



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE AMARANTO BRS ALEGRIA EM
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

VINICIUS NOGUEIRA GUIMARÃES

BRASÍLIA - DF
2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE AMARANTO BRS ALEGRIA EM
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

VINICIUS NOGUEIRA GUIMARÃES

BRASÍLIA - DF

2013

VINICIUS NOGUEIRA GUIMARÃES

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE AMARANTO BRS ALEGRIA EM
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentada à banca examinadora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária como exigência final para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Spehar

BRASÍLIA - DF
2013

Universidade de Brasília — UnB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária — FAV
Curso de Agronomia

TÍTULO: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE AMARANTO BRS ALEGRIA EM
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

GRADUANDO: Vinicius Nogueira Guimarães

Trabalho de conclusão de curso submetido à Banca Examinadora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília, para aprovação como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Data da Aprovação: ___/___/___

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

CARLOS ROBERTO SPEHAR, Ph.D. Universidade de Brasília
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(ORIENTADOR) e-mail: spehar@unb.br

MARCELO FAGIOLI, Dr. Universidade de Brasília
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(EXAMINADOR) e-mail: mfagioli@unb.br

PEDRO PAULO LEMOS, M.Sc. Fitopatologia Universidade Federal de Viçosa – UFV
Doutorando do Departamento de Fitopatologia – UnB
(EXAMINADOR) e-mail: pedropflemos@gmail.com

Brasília - DF, 18 de julho de 2013.

Universidade de Brasília — UnB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária — FAV
Curso de Engenharia Agrônômica — Bacharelado

Coordenador(a): Prof. Dr. Ana Maria Resende Junqueira

Banca examinadora composta por:

Prof. Ph.D. Carlos Roberto Spehar (Orientador) — FAV/UnB

Prof. Dr. Marcelo Fagioli — FAV/UnB

M.Sc., doutorando, Pedro Paulo Ferreira Lemos — FIT/UnB

CIP — Catalogação Internacional na Publicação

GUIMARÃES, Vinicius Nogueira.

Desempenho agrônômico de Amarantho BRS Alegria em diferentes densidades populacionais / Vinicius Nogueira Guimarães, orientação de Carlos Roberto Spehar – Brasília, 2013.

35f. ; il.

Monografia de Graduação em Agronomia - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2013.

1. Densidade 2. *Amaranthus cruentus* 3. Características agrônômicas 4. Rendimento 5. Índice de colheita. I. Spehar, C. R. II. Ph.D.

Referência Bibliográfica

GUIMARÃES, V. N. **Desempenho agrônômico de Amarantho BRS Alegria em diferentes densidades populacionais**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 35f. Monografia.

Cessão e Direitos

É cedida a Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de graduação, tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor se reserva os outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Vinicius Nogueira Guimarães

Endereço: Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte
CEP 70910-900
Brasília-DF — Brasil

“Veni, vidi, vici.”
“Vim, vi, venci.”

Júlio César

Dedico esse trabalho a meus pais Uziel e Roseny Guimarães,
e irmãos Victor Nogueira e Anderson Rodrigues
por todo amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a Deus, por ter me sustentado, guardado e dado forças para superar todas as dificuldades e problemas encontrados.

A toda minha família pelo seu amor e carinho, por não terem exercido nenhuma pressão negativa ou contrária aos meus estudos e sim por terem me apoiado incondicionalmente.

Ao meu orientador, Professor Ph.D. Carlos Roberto Spehar, pela paciência, colaboração e pelos preciosos ensinamentos.

Aos amigos e colegas que participaram dessa jornada juntamente comigo. Em especial aos grandes amigos Rony Souza e Filipe Viana pelos momentos de descontração e peripécias.

Aos preciosos colegas e amigos que me ajudaram nesse trabalho: Patrícia Rodrigues Costa, Pedro Paulo (Pedrim), Vinicius Dias, Karol Gomes, Juliana Souza, Gabriel Quaresma, Thiago Campos, Túlio Martins Campos, Maycon Laia e Raul Brasileiro.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa e da Estação Experimental de Biologia, ao Professor Dr. Everaldo Anastácio Pereira por ter cedido à área na Estação Experimental tão prontamente.

E também a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, de alguma forma para que esse trabalho pudesse ser feito.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - Origens e usos do amaranto.....	3
2.2 - Metabolismo fotossintético C4.....	4
2.3 - BRS Alegria.....	5
2.4 - Densidade de plantio.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4.1- Análise estatística.....	10
4.2- Efeito de densidade sobre os caracteres agronômicos.....	15
5. CONCLUSÕES	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Densidades populacionais experimentais.....	8
Tabela 2. Análise de variância para características agronômicas em amaranto, cultivar BRS Alegria, cultivado em sete densidades populacionais, na entressafra irrigada. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF, 2012.....	11
Tabela 3. Análise de variância para características agronômicas em amaranto, cultivar BRS Alegria, cultivado em seis densidades populacionais, em semeadura de sucessão. Estação Experimental de Biologia, Brasília, DF, 2013.....	12
Tabela 4. Plantio de entressafra irrigada. Altura de Plantas (Alt. P.), Comprimento de Panícula (C.I.), Largura de Panícula (L.P.), Comprimento de Folha (C.F.), Largura de Folha (L.F.), Diâmetro do Caule (D.C.), Peso Total (P.T.), Peso dos Grãos (P.G.), Índice de Colheita (I.C.), Peso de 1000 grãos (P. 1000).....	13
Tabela 5. Plantio em sucessão. Altura de Plantas (Alt. P.), Comprimento de Panícula(C.I.), Largura de Panícula (L.P.), Comprimento de Folha (C.F.), Largura de Folha(L.F.), Diâmetro do Caule (D.C.), Peso Total (P.T.), Peso dos Grãos (P.G.), Índice de Colheita (I.C.), Peso de 1000 grãos (P. 1000).....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variações no diâmetro do caule (mm) e altura de planta (m) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10 ³ plantas ha ⁻¹ , na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).....	15
Figura 2- Variações de comprimento e largura de panícula (cm) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10 ³ plantas ha ⁻¹ , na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).....	16
Figura 3. Variações comprimento e largura de folha (cm) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10 ³ plantas ha ⁻¹ , na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).....	16
Figura 4. Variações de peso total de matéria seca (kg ha ⁻¹) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10 ³ plantas ha ⁻¹ , na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).....	17
Figura 5. Variações de peso de grãos (kg ha ⁻¹) e índice de colheita (%) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10 ³ plantas ha ⁻¹ , na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).....	18

