

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**TOLERÂNCIA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO
FEIJÃO-CAUPI A HERBICIDAS APLICADOS EM
PÓS-EMERGÊNCIA.**

FERNANDO RAMOS DE SOUZA

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**TOLERÂNCIA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI
A HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA**

FERNANDO RAMOS DE SOUZA

Sob a Orientação do Professor
Aroldo Ferreira Lopes Machado

e Co-orientação do Professor
Carlos Pimentel

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Fitotecnia**, no
Curso de Pós-Graduação em
Fitotecnia, Área de Concentração em
Produção Vegetal

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S719t Souza, Fernando Ramos de , 1991-
Tolerância e respostas fisiológicas do feijão-caupi
a herbicidas aplicados em pós-emergência / Fernando
Ramos de Souza. - 2017.
60 f.

Orientador: Aroldo Ferreira Lopes Machado.
Coorientador: Carlos Pimentel.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Fitotecnia, 2017.

1. Vigna unguiculata. 2. fluorescência da
clorofila a. 3. manejo químico. 4. planta daninha. I.
Machado, Aroldo Ferreira Lopes, 1977-, orient. II.
Pimentel, Carlos, -, coorient. III Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Fitotecnia. IV.
Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

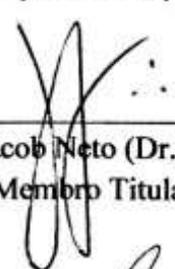
FERNANDO RAMOS DE SOUZA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Produção vegetal.

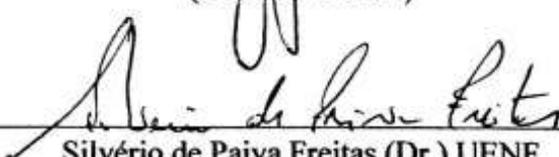
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23/02/2017



Aroldo Ferreira Lopes Machado (Dr.) UFRRJ
(Orientador)



Jorge Jacob Neto (Dr.) UFRRJ
(Membro Titular)



Silvério de Paiva Freitas (Dr.) UENF
(Membro Titular)

Aos meus pais José e Iraci,
pela educação, amor e incentivo a sempre continuar estudando
Aos Irmãos Manoel e Patrícia.
Ao meu amor, Elenice, pelo companheirismo e ombro amigo, sempre que necessitei.
À Minha avó Maria, Tios, Tias, Primos e Primas da família materna,
Pelos momentos de alegria que me proporcionam, sempre que estamos juntos,
naquele que considero o melhor lugar do mundo.
Aos Professores Natália Santiago e Geovane Guimarães

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me proporcionar saúde, paciência e coragem para alcançar os meus objetivos.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e à Capes, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Aos professores Aroldo Ferreira Lopes Machado e Luiz Rodrigues Freire, pela amizade, orientação, incentivo, apoio e pelo esforço em me ensinar sobre a ciência de plantas daninhas e ciência do solo, respectivamente. Obrigado pela valorosa contribuição em minha formação. Ao professor Carlos Pimentel pela co-orientação. Aos professores Jorge Jacob Neto e Silvério de Paiva Freitas, pelas valorosas contribuições no trabalho e participação na banca de defesa. E a todos os professores, que com amor e dedicação, fazem do lecionar mais do que uma obrigação e efetivamente contribuem para a melhoria da nossa educação.

Aos amigos do alojamento 322/321 e agregados, Ananias Júnior, Carlucio Veloso, Elias Costa, Ernandes Barbosa, Gabriel Mendes, Heitor Pereira, Jander Almeida, Josué Loures, Manoel Sobrinho, Phelipe Ladeia, Rodrigo Amaral, Ueliton Lopes, Vanderlei Soares, Rosana Carneiro, Diego Paulo, Laiz Silva, Lúcinéia Costa pela boa convivência e amizade.

Aos amigos do laboratório de fertilidade, Amanda Marega, Erinaldo Gomes, Nágila Guimarães, Oclizio Medeiros, Gean Teles, Anne Lima, Francisco Watylo, Deivid Brito, Graciane Siqueira e Lineker Leonardo pela boa convivência.

A todos do Grupo Plantas Daninhas e Pesticidas no Ambiente (PDPA)

Ao pessoal do Laboratório de Manejo de Plantas Daninhas, que tanto me ajudou nos experimentos em campo. Em especial Ernandes Silva, Adeilson Sousa, Renata Rodrigues, e à Gepatrik Lima pela ajuda com o Fluorímetro e sugestões para melhoria do presente trabalho.

A Isabella Bacelar, pela ajuda no experimento e revisão do Abstract.

Aqueles que acreditaram em mim, muito obrigado.

RESUMO

SOUZA, Fernando Ramos de. **Tolerância e respostas fisiológicas do feijão-caupi a herbicidas aplicados em pós-emergência**. 2017. 62p Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Produção Vegetal). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

O presente ensaio foi conduzido a campo na área experimental do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, com o objetivo de avaliar a tolerância e respostas fisiológicas do feijão-caupi, submetido a herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Os tratamentos consistiram nos herbicidas Bentazon (720 g ha^{-1}), Fluazifop-p-butyl ($187,5 \text{ g ha}^{-1}$), Fomesafen (250 g ha^{-1}), mistura Fluazifop-p-butyl e Fomesafen ($187,5 \text{ g ha}^{-1} + 250 \text{ g ha}^{-1}$) e duas testemunhas sem herbicida, sendo uma com e outra sem capina, dispostos no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas consistiram em 5 linhas de plantio, espaçadas 0,5 m entre si e com 5 m de comprimento. A aplicação dos herbicidas se deu com um pulverizador costal pressurizado por CO_2 , trabalhando a pressão de 250 kPa, equipado com quatro pontas TT 110.02 aplicando um volume de calda de 240 litros por hectare e, foi realizada com as plantas de feijão-caupi em estágio vegetativo V₃. A população de plantas daninhas foi avaliada um dia antes e trinta dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). O teor de proteína foliar foi avaliado aos 3, 5, 7, 14, 21 e 28 DAA. Avaliações de fitotoxidez e eficiência no controle de plantas daninhas foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 DAA. O rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) e o rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Φ_{FSII}), quenching fotoquímico (qp) e não-fotoquímico (qn e NPQ) foram avaliados após a aplicação, nos seis dias subsequentes e aos 14, 21, e 28 DAA. As medições foram realizadas as 4:00 e 19:00 horas para Fv/Fm e as 10:00 horas para Φ_{FSII} , qp, qn e NPQ. A área foliar e massa seca de plantas de feijão-caupi foram avaliadas no pré-florescimento. A produtividade foi avaliada colhendo-se 10 plantas na área útil de cada tratamento. Os dados, exceto os de fitossociologia, foram submetidos à análise de variância e quando constatado significância procedeu-se a comparação entre média pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Verificou-se alteração na flora daninha, em que antes da aplicação, as espécies encontravam distribuídas de forma homogênea, com predomínio do *Panicum maximum* e *Oxalis latifolia*. Após a aplicação dos herbicidas, *Oxalis latifolia* foi a única espécie presente em todos os tratamentos. O Fomesafen se mostrou fitotóxico para o Feijão-caupi, ocasionando redução no teor de proteína foliar bem como na massa seca de plantas da cultura, quando aplicado isoladamente ou em mistura com o Fluazifop-p-butyl. A mistura fomesafen e Fluazifop-p-butyl foi eficiente no controle de plantas daninhas, não ocasionando reduções de produtividade. O Bentazon foi o herbicida que mais afetou os parâmetros fisiológicos, diminuindo o rendimento fotossintético das plantas, por atuar diretamente sobre o transporte de elétrons. Conclui-se que a mistura Fomesafen e Fluazifop-p-butyl, proporcionou bom controle de plantas daninhas. O método de quantificação de emissão de fluorescência pela clorofila *a* não se mostrou eficiente para mensurar os efeitos fisiológicos da aplicação dos herbicidas Fluazifop-p-butyl e Fomesafen.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, fluorescência da clorofila *a*, manejo químico, planta daninha

ABSTRACT

SOUZA, Fernando Ramos de. **Tolerance and physiological responses of cowpea to post-emergence herbicides**. 2017. 62p. Dissertation (Master Science in Plant Science, Vegetables production) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The present study was conducted in the experimental area of the Institute of Agronomy of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brazil, in order to evaluate the tolerance and physiological responses of cowpea, submitted to herbicides with different mechanisms of action. The treatments consisted of the herbicides Bentazon (720 g ha⁻¹), Fluazifop-p-butyl (187.5 g ha⁻¹), Fomesafen (250 g ha⁻¹), Fluazifop-p-butyl and Fomesafen G ha⁻¹ + 250 g ha⁻¹) and two controls without herbicide, one with and without no weeding, arranged in a randomized complete block design with four replications. The plots consisted of 5 planting lines, spaced 0.5 m apart and 5 m long. The application of the herbicides was done with a CO₂ pressure pressurized sprayer, working at a pressure of 250 kPa, equipped with four tips TT 110.02 applying a volume of syrup of 240 liters per hectare and was realized with the bean plants of cowpea in stage Vegetative V3. The weed population was evaluated one day before and 30 days after herbicide application (DAA). Foliar protein content was evaluated at 3, 5, 7, 14, 21 and 28 DAA. Phytotoxicity and weed control efficiency were evaluated at 7, 14, 21 and 28 DAA. The maximum quantum yield of photosystem II (Fv / Fm) and the effective quantum yield of photosystem II (ΦFSII), photochemical quenching (qp) and non-photochemical quenching (qn and NPQ) were evaluated after application on the subsequent six days and 14, 21, and 28 DAA. Measurements were performed at 4:00 p.m. and 7:00 p.m. for Fv / Fm and at 10:00 p.m. for ΦFSII, qp, qn and NPQ. The leaf area and dry mass of cowpea plants were evaluated in pre-flowering. The productivity was evaluated by harvesting 10 plants in the useful area of each treatment. Data, except for phytosociology, were submitted to analysis of variance and when it was found significant, a comparison was made between the Tukey test at 5% probability. There was a change in the weed flora, in which before the application, the species were distributed homogeneously, with a predominance of *Panicum maximum* and *Oxalis latifolia*. After application of the herbicides, *Oxalis latifolia* was the only species present in all treatments. Fomesafen showed to be phytotoxic to cowpea, causing a reduction in leaf protein content as well as in the dry mass of the crop plants when applied alone or in mixture with Fluazifop-p-butyl. The fomesafen and Fluazifop-p-butyl mixture was efficient in controlling weeds, not causing productivity reductions. Bentazon was the herbicide that most affected the physiological parameters, decreasing the photosynthetic yield of the plants, by acting directly on the electron transport. It was concluded that the Fomesafen and Fluazifop-p-butyl mixture provided good weed control. The method of quantification of chlorophyll a fluorescence emission was not efficient to measure the physiological effects of the application of the herbicides Fluazifop-p-butyl and Fomesafen

Key words: *Vigna unguiculata*, chlorophyll a fluorescence, chemical management

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Características agrônômicas do cultivar BRS Guariba.....4
- Tabela 2** – Resultado da análise química de terra para determinação da fertilidade do solo.....15
- Tabela 3** – Espécies daninhas presentes na área experimental antes da aplicação dos herbicidas e seus valores de densidade de indivíduos.m⁻² (De.I.); densidade relativa (De.R.), frequência relativa (Fr.R.), dominância relativa (Do.R.) e importância relativa (IR).....20
- Tabela 4** – Espécies daninhas levantadas após a aplicação dos herbicidas e seus valores de densidade de indivíduos m⁻² (De. I.); densidade relativa (De. R.), Frequência relativa (Fr. R.), dominância relativa (Do. R.) e importância relativa (IR).....21
- Tabela 5** – Valores percentuais de controle de plantas daninhas de folhas largas (FL), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).....24
- Tabela 6** – Valores percentuais do controle de plantas daninhas de folhas estreitas (FE), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).....24
- Tabela 7** – Valores percentuais do controle total de plantas daninhas, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).....25
- Tabela 8** – Valores médios de proteína foliar (mg/g MF) aos 3, 5, 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen.....29
- Tabela 9** – Valores médios de área foliar (AF) e massa seca (MS), das plantas de feijão - caupi no pré-florescimento.....30
- Tabela 10** – Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintetizantes (mmol.m⁻².s⁻¹) medida ao longo dos dias avaliados. DAA – Dias após aplicação dos herbicidas; TSC – Testemunha sem capina; TCC – Testemunha com capina; BTZ – Bentazon; FZB – Fluazifop-p-butyl; FMS – Fomesafen; MFF – Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen.....36
- Tabela 11** – Número de grãos por vagem (NGV) e Peso de Cem Grãos (PCG) nos tratamentos.....45

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Precipitação e temperaturas máximas e mínimas registradas durante o experimento.....16
- Figura 2** – Intoxicação nas plantas de feijão-caupi submetidos à aplicação dos herbicidas Bentazon (BTZ), Fluazifop-p-butyl (FZB), Fomesafen (FMS) e mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen (MFF) avaliada aos 7, 14, 21 e 28 (DAA).....27
- Figura 3** – Rendimento Quântico Máximo do Fotossistema II (F_v/F_m) as 04:00 horas, ao longo dos dias de avaliação.....31
- Figura 4** – Rendimento Quântico Máximo do Fotossistema II (F_v/F_m) as 19:00 horas, ao longo dos dias de avaliação.....33
- Figura 5** – Rendimento Quântico Efetivo do Fotossistema II (Φ_{FSII}) ao longo dos dias de avaliação.....35
- Figura 6** – Coeficiente de dissipação fotoquímico (Quenching fotoquímico (Q_p)) dos tratamentos ao longo das avaliações.....37
- Figura 7** – Coeficiente de dissipação Não-fotoquímica (Quenching não-fotoquímico (Q_n)) dos tratamentos ao longo das avaliações.....38
- Figura 8** – Coeficiente de dissipação Não-fotoquímica (Quenching não-fotoquímico (NPQ)) dos tratamentos ao longo das avaliações.....40
- Figura 9** – Valores de $\Delta F_v/F_m$ (da madrugada – da noite subsequente) em plantas de feijão-caupi submetidas aos herbicidas.....42
- Figura 10** – Valores de $\Delta F_v/F_m$ (da madrugada – da noite anterior) em plantas de feijão-caupi submetidas aos herbicidas.....43
- Figura 11** – Número de Vagens por Planta. TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen.....45
- Figura 12** – Comprimento de vagens (cm). TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen.....46
- Figura 13** – Produtividade da cultura ($kg\ ha^{-1}$). TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen.....47

LISTA DE ABREVIATURAS

ACCCase	Acetil-coenzima-A Carboxilase
AF	Área Foliar
ALS	Acetolactase Sintase
ATP	Adenosina Trifosfato
BTZ	Bentazon
CO ²	Dióxido de Carbono
CV	Comprimento de Vagens
D	Dissipação Não-fotoquímica
DAA	Dias Após Aplicação dos Herbicidas
De. I.	Densidade de Individuos
De. R	Densidade Relativa
DFFF	Densidade de Fluxo de Fótons Fotossinteticamente Ativos
Do. R.	Dominância Relativa
EAO	Espécies Ativas de Oxigênio
ETR	Taxa de Transporte de Elétrons
F	Fluorescência
FE	Folhas Estreitas
FL	Folhas Largas
FLNM	Fluorímetro Não-modulado
Fm	Fluorescência Máxima
FMS	Fomesafen
Fo	Fluorescência Inicial
Fr. R.	Frequência Relativa
Fv	Fluorescência Variável
Fv/Fm	Rendimento Quântico Efetivo do Fotossistema II
FZB	Fluazifop-p-butyl

IR	Importância Relativa
MFF	Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen
MS	Massa Seca
NADP	Dinucleotídeo de Adenina e Nicotinamida Fosfato.
NADPH ₂	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato
NGV	Número de Grãos por Vagen
NH ₄ ⁺	Amônio
Nm	Nanômetro
NO ₃ ⁻	Nitrato
NVP	Número de Vagens por Planta
P680	Centro de Reação do Fotossistema II
PAI	Período Anterior à Interferência
PCG	Peso de Cem Grãos
PCPI	Período Crítico de Prevenção à Interferência
Ph	Dissipação Fotoquímica
PQH ₂	Plastoquinona
PROTÓX	Protoporfirinogênio Oxidase
PTPI	Período Total de Prevenção à Interferência
Qa	Quinona a
Qb	Quinona b
Qn/NPQ	Quenching Não-fotoquímico
Q _P	Quenching Fotoquímico
TCC	Testemunha Com Capina
TSC	Testemunha Sem Capina
TT	Turbo Teejet
$\Delta F_v/F_m$	Variações no Rendimento Quântico Efetivo do Fotossistema II
Φ_{FSII}	Rendimento Quântico Efetivo do Fotossistema II

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 – A cultura do Feijão-Caupi	2
2.2 – Cultivares de Feijão-caupi	4
2.3 – Manejo de Plantas Daninhas	5
2.4 - Estudo dos Índices Fitossociológicos	6
2.5 - Controle Químico de Plantas Daninhas no feijão-caupi	7
2.6 – Fluorescência da clorofila <i>a</i>	10
2.7 – Síntese de proteínas	13
3 – MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 – Variáveis Avaliadas	16
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 – Levantamento Fitossociológico e eficácia no controle de plantas daninhas	18
4.2 –Intoxicação nas Plantas de Feijão-caupi	26
4.3 – Proteína Foliar	28
4.4 – Área Foliar e Massa Seca	29
4.5 – Fluorescência da Clorofila <i>a</i>	31
4.5.1 – Rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm)	31
4.5.2 – Rendimento quântico efetivo do fotossistema II (ΦFSII)	34
4.5.3 – Quenching fotoquímico (Q_p)	36
4.5.4 – Quenchinh Não-Fotoquimico (Q_n/NPQ)	37
4.6 - Efeitos fotoinibitórios associados à ação dos herbicidas	40
4.7 – Produtividade	44
5 – CONCLUSÕES	49
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 – INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), caracteriza-se como a principal fonte de proteína vegetal para as populações de baixa renda das regiões Norte e Nordeste brasileira tendo grande importância socioeconômica nessas regiões, gerando emprego e renda aos agricultores familiares, fixando o homem no campo (FREITAS, 2012), sendo uma espécie rústica, mais adaptada às condições climáticas daqueles locais (altas temperaturas associado a um baixo índice pluviométrico) quando comparado ao feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) (FRIGO et al., 2014).

