



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

**CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO E  
EFEITO DA PERDA DE ÁREA FOLIAR EM  
AMARANTO CV. BRS ALEGRIA**

**DANIELLY LEITE TEIXEIRA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**  
**NOVEMBRO/2011**



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

**CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO E**  
**EFEITO DA PERDA DE ÁREA FOLIAR EM**  
**AMARANTO CV. BRS ALEGRIA**

**DANIELLY LEITE TEIXEIRA**

**ORIENTADOR: CARLOS ROBERTO SPEHAR, Ph.D.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 37/2011**

**BRASÍLIA/DF**  
**NOVEMBRO/2011**



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

**CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO E  
EFEITO DA PERDA DE ÁREA FOLIAR EM  
AMARANTO CV. BRS ALEGRIA**

**DANIELLY LEITE TEIXEIRA**

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

**APROVADA POR:**

---

**CARLOS ROBERTO SPEHAR, Ph.D./UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA/CPF: 122.262.116-94/ e-mail: spehar@unb.br (ORIENTADOR)**

---

**MARCELO FAGIOLI, D.Sc./UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA/CPF: 729.409.306-78/ e-mail: mfagioli@unb.br (EXAMINADOR INTERNO)**

---

**NUNO RODRIGO MADEIRA, D.Sc./EMBRAPA HORTALIÇAS/CPF: 011.047.527-51/ e-mail: nuno@cnph.embrapa.br (EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA/DF, 28 de NOVEMBRO de 2011.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Teixeira, Danielly Leite

Crescimento, reprodução e efeito da perda de área foliar em amaranto cv. BRS Alegria. / Danielly Leite Teixeira, orientação de Carlos Roberto Spehar. – Brasília, 2011.

86 p. ; il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011.

1. *Amaranthus cruentus*. 2. Tecnologia de produção. 3. Sistema de manejo. 4. Desfolhamento. 5. Características agronômicas. I. Spehar, C. R. II. Título.

CDD ou CDU  
Agris / FAO

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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 p. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Danielly Leite Teixeira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Crescimento, reprodução e efeito da perda de área foliar em amaranto cv. BRS Alegria.

GRAU: Mestre ANO: 2011

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

-----  
Nome: DANIELLY LEITE TEIXEIRA

CPF: 602.012.661-72

Endereço: QE 21 conjunto “C” casa 05 – Guará II – DF.

Tel.: 3568-8786 E-mail: daniellyleite@yahoo.com.br

A este alimento tão especial, e, ainda por melhor se conhecer, o Amarantho,  
dedico este título.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, sobretudo.

Aos amados pais, Plínio Teixeira de Figueiredo Leite e Angelina Nobre Leite, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em todos os momentos, principalmente os mais difíceis, e que, acima de tudo, me ensinaram os verdadeiros valores da vida com carinho, paciência e dedicação sem par.

Ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Roberto Spehar, pelo apoio, compreensão, incentivo e entusiasmo incondicionais, demonstrados ao longo do mestrado, e, sobretudo, desde que nos conhecemos, na Embrapa Cerrados, quando eu ainda estava na graduação, e ele então, me apresentou à cultura do amaranto.

Ao Professor Doutor Everaldo Anastácio Pereira, por ceder área para os experimentos de campo na Estação Experimental de Biologia.

Ao Pesquisador Doutor Lourival Vilela da Embrapa Cerrados, por auxiliar nas análises estatísticas finais deste trabalho.

Ao Professor Doutor José Ricardo Peixoto, pelo incentivo e pelo apoio no processo de revisão das análises estatísticas deste trabalho.

Aos Professores Doutores Jean Kleber de Abreu Mattos, Maria Lucrécia Gerosa Ramos e Ricardo Carmona pelo incentivo ao longo do curso de mestrado.

Ao Professor Doutor Cícero Célio de Figueiredo, pelo incentivo e pelo apoio no processo de análise de solo da área aonde foi instalado o experimento deste trabalho.

À Professora Doutora Marina Bilich, pelo apoio nas técnicas de análise foliar deste trabalho.

Ao proprietário da Fazenda Dom Bosco, o produtor rural, senhor Sebastião Conrado, pelo fornecimento de informações sobre sua experiência no cultivo de Amaranto BRS Alegria.

Aos membros da Banca Examinadora, o Professor Doutor Marcelo Fagioli e o Pesquisador Doutor Nuno Rodrigo Madeira.

Ao meu namorado, Rodolfo Ossipe Junior, pelo constante apoio, companheirismo, incentivo e dedicação, principalmente, nos momentos da recuperação de minha saúde.

Às minhas irmãs, Sandra e Deliane, e ao meu irmão Bruno pelo carinho, incentivo e afeição em todos os momentos.

À amiga, Eloísa Aparecida Belleza Ferreira, pelo incentivo e atenção nos momentos que mais precisei.

A todos os funcionários da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FAV, pela atenção e apoio prestados.

Aos funcionários da Estação Experimental da UnB, principalmente os que apoiaram a condução do experimento deste trabalho.

E, enfim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidas e contribuíram de alguma maneira para tornar possível a realização deste trabalho. Muito obrigada!

*“A vitória é para aqueles que estão sempre dispostos a recomeçar.”*

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	XII
<b>ABSTRACT</b> .....	XIII
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	2
2.1 Origem, importância e introdução no Brasil.....	2
2.2 Crescimento e reprodução em plantas cultivadas.....	4
2.3 Comportamento das espécies de amaranto e adaptabilidade ao cultivo no Cerrado.....	6
2.4 Experimentação para obter o amaranto BRS Alegria e cultivo no Brasil.....	6
<b>3. OBJETIVO GERAL</b> .....	8
<b>4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	8
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	9
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO EM AMARANTO CV BRS ALEGRIA</b> .....	15
<b>RESUMO</b> .....	16
<b>ABSTRACT</b> .....	18
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
3.1 Considerações sobre o experimento.....	25
3.2 Caracteres morfológicos e evolução da planta.....	26
3.3 Crescimento vegetativo em amaranto BRS Alegria e outras plantas cultivada.....	32
3.4 Reprodução em amaranto BRS Alegria e outras plantas cultivadas.....	35
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	39
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	40
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>EFEITO DA PERDA DE ÁREA FOLIAR EM COMPONENTES DE RENDIMENTO DE AMARANTO CV. BRS ALEGRIA</b> .....	44
<b>RESUMO</b> .....	45
<b>ABSTRACT</b> .....	47
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	48
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	51



<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	65
<b>5. REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	66
<b>6. PERSPECTIVAS PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA</b> .....	70
<b>7. ANEXOS</b> .....	71
<b>ANEXO A – LISTA DE SIGLAS</b> .....	72
<b>APÊNDICE</b> .....	73

# ÍNDICE DE TABELAS

## Capítulo 1

**Tabela 1.** Características físico-químicas do solo (Typic Haplustox) da área experimental. Brasília, DF.....22

## Capítulo 2

**Tabela 1.** Características físico-químicas do solo (Typic Haplustox) da área experimental. Brasília, DF.....51

**Tabela 2.** Esquema da análise de variância para o experimento de simulação de perdas de área foliar em amaranto.....54

**Tabela 3.** Valores médios de rendimento total da planta ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.....56

**Tabela 4.** Valores médios de rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.....58

**Tabela 5.** Valores médios de altura de plantas (cm) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.....59

**Tabela 6.** Valores médios de índice de colheita (%) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.....60

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1.** Variações no diâmetro de caule (mm) ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.....26
- Figura 2.** Variações na altura de planta ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.....27
- Figura 3.** Variações na produção de matéria seca ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.....28
- Figura 4.** Variações na área foliar ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.....29
- Figura 5.** Variações no comprimento de inflorescência ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.....30
- Figura 6.** Variações na largura de inflorescência ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto, cv. BRS Alegria.....30
- Figura 7.** Variações na produção de grãos ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto, cv. BRS Alegria.....31
- Figura 8.** Variações no peso de 1000 grãos ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.....31
- Figura 9.** Variações na germinação ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.....32
- Figura 10.** Plântulas com par de folhas cotiledonares aos 2 dias após a emergência.....34
- Figura 11.** Plantas aos 30 dias após emergência com 6 folhas verdadeiras.....35
- Figura 12.** A. Primórdios florais aos 45 dias após a emergência; B. Em plena antese aos 64 dias após a emergência.....37
- Figura 13.** Detalhe do comprimento de inflorescência aos 71 dias após emergência, 26 dias após o início da antese.....38
- Figura 14.** Plantas em ponto de maturação fisiológica aos 94 dias após emergência (49 dias após o início da antese).....38

### Capítulo 2

- Figura 1.** Simulação de perdas de área foliar (30%) em plantas com 40 dias após a emergência.....53

<b>Figura 2.</b> Simulação de perda de área foliar (45%) em plantas com 46 dias após a emergência.....	53
<b>Figura 3.</b> Valores médios de rendimento total da planta ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.....	57
<b>Figura 4.</b> Valores médios de rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.....	59
<b>Figura 5.</b> Valores médios de índice de colheita (%) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.....	60

## RESUMO

Este trabalho apresenta o estado da arte do amaranto no Brasil, traçando uma perspectiva para consolidar seu cultivo, tomando como referência os resultados obtidos com BRS Alegria, primeira cultivar recomendada cultivo comercial. Em sequência, define especialidades do conhecimento cujos ganhos podem acrescentar informação estratégica para o manejo da planta. A experimentação, conduzida em Brasília, DF, concentrou-se em dois aspectos: a) como a planta de amaranto cresce e se reproduz; b) perdas simuladas de área foliar nas fases vegetativa e reprodutiva e seus efeitos no rendimento. Os resultados evidenciaram a duração das fases da planta e seus respectivos impactos na produção de biomassa e de grãos, bem como definiram níveis de perdas de área foliar em relação a rendimento. O diâmetro máximo do caule da planta de amaranto se definiu aos 40 dias após a emergência, permitindo inferências sobre o crescimento e a reprodução. A planta de amaranto apresentou altura reduzida até 30 dias após a emergência, quando se inicia a fase de crescimento rápido, atingindo o máximo aos 80 dias, enquanto a área foliar atingiu seu valor máximo aos 60 dias. Nesse período ocorre fluxo intenso de fotossintatos, com translocação das folhas basais, em senescência, para as folhas superiores. O acúmulo de matéria seca acelerou 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 atingiram o valor máximo, enquanto o enchimento de grãos se completou em 20 dias. O peso dos grãos atingiu o máximo valor entre 60 e 70 dias após a emergência. Quanto à perda de área foliar em amaranto BRS Alegria, antes da antese, esta apresenta impacto direto no rendimento de grãos e de biomassa, que em níveis proporcionais, são menos observados em altura de plantas e índice de colheita. Quando ocorrem na fase reprodutiva, as perdas de área foliar foram mais acentuadas, atingindo um máximo superior a 30% no rendimento de grãos para correspondentes 60 % de redução foliar. Na fase reprodutiva, quando o acúmulo de matéria seca atinge seu máximo, o desfolhamento resultou em menor peso e número de sementes, reduzindo-se proporcionalmente o índice de colheita. Espera-se que esta contribuição possibilite aperfeiçoar o manejo da planta sob os aspectos de nutrição mineral e fitossanitário, visando maximizar a produção com melhor utilização dos insumos.

Palavras-chave: *Amaranthus cruentus*, Tecnologia de Produção, Sistema de Manejo, Desfolhamento, Características Agronômicas.

## ABSTRACT

This work presents the state of the art of grain amaranth in Brazil, with prospect of consolidating its cultivation, taking as reference BRS Alegria, first recommended cultivar. The research concentrated in two aspects: a) how the amaranth plant grows and reproduces; b) simulation of leaf area loss and its effects on grain yield. The results illustrate the growth phases and respective impacts on biomass and grain yield, while defining levels of losses in leaf area in support to crop management. It is hoped that this contribution creates prospect to improve crop management, under mineral nutrition and phytosanitary aspects, aiming at maximizing output with best input allocation. The results illustrated the duration of plant growth phases and the respective impacts on biomass and grain production, while defining levels of leaf area loss in relation to yield. The maximum stem diameter is defined 40 days after emergence, allowing inferences on plant growth and reproduction. The amaranth plant has shown reduced height 30 days after emergence. From this point, rapid growth has taken place, reaching the final height at 80 days, while for leaf area this peak happened at 60 days. During this period there is intense photosynthate flow, with translocation from senescing basal leaves to apical ones. Dry matter accumulation accelerated from 40 days, staying linear up to 80 days after emergence and being directly associated with growth and reproduction. In 35 days from beginning of anthesis, inflorescence length and width increased to a maximum, while filling grain period lasted for 20 days. Grain weight increased up to the 60 – 70 days after emergence. In respect to leaf area loss in amaranth BRS Alegria, when it happened before anthesis, produced direct negative impact on biomass and grain yield, which were proportionally less in plant height and harvest index. When reduction occurred in the reproductive phase, yield decreased significantly in 30 % for 60 % leaf area loss. In reproductive phase, when dry matter is maximal, defoliation has resulted in smaller seeds in lower numbers, reducing likewise the harvest index, when compared to control. It is hoped that this work contributes to improve amaranth crop management, especially on mineral nutrition and pest and disease aspects, aiming at high yields with best input use.

Key-words: *Amaranthus cruentus*, Production Technology, Crop Husbandry, Defoliation, Agronomic Characteristics.