RESUMO

O amaranto cultivado apresenta características agronômicas desejáveis de produção de biomassa e grãos com potencial para se tornar opção para compor sistemas produtivos no Cerrado, apresentando adaptabilidade às condições climáticas e edafológicas do Brasil Central. Entretanto, há carência de informação sobre o manejo da planta para a produção comercial. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do amaranto (*Amaranthus cruentus*, cultivar BRS Alegria) sob diferentes densidades populacionais e seus efeitos nos caracteres agronômicos e de rendimento, para expressar seu potencial produtivo e aprimorar o manejo da planta. O experimento foi conduzido através do cultivo em dois períodos distintos; o primeiro realizado no período de junho a outubro de 2012, na Fazenda Água Limpa, UnB, e o segundo entre dezembro a março de 2013, na Estação Experimental de Biologia, UnB. Em ambos os períodos, a semeadura foi realizada em sulcos previamente adubados, espaçados em 0,5m com uma elevada densidade de sementes viáveis, para atingir as diferentes populações esperadas em toda a área experimental. Quinze dias após a emergência das plântulas, realizou-se desbaste para gerar sete populações pré-definidas de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10³ plantas ha⁻¹, com três repetições em blocos ao acaso. No segundo cultivo utilizaram-se as seis primeiras populações. Para as análises, determinaram-se: peso de matéria seca, peso de grãos e peso de 1.000 sementes, índice de colheita, altura de plantas, diâmetro de caule, comprimento e largura de panícula e de folha. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,5$). Houve efeito da densidade populacional, verificando-se a mesma tendência nas duas épocas, exceto para peso de 1.000 sementes. De modo geral, as plantas diminuíram significativamente a altura com o aumento da densidade populacional, reduzindo em proporção as características de comprimento e largura da panícula, comprimento e largura da folha, diâmetro do caule e rendimento. Equações de melhor ajuste foram definidas para cada característica, indicando que variações na morfologia da planta e rendimento podem ser estimadas por densidade populacional. Os resultados permitem concluir que a magnitude das diferenças devido ao aumento da densidade populacional é elevada, sendo condicionada à condição peculiar de amaranto como planta C4.

Palavras-chave: *Amaranthus cruentus*, manejo da planta, características agronômicas, rendimento, índice de colheita.

ABSTRACT

Grain amaranth presents desirable agronomic characteristics of yield and biomass production, with potential to become an option, integrating production systems in the savannahs, being adaptable to the soil and climatic conditions of the Brazilian highlands. There is, however, scarce information about plant management for commercial cropping. This work aimed at evaluating the response of grain amaranth (*Amaranthus cruentus*, cultivar BRS Alegria) to different population densities and the effects on agronomic characters and biomass and grain yield to express crop potential and improve plant management. The experiment was repeated in two periods: the first between June and October 2012, at Agua Limpa Farm, and the second conducted from March to December 2013, at Biology Experiment Station, both from the University of Brasilia, Brasília, DF, Brazil. In both periods sowing was carried out in furrows, previously fertilized and equally spaced by 0.5 m with exceedingly high density of viable seeds, to reach expected populations in the experimental field. Fifteen days after sowing, thinning was made to generate seven pre-defined populations of 100, 200, 300, 400, 600, 800 and 1.400 $\cdot 10^3$ plants ha^{-1} , on randomized complete blocs with three repetitions. Each plot was made by two rows, 1.0 m long. In the second sowing, the first six densities were used. For the statistical analyses the following measurements were made: dry matter and grain weight, 1,000 seed weight, harvest index, plant height, stem diameter, panicle and leaf length and width. The data were subject to analysis of variance and means for each trait compared by Tukey test ($P < 0.05$). With the exception of 1,000 seed weight, there was effect of increased population density, confirmed in the two sowing periods. In general, plant height reduced significantly as population density increased, reducing proportionally inflorescence length and width, leaf length and width, stem diameter and yield. Best adjustment regression equations were defined for each trait, indicating variations in morphological traits and yield could be predicted by population density. The results allowed concluding that the magnitude of differences related to increased population density is considerably high and subject to the peculiar C4 condition of grain amaranth.

Key-words: *Amaranthus cruentus*, plant management, agronomic characteristics, yield, harvest index.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Amarantus* compreende várias espécies da família Amaranthaceae cujas folhas e sementes são regularmente consumidas como alimento em diversos países, entre os quais ainda não se inclui o Brasil. As espécies graníferas se destacam pela rapidez de crescimento e produção, possibilitando o cultivo em condições de escassez de umidade na fase reprodutiva (SPEHAR, 2007).

O cultivo de amaranto, ainda incipiente no Brasil, pode ser uma alternativa para a rotação de culturas, diversificando os sistemas produtivos (SPEHAR et al., 2007). Desde sua introdução no Brasil, a partir dos anos 1990, tem crescido a informação sobre o cultivo, criando a necessidade de se ampliar o conhecimento e a tecnologia de produção (SPEHAR et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2003). Espécies de amaranto produtoras de grãos têm sido estudadas com vistas à sua inserção nos sistemas produtivos desenvolvidos para o Cerrado. A obtenção de progênies, com potencial de rendimento em nível de exploração econômica, tem de ser complementada por avaliação do desempenho agrônomo. Sendo a cultivar BRS Alegria, recomendada à produção comercial no Brasil, fruto de trabalho cooperativo entre Universidade de Brasília e Embrapa.

Ao considerar as características do plantio, cultivares de amaranto são, em geral, semeadas diretamente no campo, em raras ocasiões, são transplantadas como mudas (com quatro folhas verdadeiras). A densidade de semeadura depende do método de colheita previsto. Estudos preliminares indicaram que a densidade para diferentes cultivares das espécies *Amaranthus hypochondriacus* e *Amaranthus cruentus* é de 320 mil plantas por hectare, aceitável para a produção, bem como para o manejo da cultura. Na produção de amaranto hortaliça são utilizadas densidades de até 100 plantas por m² (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984).

De acordo com Henderson et al. (1993) para maximizar o rendimento de grãos e aumentar o potencial da cultura de amaranto, a adoção de práticas de cultivo que incluem adubação e densidade de semeadura ajustada para cada cultivar, juntamente com os outros insumos é essencial. Entende-se então a necessidade de estudos de níveis de densidade de plantio que possibilitem aprimorar o manejo da planta de amaranto, visando a produção comercial no Brasil (TEIXEIRA et al., 2003).

Ademais, os amarantos pertencem ao grupo de plantas com metabolismo C4, sendo uma das poucas espécies que não sejam da família Poaceae. Esse metabolismo é uma modificação dos processos fotossintéticos normais que torna eficiente o uso de CO₂ pela fotossíntese. Consequentemente, essas plantas podem converter elevadas quantidades de carbono atmosférico, mesmo com estômatos parcialmente fechados, sendo capazes de fixar o elemento com melhor desempenho do que plantas C3 em condições adversas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984). Como esperado, a eficiência na fixação de carbono aumenta com a maior exposição das plantas à luz C4 (SAGE; ZHU, 2011).