No Brasil a produção do feijão-caupi é feita na sua maioria em pequenas propriedades como atividade de subsistência, embora já venha sendo explorada em grandes áreas com a adoção de tecnologias (FRIGO et al., 2014). O feijão-caupi contribui com 35,6 % da área plantada e 15 % da produção de feijão total (feijão-caupi + feijão-comum) no país (EMBRAPA, 2014)

Com o cultivo em grandes áreas, se faz necessário a adoção de programas de manejo que seja eficiente no controle de plantas daninhas, que são responsáveis por perdas de até 95% na produtividade da cultura (FREITAS et al., 2009). O uso de herbicidas é um componente-chave, desse programa de manejo, pois possibilita controle eficiente da população infestante, associado a baixo custo operacional e sem demandar grande quantidade de mão de obra (MONTEIRO et al., 2012).

O principal entrave na utilização do controle químico na cultura do feijão-caupi é a ausência de herbicidas registrados para esse fim (FILHO et al., 2013). Para essa cultura o que se verifica, é a adoção de um programa de manejo semelhante ao utilizado, no feijão-comum, cultura esta, que apresenta pragas, doenças, e infestação de plantas daninhas semelhantes às que são verificadas no feijão-caupi, e que possui maior aporte tecnológico, e dispõe de uma gama de herbicidas registrados (MONTEIRO et al., 2012). Estudos sobre tolerância do feijão-caupi a herbicidas ainda são escassos e pouco se sabe sobre efeitos desses herbicidas na fisiologia das plantas da cultura.

Para estudo dos efeitos do uso de herbicidas em variáveis fisiológicas, um dos métodos disponíveis de quantificação dos danos ao aparato fotossintético, se dá através da emissão de fluorescência pela clorofila *a* (IRELAND et al., 1986; CATUNDA et al., 2005), sendo através dela possível mensurar diversos tipos de danos sofridos pelas plantas sendo eles bióticos ou abióticos tais como déficit nutricional, estresse hídrico, salinidade dos

solos, aplicação de herbicidas, dentre outros. Sendo possível com os resultados da emissão da clorofila *a* selecionar genótipos tolerantes a diversos tipos de estresse (KITÃO, 1998).

Diante do exposto, objetivou-se nesse trabalho avaliar a tolerância e respostas fisiológicas do feijão-caupi, submetido herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – A cultura do Feijão-Caupi

O feijão-caupi, também conhecido em outras regiões do país como feijão fradinho, massacar, catador ou feijão-de-corda, é uma espécie dicotiledônea pertencente à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, Tribo *Phaseolae*, Subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* L. (Walp) (PADULOSI & NG, 1997) e tem como centro de origem o Sudeste Asiático. Apresenta ciclo curto com duração em torno de 60 a 80 dias, possui baixa exigência hídrica e de fertilidade, e é adaptado às condições de temperaturas elevadas (SIMPLICIO et al., 2016).

Nas regiões Norte e Nordeste, as condições ambientais não favorecem o desenvolvimento do feijoeiro comum, o que coloca essa espécie como alternativa para os produtores (SIMPLICIO et al., 2016).

Quanto ao clima, apresenta baixa exigência hídrica sendo capaz de completar seu ciclo com 300 mm de precipitação. O desenvolvimento ótimo da cultura se dá em temperaturas na faixa de 18° a 34° C, em temperaturas superiores a 35° C o crescimento é inibido, prejudicando a polinização, provocando abortamento de flores, menor vingamento e retenção de vagens, além de favorecer a ocorrência de doenças. Em temperaturas inferiores a 11° C a cultura também não se desenvolve (ALMEIDA, 2014).

Desenvolve-se bem em solos com regular teor de matéria orgânica, soltos, leves e profundos, pode ser cultivado em solos de baixa fertilidade, porém, com a aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos (OLIVEIRA, 2012). O Feijão-caupi possui a capacidade de estabelecer relações simbióticas com estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, realizando fixação biológica de nitrogênio, dispensando por completo o uso de adubos minerais nitrogenados (MELO & ZILLI, 2009).

As maiores áreas plantadas encontram-se nas regiões nordeste (1,2 milhão de hectares) e norte (55,8 mil hectares) onde, quase que a totalidade da área cultivada com feijão é com o feijão-caupi. Os maiores estados produtores são: Ceará, Bahia e Piauí (FREITAS, 2015).

Atualmente, com o desenvolvimento de cultivares de porte ereto, o que possibilita a mecanização da cultura, o feijão-caupi vem despertando o interesse de agricultores mais tecnificados da região centro-oeste, principalmente no estado de Mato Grosso, proporcionando expansão da área cultivada para essa região, sendo muito cultivado como safrinha, após as culturas do milho (FREIRE FILHO et al., 2011).

Em termos de produção o feijão-caupi representa 35,6% da área plantada e 15% da produção total de feijão brasileira. A produtividade média das regiões norte e nordeste são de 858 e 328 kg ha⁻¹, respectivamente. Destaque se dá para a produtividade obtida na região centro-oeste, onde se obtém valores de 1233 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2016). Se tratando da produção mundial de feijão-caupi, de acordo com dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2014), no período compreendido entre os anos de 2007 a 2012 a produção média global foi de 5,6 milhões de toneladas, sendo a Nigéria o principal país produtor, respondendo por 47% da produção mundial, seguido por Niger e Burkina Faso com 23 e 9% da produção mundial, respectivamente. O somatório dos três países equivale a 79% da produção mundial. O Brasil não aparece na contabilidade da FAO, pois, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB), a produção brasileira de feijão-caupi está inserida no total de produção de feijão nacional (DERAL, 2015).

O grão de Feijão-caupi é constituído de 22 a 25% de proteínas, muito importantes em termos qualitativos e quantitativos, 60% de carboidratos (SALGADO et al., 2005), além disso, destaca-se pelo alto teor de fibras alimentares, vitaminas e minerais, e um baixo teor de lipídios, em torno de 2% (EMBRAPA, 2002).

Atualmente, o feijão-caupi possui inserção no mercado em três segmentos: na forma de grãos secos; feijão verde (consumido na forma de vagem ou grãos debulhados) e sementes (FREIRE FILHO et al., 2011). O mercado de feijão verde se dá basicamente em feiras livres no entorno das áreas produtivas. Nesse segmento de mercado predomina a agricultura familiar, sendo demandada bastante mão de obra nas operações de colheita e na debulha. O mercado de feijão-caupi industrializado sob as formas de conservas ainda é pouco difundido estando em fase inicial (ANDRADE, 2010). O mercado de sementes é bastante promissor, sendo que atualmente já existem empresas especializadas na produção e comercialização de sementes. O mercado internacional do feijão-caupi se encontra em aquecimento, sendo que alguns países da Europa e Ásia já importam do Brasil. O Brasil no ano de 2007 começou a exportar feijão-caupi para o Canadá, Portugal, Israel, Turquia e Índia (FREIRE FILHO et al., 2011).

Na região meio-norte do Brasil, são comercializados uma grande variedade de tipos de feijão-caupi, sendo os de maior ocorrência os de cor mulata, sempre verde e o branco. Os de cores brancas e mulatas, possuem melhor inserção na cadeia comercial, obtendo os melhores preços, agradando mais os consumidores. Além disso, em relação a tamanho e forma, há uma preferência por grãos com peso de 100 grãos em torno de 18 g, de formatos reniforme ou arredondado (EMBRAPA, 2002).

2.2 – Cultivares de Feijão-caupi

Atualmente, através do programa de melhoramento genético desenvolvido pela Embrapa meio-norte, 19 cultivares de feijão-caupi já foram desenvolvidas e adaptadas para cultivos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste do país. Dentre estas cultivares, encontra-se a cultivar BRS Guariba. Esta cultivar foi obtida de uma linhagem do Institute of Tropical Agriculture – IITA da Nigéria com uma outra linhagem do programa de melhoramento genético da própria Embrapa. As gerações segregantes oriundas de F2 e F6 foram conduzidas através do método de descendência de uma única vagem (GONÇALVES et al., 2009).

Esta cultivar apresenta algumas características, tais como, resistência ao acamamento, as vagens estão inseridas acima da folhagem, embora apresenta crescimento indeterminado, possui ramos curtos. Tais características facilitam as operações de colheita mecanizada. Na Tabela 1, estão descritas algumas características agrônômicas desta cultivar. Nos ensaios realizados durante os testes do seu desenvolvimento, esta cultivar obteve excelentes resultados, com produtividade de 1508 kg ha⁻¹ (NEVES et al., 2011).

Tabela 1 - Características agrônômicas do cultivar BRS Guariba

Caráter	Característica
Hábito de crescimento	Indeterminado
Porte	Semiereto
Comprimento da vagem (cm)	17,8
Cor do tegumento	Branco
Cor da vagem seca	Roxa
Peso de 100 grãos (g)	12
Classe comercial	Branca
Subclasse comercial	Branca
Número de dias para a floração	41 dias
Ciclo	65-70 dias

Fonte: Gonçalves et al., 2009.

Este cultivar é recomendado para cultivo em condições de sequeiro, podendo obter boas produtividades, quando atendidas as condições hídricas e de fertilidade. Adapta-se

bem na grande maioria dos solos brasileiros, tendo preferência para solos leves, profundos e arejados (GONÇALVES et al., 2009).

2.3 – Manejo de Plantas Daninhas

Segundo Carvalho (2013) planta daninha é qualquer planta que cresça espontaneamente em um local de atividade humana e que cause prejuízos a essa atividade. Os estudos das plantas daninhas é um campo multidisciplinar e envolve outras ciências tais como biologia, botânica e ecologia, fisiologia vegetal, respostas à aplicação de herbicidas, dentre outras.

Estimativas feitas por Lorenzi (2000) indicam que as perdas na produtividade das culturas devido à interferência com as plantas daninhas são da ordem de 30 a 40% de toda a produção agrícola, dependendo do grau de infestação e da época de ocorrência.

Nos sistemas agrícolas a competição das espécies cultivadas com espécies daninhas pode causar uma série de efeitos negativos às plantas cultivadas. Dentre esses efeitos negativos, pode-se citar a redução do crescimento, desenvolvimento e produção de grãos das culturas, ocasionando perdas econômicas altamente significativas (MANABE et al., 2015).

As plantas daninhas constituem um dos fatores que mais influenciam negativamente o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do feijão-caupi, pois competem por luz, nutrientes e água, o que se reflete na redução quantitativa e qualitativa da produção, além de aumentar os custos operacionais de colheita, secagem e beneficiamento dos grãos (FREITAS et al., 2009). Segundo OLIVEIRA et al. (2010), quando não controladas, as plantas daninhas podem reduzir o estande, o número de vagens por planta, o peso de mil grãos e o rendimento de grãos do feijão-caupi. A competição das plantas daninhas constitui um dos principais fatores da baixa produtividade que a cultura do feijão-caupi apresenta (TAVARES et al., 2013). Além disso, algumas espécies de plantas daninhas servem como hospedeiros alternativos de doenças que atacam o feijão-caupi, como são os casos da guanxuma (*Sida rhombifolia*), malva-sedosa (*Waltheria indica*), mussambê (*Cleome affinis*) e mela-bode (*Herissantia crispa*) (ASSUNÇÃO et al., 2006).

Pitelli (1987) conceituou o termo interferência, que se refere ao conjunto de ações que recebe uma determinada cultura ou atividade do homem, em decorrência da presença das plantas daninhas num determinado ambiente. Os prejuízos causados pelas plantas

daninhas podem ser classificados como sendo diretos e indiretos. Os prejuízos diretos são as perdas de produtividade devido à competição por fatores de produção, ou ainda devido à presença de partes das plantas daninhas nos produtos colhidos, tais como sementes. Em se tratando de perdas de produtividade do feijão-caupi devido à competição com plantas daninhas, Oliveira et al. (2010), relataram uma redução na produtividade da cultura de até 90,18%. Como prejuízos indiretos pode-se citar o fato de algumas daninhas serem hospedeiras de pragas e doenças. Tendo em vista os processos de interferência das plantas daninhas sobre as culturas agrícolas, Pitelli & Durigan (1984) propuseram os conceitos de período anterior à interferência (PAI), período total de prevenção à interferência (PTPI) e período crítico de prevenção à interferência (PCPI) das plantas daninhas. O PAI representa o período em que a cultura pode conviver com as plantas daninhas antes que a sua produtividade ou outras características sejam negativamente afetadas. O PTPI é o período, a partir da emergência ou do plantio, em que a cultura deve ser mantida livre da presença da comunidade infestante, para que a produtividade e qualidade da produção ou outras características não sejam alteradas negativamente. O PCPI é o período em que o controle da vegetação infestante deve ser realizado obrigatoriamente, situando-se entre os limites superiores do PAI e do PTPI. Segundo Corrêa et al. (2015), o período crítico de competição das plantas de feijão-caupi com as plantas daninhas vai dos 08 aos 53 dias após a emergência da cultura. Já em trabalho conduzido por Freitas et al. (2009), o período crítico está compreendido entre os 11 e 35 dias. Fontes et al. (2010), determinaram o período crítico como sendo compreendido dos 20 aos 40 dias.

2.4 - Estudo dos Índices Fitossociológicos

É de extrema importância a identificação das espécies daninhas dentro dos ambientes cultivados, para delimitação das estratégias de controle a serem adotadas, uma vez que, cada espécie vegetal apresenta uma capacidade de se estabelecer e agressividade diferentes, o que pode levar a uma inferência de forma diferenciada nas culturas agrícolas (CRUZ et al., 2009).

Para a realização de estudos sobre a composição específica de comunidade de plantas daninhas em sistemas agrícolas, um dos métodos mais utilizados consiste na avaliação dos índices fitossociológicos (FREITAS & MAGALHÃES, 2012).

Fitossociologia pode ser conceituado como sendo a ecologia da comunidade vegetal, o que envolve as inter-relações das espécies no espaço físico e ao longo do tempo (Carvalho, 2011). A aplicação do estudo dos índices fitossociológicos é importante para

inferir o impacto dos sistemas de manejo e práticas agrícolas sobre o crescimento e processo de ocupação das espécies infestantes em agroecossistemas (MARQUES et al., 2011).

Pitelli (2000) cita que dentre os índices fitossociológicos os de maior importância são a densidade de indivíduos, densidade relativa, frequência relativa, dominância relativa e importância relativa.

A densidade de indivíduos diz respeito ao número de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área, e permite conhecer qual espécie ocorre em maior número em um determinado momento. A densidade relativa refere-se a percentagem de indivíduos de uma espécie em relação a todos os indivíduos da comunidade. A frequência relativa representa a percentagem de ocorrência de uma espécie, em relação a soma de percentagem de todas as espécies. A dominância relativa é a relação entre a massa seca acumulada de uma espécie, em relação à massa seca total de todas as espécies da comunidade. A importância relativa representa o valor da importância de uma espécie em relação à somatória dos valores de importância de todas as espécies da comunidade e expressa quais espécies são mais importantes na área (Carvalho, 2011).

2.5 - Controle Químico de Plantas Daninhas no feijão-caupi

Diversos são os métodos de controle de plantas daninhas. A escolha do método a ser usado vai depender da disponibilidade de recursos do produtor, tamanho da área plantada, assim como a intensidade de infestação. Gonçalves et al. (2009) citam que dependendo da situação, pode-se optar por manejo das plantas daninhas utilizando métodos mecânicos, com uso de implementos agrícolas como roçadeira ou rolo faca, ou métodos químicos, com uso de herbicidas.

O controle químico é uma forma rápida e eficaz para controle de plantas daninhas, principalmente em grandes áreas, uma vez que, em alguns casos, o efeito do herbicida pode ser notado em apenas algumas horas após a sua aplicação, e por demandar uma pequena quantidade de mão de obra para realização do controle, quando comparado com outros métodos, tais como o método mecânico (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Segundo Machado et al. (2006), a utilização e manejo correto dos herbicidas propicia um controle eficaz das plantas daninhas, diminuindo as perdas de produtividade, maior rendimento de grãos, além de apresentar maior praticidade no controle das plantas daninhas. Segundo o Herbicide Resistance Action Committee - HRAC (2008), os herbicidas são classificados alfabeticamente, de acordo com seus sítios de ação, modo de

ação, similaridade de sintomas ou classes químicas. Ao longo dos anos foram desenvolvidos diversos tipos de herbicidas seletivos e eficazes para uso nas mais diversas culturas, passando a solução de ser apenas preventiva para um controle efetivo de plantas daninhas (RIZZARDI & FLECK, 2004). Apesar da demanda de controle químico, não existe herbicidas registrados para o feijão-caupi (SILVA et al., 2014). Na prática, o que acontece é a utilização de agroquímicos registrados para o feijoeiro-comum, tendo em vista que as pragas, doenças e plantas daninhas são semelhantes para ambas às culturas. Porém, o controle químico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi tem apresentado problemas com intoxicação de plantas e redução de produtividade (FREITAS et al., 2009).

Dentre os herbicidas registrados para as culturas do feijão-comum e soja encontram-se o Bentazon, Fluazifop-p-butyl e Fomesafen (SILVA et al., 2007). O Bentazon caracteriza-se por ser um herbicida seletivo de ação não sistêmico do grupo químico da benzotiadiazinona. Este herbicida é um dos mais utilizados para controle de plantas daninhas no feijão-comum e soja. Controla diversas espécies de folhas largas, tais como, *Acanthospermum australe*, *Bidens pilosa*, *Ipomoea grandifolia*, *Rhaphanus raphanistrum*, *Commelina benghalensis*, dentre outras espécies, porém não apresenta eficiência no controle de *Euphorbia heterophylla* e *Amaranthus sp* (SILVA et al., 2007). Seu mecanismo de ação consiste na interrupção do fluxo de elétrons entre os fotossistemas, onde a molécula do herbicida se liga à proteína D-1, no sítio da plastoquinona Qb, ocasionando a saída da plastoquinona da cadeia, interrompendo assim, o fluxo de elétrons entre os fotossistemas. Além de competirem com o sítio da plastoquinona, esses herbicidas, permanecem mais tempo ligados à proteína D-1, o que aumenta o seu tempo inibitório (SILVA et al., 2007). Na ausência de herbicidas, e em condições normais, os cloroplastos e carotenoides absorvem a luz e a direcionam para o complexo coletor de luz no fotossistema II, também chamado de P680, essa energia é então transferida ao um elétron que se excita e transfere essa energia para uma molécula de plastoquinona a (Qa), transferindo-a para uma outra molécula de plastoquinona (Qb) que então a transfere ao fotossistema I (P700).