## **1. INTRODUÇÃO GERAL**

O aumento da produção agropecuária em áreas tropicais depende da diversificação de cultivos. O amaranto desponta como alternativa para compor os sistemas de produção ao criar oportunidades para novos alimentos, melhorando a saúde, e gerando maior renda aos agricultores. Trabalhos pioneiros de pesquisa e desenvolvimento realizados nos últimos 15 anos demonstraram o potencial de produção no Cerrado brasileiro, e, ainda que a tecnologia disponível apresente limitações, esta permite o cultivo com viabilidade econômica. Ainda assim, para se atingir sustentabilidade, as técnicas precisam ser aperfeiçoadas. O cultivo de amaranto, ainda incipiente no Brasil, apresenta a perspectiva de se estabelecer como uma alternativa para a rotação de culturas, diversificando os sistemas produtivos e criando oportunidade para dietas alimentares mais saudáveis (SPEHAR et al., 2007c). 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). O acúmulo de informação em várias partes do mundo associado à crescente demanda por propriedades alimentares e funcionais justificam os trabalhos de pesquisa visando sua inserção na agricultura mundial.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Origem, importância e introdução no Brasil

O amaranto cultivado visando à produção de grãos tem origem na América. Associado às culturas indígenas do continente americano, o amaranto esteve negligenciado por séculos após o descobrimento (MUJICA SANCHEZ et al., 1997). Mesmo assim, permaneceu sob cultivo em pequenas áreas de agricultura tradicional e subsistência, tendo sido redescoberto no século vinte, quando se iniciou seu cultivo comercial (BRENNER, 2000; STALLKNECHT; SCHULZ-SCHAEFFER, 1993; TUCKER, 1986). Cresce no mundo a demanda por amaranto devido a suas propriedades alimentares e funcionais, estimulando a pesquisa agropecuária. Vários países têm investido em pesquisa para avanços na agronomia e na identificação de novos usos. Estes vão desde o cultivo em sistemas integrados, como no Cerrado brasileiro, até o emprego em situações de risco, como diminuição de elementos radiativos no solo por imobilização na planta (DUSHENKOV et al., 1999; SPEHAR; TRECENTI, 2011).

Dentre as espécies domesticadas desde há milênios, destacam-se *Amaranthus caudatus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus* e *A. hybridus* por suas características agronômicas e alimentares (BRESSIANI et al., 1992; SPEHAR et al., 2007a). *A. caudatus*, de origem andina, apresenta menor adaptabilidade em regiões de clima tropical, sob elevadas temperaturas (TEIXEIRA et al., 2003). As demais têm se adaptado ao cultivo no Brasil, em especial o Cerrado (SPEHAR et al., 2007b), com desempenho agrônômico favorável na produção tanto de biomassa quanto de grãos.



Sob o ponto de vista agrônomo, o amaranto se destaca por constituir opção para diversificar o cultivo de grãos no Cerrado. Ainda que a região tenha apresentado crescimento vertiginoso em sua agricultura, esta se baseia, principalmente, na soja, no algodão, no milho e, em menor escala, no feijão. Esse pequeno número de cultivos torna a agricultura regional vulnerável, ameaçando os avanços da pesquisa (SPEHAR, 2009). De introdução recente no Brasil, a partir dos anos 1990, o amaranto granífero, dentre as espécies inovadoras da agricultura, tem potencial para cultivo em sucessão e entressafra. Experimentos com amaranto e outras espécies demonstraram o potencial do seu cultivo, tanto para a proteção do solo como produção de grãos (SPEHAR; TRECENTI, 2011). Contudo, espécies de amaranto invasoras estão associadas à agricultura brasileira desde há séculos, ainda que haja consideráveis diferenças entre elas e as cultivadas. Dentre estas diferenças se destacam a ausência de dormência e a cor clara das sementes, bem como a inflorescência apical do amaranto cultivado. Em contraste, as espécies invasoras apresentam sementes escuras e com dormência, além de ramificações na inflorescência ao longo de planta, com flores axilares e terminais (SPEHAR, 2003).

Quanto aos aspectos alimentares, são múltiplos os usos, tanto da planta como hortaliça, como dos grãos que ela produz (SPEHAR et al., 2007c). Como hortaliça tem consumo arraigado na China, na África e Américas (COONS, 1981; KAUFFMAN, 1992; BRENNER, 2000). Nos Estados Unidos, o grão é usado no processamento de pães, biscoitos e alimentos especiais para celíacos (WILLIAMS; BRENNER, 1995). Na composição físico-química dos grãos, o amaranto supera a dos cereais em proteína, não apenas em quantidade como em qualidade, possuindo maior equilíbrio em aminoácidos essenciais, quando se inclui a da soja (GORINSTEIN et al., 2001; SPEHAR et al., 2007a). Apresenta ainda ausência de glúten, sendo alternativa em dietas especiais para celíacos (ALMEIDA; SÁ, 2009). Quanto ao amido, este apresenta grânulos menores,

com maior proporção de amilopectina, sendo favorável ao uso como ingrediente na indústria de alimentos congelados, na alimentação de idosos e crianças (BAKER; RAYAS-DUARTE, 1998). Na fração de lipídios, além de superar os cereais, a proporção de ácidos graxos é de elevada qualidade, comparando-se aos óleos nobres (SPEHAR et al., 2007a). No Brasil, em caráter experimental e com algum desenvolvimento comercial, tem-se utilizado o amaranto no preparo de produtos alimentares como extrusados e farinhas, usadas na elaboração de biscoitos (ASCHERI et al., 2004; MARCÍLIO et al., 2005). Portanto, com o crescimento do cultivo e demanda, o amaranto contribuirá para melhorar a dieta alimentar, por suas propriedades nutritivas e funcionais (AMAYA-FARFAN et al., 2005; MENDONÇA, 2006).

## **2.2 Crescimento e reprodução em plantas cultivadas**

Nas espécies anuais, o conhecimento sobre as fases da planta durante o crescimento e a reprodução é de grande importância na definição do manejo da planta, sob o ponto de vista nutricional e fitossanitário, e do solo, visando atingir o potencial de produção comercial. Permite também que se faça o respectivo zoneamento agrícola, em função dos limites fisiológicos da planta definidos por essas fases (MAGALHÃES et al., 2002).

Desde a segunda metade do século passado, estudos têm sido conduzidos no sentido de se definirem as fases vegetativas e reprodutivas das principais plantas cultivadas. Têm-se como exemplos a soja (FEHR; CAVINESS, 1977) e o milho (RITCHIE; HANWAY, 1989). Graças a estes estudos, foi possível a definição dos períodos para intervenção relativa à fertilização nitrogenada em milho (MAGALHÃES

et al., 2002), bem como o controle de doenças (YORINORI, 1996) e o manejo de insetos (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000) em soja.

Em amaranto, os estudos sobre manejo cultural, fertilização nitrogenada e manejo integrado de insetos são limitados. Tomou-se como referência que a adubação de cobertura com nitrogênio deve ser efetuada aos 30 dias após a emergência (BRAMBILLA et al., 2008; DOMINGOS et al., 2005). Contudo, em função do rápido crescimento da cultivar BRS Alegria, que atinge a maturação fisiológica aos 90-100 dias no Planalto Central, não se conhece a fase de melhor resposta (SPEHAR et al., 2003).

Por outro lado, quando do ataque de pragas, principalmente as lagartas causadoras de desfolha, não há informação sobre nível de dano para definir interferência, como o que existe para a soja (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). Da mesma forma, quando ocorrem plantas daninhas em cultivo de amaranto, não há definição dos períodos livres de competição e do momento de se realizar o controle, à semelhança do definido para outras culturas (VIDAL et al., 2005). Ao contrário, como espécies de amaranto incidem como invasoras, a definição é de como controlá-lo, como no cultivo de milho (MASSINGA et al., 2001). No cultivo irrigado, torna-se necessário conhecer os momentos de irrigação e quando parar o suprimento de água, fatores que também dependem do conhecimento sobre as fases de crescimento e reprodução em amaranto (JOHNSON; HENDERSON, 2002).

Portanto, são escassos os conhecimentos sobre as fases de crescimento e reprodução em amaranto cultivado e suas implicações no manejo cultural, da fertilidade do solo, das pragas e doenças e da irrigação, tornando-se necessário intensificarem-se estudos neste sentido.

### **2.3 Comportamento das espécies de amaranto e adaptabilidade ao cultivo no Cerrado**

As espécies de amaranto cultivado, como apresentado, são classificadas em produtoras de grãos e hortaliças. Nestas últimas, a China é o país que mais se destaca, enquanto na América do Norte e Central concentra-se a produção de grãos das espécies *A. cruentus* e *A. hypochondriacus*, enquanto *A. hybridus* e *A. caudatus*, originários dos Andes, têm sido cultivados desde há milênios pelos povos locais, destacando-se o Peru e a Bolívia (MUJICA SANCHEZ et al., 1997).

Os primeiros experimentos no Brasil foram conduzidos pela Embrapa Cerrados, em cooperação com a Universidade de Brasília, a partir dos anos 1990 (SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001), como alternativa para sucessão de cultivos em sistema plantio direto. Neste mesmo período, iniciaram-se estudos de avaliação de germoplasma das espécies de amaranto ao cultivo de verão e inverno para produção de grãos no Cerrado. Os resultados de produção de grãos e de biomassa mostraram-se promissores para genótipos das espécies *A. cruentus* e *A. hypochondriacus*. Ensaios mostraram rendimentos de grãos e biomassa, com valores comparáveis aos de sorgo e milho (SPEHAR; TRECENTI, 2011). Considerando-se uma amostra de 48 genótipos distintos, ficou evidente que o amaranto se constitui em alternativa para o cultivo de verão e inverno no Cerrado (TEIXEIRA et al., 2003).

### **2.4 Experimentação para obter o amaranto BRS Alegria e cultivo no Brasil**

Em função do potencial identificado em amaranto, continuando-se o trabalho de adaptação ao cultivo no Brasil, concentraram-se esforços na seleção de genótipos. Estes

esforços culminaram com o lançamento da cultivar BRS Alegria, sendo recomendado seu cultivo no Cerrado a partir de 2002 (SPEHAR et al., 2003). Originou-se da linhagem de *A. cruentus*, AM 5189, procedente de banco de germoplasma dos Estados Unidos (Ames, Yowa). Depois de realizada seleção massal e uniformização das características agrônômicas, esta cultivar passou a ser oficialmente recomendada.

Durante a safrinha, e na ausência de estresse hídrico e irrigado na entressafra, apresentou produções de biomassa e grãos satisfatórios. Depois de 30 dias da emergência, as plantas apresentaram crescimento rápido atingindo até 2,0 m de altura, com a inflorescência de até 0,6 m, dependendo do manejo e suprimento de água. Essas características, associadas ao curto período da emergência à maturação, a tornam um componente potencial como opção para o sistema plantio direto. O amaranto BRS Alegria, como parte do plano de fomento ao cultivo adotado pela Embrapa, tem sido cultivado em pequena escala em várias partes do Brasil, com demanda crescente e possibilidade de expansão (SPEHAR; BRENNER, 2007d).

### **3. OBJETIVO GERAL**

Identificar as fases de crescimento e reprodução em amaranto e suas relações com acúmulo de biomassa, área foliar e produção de grãos.

### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Estabelecer o ritmo de crescimento em amaranto através de coletas periódicas de plantas durante a fase vegetativa e a reprodutiva.
2. Definir os componentes de rendimento e de área foliar ao longo do ciclo da planta.
3. Estabelecer parâmetros agronômicos em subsídio ao estudo fenológico em amaranto cultivado.
4. Avaliar o efeito das perdas de área foliar, antes e depois da floração.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S.G.; SÁ, W.A.C. Amarantho (*Amaranthus* spp.) e Quinoa (*Chenopodium quinoa*): alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaios e Ciência**, Brasília, v.13, n. 1, p.77-92, 2009.

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

ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. de; SPEHAR, C.R. **A extrusão do amarantho no desenvolvimento de produtos: caracterização físico-química**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos. 2004. 32p., Documentos 60.

BAKER, L.A.; RAYAS-DUARTE, P. Freeze-Thaw Stability of Amaranth Starch and the Effects of Salt and Sugars. **Cereal Chemistry**, v.75, n.3, p.301-30, 1998.

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

BRENNER, D. Genetic resources and breeding of *Amaranthus*. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant Breeding Reviews**. New York: Wiley, v.19, 2000. p.227-286.

BRESSANI, R.; SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A.; MORALES, E. Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing on their nutritional quality. **Food Reviews International**, v.8, n.1, p.23-49, 1992.

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

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, 2005.

DUSHENKOV, S.; MIKHEEV, A.; PROKHNEVSKY, A.; RUCHKO, M.; NSKY, B. Phytoremediation of Radiocesium-Contaminated Soil in the Vicinity of Chernobyl, **Ukraine Environment Science Technology**, v.33, p.469-475, 1999.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977, 11p., (Special report, 80).

GORINSTEIN, S.; DELGADO-LICON, E.; PAWELZIK, E.; PERMADY, H.H.; WEISZ, M.; TRAKHTENBERG, S. Characterization of soluble amaranth and soybean proteins based on fluorescence, hydrophobicity, electrophoresis, amino acid analysis, circular dichroism, and differential scanning calorimetry measurements. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.49, p.5595-5601, 2001.



HOFFMANN-CAMPO, C.B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B.S.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; PANIZZI, A.R.; CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000, 70p., (Circular Técnica, 30).

JOHNSON, B.L; HENDERSON, T.L. Water use patterns of grain amaranth in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, v.94, n.6, p.1437-1443, 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.

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

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; SILVA, M.A.A.P. da; SPEHAR, C.R., Avaliação da farinha de Amarantho na elaboração de biscoito sem glúten do tipo cookie. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.2, p.175-181, 2005.

MASSINGA, R.A. CURRIE, R.S.; HORAKC, M.J.; BOYER JR, J. Interference of Palmer amaranth in corn. **Weed Science**, v.49, n.2, p.202-208, 2001.

MENDONÇA, S. **Efeito hipocolesterolemizante da proteína de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) em hamsters**. 2006. 234f. Tese de doutorado (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2006.

MUJICA SANCHES, A.; DIAZ, M.B.; IZQUIERDO, J. **El cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*):** producción, mejoramiento genético y utilización. Santiago: Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe, 145p., 1997.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops.** Ames: Iowa State University of Science and Technology/Cooperative Extension Service. 1989. 21p., (Special Report, 48).