Mediante a escassez de informações sobre níveis de densidade de plantio adequado de amaranto para a região do Brasil-Central, em solos de cerrado, esse trabalho teve objetivo de avaliar os limites populacionais, seus efeitos nos caracteres

agronômicos e de rendimento em amaranto, da cultivar BRS Alegria, a fim de expressar seu potencial produtivo e aprimorar o manejo da planta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Origem e usos do amaranto

O grão de amaranto foi domesticado na América a mais de 4.000 anos atrás por culturas pré-colombianas e de lá possivelmente se espalhou para outras partes do mundo. O amaranto foi usado como legume na América e em outras partes do mundo, da pré-história por muitos povos, mesmo muito antes da sua domesticação como evidenciado por escavações arqueológicas. Em muitas áreas tropicais e subtropicais o amaranto foi uma variedade de planta importante, especialmente por suas folhas, sendo cultivada e utilizada com milho, feijão e abóbora pelos astecas, no Vale do México, pelos Maias na Guatemala e os incas na América do Sul, no Peru, Bolívia e Equador, com batatas, milho e quinoa (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Das várias espécies de amaranto, três foram selecionados ao longo dos anos como a escolha para o consumo humano e animal. *A. hypochondriacus* (pena do príncipe) e *A. cruentus* (amaranto roxo) são comumente cultivados para grãos, enquanto *A. tricolor* (tampala) é cultivado principalmente para as folhas. A quarta, *A. caudatus* é um terceiro tipo de espécies de grãos, embora seja frequentemente cultivado mais como um ornamental. Quando usado como tipo grão, variedades de *A. caudatus* são mais bem adaptados para as terras tropicais altas. Outros amarantos vegetais são representados por *A. dubius*, *A. blitum* e *A. cruentus* (amaranto roxo), as espécies daninhas são representados por *A. retroflexus* (caruru), *A. albus* (cardo) e *A. spinosus* (espinhoso amaranto) (O'BRIEN; PRICE, 2008).

Apesar de grão de amaranto ser uma cultura das Américas, há algum tempo (provavelmente desde Colombo) o *Amaranthus hypochondriacus* sofreu uma migração notável para a Ásia. Lá, durante o século passado, tornou-se cada vez mais popular entre as tribos na Índia, Paquistão, Nepal, Tibete e China. Os viajantes relataram ter visto manchas vermelho e amarelas de amaranto nas encostas "tingindo com a chama as encostas nuas" no Himalaia. Esta espécie de amaranto se tornou uma cultura importante em algumas áreas locais, onde um pão achatado feito de suas sementes é um alimento comum (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984).

O amaranto tem múltiplos usos, tanto na alimentação humana, animal, na indústria, na medicina e na ornamentação. Para o consumo humano é utilizada o grão inteiro ou moído na forma de farinha, assado, ou cozido. As folhas são usadas da mesma forma que folha outros legumes, com grãos inteiros ou moídos pode preparar pequenos-almoços, sopas, sobremesas, mingau, bolos, pudins, refrigerantes e outros;

também cozinhados os grãos misturados com mel, melado ou chocolate, dando-lhe diferentes formas em moldes de madeira ou metálicos conhecidos como nougat de amaranto no Peru, "alegria" no México e "tadoos" na Índia (SINGHAL; KULKARNI, 1988).

A semente não é o único produto nutritivo do versátil amaranto. As folhas também são ricas em proteínas, assim como em vitaminas e minerais. Elas têm um sabor suave, e em grande parte do mundo as folhas jovens e hastes de amaranto são cozidas como legumes. Apesar de praticamente não cotadas nas estatísticas agrícolas, o amaranto pode realmente ser a hortaliça mais popularmente cultivada nos trópicos. Nas regiões quentes, úmidas da África, Sudeste da Ásia (especialmente Malásia e Indonésia), no sul da China, sul da Índia, e do Caribe, espécies amaranto, como *Amaranthus tricolor*, *Amaranthus dubius* e *Amaranthus cruentus* são cultivadas para sopa de legumes ou para cozidos (hortaliças). Nos desertos da América do Norte, onde os verões são muito quentes para a produção da alface ou repolho, *Amaranthus palmeri* tem sido um grande verde selvagem entre os índios. Na Grécia, folhas cozidas de *Amaranthus blitum* tem sido a salada favorita (chamada vleeta) desde os tempos de Homero (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984).

A parte vegetal do amaranto pode ser utilizada na alimentação animal e humana, servindo até (folhas) para a produção de receitas macrobióticas. É também utilizada como forragem para a proteção do solo e, quando cultivada em associação com outras culturas, auxiliam na absorção de nutriente, devido sua capacidade de extraí-los a uma profundidade maior. Finalmente, dadas às características agronômicas, nutricionais e medicinais, o amaranto apresenta-se como uma cultura agrícola que poderá minimizar, num futuro próximo, as deficiências alimentares existentes em muitas regiões pobres de muitos países em desenvolvimento (COSTA; BORGES, 2005).

2.2 - Metabolismo fotossintético C4

A fotossíntese é o processo através do qual os organismos vivos clorofilados convertem a energia da luz em energia química de moléculas orgânicas (MAGALHÃES et al. 2012). Há três tipos de assimilação fotossintética de CO₂ pelas plantas clorofiladas, pelos quais estas são classificadas em: C3, C4 e CAM (LIMA; ALVES, 2008).

As plantas C4 apresentam uma estrutura denominada de "anatomia Kranz", que se caracterizam por um feixe vascular bastante desenvolvido, rodeado por células denominadas células da bainha dos feixes vasculares, que apresentam cloroplastos sem

grana. Em volta dessas células existem as células mesofílicas, com cloroplastos com grana. A fixação inicial de CO₂ ocorre no citossol das células mesofílicas, onde o CO₂ reage com o fosfoenolpiruvato, via enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcarboxilase) para formar oxalacetato. Posteriormente, o oxalacetato pode ser reduzido a malato com utilização de NADPH₂ ou pode ser deaminado a aspartato, onde tanto o malato quanto o aspartato são formados por quatro carbonos (C₄). Posteriormente, os ácidos de quatro carbonos, malato ou aspartato, são transportados até as células da bainha dos feixes vasculares, onde são descarboxilados, liberando CO₂ e produzindo piruvato. O CO₂ liberado é refixado via ciclo de Calvin, através da enzima Rubisco, enquanto o piruvato retorna às células mesofílicas, onde é convertido em fosfoenolpiruvato, regenerando o aceptor inicial de CO₂. As plantas C₄ podem ser divididas em três subtipos, dependendo da enzima descarboxilativa usada nas células da bainha dos feixes vasculares (LOPES, 2003).

Amaranto, como uma planta C₄, é uma das poucas dicotiledóneas em que o primeiro produto da fotossíntese é um composto de quatro carbonos. A combinação de características anatômicas no metabolismo de amaranto e C₄, resulta num aumento da eficiência de utilização de CO₂ sob uma ampla gama de temperatura e umidade em ambientes de stress, e contribuem para a larga adaptabilidade geográfica da planta em condições ambientais diversas (STALLKNECHT; SCHULZ-SCHAEFFER, 1993).

2.3 - BRS ALEGRIA

Segundo Spehar et al. (2013), o *Amaranthus cruentus* BRS Alegria originou-se da linhagem de *A. cruentus* AM 5189, procedente dos Estados Unidos. Após dois anos de ensaios, a partir de 1998, realizou-se seleção massal em AM 5189 e uniformizou-se em relação às características agronômicas. Na safrinha, em ausência de estresse hídrico e irrigado na entressafra, apresentou produções de biomassa e grãos satisfatórios. Essas duas características, associadas ao curto período da emergência à maturação, a tornam um componente potencial do sistema plantio direto.