O Fluazifop-p-butyl é um herbicida seletivo de ação sistêmico do grupo químico: ácido arilox fenoxipropiônico com mecanismo de ação inibidor da Acetil Coenzima A Carboxilase (ACCase). Herbicidas desse grupo são utilizados para controle de espécies gramíneas anuais e perenes (SILVA et al., 2007). O mecanismo de ação destes herbicidas, conforme dito, consiste na inibição da ACCase, enzima esta encontrada no estroma dos plastídios, e que é responsável pela conversão do Acetil Coenzima (Acetil-CoA) em

Malonil coenzima A (Malonil-CoA) mediante a adição de uma molécula de CO₂, atuando sobre a biossíntese de lipídios nas plantas, a falta desses lipídios provoca uma despolarização da membrana celular, ocasionando redução no crescimento, aumento da permeabilidade da membrana, dentre outros sintomas. As principais espécies controladas pelo Fluazifop-p-butyl são: *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus*, *Eleusine indica*, *Digitaria horizontalis* e *Cynodon dactylon* (SILVA et al., 2007).

O Fomesafen é um herbicida seletivo de ação não sistêmica do grupo químico éter difenilico, inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase ou simplesmente PROTOX ou ainda PPO nas formas abreviadas (SILVA et al., 2007). Herbicidas com esse mecanismo de ação ocasionam acúmulo do protoporfirinogênio IX no citoplasma, devido à inibição da PROTOX. O protoporfirinogênio IX é um precursor da protoporfirina IX. No citoplasma a protoporfirina IX, precursor da clorofila se acumula e leva a uma oxidação do protoporfirina IX e a formação do oxigênio singlete. A peroxidação dos lipídios da plasmalema, expressa sintomas da aplicação dos herbicidas desse grupo. Tais sintomas caracterizam-se por necrose foliar das plantas tratadas após um período de exposição solar de algumas horas. Os sintomas iniciais caracterizam-se por manchas de tom verde escuro dando a entender que houve rompimento de membranas celulares com consequente extravasamento de líquido dos compartimentos celulares para os intervalos intercelulares. Vale ressaltar que estes herbicidas necessitam de luz para exercer a sua ação, sendo totalmente ineficientes no escuro. É eficiente para o controle de espécies de folhas largas anuais tais como *Acanthospermum australe*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea aristolochiaefolia*, *Ipomoea purpúrea*, *Richardia brasiliensis*, *Commelina benghalensis*, *Acanthospermum hispidum*, *Spermacoce alata*, *Emilia sonchifolia*, *Nicandra physaloides*, *Solanum americanum*, *Amaranthus spp.*, *Bidens pilosa*, *Galinsoga parviflora* *Portulaca oleracea*, *Raphanus raphanistrum*, *Ageratum conyzoides*.

Pesquisas envolvendo o uso de herbicidas no feijão-caupi, ainda são escassas e pouco se sabe sobre a seletividade dos herbicidas a essa cultura. Até o presente momento, a maioria dos estudos realizados sobre a tolerância dessa cultura a herbicidas envolve o teste de produtos registrados para utilização nas culturas da soja e do feijão-comum (SILVA et al., 2014). Porém, por se tratar de culturas diferentes, em muitos casos, tais como o relatado por Mesquita (2011), o uso de herbicidas registrado para a cultura da soja, ocasionaram a morte das plantas de feijão-caupi. Em outros casos, tais como relatado por Linhares et al. (2014) o uso de herbicidas ocasionou intoxicação nas plantas de feijão-caupi não levando as plantas à morte.

Em outras situações, os herbicidas podem ainda prolongar o ciclo produtivo (SILVA et al., 2014) fazendo com que a cultura fique mais tempo no campo, o que pode ocasionar problemas ao agricultor, devido à maior propensão ao ataque de pragas e doenças, reduzindo o desempenho da lavoura.

2.6 – Fluorescência da clorofila *a*

Os pigmentos fotossintéticos, clorofilas (*a* e *b*) e carotenoides que ficam localizados nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos são as moléculas responsáveis pela absorção de luz que é utilizado no processo fotossintético (MAJEROWICZ, 2004).

As moléculas de clorofila ao absorverem a energia luminosa passam de um estado basal (equilíbrio) para um estado de energia mais alto (excitado), dissipando essa energia através de 3 vias (GALAZZI, 2011). A primeira delas é a dissipação fotoquímica (Ph) que é a utilização da energia luminosa para os processos fotoquímicos da fotossíntese; Fluorescência (F) corresponde à emissão de radiação na região do visível (vermelho e vermelho distante) e por último, a Dissipação não-fotoquímica (D) que é a produção de calor na forma de radiação infravermelha (MAXWELL & JOHNSON, 2000).

Os processos de dissipação de energia luminosa pelas moléculas de clorofila são competitivos ($Ph + F + D = 1$), ou seja, alterações nas taxas fotossintéticas e na dissipação de calor causarão alterações nas emissões da fluorescência, com isso, pode-se inferir que alterações na fluorescência podem mostrar a ausência ou a presença de comprometimento no processo fotossintético (MAXWELL & JOHNSON, 2000). Em condições normais do aparato fotossintético cerca de 97% da energia absorvida é usado no processo fotoquímico; 2,5% é transformada em calor e 0,5% é reemitido como fluorescência (BOLHAR-NORDENKAMPF & OQUIST 1993). Quando a planta sofre algum estresse ocasionando a redução ou inibição da fotossíntese, 95 a 97% da energia absorvida pode ser dissipada na forma de calor e 2,5 a 5% na forma de fluorescência (BOLHAR-NORDENKAMPF & OQUIST 1993). Existe um consenso no meio científico de que, em temperatura ambiente, a fluorescência da clorofila *a* em sua maioria é emitida pelo fotossistema II e por seu sistema coletor de luz. Fluorescência esta que pode ser detectada com um fotodetector sensível aos comprimentos de onda na região de 680 nm. (CAMPOSTRINI, 2001).

Ao se iluminar um tecido fotossintetizante que se encontrava adaptado ao escuro com um flash de luz de alta intensidade, capaz de excitar todas as moléculas de clorofila, este tecido passa a emitir fluorescência. Essa emissão inicial é denominada de Fluorescência mínima ou inicial (F_0), que representa a emissão de luz pela clorofila *a*

excitada, antes dessa energia ser dissipada para o centro de reação do fotossistema II. A F_0 representa a fluorescência com todos os centros de reação abertos e não é dependente de eventos fotoquímicos. Os valores de F_0 podem sofrer alterações caso os centros de reação do fotossistema II estejam comprometidos ou ainda se a transferência de energia for comprometida. (KRAUSE & WEIS 1991)

Após a fluorescência inicial, a emissão atinge um pico máximo, ocasionando um declínio do processo fotoquímico, que pode ser explicado devido à total redução do acceptor Q_a , dando origem à denominada fluorescência máxima (F_m). Após atingir a fluorescência máxima, os elétrons iniciam a saída de Q_a para Q_b , via citocromo b_6/f e plastocianina, para o fotossistema I. O intervalo compreendido entre a F_0 e F_m corresponde à fluorescência variável (F_v) e corresponde ao fluxo de elétrons do centro de reação do fotossistema II (P680) até a plastoquinona (PQH2). Em tecidos fotossintetizantes saudáveis e adaptados ao escuro a razão entre F_m e F_0 é em torno de 5 a 6 (SCHREIBER et al., 1998).

O rendimento quântico efetivo do Fotossistema II (F_v/f_m) é o parâmetro da fluorescência de maior interesse, pois representa a energia dos fótons que chega ao fotossistema II, em relação à energia que será usada na produção de ATP e NADPH₂. Em várias espécies vasculares e em folhas saudáveis, Björkman e Demmig (1987) obtiveram valores de F_v/f_m em torno de $0,832 \pm 0,004$, e o declínio dessa razão é usada como indicador de danos fotoinibitórios quando as plantas estão sujeitas a estresses.

O espaço compreendido entre o pico máximo da fluorescência e o estágio estacionário da fluorescência recebe a denominação de quenching e pode ser classificado em quenching fotoquímico (Q_p). Esse quenching é a dissipação de energia causada pelo processo fotoquímico através da utilização da energia luminosa para redução do NADP⁺, ou seja, O quenching fotoquímico (Q_p) está relacionado à quantificação de energia capturada pelo centro de reação abertos do fotossistema II, sendo essa energia usada na fase fotoquímica de redução de NADP⁺, sendo diretamente dependente do transporte de elétrons (FRANKART et al., 2003). Quando ocorre um bloqueio da etapa fotoquímica devido à redução de Q_a , os valores de Q_p tendem a zero, evidenciando o fechamento dos centros de reação. Por outro lado, quando todos os centros de reação encontram-se realizando a fase fotoquímica o rendimento de Q_p é máximo.

O quenching não-fotoquímico diz respeito a energia que não foi utilizada no processo fotossintético e que é dissipada a fim de se evitar danos ao aparato fotossintético, antes que esta energia em excesso dê origem a compostos prejudiciais (espécies Reativas de Oxigênio) ao pleno funcionamento metabólico das plantas. A mensuração de Q_n vai em

uma escala de zero a um e requer uma precisa mensuração de fluorescência inicial. Q_n é insensível à extinção que apresenta valores mais elevados (MAXWELL & JOHNSON, 2000). Diferentemente de Q_p , NPQ vai de uma escala de zero ao infinito e não necessita da mensuração da fluorescência inicial, este parâmetro é muito utilizado para se conhecer o estado da Q_a e o índice de extinção de energia na forma térmica (BARKER, 2008)

Desde a sua descoberta, vários foram os avanços no processo de execução das medidas da fluorescência, devidos aos avanços no processo de instrumentação. Porém ainda não foi possível obter uma padronização para se ter uma boa precisão e repetibilidade das medidas (ZARCO-TEJEDAL et al., 2001). Além do mais, avaliações utilizando a fluorescência da clorofila *a* é um método não destrutivo do tecido vegetal e de fácil mensuração das variáveis fisiológicas (SOUSA et al., 2014). Vários fatores podem influenciar nos valores obtidos com as leituras, tais como horário da medição, posição da folha, temperatura e intensidade de luz, dentre outros, mascarando ou dificultando a real interpretação dos dados, podendo até levar a uma conclusão equivocada.

Vários autores nos últimos anos vêm desenvolvendo trabalhos visando avaliar, efeitos da aplicação de herbicidas sobre a fluorescência da clorofila *a* nas mais variadas culturas agrícolas. Sousa (2012), ao trabalhar com discos foliares das culturas do milho e da soja obteve respostas da aplicação dos herbicidas Bentazon, Clomazone e Fomesafen sobre as variáveis da fluorescência. Os efeitos dos herbicidas inibidores do fotossistema II foram mais expressivos quando comparados aos demais herbicidas por atuarem diretamente sobre o processo fotossintético das plantas.

Em estudo conduzido por Lima (2016) avaliando os efeitos fisiológicos no feijão-comum submetido a aplicação dos herbicidas Bentazon, Fluzifop-p-butyl e Fomesafen, concluiu que o uso de herbicidas é capaz de influenciar sobre parâmetros fisiológicos das plantas de feijoeiro, até um dia após a aplicação dos herbicidas. Neste estudo houve apenas efeito do Bentazon, herbicida que atua sobre o fotossistema II.

Novamente com a cultura da soja como objeto de estudo, com uma cultivar transgênica e outra convencional, Corrêa & Alves (2010) avaliaram os herbicidas Lactofen, Glyphosate, Lactofen + Chlorimuron-ethyl, Chlorimuron-ethyl + Imazethapyr, Chlorimuron-ethyl + Bentazon, Glyphosate + Imazethapyr, Lactofen + Chlorimuron-ethyl + Imazethapyr e Lactofen + Chlorimuron-ethyl + Imazethapyr/Haloxifop-methyl sobre o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m). Os autores concluíram que o uso dos herbicidas reduziu a variável em questão, sendo ocasionada pelo Lactofen + Chlorimuron-ethyl e Lactofen + Chlorimuron-ethyl + Imazethapyr + Haloxifop-methyl. Cabe ressaltar

que diferentemente dos resultados obtidos por Sousa (2012) e Lima (2016) onde apenas o herbicida que atua diretamente sobre os fotossistemas ocasionaram reduções significativas, no estudo em questão herbicidas inibidores da PROTÓX, ALS, ACCase, também influenciaram sobre o desempenho fotossintético das plantas.

2.7 – Síntese de proteínas

As plantas, diferentemente dos animais, possuem a capacidade de assimilar o nitrogênio inorgânico do ambiente e sintetizar todos os 20 aminoácidos que são usados para a síntese das mais variadas proteínas e demais compostos orgânicos nitrogenados utilizados por elas (SODEK, 2004).

O nitrogênio pode ser absorvido de duas diferentes formas pelas plantas, sob a forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (SHAN et al., 2012). Ao ser absorvido, o NO_3^- passa por uma série de reações metabólicas sendo transformado em NH_4^+ e então incorporado a um esqueleto de carbono, o esqueleto de carbono em questão é o aminoácido glutamato (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000). Esse glutamato através de outra série de reações produz uma glutamina que ao se ligar com outro esqueleto de carbono denominado α -cetoglutarato, produz 2 glutamatos, com utilização de elétrons proveniente do NADH ou Ferredoxina (SODEK, 2004). Esses dois glutamatos podem seguir rotas distintas no metabolismo do vegetal, sendo que podem ser usados nas reações de incorporação do NH_4^+ seguirem para a síntese de proteínas (SODEK, 2004).

O metabolismo do carbono e do nitrogênio são modulados de forma paralela e coordenada nas plantas superiores, onde alterações em uma das vias irá prejudicar a outra. Fatores ambientais tais como a disponibilidade de luz e CO_2 assim como o estado nutricional têm um impacto profundo sobre o suprimento de energia, esqueletos de Carbono e outros substratos que suportam a assimilação de Carbono e de Nitrogênio (MAJEROWICZ, 2004).

Sabe-se que o uso de herbicidas influencia vários aspectos do metabolismo do nitrogênio, onde a produção de proteínas e o rendimento de grãos das culturas são dependentes (OMOKARO & AJAKAIYE, 1989).

3 – MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido entre os meses de março a junho de 2016, em condições de campo na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica – RJ,

localizado nas coordenadas geográficas 22°45' 34" S e 43°41' 54" W com 40 metros de altitude. O clima é classificado como sendo Aw, segundo a classificação de Köppen, com verão quente e chuvoso, com chuvas concentradas entre os meses de novembro a março e inverno seco (Köppen, 1948). A precipitação anual média é de 1.213 mm e temperatura média anual de 23,9° C. O solo da área é classificado como sendo um argissolo.

Antes da implantação do Experimento a área encontrava-se em pousio com infestação mista de plantas daninhas. Sendo o *Panicum maximum* Jacq, *Oxalis latifolia* e *Amaranthus spp*, as espécies de maior ocorrência.

Antes da implantação do experimento foi realizada uma amostragem de solo para recomendação de calagem e adubação, conforme recomenda o manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). A amostragem de solo foi feita aleatoriamente dentro da área experimental, para isso foram coletadas 10 amostras simples para compor uma amostra composta em duas camadas, 0-20 cm e 20-40 cm. Para a coleta do solo utilizou-se trado tipo sonda. O solo coletado após ser seco a sombra, peneirado em peneira de 2 mm de malha foi encaminhado para análise no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. O resultado da análise de solo encontra-se na Tabela 2. Após o cálculo da necessidade de calagem chegou-se a uma recomendação de 300 kg ha⁻¹. O calcário foi aplicado sobre a superfície e incorporado no preparo do solo que foi feito de forma convencional com uma aração e duas gradagens. Permanecendo em repouso por 30 dias. Para a semeadura os sulcos foram abertos mecanicamente e espaçados 0,5 m entre si.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), composto por seis tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos consistiram dos herbicidas Bentazon (720 g ha⁻¹), Fluazifop-p-butyl (250 g ha⁻¹), Fomesafen (187,5 g ha⁻¹), mistura de tanque entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen (250 g ha⁻¹ + 187,5 g ha⁻¹), mais duas testemunhas sendo uma capinada e outra sem capina. As capinas se iniciaram um dia antes da aplicação dos herbicidas e foram realizadas a cada 7 dias, totalizando 5 capinas.

Tabela 2: Resultado da análise química de terra para determinação da fertilidade do solo.

Prof. (m)	Na	Ca	Mg	K	H + Al	Al	S	
	-----Cmol/dm ³ -----							
0,2	0,084	3,4	3,8	0,1	2,8	0,2	7,38	
0,2-0,4	0,143	3,2	2,2	0,05	2,8	0,1	5,59	
Prof. (m)	T	V	m	n	pH água	C org	P	K
	Cmol/dm ³	-----%			1:2,5	%	Mg/L	

0,2	10,18	73	2,64	1	5,5	1,62	14	39
0,2-0,4	8,39	67	17	2	5,6	1,27	26	18

As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de plantio espaçadas de 0,5 m, com cinco metros de comprimento, totalizando 12,5 m², sendo considerado como área útil as três linhas centrais desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade.

A semeadura foi realizada manualmente, semeando 12 sementes por metro linear de sulco, de modo a se obter estande de 240 mil plantas por hectare.

As sementes foram inoculadas com estirpes de rizóbio do gênero *Bradyrhizobium* sp, BR 3262, por ocasião da semeadura, na dose de 5 gramas de inoculante para cada quilo de sementes. Adicionalmente, na semeadura foi realizado adubação mineral aplicando 40 kg ha⁻¹ K₂O e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ conforme recomenda o manual de calagem e adubação para o estado do Rio de Janeiro.

Na figura 1 estão expostos a precipitação e temperaturas máximas e mínimas registradas durante a realização do experimento. A precipitação acumulada no período foi de 216 mm.