SPEHAR, C.R. Challenges and prospects to realize diversified agriculture in the tropics. In: World Congress on Conservation Agriculture, **4: Innovations for Improving Efficiency, Equity and Environment-OSIDC.** New Delhi, 2009. p.223–229.

SPEHAR, C.R. Diferenças morfológicas entre *Amaranthus cruentus*, cv. BRS Alegria, e as plantas daninhas *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.3, p.481-485, 2003.

SPEHAR, C.R.; ASCHERI, J.L.R.; FARFAN, J.A.; ARÊAS, J.A.G.; MUJICA-SANCHEZ, A. Composição Organo-mineral In: SPEHAR, C.R. (Ed.). **Amaranto:** opção para diversificar a agricultura e os alimentos, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007a. p.43-48.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; BRENNER, D. Aspectos Agronômicos In: SPEHAR, C.R. (Ed.). **Amaranto:** opção para diversificar a agricultura e os alimentos, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007b. p.79-86.

SPEHAR, C.R.; BRENNER, D. Genética e Melhoramento In: SPEHAR, C. R. (Ed.).

**Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007d. p.49-77.

SPEHAR, C.R.; BRENNER, D.; MUJICA-SANCHEZ, A. Origem e Importância do Amaranto In: SPEHAR, C. R. (Ed.). **Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007c. p.23-42.

SPEHAR, C.R.; LARA CABEZAS, W.A.R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados In: LARA CABEZAS, W.A.R.; FREITAS, P.L. (Ed.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia: UFU, p.179-188, 2001.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; LARA CABEZAS, W.A.R.; ERASMO, E.A.L. Amaranto BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, 2003.

SPEHAR, C.R.; TRECENZI, R. Desempenho agrônomo de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.102-111, 2011.

STALLKNECHT, G.F.; SCHULZ-SCHAEFFER, J.R. Amaranth rediscovered In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Eds.). **New Crops**. New York: Wiley, 1993. p. 211-218.

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

TUCKER, J. B. Amaranth: the once and future crop. **BioScience**, v.36, n.1, p.9-13, 1986.

VIDAL, R.A., FLECK, N.G.; MEROTTO JR., A. Período anterior ao dano no rendimento econômico (PADRE): Nova abordagem sobre os períodos de interferência entre plantas daninhas e cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.3, p.387-396, 2005.

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

YORINORI, J.T. **Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle**. Londrina: Embrapa Soja. 1996. 23p., (Circular Técnica, 14).

**Capítulo 1: Crescimento e reprodução em**

**amaranto cv. BRS Alegria**

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R.

**RESUMO**

**CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO EM**

**AMARANTO CV. BRS ALEGRIA**

As fases de desenvolvimento das plantas cultivadas têm demonstrado a importância no aprimoramento do manejo nutricional e fitossanitário. Com o objetivo de entender a ocorrência dos eventos durante o crescimento vegetativo e a reprodução foi conduzido experimento de campo, amostrando-se as plantas desde a emergência à maturação fisiológica em amaranto, cultivar BRS Alegria. A semeadura foi realizada em julho, sob irrigação, em solo anteriormente coberto por vegetação de cerrado, corrigido e fertilizado para suprir a demanda nutricional. As amostragens, com duas repetições coletadas inteiramente ao acaso, foram realizadas semanalmente, depois da emergência. Em cada época foi medido o diâmetro do caule, altura de plantas, peso de planta e área foliar; na fase reprodutiva foram incluídas as características de comprimento e largura de inflorescência e peso, tamanho e viabilidade de sementes. Os resultados mostraram que a planta de amaranto apresenta um período de baixo crescimento prolongado, relativo a outros cultivos, possivelmente devido ao tamanho reduzido da semente. Entretanto, esta inicia após 30 dias da emergência, crescimento exponencial, refletido pela máxima área foliar aos 60 dias e acúmulo de biomassa aos 80 dias. O diâmetro máximo do caule é atingido aos 40 dias, permitindo prever rendimento. A fase de enchimento de grãos ocorre em 15 dias, fazendo com que a demanda por nutrientes, especialmente nitrogênio, seja incrementada consideravelmente nesse curto período. Os dados sobre viabilidade de sementes indicaram que entre 60 a 70 dias estas apresentam germinação e vigor, quando o estresse hídrico não interfere no rendimento.

Palavras-chave: *Amaranthus cruentus*, crescimento, área foliar, altura de plantas, rendimento, biomassa.

**ABSTRACT**

**GROWTH AND REPRODUCTION PHASES IN**

**GRAIN AMARANTH CV. BRS ALEGRIA**

The knowledge of development phases in cultivated plants has been applied in the improvement of mineral nutrition and phytosanitary crop management. Aiming at understanding the sequence of events during vegetative growth and reproduction phase, an experiment was conducted with grain amaranth, cultivar BRS Alegria. Sowing was carried out in the dry season (winter) under irrigation, on a Brazilian Savannah soil (oxisol), previously covered by typical vegetation, amended and fertilized to supply the plant's mineral nutrition demand. Samples with two replications collected entirely at random, were collected every week after emergence. In each sampling date, stem diameter, plant height, plant weight and foliar area were measured; in reproductive phase, the characters of length and width of inflorescence and weight, size and viability of seeds were added to evaluations. The results show the amaranth plant has a long lag-phase, when compared with other crops, attributed to the reduced seed size. The plant, however, initiates rapid exponential growth, at 30 days, reflected by the maximal foliar area and accumulated biomass reached respectively at 60 and 80 days after emergence. The maximal stem diameter is reached at 40 days, allowing predicting yield potential. The filling grain occurs in 15 days, increasing rapidly the demand for nutrients, especially nitrogen in a short period. Data on seed viability indicate that between 60 to 70 days they possess germination and vigour, when moisture stress do not affect yield.

Key-words: *Amaranthus cruentus*, plant growth, leaf area, plant height, grain yield, biomass.



## 1. INTRODUÇÃO

Nas condições do Planalto Central do Brasil, o crescimento em amaranto BRS Alegria impressiona pela rapidez. No cultivo de fevereiro a maio, até os primeiros 15 dias após a emergência, as plantas são pequenas e pouco competitivas com as espécies infestantes ou espontâneas, requerendo cuidados especiais na semeadura, em função do pequeno tamanho da semente (SPEHAR et al., 2003). Essa característica é comum às espécies com adaptabilidade ao Brasil, como *A. cruentus* e *A. hypochondriacus*, enquanto *A. caudatus*, de origem andina, apresenta crescimento reduzido e menor rendimento (TEIXEIRA et al., 2003). Aos 45 dias após a emergência, inicia-se a antese e o período reprodutivo em BRS Alegria com igual duração, no qual as plantas atingem a maturação fisiológica, com ciclo total de 90 dias. Portanto, em três meses as plantas podem atingir 2,0 m de altura, com considerável produção de biomassa (SPEHAR et al., 2003).

Em outras regiões do Brasil, de maior latitude, o ciclo pode alongar-se em até 20 dias, com as plantas atingindo 2,5 m de altura em cultivo de verão e suprimento de nutrientes na adubação de base e nitrogênio em cobertura (BRAMBILLA et al., 2008). Para uma mesma região, o número de dias entre emergência e maturação varia de acordo com a latitude e época de semeadura, indicando haver variabilidade genética em *A. cruentus* para resposta ao fotoperíodo e demanda por nitrogênio (GIMPLINGER, et al., 2007; ERLEY et al., 2005).

Avaliações do efeito de estresse hídrico têm sido conduzidas, considerando algumas fases do desenvolvimento em *A. cruentus* e *A. hypochondriacus*, antes e depois da antese (AYODELE, 2000). Ainda que tenha havido redução de área foliar no período anterior à antese, os dados fornecem indicações de que o efeito seja menor no período

vegetativo e pouco antes da maturação fisiológica. A reação das plantas a fatores externos tais como estresses hídricos, nutrição mineral e população excessiva, pode estar relacionada a características genéticas intrínsecas de acessos para uma mesma espécie de amaranto (BOND; OLIVIER, 2006). A cultivar BRS Alegria em cultivos de sucessão à soja e em cultivo de inverno irrigada mostrou efeito negativo no crescimento e produção de biomassa a estresse nutricional (DOMINGOS et al., 2008), mais do que de época de semeadura, com destaque para o nitrogênio (SPEHAR; TRECENTI, 2011). Por outro lado, nas condições de cultivo sob estresse salino e cobertura morta, mesmo havendo diferenças no número de dias para início do florescimento, BRS Alegria não mostrou variações em matéria seca foliar, para uma mesma época de plantio (COSTA et al., 2008). Em cultivo orgânico, os níveis e fontes de nutrientes tiveram impacto em parâmetros de crescimento, como espessura do caule, altura de plantas e área foliar (COSTA; LIMA, 2010).

Estudos pioneiros sobre as fases de crescimento e reprodução em cultivos comerciais têm sido amplamente usados, em apoio à tomada de decisão sobre como intervir e o momento de fazê-lo em sistemas integrados de manejo de pragas, doenças e plantas daninhas. Os exemplos mais conhecidos são os da soja, do milho e do girassol (FEHR; CAVINESS, 1977; RITCHIE; HANWAY, 1989; SCHNEITER; MILLER, 1981). Mais recentemente, descrições sobre as fases da planta têm sido elaboradas para algodão (WRIGHT; SPENKEL, 2008; ZYK; BAKER, 2011). Com o detalhamento desde a germinação-emergência à maturação fisiológica, tanto em espécies anuais como perenes, tem sido possível conhecer a dinâmica biológica destas. No entanto, não existem publicações específicas para espécies menos exploradas como o amaranto.

Considerando a escassez de informação sobre como a planta de amaranto cresce e se desenvolve, e que a cultivar BRS Alegria apresenta relativa estabilidade aos

ambientes de cultivo no Brasil, este trabalho teve por objetivo pesquisar as fases vegetativas e reprodutivas através de características que melhor expressam a evolução da planta até a maturação fisiológica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, localizada à coordenada 15° 52' Latitude Sul e 47° 55' Longitude Oeste, e altitude de 1.010 m.s.n.m. O solo da área experimental é definido como Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2006)(Oxisol ou Ferralsol, Typic Haplustox, na classificação internacional), cujas características físicas e químicas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo (Typic Haplustox) da área experimental. Brasília, DF.

pH	M.O	P	K+	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V
	%	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub>			%
5,87	4,12	4,51	105,4	2,7	0,1	5,91	8,9	33,4

Antes da instalação do experimento, a área recebeu calagem adicional com calcário dolomítico para elevar a saturação por bases (V) ao nível de 50 %.

Fez-se a dessecação das plantas infestantes mediante a aplicação de glyphosate na dose de 2 L ha<sup>-1</sup>, em função do nível de infestação não ser muito elevado e de as plantas se encontrarem em plena atividade biológica. Em seguida, o solo foi sulcado manualmente, no espaçamento de 0,5 m, segundo definido por SPEHAR et al. (2003), e adubado. Utilizou-se 500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4 30 16 acrescido de micronutrientes no sulco de plantio, o qual foi coberto parcialmente. A semeadura de BRS Alegria foi realizada em 02 de julho de 2010, a partir de amostra de sementes produzida em 2000, e mantida em câmara fria, com 80% de germinação. Para assegurar que não houvesse falha na emergência utilizou-se densidade de 40 sementes m<sup>-1</sup>, cobrindo-se com 0,02 m de solo. Em seguida, realizou-se irrigação por aspersão imediatamente após o semeio.

Até a emergência, foi mantido turno de rega de dois dias e lâmina d'água de 10 mm. Quinze dias após a emergência, procedeu-se ao desbaste, deixando 15 plantas m<sup>-1</sup>, estabelecendo-se o estande de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência, quando então se aplicou 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, de acordo com a recomendação de BRAMBILLA et al. (2008). Ao longo do período de condução do experimento (agosto a outubro de 2010), a temperatura média foi de 21°C, e a precipitação média total foi de 17 mm (INPE, 2011).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições, onde cada amostra correspondeu a duas plantas, coletadas nas fases do crescimento, começando pelas plantas que apresentavam as primeiras folhas verdadeiras e opostas (acima das folhas cotiledonares); manteve-se o procedimento, mediante coletas semanais.

No momento da coleta foram medidos: diâmetro do caule a 0,05 m do solo, altura e número de folhas totalmente expandidas de cada planta. Para avaliar a área foliar, foram separados os limbos por planta, e dispostos em lâminas de plástico transparente sobre um *scanner* (Lexmark X75); por esse procedimento, onde cada folha deixou uma sombra, na qual se utilizou para cálculo com interpretador de imagem, ajustando-se à metodologia descrita por Papa (2009). Para obtenção dos valores reais, mediu-se um círculo com área conhecida (utilizou-se uma moeda de vinte e cinco centavos), gerando-se um fator de correção. Terminado o procedimento, os limbos foliares foram recolocados nas respectivas repetições, deixando-se as plantas secarem até atingirem peso constante.

Depois do início da floração (antese), amostras adicionais foram coletadas de inflorescências (panículas), seguindo o mesmo procedimento para medições sobre tamanho da inflorescência – comprimento e largura, deixando-as secar até peso

constante. Essa metodologia permitiu determinar a fase de ocorrência das primeiras sementes viáveis após a antese. Nas coletas de plantas, também foi registrado o número de folhas até a sua completa expansão.