A BRS Alegria possui hipocótilo com coloração rósea, folhas grandes e alongadas verdes, com nervuras de coloração rósea na face abaxial. O caule apresenta coloração rósea. A inflorescência diferenciada é terminal, compacta e apresenta coloração rósea, a qual permanece mesmo após a planta atingir a maturação fisiológica. Os grãos estão contidos em frutos deiscentes do tipo pixídio, são arredondados, de coloração bege. As plantas demoram a secar após a maturação; quando a sementeira se

dá no período da safrinha, as plantas amadurecem em pleno período de seca, nos cerrados, o que permite a secagem e colheita dos grãos (SPEHAR et al., 2003).

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%; 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) (FERREIRA, 2012b).

O diâmetro máximo do caule da planta de amaranto se define aos 40 dias após a emergência, permitindo inferências sobre o crescimento e a reprodução. A planta de amaranto representa porte reduzido até 30 dias após a emergência, quando se inicia a fase de crescimento rápido, atingindo o máximo aos 80 dias, enquanto a área foliar atinge seu valor máximo aos 60 dias, devido ao fluxo intenso de fotoassimilados, com translocação das folhas basais, em senescência, para as folhas superiores (TEIXEIRA, 2011).

O acúmulo da matéria seca se acelera aos 40 dias permanecendo linear até os 80 dias, após a emergência estando associado ao crescimento e à reprodução. Em 35 dias após o início da antese o comprimento e a largura da inflorescência atingem o valor máximo, enquanto o enchimento de grãos se completa em 20 dias. O peso dos grãos aumenta atingindo o máximo valor entre 60 e 70 dias após a emergência (TEIXEIRA, 2011).

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 (FERREIRA, 2012a).

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).

Na plantação de amaranto, a alta densidade modifica a estrutura da planta (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984). Em estudos realizados, as variáveis de resposta para diferentes densidades populacionais de amaranto foram: altura da planta, diâmetro do caule, comprimento da inflorescência, rendimento de grãos, e, adicionalmente, a produtividade de grãos por planta e massa de 1.000 grãos (APAZA-GUTIERREZ et al., 2002).

Segundo o estudo sobre o espaçamento entre linhas e seus efeitos sobre a população e o rendimento de grãos de amaranto, em Dakota do Norte (EUA), de Henderson et al. (1993) relatou que os maiores rendimentos de grãos de amaranto foram obtidas no local que recebeu mais chuva durante a estação de crescimento. A menor população estabelecida, 74.000 plantas por hectare, obteve a maior produção de grãos. O espaçamento entre linhas não teve nenhum efeito na menor população, enquanto as populações mais altas, mais grão foi produzido com espaçamento maior (76,2 cm). Com as linhas mais amplas, dentro de cada linha as plantas foram espaçadas bem próximas, levando ao aumento da concorrência em populações elevadas (de maior densidade). Esta competição entre plantas causou perdas substanciais em número de plantas após o estabelecimento. O rendimento de grãos das plantas que sobreviveram foi maior como resultado da baixa população de plantas que sobreviveram nas linhas mais amplas.

Nos estudos de Ferreira (2012a), em solos de cerrado, para pesos de matéria seca, panícula e grãos, as maiores densidades de plantio, em geral, apresentaram as mesmas tendências e ofereceram 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 foram os valores obtidos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido através do plantio da cultivar BRS Alegria (*Amaranthus cruentus*) em dois períodos distintos; o primeiro plantio foi realizado no período de junho a outubro de 2011, na Fazenda Água Limpa (FAL), da Universidade de Brasília (UnB), localizada no Núcleo Rural Vargem Bonita, Distrito Federal (15°57'07 98"S e 47°55'52 62" O), altitude de 1.110 m. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Escuro (FERREIRA, 2012b).

Antes ao plantio, a área foi gradeada e sulcada, com espaçamento de 0,5 m. Após esses procedimentos foi instalado o sistema de irrigação, do tipo convencional por aspersão.

No dia 17/06/2011 se fez a adubação nos sulcos com 500 kg ha⁻¹ utilizando a formulação 4-30-16 enriquecida com 3% de FTE BR-12, então os sulcos foram cobertos com, cerca de 5 cm de solo.

O plantio da cultivar BRS Alegria foi realizado em sulcos previamente adubados, espaçados em 0,5 m com uma elevada densidade de sementes viáveis, para alcançar a população a 1.400.000 plantas ha⁻¹ em toda a área experimental. Decorridos quinze dias da emergência das plântulas, realizou-se desbaste para gerar as respectivas populações desejadas, variando entre 100.000 a 1.400.000 plantas ha⁻¹. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas, correspondendo às densidades, foram compostas por seis sulcos de 1,50 m de comprimento, com área útil de 1,0 m², correspondendo aos dois sulcos centrais descontados 0,25 m das extremidades (bordaduras). Foram definidos sete tratamentos com as respectivas densidades populacionais (tabela 1).

Tabela 1. Densidades populacionais experimentais.

Tratamento	Densidade – Plantas/ha
1	100.000
2	200.000
3	300.000
4	400.000
5	600.000
6	800.000
7	1.400.000

Após 45 dias da emergência foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura com 60 kg de N por hectare, usando como fonte a ureia.

A colheita foi realizada no dia 10/10/2011, cortando as plantas da área útil da parcela rente ao solo, agrupando-as e amarrando-as com barbante juntamente com sua respectiva identificação.

O segundo plantio foi realizado no período entre dezembro de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental de Biologia (EEB), da Universidade de Brasília (UnB), localizada na Avenida L4, Brasília-DF (15° 52' S e 47° 55' O), a uma altitude de 1.010 m.

Antes ao plantio, a área foi gradeada e sulcada, com espaçamento de 0,5 m. Utilizaram-se 500 kg ha⁻¹, da fórmula 4-30-16, acrescida de micronutrientes, no sulco de plantio, cobrindo-se parcialmente o sulco. Semelhante ao primeiro plantio foi realizado o plantio da BRS Alegria em sulcos previamente adubados, espaçados em 0,5 m com uma elevada densidade de sementes viáveis, para população esperada superior a 1.400.000 plantas ha⁻¹ em toda a área experimental.

Decorridos quinze dias da emergência das plântulas, realizou-se desbaste para gerar as respectivas populações desejadas, variando entre 100.000 a 1.400.000 plantas ha⁻¹. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas, correspondendo às densidades, foram compostas por seis sulcos de 1,00 m de comprimento, com área útil de 0,5 m², correspondendo aos dois sulcos centrais descontados 0,25 m das extremidades (bordaduras). Nesse experimento as populações atingiram apenas as seis primeiras densidades, não foi possível atingir a população de 1.400.000 plantas ha⁻¹.

A colheita ocorreu no dia 14/03/2013, cortando as plantas da área útil da parcela próximo ao solo, agrupando as mesmas, mantendo-as amarradas com barbante e identificadas.

Nos dois períodos, durante a pré-colheita, foram coletados os seguintes dados de cada parcela, diâmetro do caule, medido aos 10 cm do solo; altura da planta, medida da superfície do solo à ponta da inflorescência na maturação fisiológica; comprimento da panícula (inflorescência), medido da base à ponta da inflorescência; largura da panícula, medida na terça parte intermediária da panícula; o comprimento e a largura da quinta folha abaixo da panícula (folha madura e intacta).

