen splitting effects on amaranth forage yield and weed community. Pakistan Journal of Biological Science, v. 11, p.80-85, 2008.

BRAMBILLA, T. R.; CONSTANTINO, A. P.; OLIVEIRA, P. S. Efeito da adubação nitrogenada na produção de amaranto. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.29, n.4, p. 761-768, out./dez. 2008

BRENNER, D. Genetic resources and breeding of amaranthus. *Plant Breeding Reviews*, New York, v. 19, p. 227-286, 2000.

CAIRES, E. F; FERRARI, R. A; MORGANO, M. A. Produtividade e qualidade da soja em função da calagem na superfície em semeadura direta. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.2, p.283-290, 2003

DOMINGOS, V. D.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, J. I. C.; CAVALCANTE, G. D.; SPEHAR, C. R. Crescimento, produção de grãos e biomassa de cultivares de amaranto (*Amaranthus cruentus*) em função de adubação com NPK. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 29-39, sep./dec. 2005.

EDWARDS, A.D; VOLAK, B. Grain amaranth: optimization of field population density, p. 91-94. In: Proc. 2nd Amaranth Conference. Rodale Press, Emmaus, PA, 1980.

ERASMO, E. A. L.; DOMINGOS, V. D.; SPEHAR, C. R.; DIDONET, J.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, A. M. Avaliação de cultivares de amaranto (*Amaranthus spp.*) em sistema plantio direto no sul de Tocantins. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 171-176, jan./apr. 2004.

ERLEY, G. S.; KAUL, H.P.; KRUSE, M.; AUFHAMMER, W. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, v. 22, p.95-100, 2003.

FERREIRA, M. B. O.; LACA-BUENDIA, J. P. C; MACEDO, G. A. R. Frequência densidade e abundancia de espécies de cerrado x Latossolo vermelho-amarelo na fazenda Santa Rita – EPAMIG. Prudente de morais, M. G. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30, Campo Grande. Resumos, Campo Grande: n. 2, v. 1, p. 78-79, 1979.

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 Agricola*, v.58, n.1, p.131-138, jan./mar. 2001

FERREIRA, D. F. Sisvar versão 4.3. Lavras: DEX-UFLA, 2003.

FITTERER, S.A., Johnson, B.L., Schneiter, A.A., 1996. Grain amaranth harvest timeliness in eastern North Dakota. In: Janick, J. (Ed.), *Progress in New Crops*. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 220–223.

GARCIA-PEREYRA, J. VALDÉS-LOZANO, C.G.S.; ALEJANDRE-ITURBIDSE, G.; FIERRO, I.V.; GÓMEZ, O.G.A. Interacción genótipo x ambiente y análisis de estabilidad em genótipos de amaranto (*Amaranthus* spp.). *Oyton*, v.60, p. 167-173, 2011.

GIMPLINGER, D.M.; DOBOS, G.; SCHONLECHNER, R.; KAUL, H.P. Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria. *Plant Soil Environment*, v. 53, p.105-112, 2007.

GORINSTEIN, S.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; HARUENKIT, R.; WEISZ, M.; TRAKHTENBERG, S. Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *Journal fo the Science of Food and Agriculture*, v. 82, p.889-891, 2002.

GUILLEN PORTAL, F.R., BALTENSPERGER D.D, NELSON L.A. (1999): Plant population influence on yield and agronomic traits in Plainsman grain amaranth. In: Janick J. (Ed.): *Perspectives on New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria: 190 – 193.

HAAS, P.W. Amaranth density report. Rodale Research Center Report No. RRC/NC-83-8. Rodale Press, Emmaus, PA, 1983.

HENDERSON, T.L., JOHNSON, B; SCHNEITER, A, RIVELAND, N; SCHATZ, B.G. Production of amaranth in the Northern Great Plains. In: *Alternative crop and alternative crop production research: a progress report*. North Dakota State Univ., Fargo, 1991.

HENDERSON, T.; JOHNSON, B; SCHNEITER, A. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agron. J.*, 92: 329 – 336, 2000.