Para estimativa da produção de biomassa, as plantas inteiras sem as raízes foram colhidas e secas ao ar, até atingirem peso constante e pesadas para avaliação de matéria seca. Além da obtenção da respectiva área foliar, produção de biomassa, altura de plantas, diâmetro, comprimento, largura e o peso seco da inflorescência, realizaram-se amostras de sementes, a partir da antese, para avaliar o peso e a germinação. Para a medição da altura de plantas, comprimento e largura da inflorescência foi utilizada trena. Para a medição do diâmetro de caule foi utilizado paquímetro digital. Para obtenção do peso seco das inflorescências, estas foram colhidas inteiras e secas ao ar, até atingirem peso constante, em seguida as sementes foram debulhadas e pesadas. Este procedimento foi realizado desde o início da antese até a maturação fisiológica. A germinação foi avaliada através de teste que foi realizado em caixa plástica do tipo “Gerbox” tendo, ao fundo papel de filtro umedecido com água. Este foi conduzido em germinador à temperatura de 25°C, com quatro repetições de 100 sementes. O número de sementes germinadas foi contado aos cinco dias, sendo então obtido o valor médio. Os dados de produção de grãos e de biomassa, depois da antese, foram usados para calcular o índice de colheita em cada fase. Todos os parâmetros foram submetidos à análise de regressão.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Considerações sobre o experimento**

A semeadura foi realizada em 02 de julho de 2010, sob dias curtos. Confirmando resultados anteriores (TEIXEIRA et al., 2003) não foi verificado efeito de fotoperíodo em *A. cruentus*, cv. BRS Alegria. O crescimento das plantas, que apresentaram ciclo total de 90 dias, da emergência até a maturação fisiológica, foi equivalente ao obtido no cultivo de verão (SPEHAR et al., 2003). A altura de plantas atingiu 1,80 m, enquanto a produção de biomassa e de grãos foi respectivamente de 11,89 e 2,73 t ha<sup>-1</sup>, com respectivo índice de colheita de 22,95%. Estes valores são médios, correspondendo a amostragens aleatórias realizadas na área experimental, quando as plantas atingiram a maturação.

Verificou-se que, 10 dias após o desbaste em algumas partes da área experimental, houve germinação e emergência adicional, devido ao excesso de solo depositado sobre as sementes durante a semeadura. Porém, as plantas emergidas tardiamente perderam a capacidade competitiva, apresentando crescimento bastante reduzido relativo às vizinhas laterais no mesmo sulco. Isto não impediu, entretanto, que produzissem sementes, ainda que em menor quantidade, evidenciando a capacidade produtiva individual em amaranto.

### 3.2 Caracteres morfológicos e evolução da planta

As variações em diâmetro do caule (em mm), ao longo da fase vegetativa, mostraram que até os 25 dias após a emergência houve pequena variação, atingindo-se o valor de 4 mm (Figura 1).

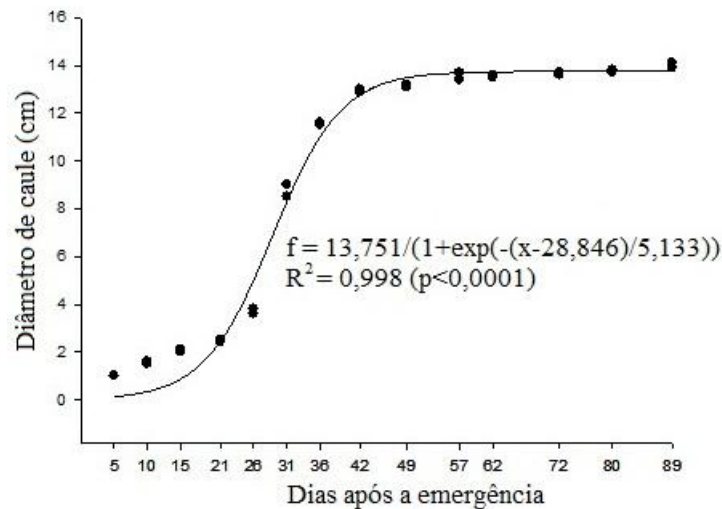


Figura 1. Variações no diâmetro de caule (mm) ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

A partir dos 28 dias após a emergência, em apenas 14 dias as plantas atingiram o valor máximo, e assim se mantiveram até a maturação fisiológica, com uma variação de 10 mm nesse período. O diâmetro de caule de 14 mm foi atingido 03 dias antes do início da antese, permanecendo inalterado durante o período reprodutivo. A partir deste ponto (42 dias após a emergência), quando se inicia o período reprodutivo, as plantas apresentavam cerca de 0,80 m de altura (Figura 2).



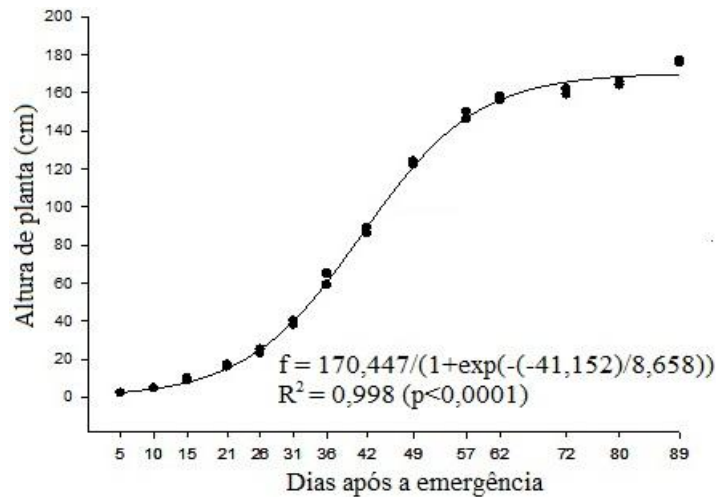


Figura 2. Variações na altura de planta ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

Portanto, até atingirem 1,80 m, não ocorreu variação no diâmetro. Pode-se afirmar que o diâmetro das plantas avaliado por ocasião da antese, expressou o potencial de crescimento e produtividade, se outros fatores como disponibilidade de umidade e nutrientes não forem limitantes. Nas linhas com elevada densidade, não incluídas na avaliação experimental, as plantas menores apresentaram diâmetro e altura reduzidos na terça parte do máximo crescimento, enquanto aquelas que apresentaram valores médios próximos de 1,80 m seguiram o padrão encontrado. Sob elevada densidade (população acima de 800.000 plantas ha<sup>-1</sup>), as plantas diminuem consideravelmente o diâmetro de caule e a altura, com reflexo negativo no rendimento de grãos, de acordo com SPEHAR\*. O crescimento foi considerável depois do início da antese, quando as plantas se apresentavam na fase de 16 folhas totalmente expandidas e se verificou a presença dos primórdios da inflorescência. Ainda na Figura 2, notou-se que, no decorrer de 30 dias, as plantas atingiram máximo crescimento aos 72 dias depois da emergência. Depois do início da antese, houve a formação das últimas folhas e sua respectiva expansão, alongamento dos últimos entrenós e o crescimento da panícula até atingir-se a altura final.

\* SPEHAR, C.R. (UnB/FAV/Curso de Agronomia). Comunicação pessoal, 2011.

A rapidez relativa de crescimento e da reprodução em amaranto cv. BRS Alegria se refletem na produção de biomassa (Figura 3), considerando estande de 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

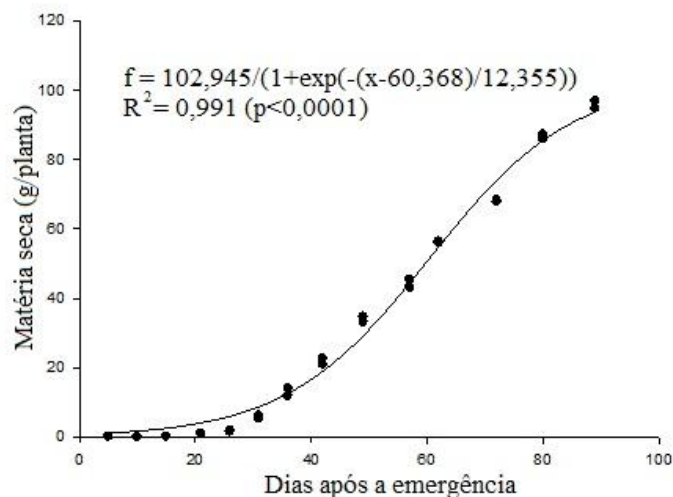


Figura 3. Variações na produção de matéria seca ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

Aos 40 dias após a emergência, as plantas apresentavam apenas 20% do total acumulado de biomassa. Em seguida, com a antese, expansão da inflorescência, ocorre intensa atividade fotossintética, com fluxo fonte-dreno se prolongando até a maturação fisiológica. Portanto, em 50 dias as plantas atingiram a máxima produção de biomassa.

De forma semelhante, a área foliar por planta que até os 30 dias após a emergência não representava números consideráveis, com cerca de 200 cm<sup>2</sup>, atinge seu máximo aos 60 dias, em plena atividade reprodutiva (Figura 4).

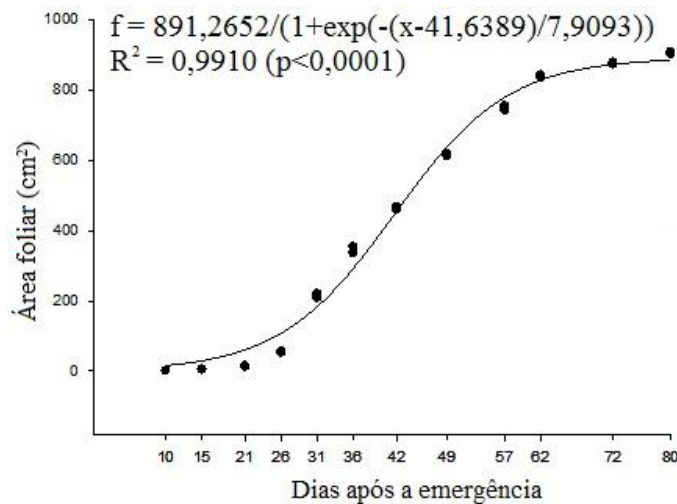


Figura 4. Variações na área foliar ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

Assim, seria óbvio esperar-se que o acúmulo de matéria seca estivesse associado ao da área foliar. O descompasso entre os picos se explica pela intensificação no fluxo de fotoassimilados, em função da área foliar existente, até completar-se o período reprodutivo. Desta forma, pode-se afirmar que nos últimos 30 dias que precedem a maturação fisiológica, as plantas desempenham seu papel de máxima produção de área foliar. Isto permite identificar períodos críticos, nos quais perdas de área foliar podem se refletir diretamente no acúmulo de matéria seca e na produção de grãos.

Aos cinco dias após o início da antese a inflorescência apresenta 10 cm de comprimento. Nessa fase, inicia-se a fecundação que se estende por 35 dias, atingindo o máximo comprimento (Figura 5). Ou seja, o rendimento de grãos, influenciado pelos parâmetros de crescimento e área foliar, se define nesse curto período.

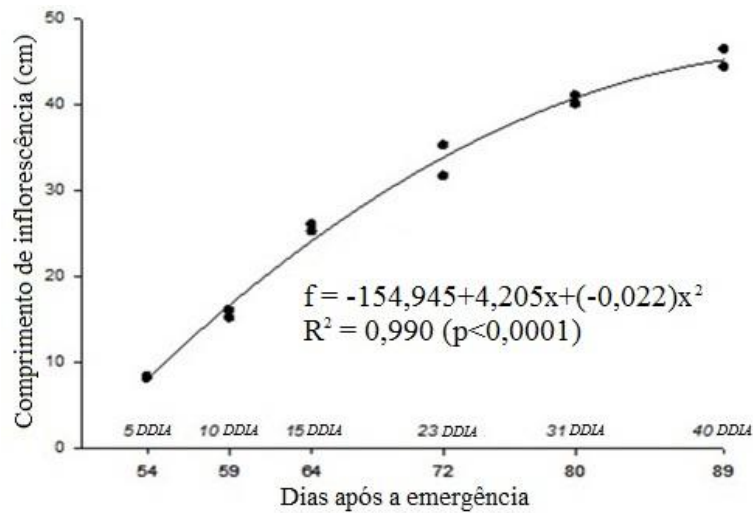


Figura 5. Variações no comprimento de inflorescência ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

Existe uma relação direta de comprimento com largura da inflorescência até os 20 dias após o início da antese (Figura 6), parecendo estabilizar enquanto cresce em comprimento.

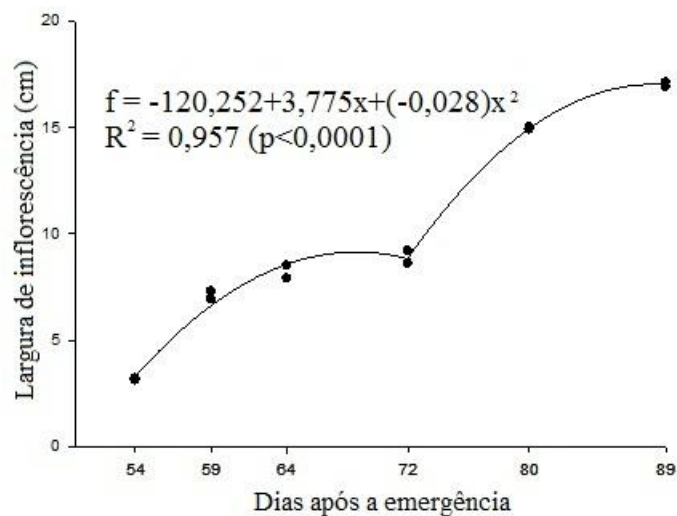


Figura 6. Variações na largura de inflorescência ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

Há, entretanto, um aumento em largura a partir desse ponto, o qual pode estar associado à maior frequência de grãos nas ramificações laterais. Com o aumento do tamanho e acúmulo de peso, abre-se a inflorescência aumentando sua largura.

No período de 20 dias, entre 20 a 40 dias depois do início da antese, ocorre a formação dos grãos (Figura 7).