O material colhido do primeiro plantio, após as medições e a devida identificação das parcelas, foi conduzido para secar em um galpão na própria FAL, protegido do sol e da chuva. Onde o material ficou estocado, por 60 dias, até atingir peso constante (umidade ≤ 13%). Devido à presença de roedores no galpão, o material

já seco foi transferido de local para ser armazenado. O material colhido do segundo plantio, após as medições e a devida identificação das parcelas foi conduzido para secar em um local adequado na própria Estação Biológica.

Após atingir peso constante, com umidade por volta de 13%, cada parcela foi devidamente pesada, obtendo-se o peso total de matéria seca (PT); logo em seguida os grãos foram trilhados, com auxílio de seis peneiras, nas quais o material foi passado duas vezes para separar os grãos de impurezas maiores, para obter grãos com o menor grau de impurezas possível, os grãos foram soprados. Os grãos foram pesados e calculou-se o índice de colheita de cada parcela (razão entre peso de grãos/peso total). Posteriormente, foram separadas duas amostras de cada repetição, contendo 1.000 sementes cada, para pesagem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa de estatística Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2007). Os dados foram ainda submetidos a análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Análise estatística

Exceto, para índice de colheita e peso de 1.000 sementes, o amaranto semeado na entressafra mostrou efeito de aumento na densidade populacional. Altura de plantas, diâmetro do caule, comprimento e largura de folha, comprimento e largura da panícula, rendimento de matéria seca total e rendimento de grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para características agronômicas em amaranto, cultivar BRS Alegria, cultivado em sete densidades populacionais, na entressafra irrigada. Fazenda Água Limpa, Brasília, DF, 2012.

Fonte de Variação	GL	QM	F	P	Fonte de Variação	GL	QM	F	P
Altura de Plantas (m)					Diâmetro do Caule (mm)				
Densidade	6	0,231598	230,319	0	Densidade	6	20,315521	86,506	0
Bloco	2	0,000633	0,63	0,5494	Bloco	2	0,379633	1,617	0,239
Erro	12	0,001006			Erro	12	0,234844		
		CV (%) = 2,73					CV (%) = 5,03		
Comprimento da Panícula (cm)					Rendimento Total (kg ha⁻¹)				
Densidade	6	223,114027	46,789	0	Densidade	6	6594,22433	3,771	0,0241
Bloco	2	5,140662	1,078	0,371	Bloco	2	255,94189	0,146	0,8654
Erro	12	4,768467			Erro	12	1748,59983		
		CV (%) = 6,47					CV (%) = 9,33		
Largura da Panícula (cm)					Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)				
Densidade	6	132,475516	62,762	0	Densidade	6	541,416738	5,855	0,0047
Bloco	2	1,807976	0,857	0,449	Bloco	2	22,413433	0,242	0,7885
Erro	12	2,110754			Erro	12	92,469567		
		CV (%) = 6,94					CV (%) = 10,40		
Comprimento da Folha (cm)					Índice de Colheita (%)				
Densidade	6	19,848741	91,856	0	Densidade	6	8,490438	1,304	0,3266
Bloco	2	0,063948	0,296	0,7491	Bloco	2	0,057605	0,009	0,9912
Erro	12	0,216087			Erro	12	6,510888		
		CV (%) = 4,33					CV (%) = 12,51		
Largura da Folha (cm)					Peso de 1.000 grãos (g)				
Densidade	6	5,77381	54,372	0	Densidade	6	0,007316	1,615	0,2258
Bloco	2	0,03619	0,341	0,7179	Bloco	2	0,024519	5,412	0,0211
Erro	12	0,10619			Erro	12	0,00453		
		CV (%) = 6,60					CV (%) = 10,75		

No experimento conduzido em sucessão, semeado em início de março, as mesmas tendências foram encontradas (Tabela 3). Houve, contudo, efeito da variação na

densidade populacional no índice de colheita, enquanto o peso do grão não sofreu o efeito.

Tabela 3. Análise de variância para características agronômicas em amaranto, cultivar BRS Alegria, cultivado em seis densidades populacionais, em semeadura de sucessão. Estação Experimental de Biologia, Brasília, DF, 2013.

Fator de Variância	GL	QM	Fc	Pr	Fator de Variância	GL	QM	Fc	Pr
Altura de Plantas (m)					Diâmetro do Caule (mm)				
Densidade	5	0,108782	25,383	0	Densidade	5	38,465077	56,759	0,00006
Repetição	2	0,000572	0,134	0,8765	Repetição	2	0,686467	1,013	0,3976
Erro	10	0,004286			Erro	10	0,677693		
		CV (%) = 4,34					CV (%) = 8,00		
Comprimento da Panícula (cm)					Peso Total (kg/ha)				
Densidade	5	431,080022	27,874	0	Densidade	5	8534144544,035556	29,416	0
Repetição	2	1,569689	0,101	0,9044	Repetição	2	977486,4022	0,842	0,4592
Erro	10	15,465356			Erro	10	1160746,306222		
		CV (%) = 11,12					CV (%) = 15,42		
Largura da Panícula (cm)					Peso do grão (kg/ha)				
Densidade	5	230,222222	21,393	0	Densidade	5	1429966,6880	24,962	0
Repetição	2	4,170139	0,387	0,6885	Repetição	2	30667,520	0,535	0,6014
Erro	10	10,761806			Erro	10	57286,248		
		CV (%) = 14,23					CV (%) = 18,99		
Comprimento da Folha (cm)					Índice de Colheita (%)				
Densidade	5	47,505556	10,933	0,0008	Densidade	5	14,075859	4,431	0,0218
Repetição	2	4,690972	1,08	0,3763	Repetição	2	1,340539	0,422	0,6669
Erro	10	4,345139			Erro	10	3,176786		
		CV (%) = 14,11					CV (%) = 10,19		
Largura da Folha (cm)					Peso de 1.000 grãos (g)				
Densidade	5	15,422222	24,378	0	Densidade	5	0,016917	0,842	0,5495
Repetição	2	0,670139	1,059	0,3826	Repetição	2	0,010417	0,519	0,6105
Erro	10	0,632639			Erro	10	0,020083		
		CV (%) = 9,51					CV (%) = 21,53		

Os valores médios para altura de plantas, comprimento e largura de panícula, comprimento de folha, diâmetro do caule, rendimento total de matéria seca, rendimento de grãos, índice de colheita e peso de 1.000 grãos do experimento de entressafra irrigada estão apresentados na Tabela 3. Verificou-se que, de modo geral, as plantas diminuíram significativamente a altura com o aumento da densidade populacional, reduzindo em proporção as características de comprimento e largura da panícula, comprimento e largura da folha e diâmetro do caule. Quanto a rendimento total de matéria seca e de

grãos, ficou evidente que apenas na densidade de 100 .10³ plantas ha⁻¹ e na mais elevada os rendimentos foram menores.