MALUF, A.M. competição intra-específica entre *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L., *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.8, p.1319-1325, ago. 1999

MOREIRA, F.M. DE S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: editora UFLA, 2006. p. 729.

MUSA, A.; OLADIRAN, J.A.; EZENWA, M.I.S.; AKANYA, H.O.; OGBADOYL, E.O. The effects of applied nitrogen fertilizer and leaf positions on levels of micronutrients, anti-nutrients and toxic substances in *Amaranthus cruentus*. *African Journal of Biotechnology*, v.10, p.9857-9863, 2011.

MYERS, R. L. 1994. Regional amaranth variety test. *Legacy* 7:5-8 1994

MYERS, R. L. Amaranth: New crop opportunity. In: JANICK, J., ed. *Progress in new crops*. Alexandria, ASHS Press, 1996. p.207-220.

OLANIYI, J.O; ADELASOYE, K.A; JEGEDE, C.O. Influence of Nitrogen Fertilizer on the Growth, Yield and Quality of Grain Amaranth Varieties. *World Journal of Agricultural Sciences* 4 , 2008. p. 506-513.

PEIRETTI, E.G., GESUMARIA, J.J., Influencia de la distancia entre líneas sobre el crecimiento y rendimiento de amaranto granífero (*Amaranthus* spp.) *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales* 13, 1998. p. 139–151.

POSPISIL, A.; POSPISIL, M.; VARGA, M.; SVECNJAK, Z. Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. *European Journal Agronomy*, v.25, p.250-253, 2006.

PUTNAM, D.H. Agronomic practices for amaranth, p. 151-162. In: *Proc. 4th National Amaranth Symposium*. Rodale Press, Emmaus, PA, 1990.

RISI, J.J.M.C. Adaptation of the Andean grain crop quinoa for cultivation in Britain. University of Cambridge, Cambridge, p.14 – 338, 1986.

RIVERO, J. L. L. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. La Paz: Instituto Nacional del Desarrollo Experimental, 1994. 457 p.

ROBINSON, R.G. Amaranth, quinoa, ragi, tef and niger: tiny seeds of ancient history and modern interest. Station Bul. AD-SB-2949. Agr. Expt. Sta., Univ. of Minn., St. Paul, 1986.

SANS-PENELLA, J.M.; LAPARRA, J.M. Bread supplement with amaranth (*Amaranthus cruentus*): Effect of phytates on *in vitro* iron absorption. Plant Foods Human Nutrition, v. 67, p.50-56, 2012.

SHOWEMINO, E.A.; OLEREWAJU, J.D. Growth analysis, protein and yield of vegetable amaranth under varying nitrogen fertilizer levels and contrasting season. Nigerian Journal of Horticultural Science, v.9, p.29-34, 2004.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B.; SOUZA, P. I. M. Novas plantas de cobertura para o sistema de produção de grãos. In: Seminário Internacional Sobre o Sistema de Plantio Direto, 2., 1997, Passo Fundo. Anais Passo Fundo: Embrapa/CNPT, 1997. p. 169-172, 1997.

SPEHAR, C. R. Production systems in the savannas of Brazil: key factors to sustainability. In: LAL, R. (Ed.). Soil quality and agricultural sustainability. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998. p. 301-318.

SPEHAR, C. R. Amarantho BRS Alegria – Alternativa para diversificar os sistemas de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, n. 1, p. 85 – 91, 2003.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R. Diferenças entre o pseudocereal amarantho e espécies de planta daninha, Amaranthaceae. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. (Comunicado Técnico, 69).

TEUTONICO, R.A.; KNOOR, D. Amaranth; compositions, properties and applications of a rediscovered crop. Food Tchnology, Chicago, v.39, n.4, p. 49-59, 1985.

WEBER, L.E., APPLGATE, W.W., JOHNSON, D.L., NELSON, L.A., PUTNAM, D.H., LEHMAN, J.W., 1989. Amaranth Grain Production Guide. Rodale Press, Emmaus, PA.

WEBER, L.E. Amaranth grain production guide. Rodale Press, Emmaus, PA, 1990.