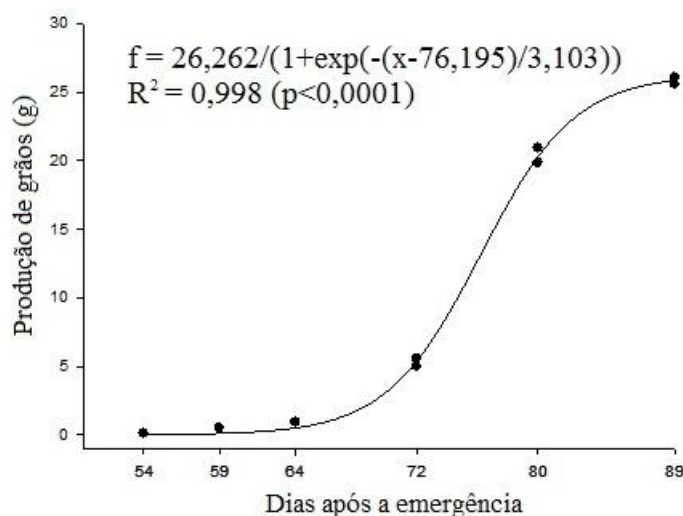


Figura 7. Variações na produção de grãos ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

Os valores variaram entre 5 até 20 g planta<sup>-1</sup>, a partir dos 72 dias após a emergência. Ou seja, em 20 dias ocorreu o enchimento dos grãos, atingindo-se a maturação fisiológica. Essa informação complementa o peso de 1.000 sementes.

No início da fase reprodutiva (15 dias após o início da antese) as sementes apresentaram peso de apenas a terça parte do valor máximo, atingido na maturação fisiológica (Figura 8).

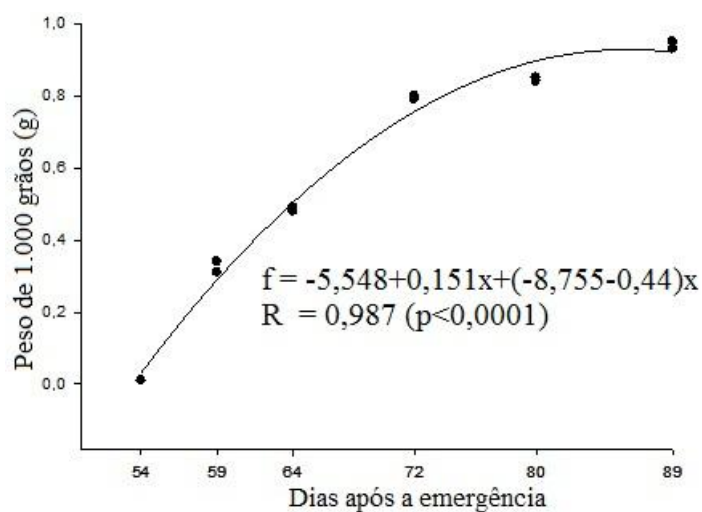


Figura 8. Variações no peso de 1.000 grãos ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

De acordo com amostragens ao longo do período reprodutivo, a antese tem duração de 20 dias, pois a partir desse ponto aumentou o percentual de sementes viáveis (Figura 9).

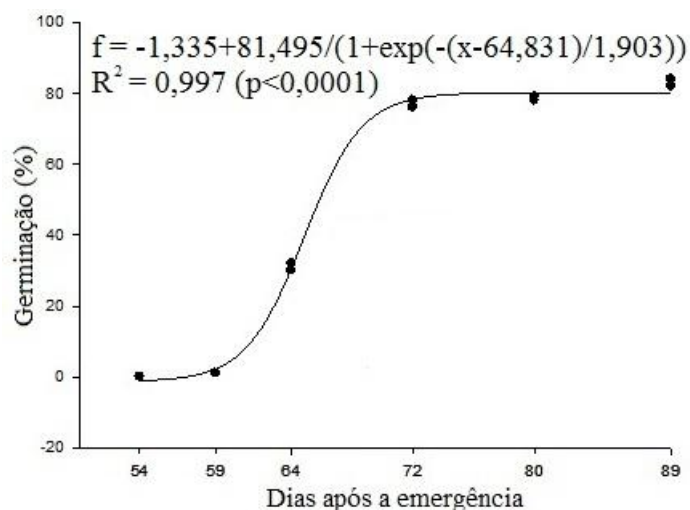


Figura 9. Variações na germinação ao longo do crescimento e desenvolvimento em amaranto cv. BRS Alegria.

O valor máximo é atingido até os 72 dias após a emergência. Portanto, tem-se a indicação de que nos últimos 17 dias do ciclo do amaranto BRS Alegria há perda de umidade, sem prejuízo à germinação.

### 3.3 Crescimento vegetativo em amaranto BRS Alegria e outras plantas cultivadas

Quando se comparam o período de crescimento vegetativo em amaranto com outras espécies anuais produtoras de grãos percebe-se grande diferença em vigor. Em soja, planta C3, tem-se ciclos variáveis entre 45 a 65 dias de fase vegetativa, quando a planta atinge seu máximo vigor sem, contudo, comparar-se ao amaranto em produção de biomassa (FEHR; CAVINESS, 1977). Em milho, espécie C4 à semelhança do amaranto, o período vegetativo é vigoroso, atingindo-se considerável produção de biomassa (RITCHIE; HANWAY, 1989). Porém, a duração do mesmo é de 60-70 dias,

superando o amaranto BRS Alegria. Em ambas as espécies, o crescimento é relativamente reduzido durante curto período (lag-phase), após a emergência; enquanto em amaranto esta fase se prolonga, e depois se intensifica, completando-se a fase vegetativa em poucos dias e compensando, assim, o reduzido crescimento no período anterior.

Vale acrescentar que a espécie *A. cruentus* não se mostrou sensível ao fotoperíodo em semeaduras de verão e sob dias curtos no Cerrado (SPEHAR et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2003). Assim, o padrão de crescimento identificado neste experimento reflete a resposta da planta às condições de cultivo (SPEHAR, 2007). Diferente de experimentos em latitudes elevadas, onde se observou efeito de comprimento dos dias no ciclo vegetativo, este trabalho identificou como os eventos ocorrem e a que velocidade, com as relativas implicações, no período entre emergência e maturação fisiológica. Espera-se que no curto período de rápido crescimento se intensifique a demanda por nitrogênio (GIMPLINGER et al., 2007; ERLEY et al., 2005), desde que os demais nutrientes sejam supridos ao nível da demanda. Por outro lado, na fase vegetativa, os efeitos de estresse hídrico parecem ser menores, ainda que no presente experimento houvesse controle da água (AYODELE, 2000). Entretanto, os dados sugerem que reduções de área foliar por deficiência hídrica, dentro de limites, não causam impacto em rendimento, sugerindo efeito de compensação.

O conjunto de fatores interativos, como estresse hídrico e nutrição mineral, associados à população de plantas pode ser ainda influenciado pelo padrão de crescimento do genótipo (BOND; OLIVIER, 2006). Neste experimento, efeitos negativos de estresses no crescimento e produção de biomassa foram reduzidos mantendo-se o nível de nitrogênio (BRAMBILLA et al., 2008; DOMINGOS et al., 2008; SPEHAR; TRECENZI, 2011).

Outros efeitos como estresse salino e cobertura morta não interferiram em produção de matéria seca foliar (COSTA et al., 2008), ainda que o nível de nutrientes afetasse espessura do caule, altura de plantas e área foliar (COSTA; LIMA, 2010). Neste experimento, para as condições de cultivo, as características medidas formaram a base para entender o crescimento vegetativo em amaranto e suas implicações na fase reprodutiva.

Quando se considerou o crescimento, percebe-se que diferente de soja e milho, as plantas ao passarem mais tempo na “lag-phase”, ficam mais expostas à competição com plantas infestantes, como anteriormente observado (SPEHAR et al, 2003; TEIXEIRA et al., 2003). Estes resultados permitiram estabelecer o tempo para intervenção, possibilitando definir o momento mais adequado para esta.

Nas Figuras 10 e 11 são apresentados aspectos do desenvolvimento de BRS Alegria em dois momentos da fase de crescimento vegetativo, aos 2 e aos 30 dias após a emergência, ocorrida em 8 de julho de 2010.



Figura 10. Plântulas com par de folhas cotiledonares aos 2 dias após a emergência.





Figura 11. Plantas aos 30 dias após emergência, com 6 folhas verdadeiras.

### 3.4 Reprodução em Amaranto BRS Alegria e outras plantas cultivadas

O conhecimento das fases em que se divide o período reprodutivo em amarantho abre perspectiva para se estabelecerem ações de manejo da planta sob os aspectos nutricionais, de distribuição espacial, de competição com plantas daninhas e efeitos de pragas e doenças. Desta maneira, é possível fazerem-se previsões e interferências para atingir rendimento potencial, racionalizar o uso de fertilizantes e defensivos (SPEHAR, 2003). Entretanto, este é o primeiro estudo a cobrir o crescimento e a reprodução em amarantho. Em outras espécies cultivadas, como a soja, o milho e o girassol (FEHR; CAVINESS, 1977; RITCHIE; HANWAY, 1989; SCHNEITER; MILLER, 1981) e, mais recentemente, o algodão, tem-se as definições das fases com os respectivos eventos (WRIGHT; SPENKEL, 2008, ZYK; BAKER, 2011).

Em contraste com soja e algodão, em amarantho as fases apresentaram curta duração, a começar pelo período reprodutivo. Em amarantho, além de reduzidos, os

eventos ocorreram rapidamente. Por exemplo, depois da antese, quando se formaram as sementes até a maturação fisiológica, a relação fonte:dreno é crítica. De acordo com BRAMBILLA et al. (2008) e DOMINGOS et al. (2008), espera-se que alguns nutrientes mais demandados, como nitrogênio, venham a causar impacto negativo no rendimento se não forem supridos nesse curto período. Além disso, de acordo com SPEHAR (2003), os efeitos de estresse hídrico podem ser minimizados por baixa probabilidade de incidência, dado às reservas da planta e o tempo reduzido.

Quando se consideraram efeitos de pragas ou doenças reduzindo a área foliar e rendimento da planta, pode-se inferir, à semelhança do que se elaborou para soja, que existem limites antes e depois da floração (FEHR; CAVINESS, 1977).

Por último, pode-se afirmar que, depois da antese, a fase final de enchimento de grãos é extremamente rápida, contornando eventuais estresses. Este estudo, complementado por amostragens para verificar o aparecimento das sementes, sua densidade e germinação, confirmaram observações de que amaranto mostra-se resistente à seca (SPEHAR, 2007). Neste caso, parece lógico afirmar-se que a rapidez do evento possibilita escape e reciclagem interna de umidade. Além disso, se as sementes na fase intermediária de enchimento apresentam germinação, ainda que a densidade seja menor, pode-se afirmar que a interrupção no suprimento de água não resultou em perda de rendimento. Considere-se que neste caso, por amostragens, as plantas foram interrompidas em seu fluxo, diferente do que ocorre em condições de cultivo, onde o fluxo permanece contínuo e as sementes atingem seu tamanho máximo.

Com base na dimensão das sementes, seria lógico afirmar-se que, por seu reduzido tamanho, cheguem a ponto de grão cheio mais rapidamente do que em outras espécies com maior densidade unitária. Dessa forma, as chances de perda de qualidade, germinação e vigor são menores. Comparativamente, sob baixa disponibilidade de água

na fase reprodutiva, a soja apresenta menor densidade das sementes e mudança na coloração (FRANÇA NETO et al., 2005). Por estes resultados, fica evidente que, em amaranto tal fato não ocorre, mantendo-se qualidade e vigor de sementes.

Com a compreensão das fases de crescimento vegetativo e reprodução em amaranto, ficam estabelecidos limites no seu cultivo, desde a emergência à maturação fisiológica. Espera-se que estes resultados tornem possível elaborar-se o manejo da planta e da fertilidade do solo, além de estabelecer previsões sobre momentos de intervenção no cultivo para maximizar rendimentos. As Figuras 12 a 14 mostraram o desenvolvimento de BRS Alegria em quatro momentos da fase reprodutiva: emissão de primórdios florais, em plena antese, na fase de enchimento de grãos, e, após atingir o ponto de maturação fisiológica.



Figura 12. A. Primórdios florais aos 46 dias após a emergência; B. Em plena antese aos 64 dias após a emergência.





Figura 13. Detalhe do comprimento de inflorescência aos 71 dias após emergência, 26 dias após o início da antese.



Figura 14. Plantas em ponto de maturação fisiológica aos 94 dias após emergência (49 dias após o início da antese).

#### **4. CONCLUSÕES**

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 apresenta 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 do superiores.

O acúmulo de 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.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYODELE, V.I. Influence of soil water stress at different physiological stages on growth and seed yield of *Amaranthus* species. **Acta Horticulturae**, n.537, p.767-772, 2000.

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

BOND, J.A.; OLIVIER, L.R. Comparative growth of Palmer amaranth (*Amaranthus palmieri*) accessions. **Weed Science**, v.54, p.121-126, 2006.

COSTA, D.M.A.; LIMA, M.P. Produtividade do amaranto (*Amaranthus* spp.) sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.5, p.683-691, 2010.

COSTA, D.M.A.; MELO, H.N.S.; FERREIRA, S.R.; HOLANDA, J.S. Crescimento e desenvolvimento do amaranto (*Amaranthus* spp.) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.43-48, 2008.

DOMINGOS, V.D.; ERASMO, E.A.L.; SILVA, J.I.C.; CAVALCANTE, G.D.; SPEHAR, C.R.; COSTA, N.V. 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, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.

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**, n.22, p.95-100, 2005.

FRANÇA-NETO, J.B.; PADUA, G.P.; CARVALHO, M.L.M.; COSTA, O.; BRUMATTI, P.S.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P.; HENNING, A.; SANCHES, D.P. **Sementes esverdeadas de soja e sua qualidade fisiológica**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, 8p., (Circular Técnica, 38).

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1997. 11p., (Special report, 80).

GIMPLINGER, D.M.; DOBOS, G.; SCHÖNLECHNER, R.; KAUL, H.P. Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria. **Plant Soil Environment**., v.53, n.3, p.105-112, 2007.

INPE. **Centro de previsão do tempo e estudos climáticos – CPTEC**. 2011. Disponível em: [http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento\\_brasil.shtml](http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento_brasil.shtml). Acesso em 30 de novembro de 2011.

PAPA, R.A. **Comportamento espectro-temporal da cultura do feijão, por meio de dados obtidos por espectralradiometria, câmera digital e imagem ASTER**. 2009.