Tabela 4. Plantio de entressafra irrigada. Altura de Plantas (Alt. P.), Comprimento de Panícula (C.I.), Largura de Panícula (L.P.), Comprimento de Folha (C.F.), Largura de Folha (L.F.), Diâmetro do Caule (D.C.), Peso Total (P.T.), Peso dos Grãos (P.G.), Índice de Colheita (I.C.), Peso de 1000 grãos (P. 1000).

Densidade (plantas/ha)	Alt.P. (m)	C.P. (cm)	L.P. (cm)	C.F. (cm)	L.F. (cm)
100.000	1,540 a	49,567 a	32,000 a	14,767 a	7,267 a
200.000	1,427 b	39,667 b	27,667 b	13,200 b	5,767 b
300.000	1,353 c	36,250 b	21,833 c	11,627 c	5,567 bc
400.000	1,103 d	28,167 c	16,583 de	9,830 d	4,800 cd
600.000	0,967 e	28,793 c	18,300 cd	8,517 de	4,100 d
800.000	0,913 ef	28,333 c	16,200 de	9,500 d	3,967 de
1400.000	0,830 f	25,400 c	14,000 e	7,683 e	3,100 e
Densidade (plantas/ha)	D.C. (mm)	P.T. (kg/ha)	P.G. (kg/ha)	I.C. (%)	P. 1000 (g)
100.000	12,147 b	4105,60 b	882,50 ab	21,543	0,683
200.000	13,627 a	5338,33 a	1037,83 ab	19,563	0,560
300.000	11,063 b	4848,33 ab	1054,07 a	21,827	0,630
400.000	8,127 c	4533,60 ab	1084,73 a	22,133	0,597
600.000	7,877 c	4133,23 b	874,30 ab	21,117	0,690
800.000	7,537 c	4318,07 ab	768,43 b	17,767	0,640
1400.000	7,070 c	4083,87 b	768,50 b	18,823	0,583

Tabela 5. Plantio em sucessão. Altura de Plantas (Alt. P.), Comprimento de Panícula (C.I.), Largura de Panícula (L.P.), Comprimento de Folha (C.F.), Largura de Folha (L.F.), Diâmetro do Caule (D.C.), Peso Total (P.T.), Peso dos Grãos (P.G.), Índice de Colheita (I.C.), Peso de 1000 grãos (P. 1000).

Densidade (plantas/ha)	Alt.P. (m)	C.P. (cm)	L.P. (cm)	C.F. (cm)	L.F. (cm)
100.000	1,760 a	52,000 a	37,333 a	21,083 a	11,750 a
200.000	1,617 ab	42,293 a	27,333 b	16,917 ab	9,667 ab
300.000	1,560 b	42,333 a	24,667 bc	15,333 abc	9,000 b
400.000	1,543 b	29,833 b	19,667 bcd	14,000 bc	7,833 bc
600.000	1,307 c	23,333 b	16,500 cd	10,917 c	6,333 c
800.000	1,260 c	22,333 b	12,833 d	10,417 c	5,583 c
Densidade (plantas/ha)	D.C. (mm)	P.T. (kg/ha)	P.G. (kg/ha)	I.C. (%)	P. 1000 (g)
100.000	15,727 a	11598,13 a	2010,73 a	17,353 ab	0,683
200.000	13,003 b	9831,4 ab	2058,13 a	20,867 a	0,567
300.000	10,523 c	7883,53 bc	1479,93 ab	18,893 ab	0,667
400.000	8,977 cd	5719,33 cd	917,33 bc	16,017 ab	0,783
600.000	7,060 de	3450,4 d	589,13 c	17,077 ab	0,600
800.000	6,420 e	3432,26 d	507,13 c	14,710 b	0,650

De forma semelhante, no experimento em sucessão, as plantas responderam ao aumento de densidade, reduzindo a altura e demais características agronômicas. Quando se elevou a densidade, as plantas de amaranto diminuíram consideravelmente o diâmetro do caule e a altura, com reflexo negativo no rendimento de grãos (SPEHAR; TEIXEIRA, 2011). Ademais, houve redução linear no rendimento de matéria seca total e no de grãos, enquanto o índice de colheita mostrou-se estatisticamente inferior aos demais na densidade populacional de $600 \cdot 10^3$ plantas ha^{-1} . De acordo com Teixeira (2011) seria esperado que o acúmulo de matéria seca estivesse associado ao da área foliar, como pode ser observado pelos dados, onde o rendimento de matéria seca segue a tendência de queda do comprimento e da largura de folha.

Quando se comparam os dois experimentos, podem-se explicar algumas diferenças encontradas. Na entressafra, por efeito de estresse hídrico ocasionado por suspensão temporária da irrigação, as características agronômicas e de rendimento mostraram menor valor absoluto, ainda que as relações entre densidades populacionais tenham se mantido. O efeito da densidade sobre o diâmetro do caule afetou o rendimento de grãos por planta e seu potencial de crescimento, assim como as outras características, de acordo com Teixeira (2011), o diâmetro das plantas de amaranto por ocasião da antese, pode expressar o potencial de crescimento e produtividade, se outros fatores como disponibilidade de umidade e nutrientes não forem limitantes, dessa forma o aumento da densidade atuou como um fator controlador das características agronômicas de amaranto.

Mesmo em densidades mais baixas, o amaranto, cv. BRS Alegria apresentou capacidade de compensação. Ou seja, entre 100 a $400 \cdot 10^3$ plantas ha^{-1} as plantas não diferiram no seu desempenho agrônômico relativo a rendimento. As implicações agronômicas do uso de densidades menores podem estar relacionadas a falhas de lavoura, além de maior espessura do caule por ocasião da colheita. Acresce-se que nessas densidades o diâmetro do caule é consideravelmente maior, dificultando o corte na colheita, como demonstrado no experimento de Stallknecht e Schulz-Schaeffer (1993), onde a colheita de amaranto foi dificultada quando as populações de plantas de amaranto foram baixas, com as panículas tornando-se extremamente grandes e não secaram em tempo para evitar perdas por debulha e excesso de umidade na inflorescência.

4.2- Efeito de densidade sobre os caracteres agronômicos

Os resultados permitiram afirmar que as variações nos caracteres agronômicos da planta, associados às diferentes densidades populacionais nos dois períodos distintos de plantio, definiram um padrão de efeito comportamental, o que auxilia na previsão e no adequado manejo da planta de amarantho.

Estes resultados permitiram estabelecer um paralelo entre essas variações e os relatos nos estudos de Teixeira (2011), os quais descrevem os caracteres morfológicos e a evolução da cultivar BRS Alegria, da emergência a colheita. Assim, as variações no diâmetro do caule (em mm) ocasionadas pelo efeito de densidade, mostraram-se associadas provavelmente à competição por nutrientes durante o período de 22 a 42 dias após a emergência, período no qual a planta possui maior crescimento secundário.

O crescimento do diâmetro de caule após o 42º dia da emergência, onde se inicia o período reprodutivo, não apresenta variações até que a planta alcance a sua altura máxima, sendo assim estabelecida uma correlação entre altura de planta e diâmetro de caule (TEIXEIRA, 2011). Então, variações de altura de planta em resposta às diferentes densidades, não poderiam ser diferentes do que ocorreu com o diâmetro de caule (Figura 1).