Os herbicidas foram aplicados, quando as plantas estavam no estágio vegetativo V3. Para isso, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂ modelo Herbicat, equipado com uma barra com quatro pontas de pulverização modelo TT 110.02, operando na pressão de 250 KPa, aplicando um volume de calda de 240 L ha⁻¹. No momento da aplicação, no início da manhã, a temperatura registrada foi de 20,2° C, a umidade relativa do ar 73% e velocidade mínima e máxima do vento de 2,4 e 4,18 km h⁻¹, respectivamente.

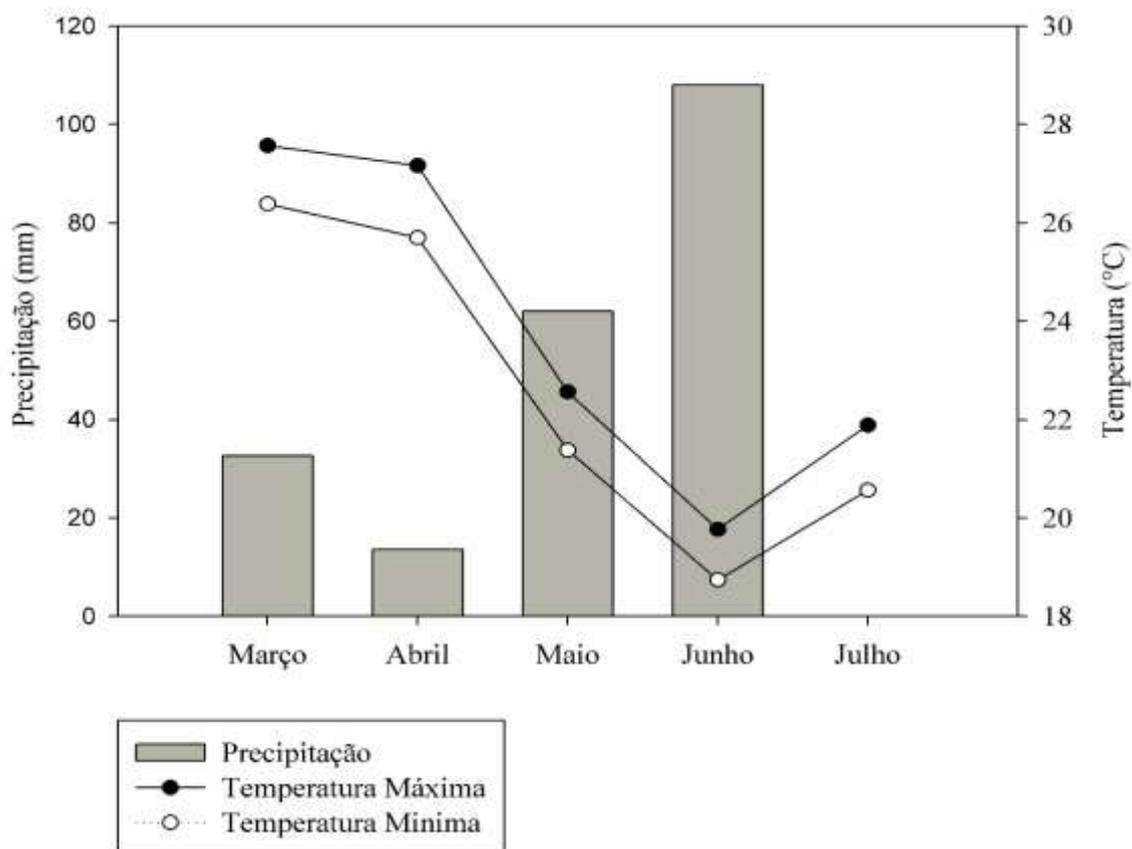


Figura 1: Precipitação e temperaturas máximas e mínimas registradas durante o Experimento. Fonte: Rede de dados do INMET

3.1 – Variáveis Avaliadas

No presente estudo, foram realizados dois levantamentos fitossociológicos, sendo o primeiro imediatamente antes da implantação dos tratamentos e o segundo aos trinta dias após. Utilizou-se para a amostragem de plantas daninhas um quadrado metálico vazado, de 0,3 m de lado, lançado aleatoriamente duas vezes dentro da área útil de cada parcela. Dentro da área do quadrado, todas as plantas daninhas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório, onde ocorreu a separação por espécie e contagem do número de indivíduos de cada espécie. Após a quantificação do número de indivíduos por espécie, as amostras foram colocadas para secar em estufa de ventilação forçada a 65° C, por 72 h até obtenção de massa constante.

Com os dados de massa seca e número de indivíduos das amostras procedeu-se os cálculos da densidade de indivíduos (m^2), densidade relativa (%), frequência relativa (%), dominância relativa (%) e importância relativa (%), conforme proposto por Carvalho (2011).

Aos 07, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA) foram realizadas avaliações visuais de intoxicação nas plantas de feijão-caupi utilizando como base a escala EWRC modificada por Frans (1972).

Paralelo à avaliação de fitotoxicidade nas plantas de feijão-caupi, foi realizada avaliação de eficácia no controle de plantas daninhas de folhas largas, folhas estreitas, e controle total (folhas largas e folhas estreitas), onde visualmente foram atribuídas notas percentuais ao controle sendo 0% ausência de controle e 100 % controle total.

A análise do teor total de proteína foliar foi realizada aos 0, 3, 5, 7, 14 e 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas. Em cada tratamento, foi retirada uma amostra composta, que consistiu da coleta aleatória em três plantas de um fragmento da borda do folíolo central da última folha totalmente expandida mais próxima ao ápice da planta, que foi acondicionado em papel alumínio devidamente identificado e imediatamente imerso em nitrogênio líquido. Em laboratório, as dosagens foram realizadas por colorimetria com Espectrofotômetro Spectronic 20, (Milton Roy, Estados Unidos). Nestas amostras, foram determinados os teores de proteína (mg de proteína solúvel/grama de massa fresca), segundo a metodologia proposta por Bradford (1976).

No pré-florescimento do feijão-caupi, duas plantas foram colhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela para mensuração da área foliar e da massa seca. Com as amostras em laboratório, os folíolos foram destacados das suas respectivas plantas e a sua área mensurada com a utilização de um medidor portátil de área foliar modelo LI – 3000C da fabricante norte americana LICOR. Após a mensuração da área foliar, as plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65° C até massa constante, e posterior quantificação da massa seca das plantas.

As avaliações de emissão de fluorescência pela clorofila *a* iniciaram no dia da aplicação dos herbicidas, sendo realizada leituras nos 7 dias subsequentes e aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação. Para essa análise utilizou-se um fluorímetro não-modulado (FLNM) modelo MINI – PAM II (Walz, Alemanha), aparelho analisador do rendimento quântico da fotossíntese com emissão de um pulso de saturação luminosa ($18000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) com duração de 3s, conforme proposto por Schreiber et al. (1994). As leituras foram realizadas as 04:00 e 10:00 horas da manhã e as 19:00 horas da noite, com emissão de fluxos saturantes de luz. Em cada parcela realizou-se uma leitura em 10 plantas aleatórias dentro da área útil de cada parcela. Para padronização das leituras, as mesmas foram feitas no folíolo central da última folha totalmente expandida do ápice da planta, realizando as medições na borda da folha evitando-se a nervura central. Das 10 leituras realizadas,

somente as seis mais homogêneas foram consideradas para a obtenção de uma média por parcela. Para as leituras realizadas no escuro foi avaliada a diferença entre os valores obtidos as 04:00 e as 19:00 horas do dia anterior, para análise da intensidade da fotoinibição, ocorrida ao longo do dia, e da capacidade de recuperação, ao longo da noite, conforme proposto por Pimentel et al. (2005).

As variáveis avaliadas foram o rendimento quântico máximo do fotossistema II ($F_v/F_m = (F_m - F_0) / F_m$); rendimento quântico efetivo do FS II ($\Phi_{FSII} = (F_m' - F) / F_m'$); quenching fotoquímico ($qP = (F_m' - F) / (F_m' - F_0)$); quenching não fotoquímico ($qN = (F_m - F_m') / (F_m - F_0)$); quenching não fotoquímico (NPQ = $(F_m - F_m') / F_m'$), como proposto por Bilger e Björkman (1990). A DFFF, foi mensurada no momento em que se realizava a leitura das 10:00 horas, sendo obtido um valor por parcela com a utilização de um medidor de radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

Após o feijão-caupi completar o seu ciclo produtivo, 10 plantas foram coletadas aleatoriamente na área útil em cada tratamento para avaliação dos componentes de produção. Para isso, após colhidas e secas ao sol, foi contabilizado o número de vagens por planta (NVP), do total de vagens colhidas procedeu-se a medição das vagens com a utilização de uma régua graduada para obtenção do comprimento médio das vagens (CV). Foi contabilizando o número de grãos por vagem (NGV) e do total de grãos, pesou-se três amostras de 100 grãos para obtenção do peso médio de grãos (PCG). Para o cálculo da produtividade, foi utilizado a amostra total de grãos colhidos na área útil de cada parcela.

Os dados, exceto os referentes aos levantamentos fitossociológicos, foram submetidos a análise de variância através do teste F e quando constatada significância, procedeu-se a comparação entre médias através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com a utilização do software estatístico Sisvar versão 5.6.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Levantamento Fitossociológico e eficácia no controle de plantas daninhas

O levantamento fitossociológico de plantas daninhas realizado antes da implantação dos tratamentos constatou a presença de 15 espécies distribuídas na área experimental, sendo 12 espécies folhas largas o que representa 80 % das espécies, duas espécies de Poaceas (folhas estreitas), o que equivaleu a 13,33 % e uma *Cyperaceae*, equivalente a 6,67% das espécies (Tabela 3).

As espécies que ocorreram em maior número de indivíduos por unidade de área foram o *Panicum maximum*, *Oxalis latifolia* e *Amaranthus* spp (Tabela 3). Embora tenham

ocorrido em maior número de indivíduos, este parâmetro por si só não fornece muitas informações sobre a influência de determinada espécie daninha sobre uma planta cultivada. O melhor parâmetro para determinar qual a espécie que mais interfere sobre uma cultura é a importância relativa, este índice, leva em consideração a importância percentual de uma espécie em relação ao total de populações de espécies infestantes em determinada comunidade (CARVALHO, 2011). Nesse sentido, a espécie com maior potencial de interferência no feijão-caupi antes da aplicação dos herbicidas foi o *Panicum maximum*, que obteve as maiores IR's em todos os tratamentos. Após a aplicação dos herbicidas, houve uma mudança na dinâmica de plantas daninhas (Tabela 4).

Essa modificação na dinâmica da comunidade de plantas daninhas envolve aspectos da biologia e ecologia das espécies que podem ser alteradas pelas condições de manejo do solo, das culturas e dos métodos de controle utilizado (Voll et al., 2005). No caso em questão, a alteração se deu em decorrência do método de controle de plantas daninhas utilizado, onde devido à utilização de herbicidas eficientes para o controle de determinado grupo de espécies levou a uma diminuição do número de indivíduos por unidade de área. Isso faz com que as reservas de sementes viáveis no solo, em profundidade e ou na superfície, que são designadas como banco de sementes, germinem. Substituindo as plantas que foram controladas pelo herbicida utilizado (Baker, 1989).

Na avaliação realizada aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas foram levantadas 18 espécies de plantas daninhas presentes na área. Porém, diferentemente do que ocorreu no primeiro levantamento, onde praticamente todas as espécies tiveram distribuição uniforme e foram constatadas em todos os tratamentos, no segundo levantamento a ocorrência de espécies, se deu de acordo com o herbicida usado no tratamento. Na testemunha sem capina, foi onde se deu o maior número de espécies, sendo o *Panicum maximum* a espécie de maior ocorrência (Tabela 4).

Nos tratamentos com Bentazon, mesmo sendo este um herbicida que controla espécies folhas largas, foram levantadas diversas espécies de plantas pertencentes a este grupo, tais como *Oxalis latifolia* e *Jaegeria hirta*, que obtiveram índices de importância relativa de 13,61 e 7,55 %, respectivamente, sendo estas espécies de maior ocorrência (Tabela 4). De acordo com Silva et al. (2007) o Bentazon é eficiente para o controle de diversas plantas daninhas tais como, *Acanthospermum australe*, *Bidens pilosa*, *Ipomoea grandifolia*, *Rhaphanus raphanistrum*, *Commelina benghalensis*, além de outras, porém, este herbicida é totalmente ineficiente para o controle de *Euphorbia heterophylla* e *Amaranthus spp*. Plantas de *Amaranthus spp* não foram levantados neste tratamento.

Tabela 3 – Espécies daninhas presentes na área experimental antes da aplicação dos herbicidas e seus valores de densidade de indivíduos m^{-2} (De.I.); densidade relativa (De.R.), frequência relativa (Fr.R.), dominância relativa (Do.R.) e importância relativa (IR).

Tratamento	Espécie	De. I. (m^2)	De. R. (%)	Fr. R. (%)	Do. R. (%)	IR (%)
Testemunha sem capina	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	1830,56	81,91	16,67	63,25	53,94
	<i>Oxalis latifolia</i>	205,56	9,20	16,67	8,53	11,47
	<i>Amaranthus</i> spp.	150,00	6,71	16,67	7,85	10,41
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	26,39	1,18	16,67	7,60	8,48
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	1,39	0,06	4,17	3,17	2,47
	<i>Phyllanthus tenellus</i>	1,39	0,06	4,17	2,97	2,40
	<i>Outras espécies</i>	19,44	0,87	25,00	6,64	10,84
Bentazon	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	998,61	56,88	15,38	46,64	39,63
	<i>Jaegeria hirta</i>	351,39	20,02	26,92	40,34	29,09
	<i>Oxalis latifolia</i>	326,39	18,59	15,38	2,53	12,17
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	55,56	3,16	15,38	9,58	9,38
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	1,39	0,08	3,85	0,17	1,36
	<i>Outras espécies</i>	22,22	1,27	23,08	0,75	8,37
Fluazifop-p- butyl	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	1101,39	69,37	14,81	75,97	53,38
	<i>Amaranthus</i> spp.	262,50	16,53	14,81	14,78	15,38
	<i>Oxalis latifolia</i>	170,83	10,76	14,81	3,67	9,75
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	20,83	1,31	14,81	5,29	7,14
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	1,39	0,09	3,70	0,02	1,27
	<i>Outras espécies</i>	30,847	1,943	37,04	0,27	13,08
Fomesafen	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	834,72	71,72	15,38	51,98	46,36
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	38,89	3,34	15,38	30,88	16,54
	<i>Oxalis latifolia</i>	168,06	14,44	15,38	11,72	13,85
	<i>Amaranthus</i> spp.	88,89	7,64	15,38	3,96	9,00
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	4,17	0,36	7,69	0,40	2,82
	<i>Portulaca oleracea</i>	2,78	0,24	3,85	0,02	1,37
	<i>Brachiaria decumbens</i>	1,39	0,12	3,85	0,06	1,34
	<i>Phyllanthus tenellus</i>	1,39	0,12	3,85	0,02	1,33
	<i>Outras espécies</i>	23,611	2,029	19,23	0,938	7,399
Mistura Fluazifop-p- butyl + Fomesafen	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	1109,72	81,70	20,00	86,53	62,74
	<i>Oxalis latifolia</i>	156,94	11,55	20,00	1,82	11,12
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	23,61	1,74	15,00	9,72	8,82
	<i>Amaranthus</i> spp.	47,22	3,48	20,00	0,72	8,06
	<i>Commelina benghalensis</i>	1,39	0,10	5,00	0,39	1,83
<i>Outras espécies</i>	19,44	1,43	20,00	0,83	7,42	

Outras espécies – *Mentha rotundifolia*, *Nicandra physalodes*,

Tabela 4 – Espécies daninhas levantadas após a aplicação dos herbicidas e seus valores de densidade de indivíduos m⁻² (De. I.); densidade relativa (De. R.), Frequência relativa (Fr. R.), dominância relativa (Do. R.) e importância relativa (IR).

Tratamento	Espécie	De. I. (m ²)	De. R. (%)	Fr. R. (%)	Do. R. (%)	IR (%)
Testemunha sem capina	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	458,33	68,75	18,60	83,47	56,94
	<i>Oxalis latifolia</i>	63,89	9,58	16,28	0,87	8,91
	<i>Jaegeria hirta</i>	54,17	8,13	9,30	2,29	6,57
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	16,67	2,50	9,30	3,75	5,18
	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	31,94	4,79	6,98	3,15	4,97
	<i>Emilia sonchifolia</i>	9,72	1,46	9,30	0,29	3,68
	<i>Axonopus affinis</i>	6,94	1,04	4,65	2,89	2,86
	<i>Commelina benghalensis</i>	5,56	0,83	6,98	0,31	2,71
	<i>Brachiaria plantaginea</i>	6,94	1,04	4,65	0,83	2,17
	<i>Outras espécies</i>	12,50	1,88	13,95	2,16	5,99
Bentazon	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	515,28	72,46	22,86	96,37	63,90
	<i>Oxalis latifolia</i>	122,22	17,19	22,86	0,80	13,62
	<i>Jaegeria hirta</i>	36,11	5,08	17,14	0,43	7,55
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	20,83	2,93	14,29	0,82	6,01
	<i>Brachiaria plantaginea</i>	6,94	0,98	8,57	0,38	3,31
	<i>Cenchrus echinatus</i>	4,17	0,59	5,71	1,04	2,45
		<i>Outras espécies</i>	5,56	0,78	8,57	0,16
Fluazifop-p- butyl	<i>Jaegeria hirta</i>	180,56	30,30	14,58	49,15	31,35
	<i>Oxalis latifolia</i>	188,89	31,70	14,58	4,76	17,01
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	25,00	4,20	14,58	24,54	14,44
	<i>Bidens pilosa</i>	120,83	20,28	8,33	9,54	12,72
	<i>Euphorbia irta</i> L.	9,72	1,63	6,25	1,33	3,07
	<i>Emilia sonchifolia</i>	5,56	0,93	6,25	1,48	2,89
	<i>Phyllanthus tenellus</i>	11,11	1,86	6,25	0,17	2,76
	<i>Outras espécies</i>	59,72	9,87	37,74	9,20	18,94
Fomesafen	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	295,83	69,84	27,59	80,62	59,35
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	48,61	11,48	24,14	10,19	15,27
	<i>Oxalis latifolia</i>	51,39	12,13	20,69	0,71	11,18
	<i>urucloa spp</i>	5,56	1,31	6,90	7,22	5,14
	<i>Euphorbia irta</i> L.	11,11	2,62	6,90	0,25	3,26
		<i>Outras espécies</i>	11,11	2,62	13,79	1,01
Mistura	<i>Cyperus rotundus</i> L.	52,78	20,77	40,00	82,39	47,72
Fluazifop-p- butyl + Fomesafen	<i>Oxalis latifolia</i>	172,22	67,76	40,00	9,97	39,24
	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	22,22	8,74	10,00	5,68	8,14
	<i>Outras espécies</i>	6,94	2,73	10,00	1,96	4,90

Outras espécies – *Portulaca oleracea*, *Nicandra physalodes*,

A espécie *Euphorbia heterophylla* ocorreu antes e após a aplicação dos herbicidas, corroborando com a afirmação dos autores supracitados. Para as demais espécies de folhas largas que não foram controladas, pressupõem-se que as espécies não controladas sejam tolerantes aos herbicidas utilizados

Nos tratamentos que receberam o Fluazifop-p-butyl, na avaliação realizada aos 30 DAA não se constatou a ocorrência de espécies Poaceae. Antes da aplicação do herbicida a espécie *Panicum maximum* era a de maior ocorrência. Após a aplicação todas as plantas levantadas nestas parcelas eram de folhas largas e uma *Cyperaceae*, evidenciando a eficiência deste herbicida para o controle de gramíneas. As espécies de maior ocorrência foram a *Jaegeria hirta* e *Oxalis latifolia* com importâncias relativa de 31, 25 e 17,01%, respectivamente (Tabela 4).