132f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, FAV, UnB, Brasília, 2009.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology/Cooperative Extension Service, 1989. 25p., (Special Report, 48).

SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, v.21, p.901-903, 1981.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; BRENNER, D. Aspectos Agronômicos In: SPEHAR, C. R. (Ed.). **Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p.79-86.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.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.38, n.5, p.659-663, 2003.

SPEHAR, C.R.; TRECENTI, R. Desempenho agronômico de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.102-111, 2011.

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, p.45-51, 2003.



WRIGHT, D.L.; SPENKEL, R.K. **Cotton growth and development**. Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2008. (document SS-AGR-238). Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AG/AG23500.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2011.

ZYK, K.M.; BAKER, B. **How a cotton plant grows**. Texas AgriLife Research & Extension Center (by Del Deterling for Progressive Farmer, 1982). 2011. Disponível em: [http://sanangelo.tamu.edu/programs/agronomy/publications/cotton/cotton\\_plant\\_grows.php](http://sanangelo.tamu.edu/programs/agronomy/publications/cotton/cotton_plant_grows.php) Acesso em: 31 de maio de 2011.

**Capítulo 2: Efeito da perda de área foliar em componentes de  
rendimento de Amarantho cv. BRS Alegria**

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R.

## **RESUMO**

### **EFEITO DA PERDA DE ÁREA FOLIAR EM COMPONENTES DE RENDIMENTO DE AMARANTO CV. BRS ALEGRIA**

A simulação de perdas da área foliar tem sido amplamente utilizada nas espécies cultivadas visando estabelecer os limites de interferência em rendimento. Em soja, feijão e girassol as perdas têm sido empregadas, possibilitando estabelecer relações com outras espécies anuais como amaranto. O ciclo da planta, caracterizado por crescimento vegetativo e reprodução, apresenta peculiaridades, com eventos lentos após a emergência, acompanhados por rápido acúmulo de área foliar e biomassa, superando outras espécies anuais. Da mesma forma, a fase de enchimento de grãos ocorre em curto período. Como hipótese plausível tem-se que o conhecimento dos efeitos perdas na área foliar, antes e depois da antese, possibilita identificar limites no rendimento e outros parâmetros relacionados. Com este propósito, experimento inteiramente casualizado, com duas repetições foi conduzido na entressafra no Cerrado, em solo corrigido e fertilizado para atender a demanda da planta. O plantio foi realizado em sulcos espaçados por 0,5 m, com densidade de 15 plantas por metro linear. A partir de 10 dias antes do início da antese, simularam-se perdas de 15, 30, 45 e 60% da área foliar em quatro épocas, até 23 dias após. Os resultados mostraram que a perda de área foliar, antes da antese, apresenta impacto direto no rendimento de grãos e de biomassa, em níveis proporcionais, os quais foram menos observados em índice de colheita, com valores significativos acima de 15%, atingindo um máximo com 60%. Depois da antese, as perdas de área foliar são mais acentuadas, atingindo-se um máximo superior a 30% no rendimento de grãos para perdas de 60% da área foliar. Na fase reprodutiva, quando o acúmulo de matéria seca atinge seu máximo, perdas de área foliar resultaram em

menor peso e número de sementes, reduzindo-se proporcionalmente o índice de colheita.

Palavras-chave: *Amaranthus cruentus*, crescimento vegetativo, reprodução, desfolhamento, rendimento, matéria seca, altura de plantas, índice de colheita

## **ABSTRACT**

### **EFFECT OF LEAF AREA LOSS ON YIELD COMPONENTS OF GRAIN AMARANTH CV. BRS ALEGRIA**

Simulating leaf area loss has been amply utilized in cultivated species aiming at defining the limits of interference before yield reduction. Soybean, common beans and sunflower have been studied and relationships among species are used to establish proximity as with grain amaranth. In this crop the plant growth and reproduction is characterized by unique pattern of rapid accumulation of leaf area and biomass, overcoming other annual species. Similarly, the grain filling stage occurs in short period. A plausible hypothesis is the definition defoliation period, before and after anthesis, allows identifying the limits for grain yield and other related traits in grain amaranth. With this purpose, an experiment entirely randomized was conducted in the Brazilian Savannah dry season, on irrigated oxisol previously amended and fertilized to supply plant demand. The sowing was on rows equally spaced by 0,5 m, with density of 15 plants per meter. Ten days before the beginning of anthesis, foliar losses of 15, 30, 45 and 60% were simulated in four times until 23 days after. The results show that before anthesis these impact direct and proportionally biomass and grain yield, being less in harvest index, with significant values above 15%, reaching a maximum at 60%. After anthesis, the effects are more pronounced, being superior to 30% for a 60% foliar loss. In reproductive phase, when dry matter accumulation is maximal, reduction in foliar area resulted in small seed weight and number, reducing proportionally harvest index.

Key-words: *Amaranthus cruentus*, vegetative growth, reproduction, defoliation, grain yield, dry matter, plant height, harvest index

## 1. INTRODUÇÃO

As espécies cultivadas de ciclo anual sincronizam fonte (compostos oriundos da fotossíntese) e dreno (transferência e armazenamento), atingindo a maturação fisiológica dos frutos e sementes, culminando na senescência da própria planta. Em geral, o crescimento é rápido em comparação às perenes arbustivas, como é o caso do algodão (WRIGHT; SPENKEL, 2008). Seleções baseadas em herança genética têm sido intensificadas para reduzir o ciclo dessas espécies, visando racionalizar o uso dos insumos e recursos ambientais, como temperatura favorável e água, melhorando o manejo sanitário dos cultivos e auxiliando no desenvolvimento dos sistemas de produção (SPEHAR; TRECENTI, 2011).

Estudos sobre as fases de crescimento e reprodução em cultivos comerciais têm sido amplamente usados, permitindo decidir sobre como e quando realizar intervenção, apoiando sistemas integrados de manejo de pragas, doenças e plantas daninhas. Exemplos mais conhecidos são os da soja, do girassol e do milho (FEHR; CAVINESS, 1977; RITCHIE; HANWAY, 1989; SCHNEITER; MILLER, 1981). Mais recentemente, descrições sobre as fases da planta têm sido elaboradas para algodão (WRIGHT; SPENKEL, 2008).

A área foliar das plantas em cultivos comerciais depende da densidade de semeadura, obtida por experimentação, permitindo definir os limites de rendimento. Nas espécies sensíveis ao fotoperíodo, como a soja, a época de semeadura pode reduzir a fase vegetativa da planta, implicando em redução de área foliar (SPEHAR et al., 2011). Em amaranto, cujo ciclo é comparável ao de soja precoce, milho precoce e feijão, estudos têm sido conduzidos para definir a população de plantas que permita o aproveitamento dos fatores de produção, além de definir manejo de planta e de colheita

satisfatórios. Variações entre 74 a 270  $10^3$  plantas  $ha^{-1}$ , com espaçamentos de 30 a 76 cm, indicaram valores intermediários resultando em maiores rendimentos de grãos (HENDERSON et al., 2000). No Brasil, estudos preliminares, indicam que a população pode variar entre 100 a 300  $10^3$  plantas  $ha^{-1}$ , sem efeito negativo no rendimento, enquanto, sob elevadas populações, reduz-se, consideravelmente, diâmetro de caule, altura de plantas, comprimento de inflorescência e número de sementes, com reflexo negativo na produtividade (GIMPLINGER et al., 2008; SPEHAR et al., 2003).

Como desafio ao encurtamento do ciclo, tem-se de conhecer como a superfície foliar interfere na eficiência fotossintética, que depende das fases de crescimento e aumento da área. Desta forma, um fator associado como a disposição das folhas, na atualidade, tem orientado a seleção, para ângulo mais fechado relativo ao caule, sendo demonstrada com exemplos em trigo, soja e milho (GREEN, 1989; IKEDA; MATSUDA, 2002; MADDONNI et al., 2001). Assim, a área efetiva e a maior penetração dos raios solares nas partes inferiores do dossel contribuem para aumento da taxa fotossintética, o que explicaria uma perda parcial de área foliar. Por outro lado, as alterações esperadas nos fatores climáticos, com aumento nos teores de  $CO_2$ , podem causar mudanças de resposta, principalmente em plantas C4 como o amaranto (ACKERLY et al., 1992).

Uma vez definida a área foliar ideal nos cultivos, com margem de tolerância sem efeito na taxa fotossintética e no rendimento, o conhecimento dos efeitos de perdas, em diferentes fases, bem como as respectivas reações da planta, são necessários (GAZZONI; MOSCARDI, 1999; FONTOURA et al., 2006).

A desfolha artificial em plantas de importância econômica é uma ferramenta útil na simulação de ataques de pragas em lavouras, visando determinar os níveis de dano acima dos quais se compromete o rendimento. A técnica tem sido empregada

amplamente, apoiando o manejo integrado de pragas em diversos cultivos. Em soja, estudos clássicos na segunda metade do século passado demonstraram os limites de perda da área foliar sem prejuízo para o rendimento, antes e depois da floração e que se tornaram referência para o manejo integrado de pragas (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; THOMAS et al., 1974). Em feijoeiro, independente do tipo de crescimento, simulações de perdas da área foliar, variando entre 33 e 100% resultaram em reduções crescentes em rendimento de 5,6 até o nível de 59,0% (MOURA, 1999). Em girassol, o efeito de perdas por desfolha foram avaliadas com base nos componentes de rendimento antes e depois da floração, indicando o estágio R5.5, quando 50% das flores estão fertilizadas, como o mais crítico (LIMA JUNIOR et al., 2010).

Existem insetos e microorganismos associados ao amaranto cultivado que podem causar perdas de área foliar efetiva. Um exemplo é a *Hedylepta indicata*, *Lepidoptera*, *Pyralidae*, que causa danos em leguminosas e outras espécies (GERHARD, 1978). Esta praga pode causar perdas de até 70% em amaranto, na ausência de controle, antes da antese, na cultivar BRS Alegria (CONRADO, 2008) \*.

Não há na literatura, trabalhos sobre o efeito de desfolhadores em amaranto cultivado. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de perdas na área foliar de amaranto (*A. cruentus* cv. BRS Alegria), antes e depois da antese, sobre o rendimento de grãos, a produção de matéria seca e o índice de colheita.

---

\*CONRADO, S. (Fazenda Dom Bosco - Núcleo Rural PAD/DF). Dados não publicados.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, localizada à coordenada 15° 52' Latitude Sul e 47° 55' Longitude Oeste, e altitude de 1.010 m.s.n.m. O solo da área experimental é definido como Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2006) (Oxisol ou Ferralsol, Typic Haplustox, na classificação internacional), cujas características físicas e químicas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo (Typic Haplustox) da área experimental. Brasília, DF.

pH	M.O	P	K+	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V
	%	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub>			%
5,87	4,12	4,51	105,4	2,7	0,1	5,91	8,9	33,4

Antes da instalação do experimento a área recebeu calagem adicional, com calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases (V) ao nível de 50 %. Antes do plantio, fez-se a dessecação das plantas infestantes mediante a aplicação de glyphosate na dosagem de 2L ha<sup>-1</sup>, em função do nível de infestação não ser muito elevado e de as plantas se encontrarem em plena atividade biológica. Em seguida o solo foi sulcado manualmente, no espaçamento de 0,5 m, segundo definido por SPEHAR et al. (2003), e adubado. Utilizou-se 500 kg ha<sup>-1</sup>, da fórmula 4 30 16, acrescida de micronutrientes, no sulco de plantio, cobrindo-se parcialmente o sulco. Em seguida foi semeado BRS Alegria, a partir de amostra de sementes produzida anteriormente e mantida em câmara fria, com 80% de germinação. Para assegurar que não houvesse falha na emergência, foi utilizada a densidade de 40 sementes por metro linear, cobrindo-se com de 0,02 m de solo. O plantio deu-se em 02 de julho de 2010, procedendo-se à irrigação por aspersão

em seguida. Até ocorrer a emergência, foram mantidos turnos de rega espaçados por dois dias, cada um correspondendo a uma lâmina de 10 mm. Quinze dias após a emergência, procedeu-se ao desbaste, deixando 15 plantas  $m^{-1}$ , estabelecendo-se, portanto, o estande de 300 mil plantas  $ha^{-1}$ . A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência, quando se aplicou 60 kg  $ha^{-1}$  de nitrogênio, de acordo com a recomendação de BRAMBILLA et al. (2008).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos foram desfolhamento em quatro fases de desenvolvimento, antes e depois da antese (parcelas), com quatro níveis (15, 30, 45 e 60 %) e testemunha, sem desfolhamento (subparcelas). Na definição das fases, no momento do tratamento (desfolha), se mediu a altura de planta em cm (com uso de trena) e o número de folhas totalmente expandidas. As fases de desfolhamento, realizada nos níveis descritos, iniciaram com as plantas apresentando a folha do 16<sup>o</sup> nó totalmente expandida, correspondendo ao início do aparecimento da inflorescência. A partir deste ponto, realizaram-se intervenções semanais, mantendo-as até 21 dias após o início da antese, ou quando as plantas apresentavam 22 folhas, no início de desenvolvimento de grãos. Cada subparcela correspondeu a uma linha com 2 m, perfazendo a área de 1,0  $m^2$ .

Para a desfolha, utilizou-se tesoura, cortando-se as folhas nos níveis correspondentes, a partir da extremidade. Antes, procedeu-se a testes com a folha previamente escolhida e medições de área até definir-se o ponto de corte, para realizar a operação com a máxima aproximação possível. O nível de desfolha realizado foi previamente definido através de coletas de folhas que foram cortadas (nas extremidades), em 15 a 60%, sendo que as aferições se basearam em imagens escaneadas e ajustadas de acordo com a metodologia descrita por Papa (2009). As

Figuras 1 e 2 mostraram os cortes realizados para a simulação de perda de área foliar antes e após a antese, respectivamente, em 30 e 45%.