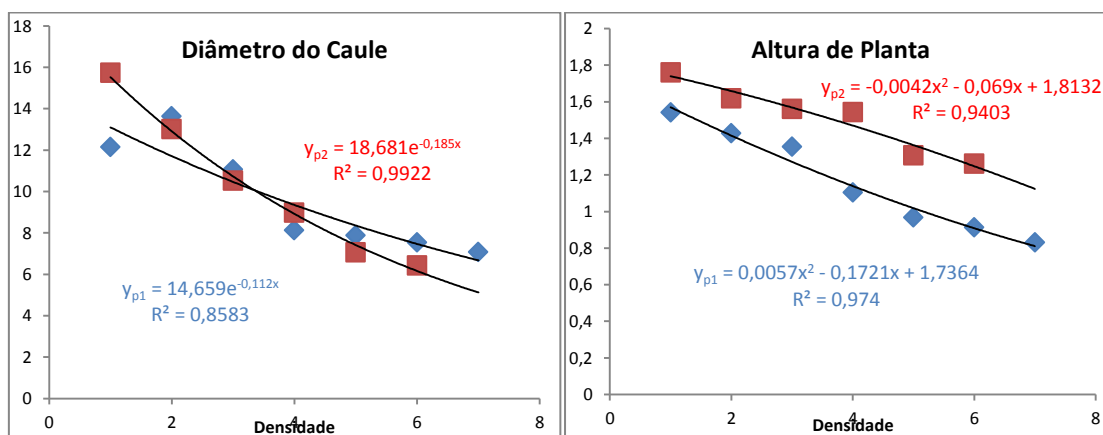


Figura 1. Variações no diâmetro do caule (mm) e altura de planta (m) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10³ plantas ha⁻¹, na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).

De maneira semelhante o comprimento e largura da panícula tem seu tamanho reduzido conforme aumenta a densidade populacional (Figura 2).

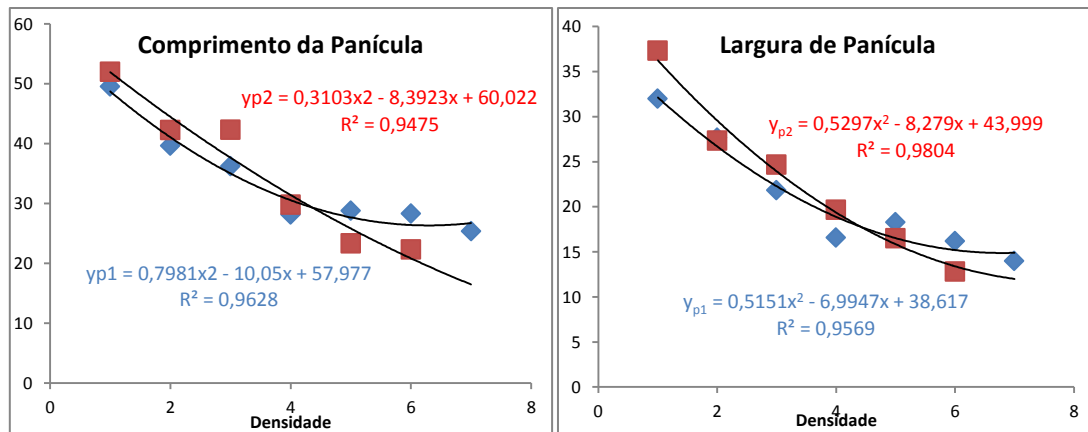


Figura 2- Variações de comprimento e largura de panícula (cm) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10³ plantas ha⁻¹, na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).

Assim como o comportamento das curvas de tendência do comprimento e largura das folhas (em cm) (Figura3).

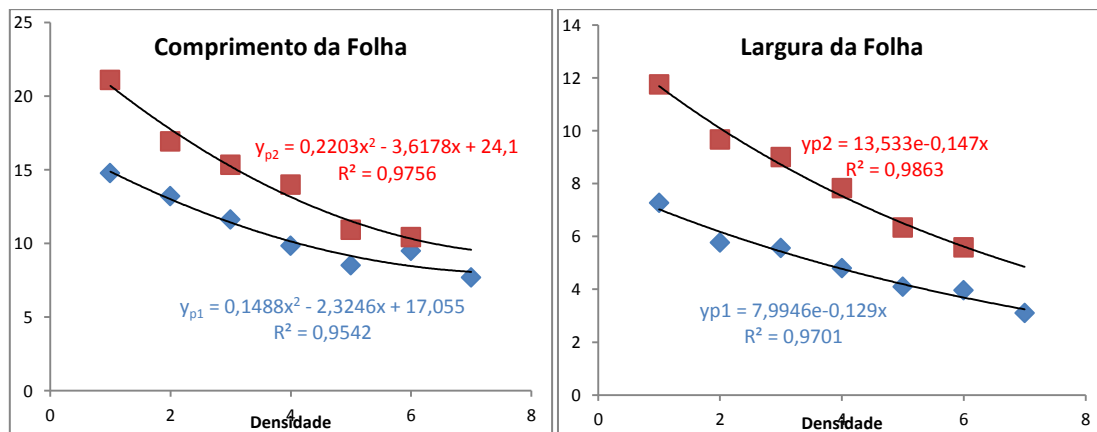


Figura 3. Variações comprimento e largura de folha (cm) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10³ plantas ha⁻¹, na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).

A planta respondeu da mesma forma ao efeito de aumento de densidade, conservando a sua integridade e arquitetura, produzindo sementes viáveis e mantendo a sobrevivência. Dessa forma ao se alterar um caractere x da planta, os demais se adaptarão para compensar e se adequar a essa alteração. Ao comparar o Amarantho com outras plantas C4, como o milho, podem-se observar as semelhanças comportamentais e características das plantas de metabolismo C4; de acordo com Magalhães et al. (2012), no milho, um aumento na produtividade é proporcionado pelo aumento na área foliar, alterações na relação fitomassa e órgãos reprodutivos e por alterações morfofisiológicas. Sendo a relação entre fotossíntese e produção bastante complexa, devido ao fato de que diversos fatores podem estar envolvidos, entre os quais um deles é o tipo de via para fixação do carbono (C3, C4 ou intermediária), no caso do amarantho e milho.

Grande parte da matéria seca do milho, cerca de 90%, provém da fixação de CO₂ pelo processo fotossintético (MUNDSTOCK, 1995). Foi o que também ocorreu com o amaranto, ao aumentar a densidade além de alterar o diâmetro e a altura negativamente houve reflexo na redução do tamanho de sua inflorescência, de sua área foliar com consequente redução da capacidade do processo fotossintético, de certa forma compactando a planta, alterando consideravelmente o acúmulo de matéria seca.

A diferença entre o plantio de entressafra irrigada e o plantio de sucessão, mais visível em peso total de matéria seca e peso de grãos (Figuras 4 e 5), foi ocasionada por um período de suspensão de irrigação na Fazenda Água Limpa e ao excesso de tempo que a planta ficou armazenada após a colheita, ocasionando possível perda no peso da biomassa e de grãos.