Nos tratamentos com Fomesafen, a espécie de maior ocorrência foi do *Panicum maximum*. Embora o Fomesafen seja um herbicida recomendado para controle de plantas daninhas de folhas largas, as espécies *Oxalis latifolia* e *Euphorbia irta* foram levantadas com importâncias relativas de 11,18 e 3,26%, respectivamente (Tabela 4). Assim como ocorreu nas parcelas onde foram aplicados o Bentazon, mesmo os herbicidas utilizados sendo eficientes para o controle de espécies de folhas largas, algumas plantas deste grupo não foram controladas, novamente, isso pode ser explicado pela tolerância das espécies a estes herbicidas.

Nos tratamentos com a mistura entre o fluazifop-p-butyl + Fomesafen, foram levantadas menor número de espécies e número de indivíduos de plantas daninhas (Tabela 4). Silva et al. (2007) justificam o aumento do espectro de controle dessa mistura, pois estes herbicidas controlam folhas estreitas e folhas largas, respectivamente. Nota-se que a espécie daninha mais recorrente foi o *Cyperus rotundus* que não é controlada por nenhum desses dois herbicidas, seguido pela *Oxalis latifolia*, espécie que se mostrou presente após a aplicação de todos os herbicidas (Tabela 4).

Marques et al. (2011) ao avaliarem a dinâmica de populações e fitossociologia de plantas daninhas no cultivo do feijão-caupi e mandioca no sistema corte com o uso de arado e queima, concluíram que as espécies *Sida glomerata* e *Corchorus argutus* foram as que mais influenciaram negativamente, após o fogo na cultura do feijão-caupi; e *Juncus* sp., *Spermacoce verticillata*, *Aeschynomene americana* e *Cyperus* sp., após preparo da área com aração nas culturas de mandioca e feijão-caupi. Freitas et al. (2014) ao avaliarem a eficiência de herbicidas para a cultura do feijão-caupi concluíram que o herbicida

Fluazifop-p-butyl aplicado isoladamente não foi eficiente no controle das espécies daninhas encontradas na área de estudo.

Para se escolher os herbicidas a serem utilizados em uma lavoura deve se atentar as espécies infestantes presentes na área (FREITAS et al., 2014). Segundo Marques et al. (2011), as espécies infestantes em uma lavoura variam no decorrer do ciclo da cultura em razão das alterações que estas causam ao meio e das práticas de manejo.

O levantamento de plantas daninhas presentes na lavoura é importante, visto que a identificação, frequência e densidade fazem parte de um manejo adequado de controle de plantas daninhas (OLIVEIRA & FREITAS, 2008).

As porcentagens de controle de plantas daninhas aos 07, 14, 21 e 28 DAA, para espécie folhas largas (FL), folhas estreitas (FE) e controle total, encontra-se apresentados nas tabelas 6, 7 e 8, respectivamente. Para o controle de espécies de folhas largas aos 7 DAA, as parcelas que receberam o Fomesafen isoladamente e em mistura com o Fluazifop-p-butyl foram iguais à testemunha capinada. O Bentazon embora seja um herbicida eficiente no controle de espécies de folhas largas, não apresentou controle eficiente aos 7 DAA, porém a sua eficiência foi aumentando com o passar do tempo, se igualando ao Fomesafen e à Mistura entre Fluazifop-p-butyl aos 28 DAA. O Fluazifop-p-butyl aplicado isoladamente, não apresentou controle eficiente de espécies de folhas largas, uma vez que, este herbicida possui ação gramínicida. Sendo assim, a alta eficiência no controle de folhas largas da mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen, se deve ao Fomesafen.

A porcentagem de controle de espécies de folhas estreitas, em avaliação realizada aos 7 DAA obtido pela mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen se iguala à testemunha capinada (Tabela 5). O Bentazon apresentou baixa eficiência de controle para folhas estreitas, e as porcentagens de controle em todas as avaliações foram iguais à testemunha sem capina. O Fluazifop-p-butyl apresentou controle mediano aos 7 DAA, mas a partir do 14 DAA a porcentagem de controle aumentou. Esse incremento no controle se deve ao mecanismo de ação inibidor da ACCase deste herbicida agir sobre os pontos de crescimento, interrompendo o crescimento das plantas poucos momentos após a aplicação, porém a morte do vegetal é um processo lento (SILVA et al., 2007), o que explica o aumento do controle ao longo das avaliações realizadas.

Tabela 5 – Valores percentuais de controle de plantas daninhas de folhas largas (FL), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

Tratamento	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Testemunha sem capina	0,00 c	0,00 c	0,00 e	0,00 c
Testemunha com capina	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Bentazon	51,75 b	62,50 b	80,00 c	82,50 b
Fluazifop-p-butyl	3,75 c	12,50 c	10,00 d	10,00 c
Fomesafen	82,50 ab	77,50 ab	87,50 b	82,50 b
Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen	90,00 a	88,75 ab	83,75 bc	72,50 b
DMS	35,37	35,92	5,1	11,55
CV (%)	28,16	27,49	3,69	8,68

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 6– Valores percentuais de controle de plantas daninhas de folhas estreitas (FE), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

Tratamento	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Testemunha sem capina	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 d
Testemunha com capina	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Bentazon	11,25 c	25,00 b	10,00 c	6,25 cd
Fluazifop-p-butyl	56,25 b	88,75 a	87,50 ab	85,00 ab
Fomesafen	43,75 b	18,75 b	22,50 c	16,25 c
Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen	88,75 a	86,25 a	80,00 b	76,25 b
DMS	21,93	40,11	19,25	16,6
CV (%)	19,09	32,86	17,72	14,45

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para o controle total de plantas daninhas, não foi verificado diferença entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen e a testemunha capinada em avaliações realizadas aos 7 e 14 DAA (Tabela 7). Comportamento semelhante dos herbicidas Bentazon, Fluazifop-p-butyl e Fomesafen foram observados aos 14, 21 e 28 DAA. A mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen até a avaliação aos 14 DAA resultaram em um controle tão eficiente, quanto à testemunha capinada. A partir dos 21 DAA, a percentagem de controle deste tratamento não mais se igualou à testemunha capinada, ocorrendo uma ligeira queda, explicada devido à germinação de novas plantas, principalmente *Cyperus rotundus*.

Tabela 7 – Valores percentuais de controle total de plantas daninhas, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

Tratamento	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Testemunha sem capina	0,00 d	0,00 c	0,00 d	0,00 d
Testemunha com capina	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Bentazon	25,00 c	38,75 b	26,25 c	10,00 dc
Fluazifop-p-butyl	33,75 bc	45,00 b	35,00 c	30,00 c
Fomesafen	48,75 b	33,75 b	26,25 c	22,50 c
Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen	87,50 a	86,25 a	70,00 b	72,50 b
DMS	23,51	17,24	25,75	20,55
CV (%)	20,81	14,82	26,11	22,84

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Cada herbicida possui um espectro de ação, sendo desenvolvido para controle de determinado conjunto de espécies daninhas. Alguns ingredientes ativos possuem ação total, porém, para sua utilização, é necessário que a cultura alvo da aplicação seja tolerante à molécula (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Fontes et al. (2013) ao avaliarem a seletividade e eficácia dos herbicidas Bentazon (600 g ha^{-1}), Fomesafen (225 g ha^{-1}), Fluazifop-p-butyl (250 g ha^{-1}) e mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen ($125 + 125 \text{ g ha}^{-1}$) para cultura do feijão-caupi BRS Guariba, obtiveram eficácias de controle de 80%, 90%, 58% e 95%, respectivamente, aos 14 dias e de, 73%, 90%, 50%, 90%, respectivamente, aos 28 dias após a aplicação dos herbicidas. Os resultados obtidos por esses autores na avaliação realizada aos 14 DAA para os herbicidas Fomesafen e a mistura Fluazifop p-butyl + Fomesafen são semelhantes aos resultados da avaliação aos 14 DAA apresentados no presente trabalho, mesmo sendo testadas doses diferentes de herbicidas. Fontes et al. (2013) ao avaliarem os efeitos da aplicação do Bentazon em mistura com o Paraquat relataram elevada fitotoxicidade no feijão-caupi. Já o Oxadiazon, Sulfentrazone, Bentazon e Fluazifop-p-butyl garantiram de bom a excelente o controle das plantas daninhas, com produtividades semelhantes à obtida quando o controle foi realizado com capina mecânica. O Fomesafen aplicado isoladamente ou em mistura Fluazifop-p-butyl provocou fitointoxicação moderada, atrasos no florescimento e colheita e redução de produtividade da cultura.

Silva et al. (2014) ao avaliarem a seletividade de herbicidas ao feijão-caupi concluíram que a eficiência de herbicidas depende da seletividade para a cultura, bem como

de sua eficácia no controle de plantas daninhas, a qual pode variar de acordo com a comunidade infestante.

4.2 –Intoxicação nas Plantas de Feijão-caupi

Para a variável intoxicação de plantas de feijão-caupi houve diferenças entre tratamentos em todas as épocas de avaliações. Os herbicidas Fomesafen e mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen, nas doses avaliadas, foram fitotóxicos às plantas de feijão-caupi (Figura 2). A fitotoxicidade da mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen se deve ao Fomesafen, pois, o Fluazifop-p-butyl aplicado isoladamente não ocasionou fitotoxicidade significativa (Figura 2). Os danos ocasionados pelo Fomesafen foram observados inicialmente, aproximadamente três horas após a aplicação. Tais danos se evidenciam por manchas com aspecto úmido devido ao extravasamento de suco celular para o espaço extracelular. Essas manchas evoluem dando origem a necrose do tecido foliar (SILVA et al., 2007). Por se tratar de um herbicida com ação de contato (OLIVEIRA JUNIOR, 2011), o formato e o tamanho das gotas irão determinar o dano ao tecido foliar, sendo que quanto maior a eficiência de aplicação do herbicida, maior será deposição do mesmo sobre as folhas.

Em avaliação realizada aos sete DAA, a intoxicação ocasionada no feijão-caupi pelos herbicidas Fomesafen e pela mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen foi de 76,25 e 83,75% respectivamente. Na avaliação realizada aos 14 DAA, os sintomas variaram de 65 a 70% respectivamente para Fomesafen e pela mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen. Aos 21 DAA a fitointoxicação foi de 43,75 e 37,5%, respectivamente para o Fomesafen e mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen e, aos 28 DAA, a intoxicação foi de 12,5%. Os herbicidas Bentazon e Fluazifop p-butyl ocasionaram fitotoxidez às plantas, porém, esta não diferiu das testemunhas sem herbicidas, sendo as fitotoxicidade para esses herbicidas classificadas como sendo leve aos 7 e 14 DAA, progredindo para nula a partir da avaliação aos 21 DAA, conforme Frans (1972). A ação do Fomesafen é unicamente de contato (SILVA et al., 2007). Dessa maneira, as injúrias no tecido foliar são restritas à área onde foi depositado o produto. Após a folha expressar os sintomas de fitotoxicidade, esta não mais se recupera, persistindo com os sintomas até sua senescência, porém as folhas que serão emitidas após a aplicação dos herbicidas, não apresentarão efeitos fitotóxicos, contribuindo para a redução do grau de intoxicação na planta como um todo (Figura 2).

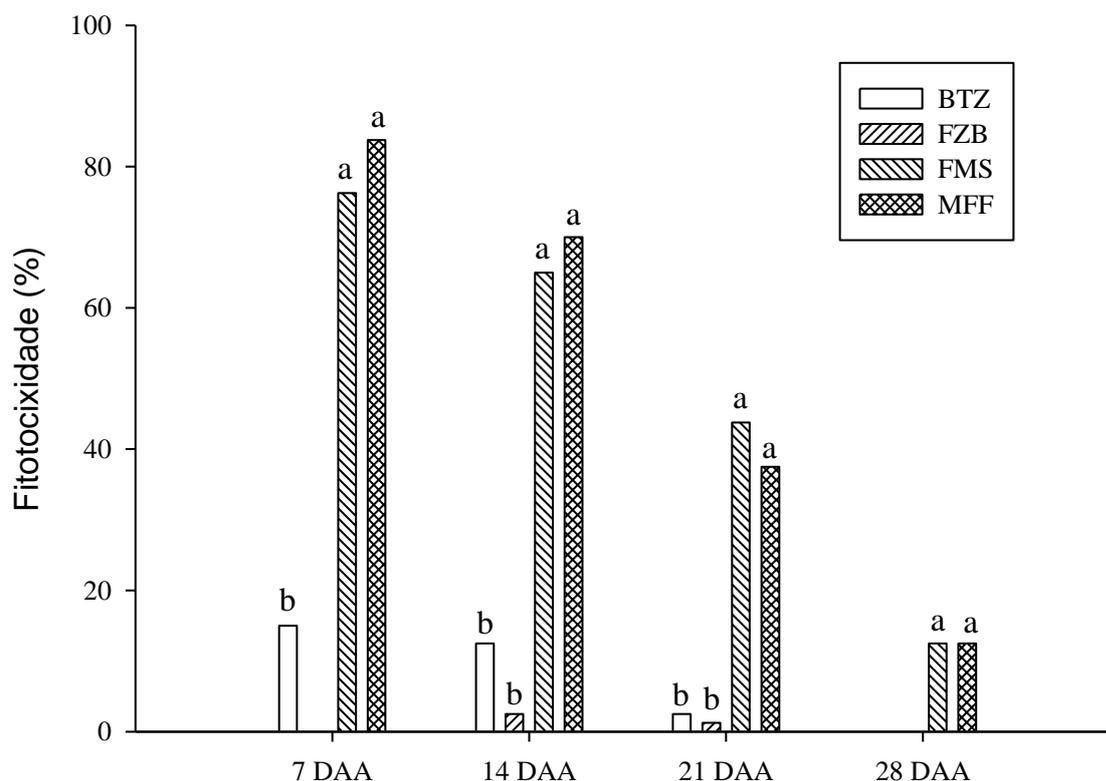


Figura 2: Intoxicação nas plantas de feijão-caupi submetidos à aplicação dos herbicidas Bentazon (BTZ), Fluazifop-p-butyl (FZB), Fomesafen (FMS) e mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen (MFF) avaliada aos 7, 14, 21 e 28 (DAA). Letras iguais na barra dentro da mesma época de avaliação não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Linhares et al. (2014), ao avaliarem o crescimento do feijão-caupi sob efeito dos herbicidas Fomesafen (250 g ha^{-1}) e Bentazon + Imazamox ($1.200 + 56 \text{ g ha}^{-1}$) constataram que, o Fomesafen ocasionou severa fitotoxidez em avaliações realizadas aos 03 e 09 DAA, regredindo para uma média fitointoxicação aos 15 DAA, e, aos 20 DAA as plantas de feijão-caupi encontravam-se completamente recuperada. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2013), onde o Fomesafen proporcionou elevada fitotoxicidade às plantas de feijão-caupi, comprometendo o seu desenvolvimento.

Em trabalhos conduzidos com o feijão-comum submetidos a aplicação do Fomesafen, Cieslik (2012) e Silva et al. (2013), constataram ocorrência de leve fitotoxidez inicial em doses acima de 125 g ha^{-1} de ingrediente ativo sendo que em alguns dias após a aplicação não mais foram verificados sintomas de fitotoxidez. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima (2016) também no feijoeiro-comum, que relatou a ocorrência de fitotoxicidade provocada pelo Fomesafen e Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen até os

14 DAA. Assim como no presente estudo, o Bentazon e o Fluazifop-p-butyl ocasionaram fitotoxidez nula, não diferindo das testemunhas sem aplicação.

4.3 – Proteína Foliar

Houve efeitos dos herbicidas sobre os teores de proteínas a partir do terceiro dia após a aplicação, sendo também constatada diferenças aos 7 e 28 DAA. Reduções foram mais pronunciadas em plantas submetidas à aplicação do Fomesafen aplicado isoladamente e da mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen. Aos 3 DAA, verificou-se que o Fomesafen e a mistura entre o Fluazifop-p-butyl + Fomesafen ocasionaram reduções no teor de proteínas (Tabela 8). Aos 7 DAA, o menor teor de proteína foi constatado nas plantas submetidas a mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen. Na avaliação realizada aos 28 DAA, os teores menos significativos de proteínas foram observados nas plantas com o Fomesafen.

Huffaker e Peterson (1974), relataram a existência de interferência no metabolismo do nitrogênio o que conseqüentemente, irá levar a uma diminuição do teor proteico das plantas devido à fitotoxicidade de herbicidas. As plantas que receberam a aplicação do Fomesafen isoladamente e em mistura com Fluazifop-p-butyl sofreram severa fitotoxicidade (Figura 2), fato que pode ter contribuído para a diminuição do teor de proteína foliar quantificado, corroborando com os referidos autores.