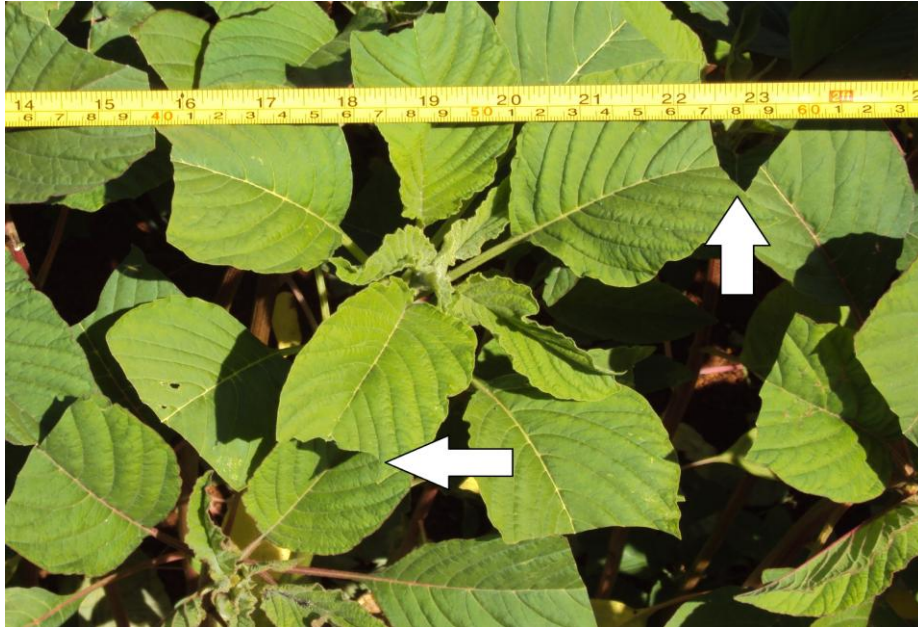


Figura 1. Simulação de perdas de área foliar com cortes de 30% em plantas com 38 dias após a emergência.



Figura 2. Simulação de perda de área foliar (45%) em plantas com 46 dias após a emergência.

Na maturação, coletaram-se dados sobre altura de plantas. As plantas depois de colhidas foram secas ao ar, até atingirem peso constante e pesadas para avaliação de

matéria seca. Além da obtenção da respectiva área foliar e os dados de produção de biomassa, altura de plantas, diâmetro, comprimento, largura e peso seco da inflorescência, foram realizadas amostras de sementes, a partir da antese, para avaliar o peso e a capacidade de germinação. Os dados de produção de grãos e de biomassa, depois da antese, foram usados para calcular o índice de colheita em cada fase.

O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas envolvendo fases da planta (como parcela) e níveis de desfolha (como subparcela). A análise estatística segue o seguinte modelo matemático:  $Y_{jik} = \mu + a_i + S_{jk} + b_j + (ab)_{ij} + e_{jik}$ , onde se tem a média ( $\mu$ ), o efeito devido a repetições ( $a_i$ ), parcelas, subparcelas, conjunto de parcelas e subparcelas e o erro devido a efeitos aleatórios. Como o experimento foi instalado em uma grande parcela, tornou-se possível definir a localização dos tratamentos em função da homogeneidade das plantas. Assim, as fontes de variação, com os respectivos graus de liberdade, para o delineamento inteiramente casualizado, encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise de variância para o experimento de simulação de perdas de área foliar em amaranto.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Grau de liberdade do experimento
Parcela (A) = Fase (época de simulação de perda)	(a-1)	3
Resíduo (a) = Rep (Fase)	a(r -1)	4
Fase (sub-Total)	(ar -1)	7
Subparcela (B) Simulação de perda	(b-1)	4
Interação (A x B)	(a-1)(b-1)	12
Resíduo (b) devido ao efeito conjunto	a(r-1)(b-1)	16
Total	abr-1	39

Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey.

Os dados experimentais foram utilizados para análise de regressão estimando-se efeito de simulação de desfolha sobre rendimento total da planta, rendimento de grãos e índice de colheita.

Foi realizada conversão dos dados obtidos em gramas para kilogramas por hectare, para facilitar a discussão e a visualização dos resultados (Tabelas 3 e 4).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância evidencia que os níveis de desfolha apresentaram efeito significativo para rendimento total da planta, rendimento de grãos, altura de plantas e índice de colheita (Tabela 1, Apêndice). Entretanto, independente da fase, a altura de plantas mostrou ser menos afetada por nível de desfolha.

A interação fase  $\times$  tratamento, correspondendo ao nível de desfolha em cada subfase de crescimento e reprodução em amaranto, mostrou-se significativa, justificando o desdobramento da interação.

Para rendimento total da planta, ainda que houvesse diferença significativa nos níveis de desfolha, os valores máximos e mínimos corresponderam na fase em que a planta se apresentava com 16 folhas alternadas, foram de 11.930,2 e 10.974,2 kg ha<sup>-1</sup>, para 0 e 60 % de perda de área foliar, sendo inferior a 10% (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de rendimento total da planta (kg ha<sup>-1</sup>) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.

Perda (%)	Fase – Dias, antes e depois da antese			
	10 DAIA	Antese	10 DDIA	23 DDIA
0	11.930,2 a A	11.892,6 a A	11.816,6 a A	11.993,6 a A
15	11.592,2 b A	11.723,0 ab A	10.956,0 b B	11.002,8 b B
30	11.449,4 bc A	11.521,2 bc A	10.619,6 c B	10.615,0 c B
45	11.241,2 cd A	11.321,6 cd A	10.370,4 cd B	10.077,2 d B
60	10.974,2 d A	11.135,2 d A	10.114,8 d B	9.797,8 d C

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p=0.05$ ).

Na antese, proporção semelhante se manteve. Contudo, aos 10 dias após a antese, os efeitos de desfolha se intensificaram, aumentando a magnitude da diferença entre ausência e o máximo de desfolha. Houve efeito considerável, com diferença

significativa a partir de 15% de desfolha. Os efeitos de desfolha intensificaram-se ainda mais aos 23 dias após a antese, tornando evidente a maior diferença entre os valores extremos, atingindo perda de 20% na produção total da planta, quando se simularam reduções de 60% da área foliar (Figura 3). Nessa fase, todos os níveis de desfolha afetaram o rendimento total. Quando se considera a interação fase x tratamento, com 15% de perdas, até a antese, o rendimento total não mostrou produzir danos, os quais foram significativos aos 10 dias após a antese. O mesmo vale para os demais níveis de desfolha, se intensificando quando atingiram 60%.

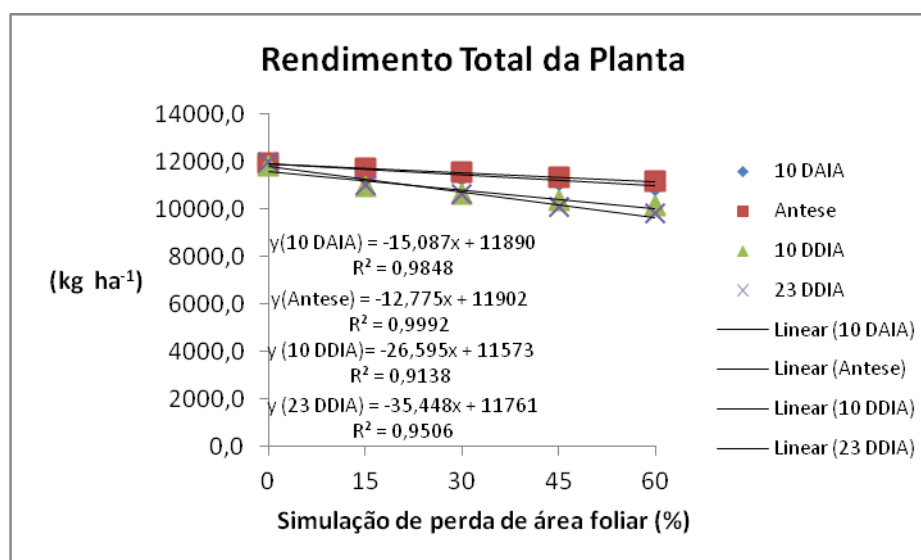


Figura 3. Valores médios de rendimento total da planta (kg ha<sup>-1</sup>) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.

A desfolha nas diferentes fases e níveis causou impacto no rendimento, sendo progressivo e intensificando-se depois da antese (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.

Perda (%)	Fase – Dias, antes e depois da antese			
	10 DAIA	Antese	10 DDIA	23 DDIA
0	2.719,4 a A	2.745,4 a A	2.741,4 a A	2.725,6 a A
15	2.701,0 ab A	2.711,4 a A	2.508,6 b B	2.321,4 b C
30	2.693,4 ab A	2.599,8 b B	2.421,8 bc C	2.167,4 c D
45	2.623,6 b A	2.523,6 b B	2.345,8 c C	2.018,6 d D
60	2.496,0 c A	2.417,0 c A	2.230,6 d B	1.899,6 e C

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p=0.05$ ).

Na fase precedente à antese, as perdas foram intensificadas em 60% de redução de área foliar. A proporção, contudo, não correspondeu ao rendimento total. À medida que a desfolha atingiu as fases reprodutivas, desde a antese, intensificaram-se as magnitudes das diferenças que ficaram mais evidentes (Tabela 4). Assim, perdas superiores a 30% de desfolha tiveram impacto negativo crescente que atingiu seu máximo aos 23 dias após a antese (Figura 4). Portanto, na fase de formação de grãos, o efeito de desfolha na redução de rendimento foi máximo, atingindo valores próximos de 30%. Além disso, antes da antese, as perdas por redução de até 15% da área não foram significativas. Entretanto, à medida que evoluiu para a fase reprodutiva, as mesmas intensificaram, mostrando ser mais crítica em todos os níveis de desfolha.



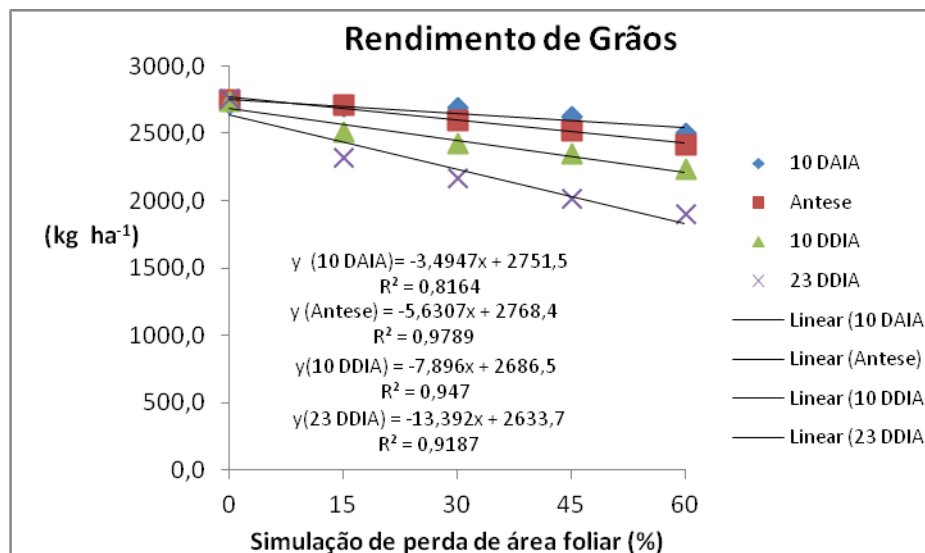


Figura 4. Valores médios de rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.

Quando se observou o efeito de desfolha sobre altura da plantas (Tabela 5), percebe-se que independente da fase, as plantas tiveram pequena redução, mesmo no nível de 60%. Considera-se que esta foi proporcional em todas as fases.

Tabela 5. Valores médios de altura de plantas (cm) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.

Perda (%)	Fase – Dias, antes e depois da antese			
	10 DAIA	Antese	10 DDIA	23 DDIA
0	177,00 ab A	179,00 ab A	180,00 a A	178,00 ab A
15	175,50 bc A	176,00 abc A	176,50 ab A	173,00 c A
30	180,00 a A	180,00 a A	174,00 b A	180,00 a A
45	177,00 ab A	175,00 bc A	176,00 ab A	180,00 a A
60	171,50 c A	173,00 c A	174,00 b A	175,00 bc A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=0.05).

O índice de colheita, medindo a proporção entre rendimento total e de grãos, mostrou que, com 15 a 60% de redução da área foliar, não houve diferença estatística até 10 dias após a antese (Tabela 6). Porém, aos 23 dias os efeitos foram intensificados,

reduzindo-se a proporção para todos os níveis de perdas (Figura 5). A representação gráfica evidencia relação linear entre perda de área foliar e decréscimo em rendimento de biomassa e de grãos, com os respectivos índices de colheita (Figuras 3, 4 e 5). O aumento de magnitude em rendimento de grãos mostra relação direta com índice de colheita. Ou, a biomassa produzida sofrendo menor redução, atribui-se às perdas foliares os impactos negativos em rendimento de grãos refletidos em índice de colheita.

Tabela 6. Valores médios de índice de colheita (%) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.

Perda (%)	Fase – Dias, antes e depois da antese			
	10 DAIA	Antese	10 DDIA	23 DDIA
0	0,2275 a A	0,2315 a A	0,2315 a A	0,2275 a A
15	0,2325 a A	0,2310 a A	0,2285 ab A	0,2105 b B
30	0,2345 a A	0,2255 ab A	0,2280 ab A	0,2040 bc B
45	0,2310 a A	0,2230 ab A	0,2260 ab A	0,1985 cd B
60	0,2275 a A	0,2170 b A	0,2200 b A	0,1930 d B

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p=0.05).