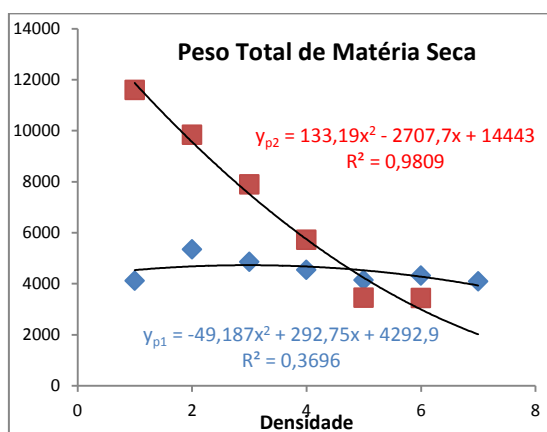


Figura 4. Variações de peso total de matéria seca (kg ha⁻¹) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e 1.400 .10³ plantas ha⁻¹, na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).

Apaza-Gutierrez et al. (2002) afirmaram em seu estudo, que o rendimento de grãos por planta e outras características agrônômicas apontam para o diâmetro do caule como a característica com maior efeito sobre o peso total de grãos na planta. Dessa forma era esperado que o peso de grãos da planta acompanhasse o padrão de comportamento do diâmetro de caule sob o efeito de densidades, decaindo conforme o aumento do estande populacional.

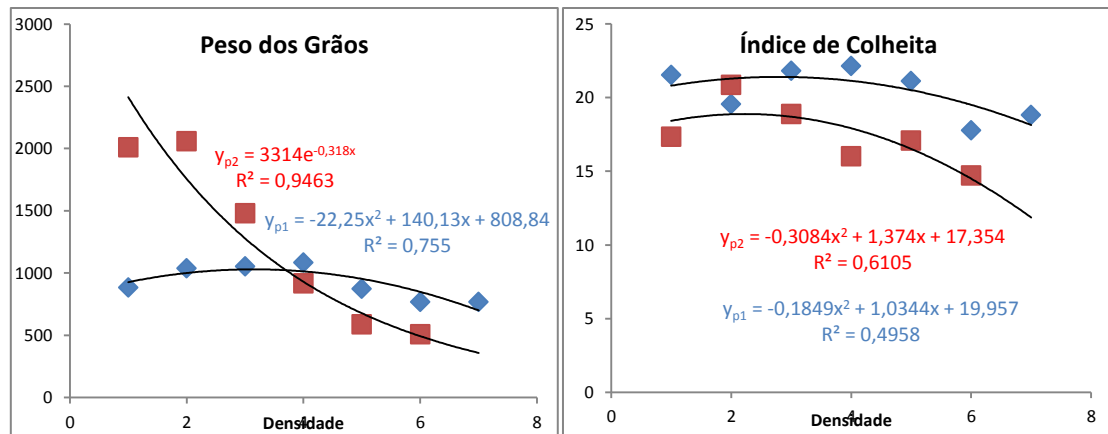


Figura 5. Variações de peso de grãos (kg ha^{-1}) e índice de colheita (%) em resposta às densidades em plantio de 100, 200, 300, 400, 600, 800 e $1.400 \cdot 10^3$ plantas ha^{-1} , na entressafra irrigada (p1) e em sucessão (p2).

O índice de colheita não foi afetado significativamente pelo efeito de densidade, provavelmente pela capacidade que as plantas C4 têm de recompensar os efeitos adversos do meio, através de um efeito de compacidade da planta.

5. CONCLUSÕES

A planta de amaranto BRS Alegria mostra efeito do aumento na densidade populacional, por diminuir substancialmente o diâmetro do caule, a altura de plantas o comprimento e a largura da inflorescência e da folha, enquanto o índice de colheita e o peso de 1,000 sementes não evidenciam o efeito.

O padrão de crescimento de amaranto BRS Alegria, relativo ao aumento da densidade populacional é independente da época de semeadura, permitindo estabelecer previsões de resposta da planta, já que as equações de regressão conseguem estimar o seu desempenho agrônômico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. P. ; FREIRE, E. C. ; COSTA, J. N. ; PEDROSA, M. B. . **Melhoramento 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, 566 -568 p. 1999.

APAZA-GUTIERREZ, V.; ROMERO-SARAVIA, V.; GUILLÉN-PORTAL, F.R. and BALTENSBERGER, D.D. Response of grain amaranth production to density and fertilization in Tarija, Bolivia. **Trends in new crops and new uses.** Janick, J., Whipkey, A. (Eds.), ASHS Press, Alexandria, VA, 107 -109 p. 2002.

COSTA, D. M. A; BORGES, A. S. **Avaliação da produção agrícola do amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).** Holos. Rio Grande do Norte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte, ano 21, maio, 98 -111 p. 2005.

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, 2012a; 59 f. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

FERREIRA, D. B. **Efeito de diferentes densidades populacionais em características agrônômicas de trigo mourisco.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012b, 33f. Monografia.

FERRERA, D. F. **Sisvar 5.1,** Departamento de Ciências Exatas, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, 2007.

HENDERSON, T.L., SCHNEITER, A.A., RIVELAND, N. **Row spacing and population effects on yield of grain amaranth in North Dakota.** In: Janick, V., Simon, J.E. (Eds.), *New crops.* Wiley, New York, 219 -221 p. 1993.

LIMA, M. A., ALVES, B. J. R., Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. **Parcerias Estratégicas.** Brasília, DF, n. 27, 40 p. 2008.

LOPES, B. A. **Aspectos importantes da fisiologia vegetal para o manejo.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; Centro de Ciências Agrárias; Departamento de Zootecnia; Programa de Pós-graduação em Zootecnia. 55 p. 2003.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 23 p. 2002. (Circular Técnica, 22).

MUNDSTOCK, C. M. Aspectos fisiológicos da tolerância do milho ao frio. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, v. 3, 1995, Assis. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônômico, 45 -48 p. 1995.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop**. National Academy Press, Washington, D.C., 96 p. 1984.

O'BRIEN, K; PRICE, M. L. Amaranth – grains and vegetable types. **Echo Technical Note**, Flórida, USA, n. 33917, 15 p. 2008.

SAGE, R. F., ZHU, X. C. Exploiting the engine of C₄ photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, 2.989 -3.000 p. 2011.

SINGHAL, R. S., KULKARNI, P. R. Amaranths – an underutilized resource. **International Journal of Food Science & Technology**, v 23, 125 -39 p. 1988.

SPEHAR, C. R. **Amaranto: opção para diversificar a agricultura e os alimentos**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 136 p. 2007.

SPEHAR, C. R., TEIXEIRA, D. L.; SANTOS, R. L.; LARA CABEZAS, W. A. R.; ERASMO, E. A. L. Amaranto BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, 85 -91p. 2003.

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. 169-172 p. 1997.

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

TEIXEIRA, D. L. **Crescimento, reprodução e efeito da perda de área foliar em amaranto BRS Alegria**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 86 f. Dissertação de Mestrado.

TEIXEIRA, D.L.; SPEHAR, C.R.; SOUZA, L.A.C. Caracterização agronômica de amaranto para cultivo na entressafra no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, 45 -51 p. 2003.