Vitorino & Martins (2012) ao avaliarem o efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de *ipomoea grandifolia* notaram que após decorridos 2 e 4 dias da aplicação, os teores de proteínas solúveis nas plantas que receberam os herbicidas inibidores da PROTOX (Fomesafen (250 g ha⁻¹) e Lactofen (180 g ha⁻¹)) tiveram redução em relação a testemunha, evidenciando os efeitos desse mecanismo de ação sobre características bioquímicas das plantas que receberam a sua aplicação.

Sabendo-se que o conteúdo de proteínas solúveis na folha é proporcional ao conteúdo de Ribulose-1,5-Bisfosfato Carboxilase/Oxigenase (Rubisco), a quantificação do teor de proteínas solúveis, pode nos fornecer informações relevantes relacionadas ao processo fotossintético de carboxilação da Rubisco, pelo ciclo de Calvin (PIMENTEL, 2006). O Fomesafen atua inibindo a síntese da protoporfirina IX, um precursor da clorofila (SILVA, et al.; 2007), dessa maneira com a redução do teor de clorofila nas plantas, pode ocorrer diminuição do rendimento fotossintético, como menos Rubisco nas plantas, o que pode levar a redução do teor de proteína foliar.

Tabela 8 – Valores médios de proteína foliar (mg/g MF) aos 3, 5, 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen.

Tratamentos	0 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
TSC	3,43 ^{ns}	3,98 a	3,88 ^{ns}	5,32 a	3,78 ^{ns}	4,46 ^{ns}	2,12 a
TCC	3,08	3,56 ab	4,26	4,47 ab	3,96	3,96	1,42 ab
BTZ	3,33	3,02 ab	3,37	5,20 ab	4,10	3,98	1,69 ab
FBZ	3,68	3,09 ab	3,90	4,67 ab	3,77	3,81	1,66 ab
FMS	3,26	2,87 b	3,31	4,36 b	3,57	4,19	1,32 b
MFF	3,36	2,78 b	3,30	3,04 c	3,96	3,94	1,55 ab
DMS	0,96	1,00	1,26	0,85	0,89	0,79	0,72
CV (%)	12,55	13,51	14,69	8,27	10,05	8,57	19,49

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns – não significativo.

Lima (2016) ao avaliar possíveis efeitos dos herbicidas Bentazon, Fluazifop-p-butyl, Fomesafen e Fluazifop-p-butyl + Fomesafen sobre os teores de proteínas foliares na cultura do feijão-comum concluiu não haver influência desses herbicidas sobre essa característica das plantas. O autor afirma ainda que, a ausência de efeitos desses herbicidas sobre o conteúdo de proteína solúvel em folhas do feijoeiro é benéfica e desejável, uma vez que mantem possivelmente, maior atividade da Rubisco que conseqüentemente, irá gerar maior quantidade de fotoassimilados oriundos do processo de fixação e assimilação de carbono no ciclo de Calvin. Características estas, que irão possibilitar em plantas mais robustas, que pode resultar em maiores produtividades de grãos.

4.4 – Área Foliar e Massa Seca

Houve efeito dos herbicidas e da testemunha não capinada sobre a área foliar e massa seca das plantas de feijão-caupi em avaliação realizada aos 20 DAA (Tabela 9). No tratamento sem capina, a redução da área foliar e na massa seca de plantas de feijão-caupi se deve à competição, pelas plantas daninhas por recursos ambientais essenciais ao crescimento, como água, luz e nutrientes. No caso do Fomesafen, em que plantas de feijão-caupi apresentaram reduzida área foliar, além da matocompetição, as plantas apresentaram efeito fitotóxico tais como redução de crescimento, clorose e necrose do tecido, causados pelo herbicida, quando comparado à testemunha capinada.

Como consequência da redução da área foliar, as plantas de feijão-caupi apresentaram menores incrementos na massa seca nos tratamentos com herbicidas bem como na testemunha sem capina. O menor teor de massa seca nas plantas de feijão-caupi

foi obtido nas que receberam aplicação do Fomesafen, seguido pela mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios de área foliar (AF) e massa seca (MS), das plantas de feijão-caupi no pré-florescimento.

TRATAMENTO	AF(cm ²)	MS(g)
Testemunha sem capina	1416,80 b	15,98 bc
Testemunha com capina	3554,96 a	29,16 a
Bentazon	1496,83 b	14,28 bcd
Fluazifop-p-butyl	1811,92 b	18,63 b
Fomesafen	778,38 b	5,77 d
Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen	933,76 b	7,12 cb
DMS	1616,8	9,30
CV (%)	42,24	23,09

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A avaliação da área foliar e massa seca foi realizada aproximadamente aos 20 DAA, onde nessa época as plantas estavam sob estresse em função da intoxicação causada pelos herbicidas. Nesses casos, mecanismos de desintoxicação são ativados, para converter o ingrediente ativo em compostos menos tóxicos ou não-tóxicos ao seu metabolismo, através de processos esses que consomem energia e que ocasiona a paralização do crescimento das plantas, diminuindo o acúmulo de massa seca (OGLIARI, 2007).

Linhares et al. (2014) ao avaliarem o crescimento do feijão-caupi sob efeito de diferentes herbicidas constataram redução de área foliar e de massa seca do feijão-caupi com aplicação do Fomesafen, A redução da massa seca verificada pelos autores corrobora com os dados apresentados no presente trabalho.

Fontes et al. (2013) relataram ação do Fomesafen sobre a área foliar do feijão-caupi, onde o herbicida ocasionou uma intensa redução de área foliar recorrente da queda de folhas, o que levou a uma redução de produtividade. Resultados semelhantes também foram evidenciados por Ibrahim et al. (2010) e Mondal et al. (2011), o que deixa evidente a pouca tolerância da variedade BRS Guariba a este herbicida.

Trabalho conduzido por Monteiro et al. (2012), relatou interferência dos herbicidas Fluazifop-p-butyl, Fomesafen e Fluazifop-p-butyl + Fomesafen (mistura comercial) sobre os teores de massa seca das plantas de feijão-caupi submetidas a aplicação desses herbicidas. As maiores reduções foram verificadas nas plantas que foram submetidas à aplicação do Fomesafen e do Fluazifop-p-butyl + Fomesafen. O Bentazon proporcionou médias de massa seca às plantas semelhante as testemunhas capinadas

Já em trabalho conduzido por Manabé et al. (2015) visando avaliar o efeito da competição de plantas daninhas na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em casa de vegetação, os autores encontraram efeitos apenas da mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen no crescimento radicular da cultura, não influenciando a massa seca e área foliar das plantas.

4.5 – Fluorescência da Clorofila *a*

4.5.1 – Rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm)

O uso dos herbicidas ocasionou efeitos sobre o rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm), nas leituras realizadas às 04:00 e 19:00 horas, até o terceiro dia após aplicação dos herbicidas (Figuras 3 e 4, respectivamente).

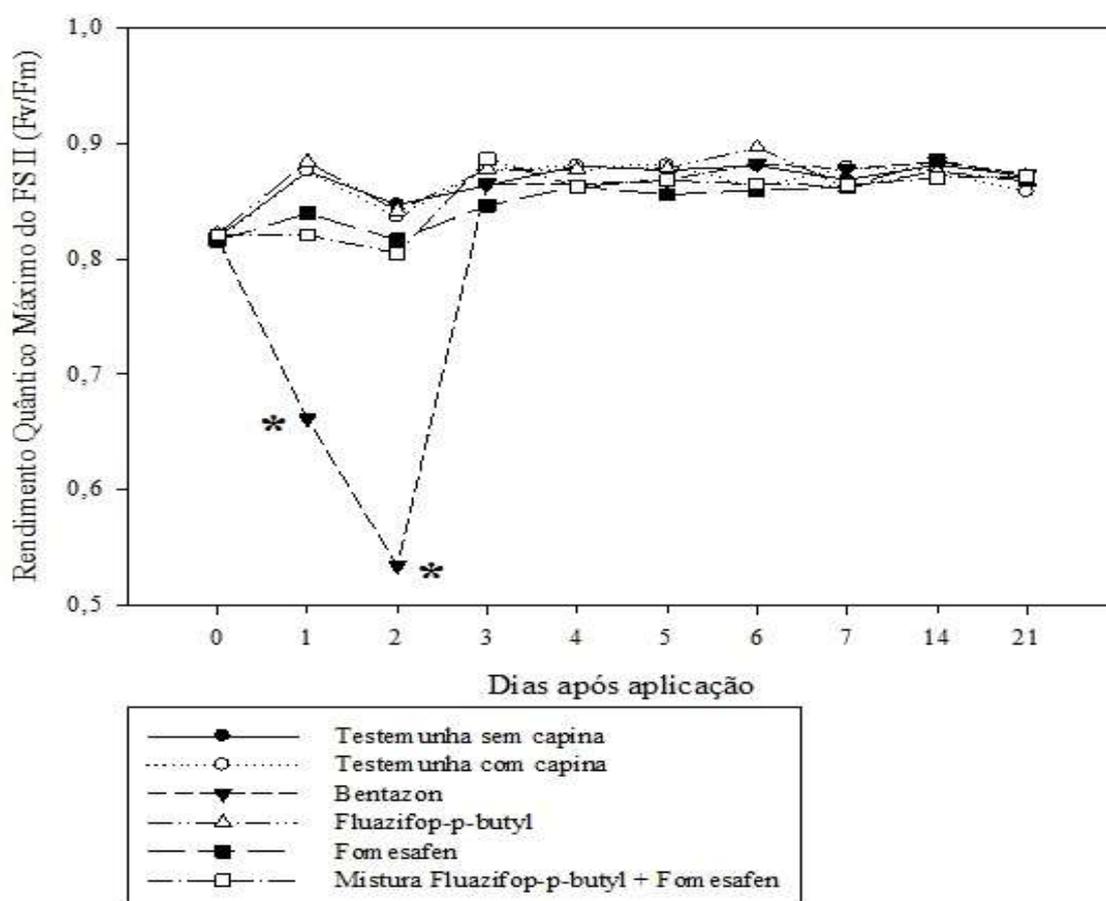


Figura 3: Rendimento Quântico Máximo do Fotossistema II (Fv/Fm) às 04:00 horas, ao longo dos dias de avaliação. *Diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O Bentazon foi o herbicida que mais negativamente afetou a variável Fv/Fm. A avaliação realizada às 04:00 horas na madrugada do dia em que os herbicidas foram aplicados, mostrou que as plantas se encontravam com atividade metabólica normal. Já a leitura realizada às 19:00 horas do dia em que procedeu-se a aplicação e a leitura do dia

subsequente mostraram efeitos do Bentazon e da mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen (Figura 4). A partir desse ponto, verificou-se comportamento semelhante pelas plantas de feijão-caupi nos tratamentos avaliados. Nas avaliações realizadas as 04:00 horas, novamente se verificou efeito do Bentazon até o segundo dia após aplicação.

Conforme evidenciado por Ogren e Orquist (1985), redução dos valores de Fv/Fm é um indicador de dano fotoinibitório quando a planta está sujeita a estresses do ambiente. No presente estudo, o estresse se evidencia pela ação do herbicida no metabolismo do feijão-caupi. Nas plantas que receberam o Bentazon o estresse se justifica pela interrupção do transporte de elétrons o que ocasiona déficit energético nas plantas e interrupção do seu crescimento (ARALDI et al., 2011).

Ao terceiro dia após a aplicação dos herbicidas, Fomesafen, Fluazifop-p-butyl e a mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen ocasionaram efeitos sobre Fv/Fm. O efeito do Fomesafen foi expressivo, diferindo dos demais herbicidas testados. Essa diferença se deve ao Fomesafen ter ocasionado grave intoxicação nas plantas de feijão-caupi e essa intoxicação, ocasionou um estresse nas plantas, atrelado a isso, no dia anterior, foi registrada alta incidência de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (FFF). Esta alta incidência de FFF, ocasiona estresse energético nas plantas devido à fotoinibição da fotossíntese e que atrelado ao dano fitotóxico do herbicida, pode ter ocasionado essa redução sobre o Fv/Fm. A partir da leitura das 19:00 horas do terceiro dia e nas leituras subsequentes, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos (Figura 4).

Conforme elucidado por Maxwell & Johnson (2000), quando as plantas se encontram em condições normais (ausência de estresse), a relação Fv/Fm apresenta valores na ordem de 0,75 a 0,85. Valores abaixo dessa faixa, indicam comprometimento na eficiência quântica máxima do fotossistema II, e conseqüentemente no potencial fotossintético da planta. Já Bjorkman e Demming (1987), determinaram que a relação Fv/Fm está em torno de $0,832 \pm 0,004$ em um grande número de plantas vasculares com folhas saudáveis. Aplicando o limite mínimo para o qual Maxwell & Johnson (2000) consideraram como sendo causadores de comprometimento da eficiência fotossintética, para os valores de Fv/Fm encontrados no Feijão-caupi, nota-se que, apenas os valores mensurados nas plantas que receberam o Bentazon ficaram abaixo do limite de 0,75 até o segundo dia após a aplicação, na leitura realizada às 04:00 horas. A partir da leitura realizada as 04:00 do segundo dia, por não mais ocorrer valores abaixo de 0,75, não mais se evidencia comprometimento da eficiência quântica do fotossistema II, mesmo com a

ocorrência da diferença estatística do Bentazon em relação aos demais herbicidas às 04:00 horas do terceiro dia de avaliação.

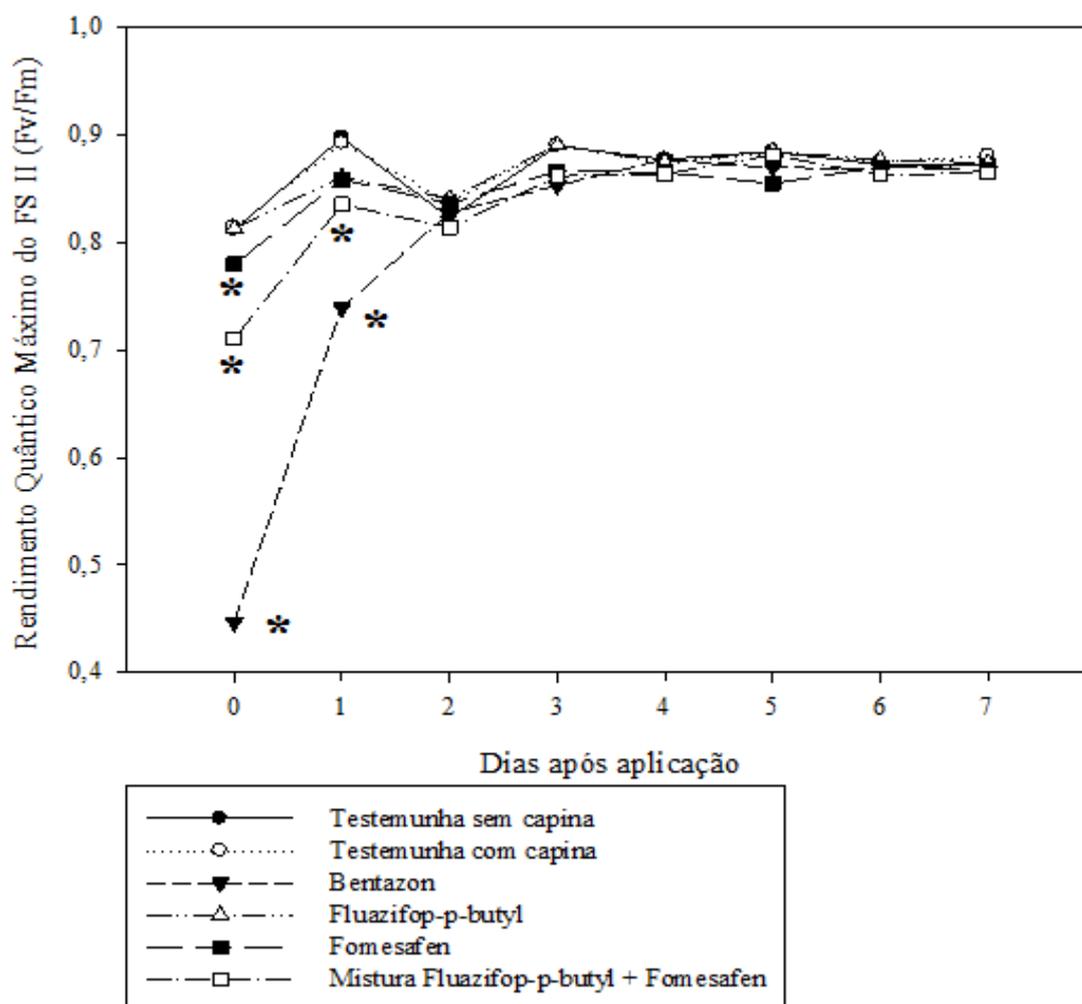


Figura 4: Rendimento Quântico Máximo do Fotossistema II (Fv/Fm) as 19:00 horas, ao longo dos dias de avaliação. *Diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, dentro do dia de avaliação.

Corrêa & Alves (2010) ao avaliarem os efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e transgênica observaram redução na razão Fv/Fm nos dois tipos de plantas avaliadas. Para a soja transgênica, os herbicidas Lactofen que assim como o Fomesafen possui mecanismo de ação inibidor da PROTÓX e a mistura entre Lactofen e Chlorimuron-ethyl (inibidores da PROTÓX e ALS, respectivamente) ocasionaram redução na razão Fv/Fm aos 4 dias após aplicação. Já na soja convencional, foi observado aos 6 dias após a aplicação, redução do Fv/Fm das plantas submetidas a mistura entre Chlorimuron-ethyl + Imazethapyr (inibidores da ALS) e mistura entre Glyphosate + Mazethapyr (inibidor da EPSPs e ALS, respectivamente). Aos 14 dias, os efeitos observados sobre a razão Fv/Fm foram ocasionados pela mistura entre Lactofen

e Chlorimuron-ethyl (inibidores da PROTÓX e ALS, respectivamente) e novamente pela mistura entre Chlorimuron-ethyl + Imazethapyr (inibidores da ALS).

4.5.2 – Rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Φ FSII)

O rendimento quântico efetivo do fotossistema II pode fornecer informações de como está o funcionamento da fase fotoquímica da fotossíntese, mediante a redução da nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP), acceptor final do elétron, na cadeia de transporte de elétron.