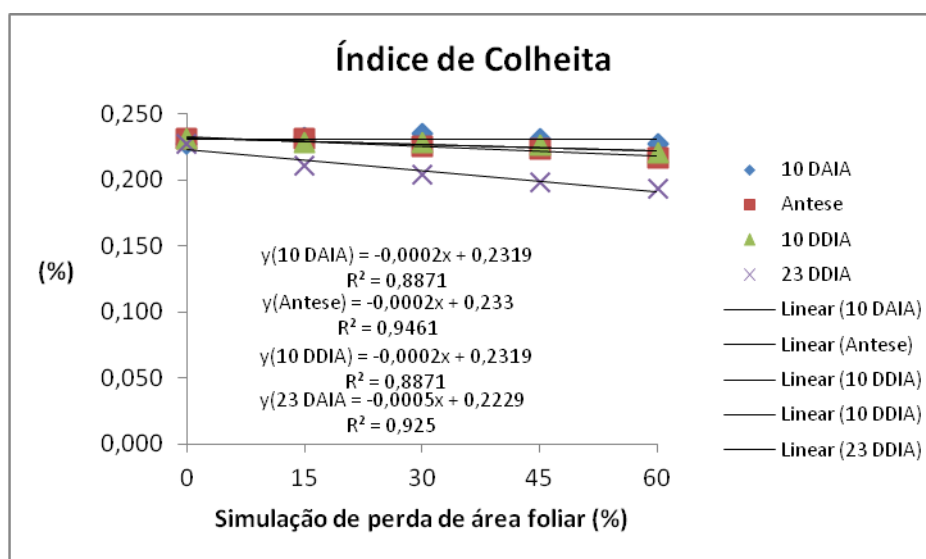


Figura 5. Valores médios de índice de colheita (%) para simulação de perdas de área foliar realizada antes (DAIA) e depois do início da antese (DDIA) em amaranto cv. BRS Alegria.

A dinâmica do crescimento e da reprodução em amaranto difere de outras espécies anuais, com implicações na produção e no fluxo de compostos para as sementes que se formam. Em soja, por exemplo, o período vegetativo pode variar entre 45 a 70 dias após a emergência, com a fase reprodutiva variando de 50 a 80 dias (SPEHAR et al., 2011). Quando se contrasta com amaranto BRS Alegria, percebe-se que as subfases, antes e durante a reprodução, ocorrem em um curto período. Ao se incluírem espécies de ciclo mais longo, como o algodão, (WRIGHT; SPENKEL, 2008), os eventos ocorrem por um período ainda mais longo. Neste trabalho, fica evidente que reduzindo o ciclo vegetativo e reprodutivo em amaranto se restringe a resposta da planta a efeitos externos como a desfolha. Considerando-se a disponibilidade e o uso de nutrientes, implicando na definição de área foliar e fotossíntese, o manejo fitossanitário torna-se importante no rendimento de grãos e outras características da planta. O conhecimento de como ocorre essa interdependência, já conhecida em outros cultivos, é fundamental para a inserção do amaranto nos sistemas de produção (SPEHAR; TRECENTI, 2011). Assim, os efeitos de perdas de área foliar podem suprir informação relevante para o manejo.

Os resultados deste experimento permitiram definir os momentos de intervenção em sistemas integrados de manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, como em soja, girassol e milho (FEHR; CAVINESS, 1977; RITCHIE; HANWAY, 1989; SCHNEITER; MILLER, 1981). O fato do amaranto BRS Alegria não se mostrar sensível ao fotoperíodo, nas condições do Brasil Central, permite que o manejo seja mais previsível do que em soja (SPEHAR et al., 2011). Independente da época, as plantas, sob uma mesma condição de fertilidade de solo e densidade de plantio, apresentam os períodos vegetativos e reprodutivos semelhantes. Pelas significativas

relações lineares entre desfolha e rendimento, pode-se obter, para um determinado nível de perda foliar, o correspondente efeito em rendimento.

A densidade de plantas neste experimento tendo sido mantida em  $300 \cdot 10^3 \text{ ha}^{-1}$  foi comparável ao recomendado em outros ambientes (HENDERSON et al., 2000). Mesmo que, após o desbaste tenham emergido plantas adicionais, estas ficaram reduzidas em tamanho e não tiveram efeito competitivo que resultasse em alterações nos parâmetros agronômicos, nem reduções de produtividade (GIMPLINGER et al., 2008; SPEHAR et al., 2003).

Por outro lado, a disposição das folhas em relação ao caule apresentando ângulo mais aberto, com relativo sombreamento de folhas na parte inferior do dossel, em relação a espécies como trigo, soja e milho (IKEDA; MATSUDA, 2002; MADDONNI et al., 2001), não pareceu manter rendimento, sob desfolha parcial. A maior penetração dos raios solares nas partes inferiores do dossel, por perda parcial de área foliar, não parecem ter compensado para aumentar a taxa fotossintética. Entretanto, em face às mudanças climáticas, respostas poderiam ser mais efetivas com alteração na composição da atmosfera, permitindo maior aproveitamento de  $\text{CO}_2$ , com aumento na magnitude de perdas de área foliar em amaranto (ACKERLY et al., 1992).

A perda de área foliar em amaranto mostrou ser afetada de forma diferenciada nos eventos vegetativos e reprodutivos, como em soja (GAZZONI; MOSCARDI, 1998; FONTOURA et al., 2006). Entretanto, como as fases ocorrem em curto período, os efeitos se mostraram mais críticos, relativo aos níveis de perdas e as fases em que ocorreram. Pode-se afirmar que o fato de ser uma espécie  $\text{C}_4$ , em conjunção com a rapidez entre início da antese e o final do enchimento de grãos, faz com que o manejo seja diferenciado. Isto pode ser explicado pela drástica redução de rendimento sob perdas elevadas de área foliar na fase reprodutiva, atingindo mais de 30% na fase final

da reprodução. Aventa-se a que o fluxo nesse período é máximo e com maior dependência da fotossíntese, sendo assim reduzida quando ocorre perda foliar.

Experimentos com soja e feijão demonstraram, à semelhança dos resultados aqui apresentados, que as perdas de rendimento de grãos foram mais acentuadas na fase reprodutiva. As simulações de redução da área foliar, tendo variado entre 15 e 60%, produziram perdas superiores a 50% na desfolha mais intensa, dependendo da fase, culminando com a reprodutiva (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; THOMAS et al., 1974; MOURA, 1999). Da mesma forma, em girassol, a fase intermediária da reprodução foi a mais crítica (LIMA JUNIOR et al., 2010). Os dados com amaranto mostraram uma relação estreita com o obtido para aquelas espécies e a respectiva desfolha, que provavelmente resultaria em perdas proporcionalmente maiores em amaranto, se níveis maiores tivessem sido utilizados.

Sobre possíveis desfolhadores *Hedylepta indicata*, primariamente praga de leguminosas e outras espécies, pode causar danos em amaranto (GERHARD, 1978). Com perdas de até 70% antes da antese, na cultivar BRS Alegria, supõe-se que as reduções de rendimento sejam consideráveis, conforme demonstrado por este experimento (CONRADO, 2008)\*. Outros possíveis desfolhadores são *Diabrotica speciosa* e *Lagriia villosa*, além de gafanhotos e formigas, que podem causar danos nos primeiros 30 dias após a emergência (SPEHAR, et al., 2003). Fenômenos atmosféricos, como queda de granizo, também podem causar danos consideráveis.

Ainda que tenha havido uma correspondência entre rendimento total da planta e de grãos relativo à redução da área foliar, a queda acentuada no final da fase reprodutiva pode ser explicada pelo acúmulo de matéria seca. Ou ainda, as plantas nessa fase já teriam atingido o pico da produção de biomassa, estando em atividade fotossintética plena. A perda foliar, em peso, foi proporcionalmente menor. Com a menor taxa de

produção de compostos orgânicos a serem transferidos às sementes, o seu menor número e peso resultaram em menores valores de índice de colheita (GIMPLINGER et al., 2008).

#### **4. CONCLUSÕES**

A perda de área foliar em amaranto BRS Alegria, antes da antese, apresenta impacto direto no rendimento de grãos e de biomassa, que em níveis proporcionais, são menos observados em altura de plantas e índice de colheita.

Quando a redução de área foliar ocorre na fase reprodutiva, as perdas são mais acentuadas e podem atingir um máximo superior a 30% no rendimento de grãos para perdas de 60 % da área foliar.

Na fase reprodutiva, quando o acúmulo de matéria seca atinge seu máximo, perdas de área foliar resultam em menor peso e número de sementes, reduzindo-se proporcionalmente o índice de colheita.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERLY, D.D.; COLEMAN, J.S.; MORSE, S.R.; BAZZAZ, F.A. CO<sub>2</sub> and temperature effects in two annual plant species. **Ecology**, v.73, n.4, p.1260-1264, 1992.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11p., (Special report, 80).

FONTOURA, T.B.; COSTA, J.A.; DAROS, E. Efeitos de níveis e épocas de desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos da soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.7, n.1-2, p.49-54, 2006.

GAZZONI D. L.; MOSCARDI, D I. F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.4, p.411-424, 1998.

GERHARD, B.M. Controlling pests of tropical legumes; current recommendations and future strategies. **Pesticide Science**, v.9, n.5, p.465-477, 1978.

GIMPLINGER, D.M.; DOBOS, G.; ERLEY. G.S.; KAUL, H.P. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. **European Journal of Agronomy**, v.28, p.119-125, 2008.



GREEN, C.F. Genotypic differences in the growth of *Triticum aestivum* in relation to absorbed solar radiation. **Field Crops Research**, v.19, n. 4, p.285-295, 1989.

HENDERSON, T.L.; JOHNSON, B.L.; SCHNE, A. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern great plains. **Agronomy Journal**, v.93, n.2, p.329-336, 2000.

HOFFMANN-CAMPO, C.B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B.S.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; PANIZZI, A.R.; CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p., (Circular Técnica, 30).

IKEDA, T.; MATSUDA, R. Effects of soyabean leaflet inclination on some factors related to photosynthesis. **The Journal of Agricultural Science**, v.138, p.367-373, 2002.

LIMA JUNIOR, I.S.; BERTONCELLO, T.F.; MELO, E.P.; DEGRANDE, P.E.; KODAMA, C. Desfolha artificial simulando danos de pragas na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L., *Asteraceae*). **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.1, p.23-27, 2010.

MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E.; CIRILO, A.G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, v.71, p.183-193, 2001.

MOURA, G.M. Efeito do desfolhamento no rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.57-62, 1999.

PAPA, R.A. **Comportamento espectro-temporal da cultura do feijão, por meio de dados obtidos por espectralradiometria, câmera digital e imagem ASTER**. 2009. 132f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, FAV, UnB, Brasília, 2009.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology/Cooperative Extension Service, 1989. 25p., (Special Report, 48).

SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, v.21, p.901-903, 1981.

SPEHAR, C.R.; PEREIRA, E.A.; SOUZA, L.A.C. Legume improvement in acid and less fertile soils. p.263-275. In: PRATAP, A.; KUMAR, J. (Ed.). **Biology and breeding of food legumes**. CABI: New Delhi, 2011.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; LARA CABEZAS, W.A.R.; ERASMO, E.A.L. Amarantho BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.5, 2003.

SPEHAR, C.R.; TRECENTI, R. Desempenho agrônomo de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.102-111, 2011.

THOMAS, G.D.; IGNOFFO, C.M.; BIEVER, K.D.; SMITH, D.B. Influence of defoliation and depodding on yield of soybeans. **Journal of Economic Entomology**, v.67, n.5, p.683-685, 1974.

WRIGHT, D.L.; SPENKEL, R.K. **Cotton growth and development**. Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2008. (document SS-AGR-238). Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AG/AG23500.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2011.

## **6. PERSPECTIVAS PARA A CONTINUIDADE DA PESQUISA**

Este trabalho, tendo como objetivo descrever como a planta de amaranto cresce e se reproduz é complementado pela simulação de perdas de área foliar, trazendo indicativos sobre o manejo desta em cultivos comerciais, visando ao manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas. No entanto, este ainda não responde a todas as indagações. A sugestão é de que sejam conduzidos estudos detalhando-se as etapas do crescimento e da reprodução em amaranto, fazendo-se descrição das fases, da emergência à maturação fisiológica, em associação com as determinações agronômicas, e, enfim, com a definição, propriamente dita, das fases fenológicas da planta. Espera-se que, com a geração de informação complementar, seja possível aperfeiçoar a tecnologia do cultivo de amaranto.

## **ANEXOS**

## ANEXO A. Lista de siglas

Centímetro	cm
Cultivar	cv.
Dias antes do início da antese	DAIA
Dias depois do início da antese	DDIA
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>
Grama	g
Índice de colheita	IC
Hectare	ha
Kilograma	kg
Litro	L
Metro	m
Milímetro	mm
Peso de 1.000 grãos	P 1.000
Porcentagem	%
Produção de Grãos	PG
Repetição	rep
Tratamento	trat
Versus	x

## APÊNDICE

Tabela 1. Análise de variância de altura de plantas, rendimento total da planta, rendimento de grãos e índice de colheita para níveis simulados de perdas de área foliar nas fases de crescimento e reprodução em amaranto. Estação Experimental de Biologia - UnB, Brasília, 2010.

CARACTERÍSTICAS												
Fonte	ALTURA DE PLANTAS			RENDIMENTO TOTAL DA PLANTA			RENDIMENTO DE GRÃOS			ÍNDICE DE COLHEITA		
	QM	F	Pr > F	QM	F	Pr > F	QM	F	Pr > F	QM	F	Pr > F
Erro a	14.925			53.437			3.929			0.000036		
fase	2.492	0.167	0.9134	4636.863	86.772	0.0004	893.664	227.396	<.0001	0.001144	31.592	0.0030
rep(fase)	14.92	8.01	0.0010	53.437	2.53	0.0813	3.929	1.80		0.000036	3.95	0.0204
trat	39.15	21.02	<.0001	5886.247	278.59	<.0001	644.622	295.01	<.0001	0.000266	29.09	<.0001
fase*trat	9.367	5.03	0.0017	372.486	17.63	<.0001	62.632	28.66	<.0001	0.000072	7.87	0.0001
Erro b	1.862			21.128			2.185			0.000009		