Foi possível verificar redução do rendimento quântico efetivo do fotossistema II, nas plantas que receberam o Bentazon (Figura 5) a partir de 02 horas após aplicação dos herbicidas, quando se efetuou a primeira leitura.

Na avaliação imediatamente após a aplicação, e na do dia subsequente, somente o Bentazon ocasionou redução significativa no Φ FSII. Plantas que receberam os demais herbicidas, não diferiram das testemunhas. Na avaliação imediatamente após a aplicação dos herbicidas, enquanto as plantas dos demais tratamentos apresentaram valores de Φ FSII em torno de 0,650, nas plantas submetidas ao Bentazon os valores observados foram apenas de 0,27 (Figura 5). Na leitura do segundo dia, as plantas do tratamento com Bentazon diferiram de plantas do tratamento com Fomesafem, porem em ambos os tratamentos o comportamento foi igual à testemunha.

O Bentazon age bloqueando o fluxo de elétrons ao se ligar ao sitio da proteína D1 onde se ligaria a Qb, dessa forma bloqueando o fluxo de elétrons (SILVA et al., 2007). Tal fato explica, os baixos valores do Φ FSII já observados imediatamente após a aplicação dos herbicidas. Por agir diretamente no fluxo de elétrons no fotossistema II, imediatamente após a aplicação dos herbicidas, nas plantas submetidas ao Bentazon, o Φ FSII apresentou valores muito baixos, cerca de 70% dos valores observados nas plantas submetidas aos demais tratamentos. O mesmo comportamento foi verificado no primeiro dia após a aplicação dos herbicidas, sendo que a partir do segundo dia houve um ligeiro aumento, devido à desobstrução do fluxo de elétrons.

O rendimento quântico efetivo do fotossistema II representa melhor as variações que ocorrem no rendimento quântico da fotossíntese do que a relação Fv/Fm (GENTY et al., 1989) e tem a vantagem de não ser necessário uma adaptação da amostra ao escuro. Além disso, o rendimento quântico efetivo do fotossistema II pode ser usado juntamente com o Fluxo de Fótons Fotossintéticos para Calcular a taxa de transporte de elétrons, uma vez que, 1 μ mol de fótons excita 1 μ mol de elétrons da clorofila (CAMPOSTRINI, 2001).

Sendo assim, quanto maior forem os valores observados para o Φ_{FSII} , maiores serão as suas ETRs. Outra vantagem do uso da Taxa de Transporte de Elétrons (ETR) sobre o F_v/F_m , reside no fato da ETR permitir detecções de atuação de herbicidas em um nível de concentração de $0,5 \mu\text{moles dm}^{-3}$, enquanto a razão F_v/F_m só permite detecções em um nível de concentrações que é 100 vezes maior (Korres et al., 2003).

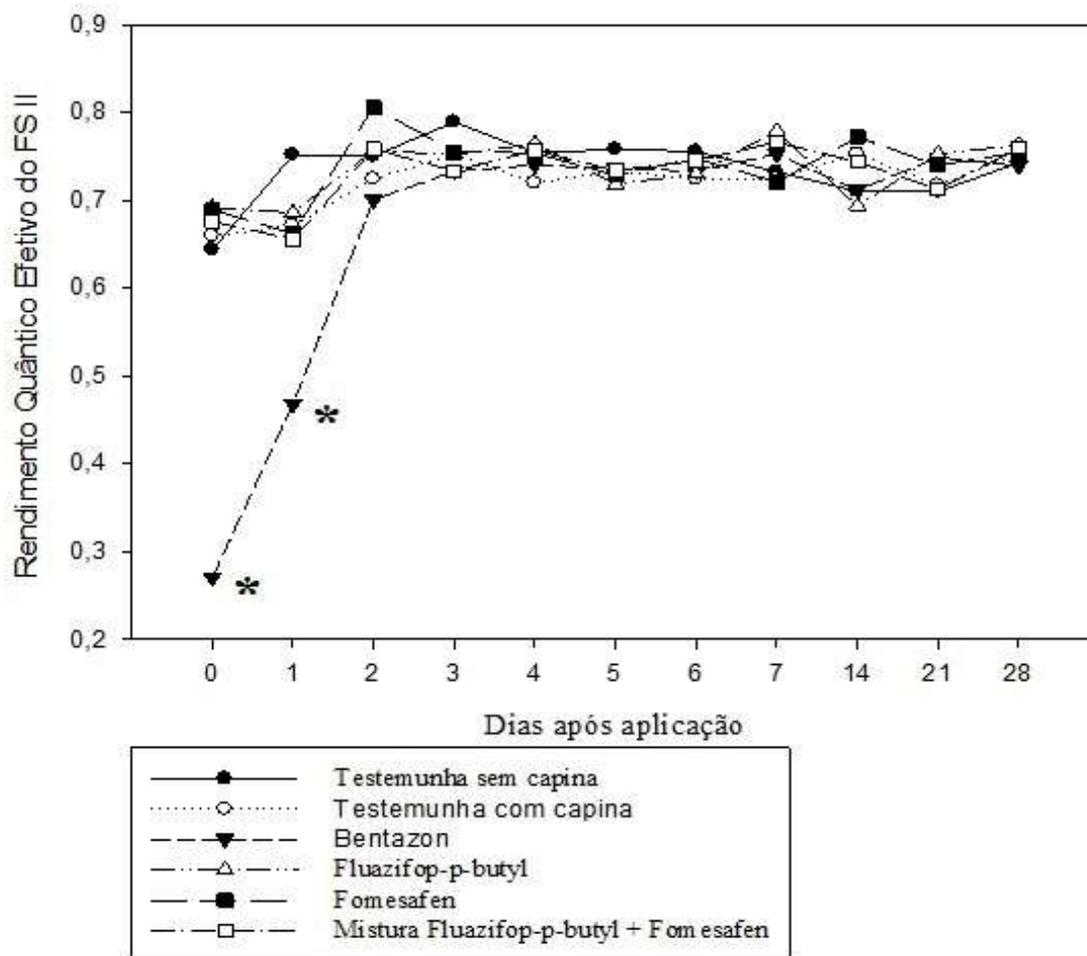


Figura 5: Rendimento Quântico Efetivo do Fotossistema II (Φ_{FSII}) ao longo dos dias de avaliação. *Diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade, dentro do dia de avaliação.

Uma desvantagem da avaliação dos parâmetros dependentes de luz (ETR, Φ_{FSII} , qP , qN e NPQ) é que acréscimos ou decréscimos na DFFF irão ocasionar mudanças nas respostas obtidas, o que pode dificultar a interpretação dos resultados. Na tabela 10 estão expostos a média da Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintetizantes ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) medida com o PAR, aparelho medidor da Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintetizantes ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Tabela 10 – Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintetizantes ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) medida ao longo dos dias avaliados. DAA – Dias após aplicação dos herbicidas; TSC – Testemunha

sem capina; TCC – Testemunha com capina; BTZ – Bentazon; FZB – Fluazifop-p-butyl; FMS – Fomesafen; MFF – Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen

Dias de avaliação	Tratamentos					
	TSC	TCC	BTZ	FZB	FMS	MFF
0 DAA	1351,88	1287,23	1302,95	1235,38	1263,88	1270,35
1 DAA	1186,95	1157,38	1133,98	1141,05	1172,98	1184,38
2 DAA	1251,53	1281,50	1270,60	1292,80	1260,28	1270,68
3 DAA	1124,55	1097,48	1095,55	1084,85	1117,60	1127,93
4 DAA	1152,58	1159,20	1179,83	1148,75	1140,38	1183,25
5 DAA	1055,08	1115,65	1060,00	1100,55	1002,65	1080,60
6 DAA	1023,60	1030,48	1016,45	1009,50	1009,48	1054,70
7 DAA	1256,95	1202,48	1211,28	1194,68	1236,33	1239,00
14 DAA	412,37	528,90	800,25	509,32	505,40	446,60
21 DAA	879,90	842,25	881,85	854,27	796,42	904,72
28 DAA	902,92	641,17	776,02	632,57	571,57	749,65

Conforme pode ser evidenciado na tabela 10, houve mudanças nas DFFF's em um mesmo dia e ao longo dos dias de avaliação, o que pode levar a uma má interpretação das respostas do fator em estudo, devido à uma heterogeneidade das condições ambientais. Para o feijoeiro comum, a DFFF máxima que as plantas podem receber sem que ocorra fotoinibição se situa entre 800 e 1000 $\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$ (PIMENTEL, 2014)

4.5.3 – Quenching fotoquímico (Q_p)

Houve efeitos dos herbicidas sobre o quenching fotoquímico, apenas na avaliação imediatamente após a aplicação, onde o Bentazon proporcionou os menores quenchings obtendo médias de 0,463, enquanto a testemunha sem capina, testemunha capinada, Fluazifop-p-butyl, Fomesafen e Mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen proporcionaram médias de 1,048; 1,091; 1,153; 1,228 e 1,190, respectivamente, sendo esses valores estatisticamente iguais (Figura 6). O Bentazon age bloqueando o fluxo de elétrons entre os fotossistemas. Dessa forma, a Q_a é reduzida, ocasionando assim um decréscimo de Q_p conforme observado (Figura 6). A aplicação do Bentazon não levou a redução total de Q_p ($Q_p=0$), porém, ocasionou redução em torno de 50% quando comparado aos demais herbicidas e testemunhas. O bloqueio do fluxo de elétrons foi rápido, evidenciando a eficiência do Bentazon em atuar no Fotossistema II, porém perdeu por um período inferior a 24 horas, sendo que, na avaliação realizada no dia seguinte, essa diferença de 50% não foi mais observada (Figura 6).

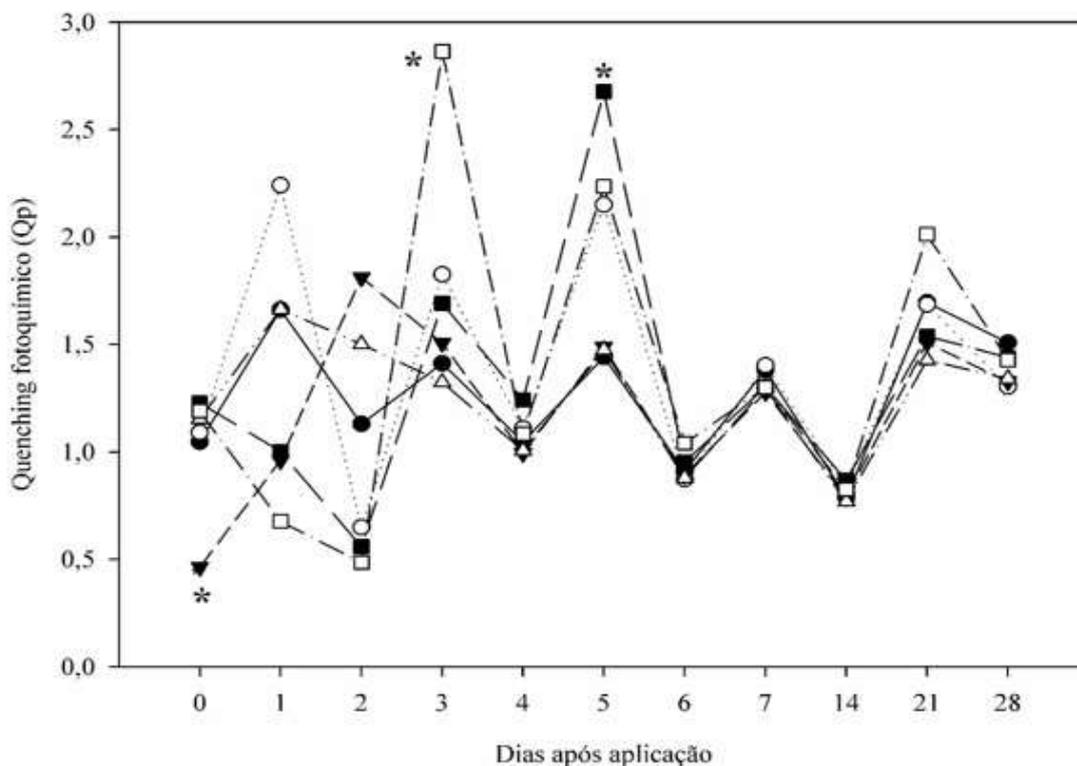


Figura 6- Coeficiente de dissipação fotoquímico (Quenching fotoquímico (Qp)) dos tratamentos ao longo das avaliações. *Diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade, dentro do dia de avaliação.

4.5.4 – Quençinh Não-Fotoquímico (Qn/NPQ)

Embora o uso dos herbicidas tenha influenciado sobre outras variáveis imediatamente após a sua aplicação (Φ FSII e Qp), para o Qn, houve diferença entre os tratamentos apenas no dia subsequente, no quinto e sexto dias após a aplicação dos herbicidas. Onde na leitura do primeiro dia o Bentazon aplicado isoladamente e o Fomesafen aplicado isoladamente e em mistura com o Fluazifop-p-butyl diferiram dos demais tratamentos, apresentando os maiores valores de dissipação de energia (Figura 7). No quinto dia, apenas o Fomesafen proporcionou diferença nessa variável quando comparado aos demais tratamentos. No sexto dia a diferença foi notada nas plantas que receberam a mistura entre Fluazifop-p-butyl (Figura 7).

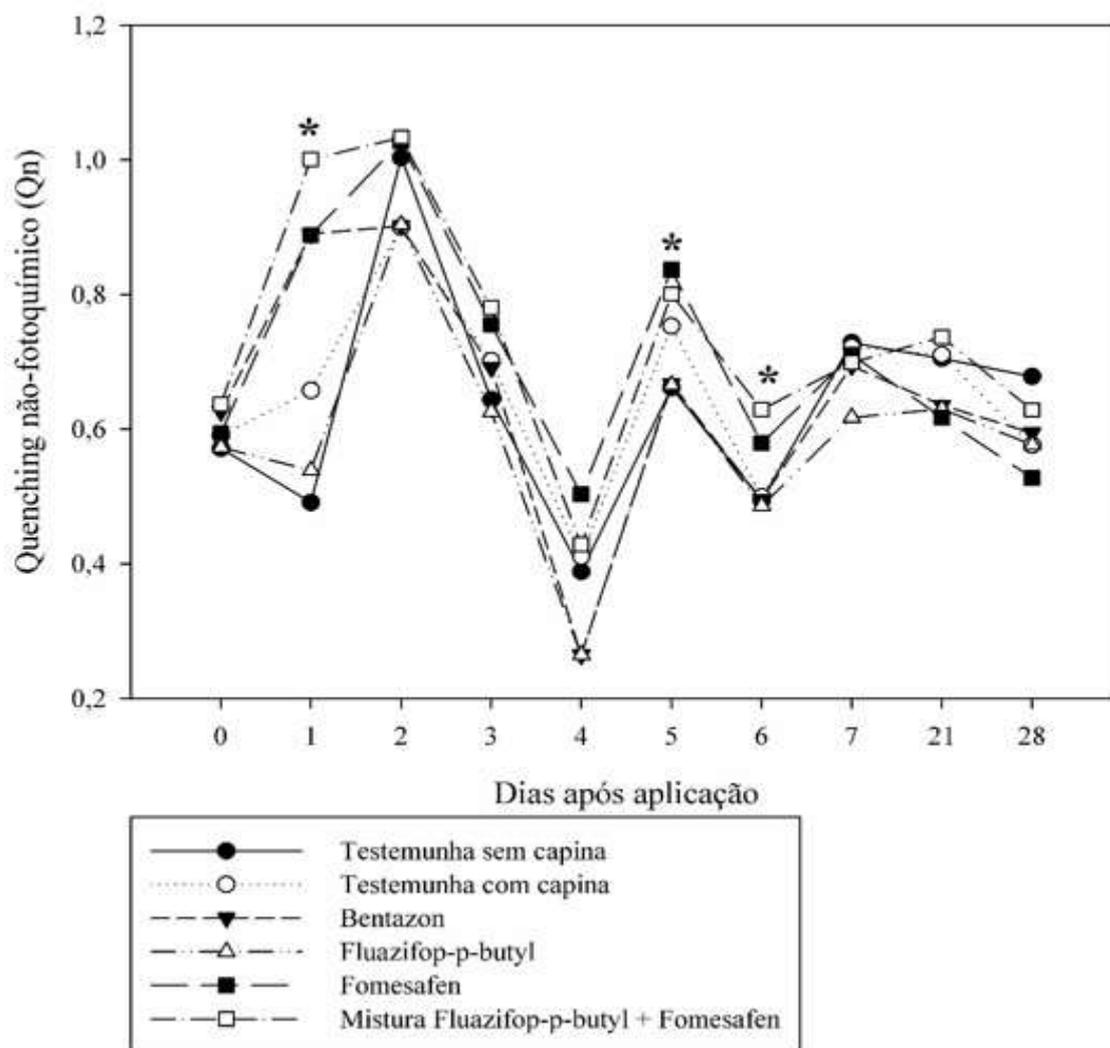


Figura 7 - Coeficiente de dissipação Não-fotoquímica (Quenching não-fotoquímico (Qn)) dos tratamentos ao longo das avaliações. *Diferença estática ao nível de 5 % de probabilidade, dentro do dia de avaliação.

O dano ocasionado pelo Bentazon, diz respeito à interrupção no fluxo de elétrons, com isso, a energia absorvida pela planta não pode ser utilizada, sendo dessa forma, dissipada. Todavia, o efeito do Fomesafen aplicado tanto isoladamente como em mistura com o Fluazifop-p-butyl se deve a inibição da PROTOX, o que irá reduzir a síntese de clorofila nas plantas, que levará a um menor rendimento fotossintético, consequentemente maior dissipação de energia (SILVA et al., 2007).

Nas avaliações onde foram detectadas diferenças entre os herbicidas, as plantas que receberam a aplicação do Bentazon estavam com bloqueio no fluxo de elétrons no fotossistema II, levando a dissipação de energia. As plantas submetidas ao Fomesafen aplicado isoladamente e em mistura com o fluazifop-p-butyl começavam a apresentar danos fitotóxicos, evidenciado por manchas necróticas no tecido foliar, oriundas do

rompimento da parede celular e extravasamento de suco celular para os espaços extracelulares.

Os herbicidas influenciaram sobre a variável NPQ apenas nas avaliações realizadas no primeiro e quinto dia após aplicação (Figura 8). No primeiro dia após aplicação o Fomesafen e a mistura Fluazifop-p-butyl e Fomesafen proporcionaram os maiores valores de NPQ, evidenciando menor capacidade de recuperação de dano fotoinibitório. No quinto dia, somente o Fomesafen proporcionou diferença no NPQ, quando comparado aos demais herbicidas (Figura 8).

Uma maneira usual de se avaliar as respostas de NPQ é associá-las à intensidade de luz incidente sobre as plantas, mediante a medição da DFFF (Densidade de Fluxo de Fótons Fotossinteticamente ativos). Nessas associações, é possível se observar, as respostas de extinção de luz, devido ao excesso de radiação solar (CAMPOSTRINI, 2001). Sabe-se que uma radiação luminosa em plantas, em níveis acima da capacidade de utilização pelo processo fotossintético pode ocasionar condição de estresse fotoinibitório, ocorrendo fotoinibição. Nesse caso o rendimento quântico da fotossíntese diminui acompanhado de alterações na atividade do fotossistema II, assim como na emissão de fluorescência (ARAÚJO & DEMINICIS, 2009). Para o caso em questão, o efeito dos herbicidas é excluído, pois aumento na intensidade luminosa acima da faixa ideal das culturas, ocasiona estresse fotoinibitório nas plantas de todos os tratamentos avaliados, levando a maior emissão de NPQ pelas plantas. Comportamento semelhante ocorre com decréscimo da radiação incidente, conseqüentemente, em todos os tratamentos, a emissão de NPQ irá diminuir. O NPQ está associado a proteção do aparato fotossintético ao excesso de radiação luminosa (LAVAUD, 2007), sendo que em condições em que ocorre decréscimo do aproveitamento energético, devido ao comprometimento do mecanismo fotossintético as plantas aumentam a dissipação do NPQ, ou ainda em situações em que as plantas recebem incidência de radiação acima da necessária para o pleno funcionamento do aparato fotossintético, as plantas emitem o excedente de energia sob a forma de NPQ, sendo que esta forma de dissipação de energia é essencial para o pleno crescimento e sobrevivência dos vegetais em condições de campo (KÜLHEIM et al., 2002).

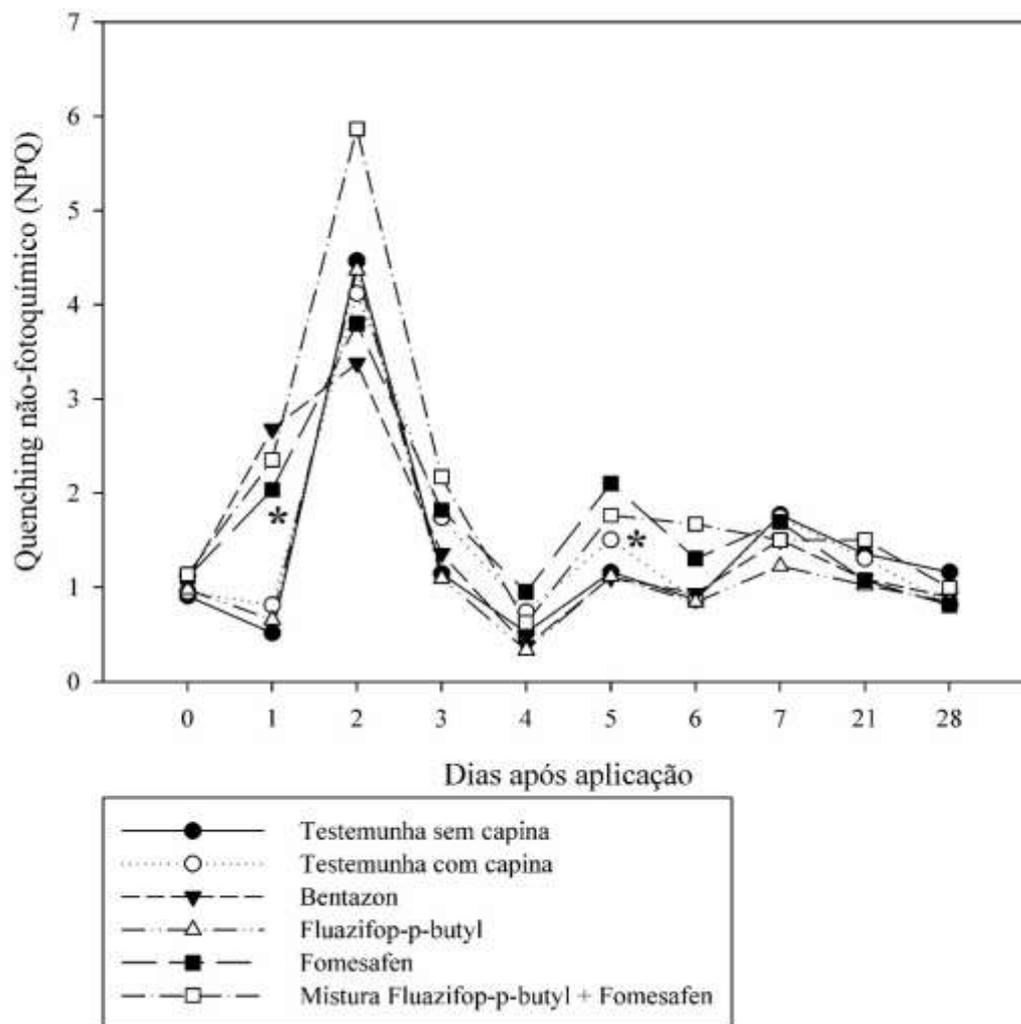


Figura 8: Coeficiente de dissipação Não-fotoquímica (Quenching não-fotoquímico (NPQ)) dos tratamentos ao longo das avaliações. *Diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade, dentro do dia de avaliação.

4.6 - Efeitos fotoinibitórios associados à ação dos herbicidas

Em condições de altas DFFF's e quando as plantas se encontram em condições de estresses elas diminuem a sua atividade fotossintética, fato que pode ser detectado pela fluorescência da clorofila a (HIRAKI et al., 2003). Nesses e em outros casos, o uso da fluorescência pode ser útil para avaliar possíveis danos ao aparato fotossintético, devido a estresses fotoinibitórios ou ainda aplicação de herbicidas (AZEVEDO NETO et al., 2011).

Os efeitos fotoinibitórios ocasionados às plantas devido a ação de herbicidas se dá sobretudo nos que possuem ação nos fotossistemas. Com atividade nos fotossistemas reduzido, o excesso de luz que chega ao centro de reação do FS II, leva a uma alta produção de $NADPH_2$. Essa elevada produção de $NADPH_2$ associada a redução da assimilação

liquida de CO₂, causada pela interrupção do fluxo de elétrons entre os fotossistemas, fará com que os componentes dos fotossistemas fiquem reduzidos, pelo menor consumo de NADPH₂. Nesse caso os elétrons provenientes da fotólise da água ficam livres e são capturados pelo O₂ formando as espécies ativas de oxigênio (EAO). Essas EAO podem causar inativação dos fotossistemas e outras reações dependentes das membranas dos cloroplastos, promovendo danos reversíveis ou até mesmo a destruição desse tecido (LONG et al., 1994; POKORSKA et al., 2009).

Para se avaliar o efeito de estresses energético na atividade do Fotossistema II durante o dia, adotou-se o método proposto por Pimentel et al. (2005) comparando os valores de F_v/F_m da madrugada com os da noite do mesmo dia, para avaliação dos efeitos do estresse diário na redução da atividade do fotossistema II. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 9.

Nas primeiras horas do dia, a incidência de DFFF's não é tão intensa quanto as que ocorrem em outros horários mais quentes. Assim as plantas encontram-se em estado fisiológico adequado. Além disso, durante a noite, a planta emprega mecanismos de recuperação da fotoinibição (LONG et al., 1994), fato que também pode contribuir para aumentar o seu potencial fotossintético (PIMENTEL, 2014). Logo no início da noite, as plantas ainda não iniciaram os mecanismos de recuperação dos estresses sofridos durante o dia, dessa maneira a subtração do F_v/F_m do período noturno do valor obtido na madrugada podem indicar a condição fisiológica das plantas.

Foi constatado efeitos no $\Delta F_v/F_m$ apenas no dia em que se deu a aplicação dos herbicidas e no segundo dia após aplicação. No dia que procedeu a aplicação dos herbicidas as plantas que receberam o Bentazon apresentavam maiores estresses fitoinibitórios, evidenciado pela maior discrepância entre as duas medições de F_v/F_m . O mesmo ocorreu na leitura realizada no segundo dia, onde juntamente com o Bentazon, a mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen proporcionou estresses fitoinibitórios. Conforme pode ser observado (Figura 9), a diferença da leitura da madrugada/leitura da noite foi de -0,319, indicando que no início da noite, quando as plantas ainda não ativaram os mecanismos de recuperação da fotoinibição, as mesmas se encontravam em um estado fisiológico melhor do que o apresentado na madrugada anterior.

Verifica-se que na leitura na noite do dia 1 após a aplicação dos herbicidas os valores encontrados foram de 0,739 e o da madruça subsequente foi de 0,534. Esse comportamento evidencia que nessa noite as plantas não foram capazes de se recuperar do

estresse do dia anterior. A partir do quarto dia, já não houve diferenças significativas nos resultados dos tratamentos.

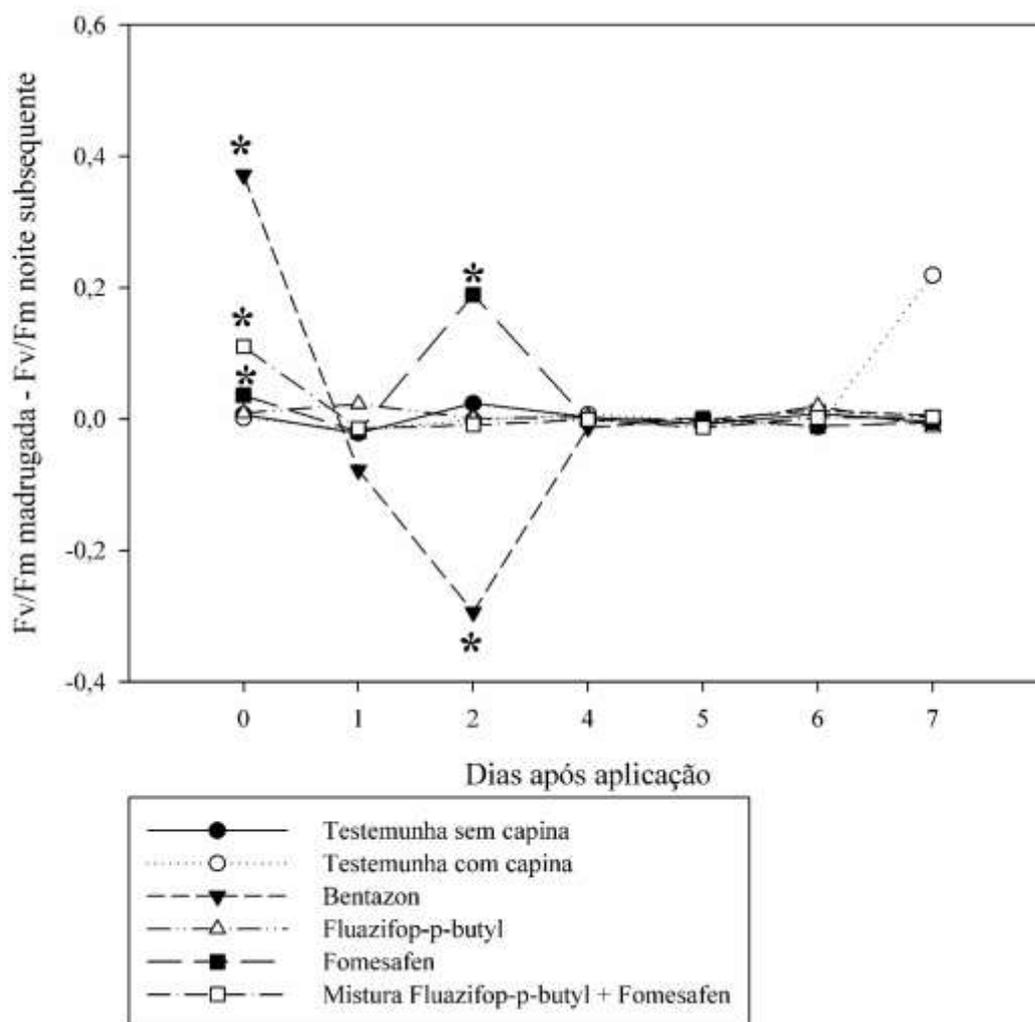


Figura 9 - Valores de $\Delta F_v/F_m$ (da madrugada/da noite subsequente) em plantas de feijão-caupi submetidas aos herbicidas. *Diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade, dentro do dia de avaliação.

As leituras realizadas durante a madrugada, de modo geral, apresentam médias superiores em relação às encontradas à noite, uma vez que no período noturno o potencial fotossintético das plantas é recuperado (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Dessa maneira, quanto maior for a diferença obtida entre as medidas da madrugada e da noite anterior, maior tende a ser o processo de recuperação do potencial fotossintético das plantas. Valores relacionados à resposta da recuperação do potencial fotossintético das plantas de feijão-caupi podem ser observados na Figura 10. Valores acima de zero indicam maiores valores

de F_v/F_m na madrugada. E quanto maior a relação entre esses valores, maior a capacidade de recuperação fotossintética das plantas.

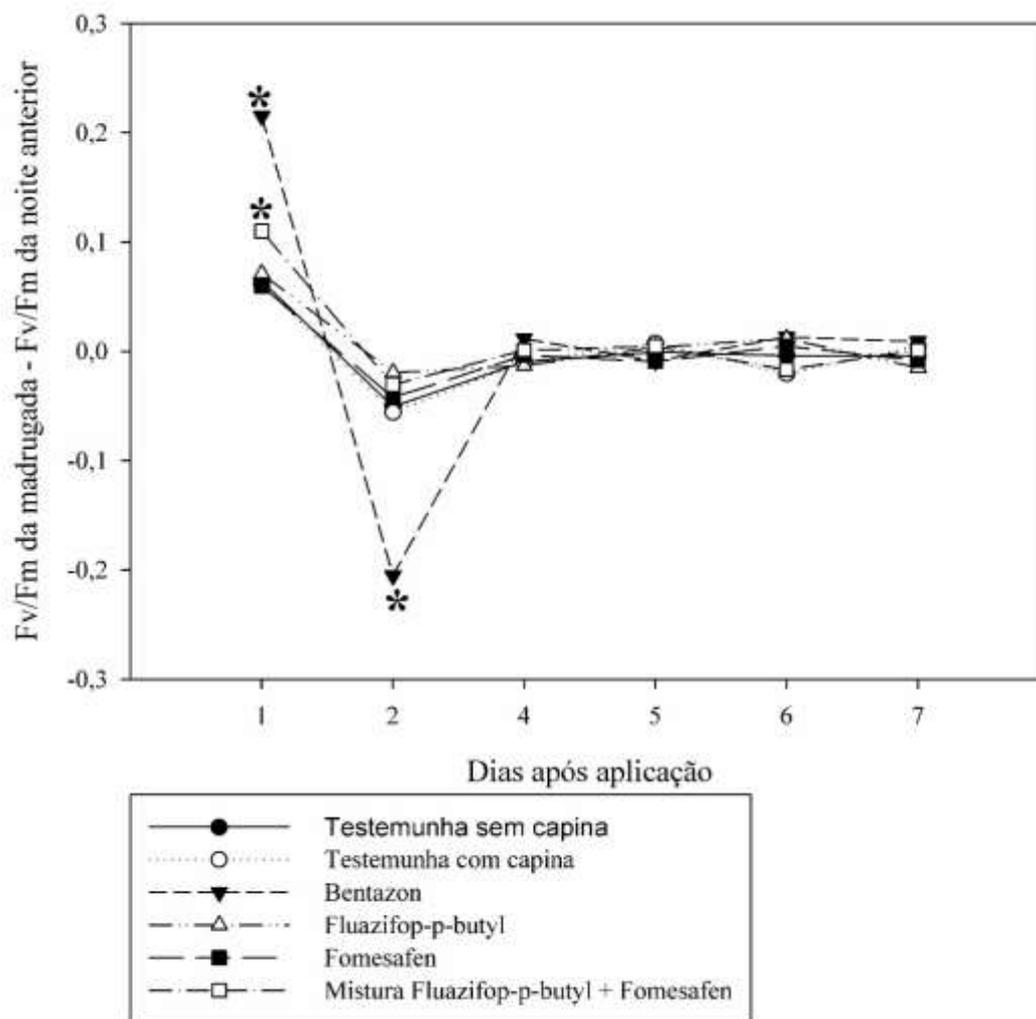


Figura 10 - Valores de $\Delta F_v/F_m$ (da madrugada/da noite anterior) em plantas de feijão-caupi submetidas aos herbicidas. *Diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade, dentro do dia de avaliação.

No primeiro dia após aplicação dos herbicidas, plantas que receberam o Bentazon e a mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen apresentaram diferenças quanto a capacidade de recuperação. As plantas que receberam aplicação do Bentazon foram as que apresentaram a maior capacidade de recuperação, evidenciado pela maior discrepância entre as duas medidas (madrugada/noite anterior) (Figura 10). Houve novamente diferenças entre os tratamentos no segundo dia, onde apenas o Bentazon apresentou maiores efeitos sobre a capacidade de recuperação das plantas de feijão-caupi.

Diferentemente do que ocorreu no dia da aplicação dos herbicidas, no segundo dia após, a relação entre os valores da madrugada e da noite anterior foram ligeiramente abaixo de zero, exceto para as plantas submetidas ao Bentazon. Esse comportamento evidencia que praticamente não houve recuperação das plantas no período da noite em questão. O Bentazon na noite do primeiro dia após aplicação proporcionou relação F_v/F_m de 0,739 e na madrugada subsequente a relação apresentada foi de 0,534, o que nos fornece um $\Delta F_v/F_m = -0,205$, mostrando que ao longo dessa noite, houve um decréscimo da relação F_v/F_m , das plantas, sendo essa resposta inversa à esperada.

Os resultados apresentados na figura 10, demonstram rápida capacidade de recuperação das plantas aos danos ocasionados à atividade fotossintética devido ao uso dos herbicidas, evidenciado pela ausência de diferenças estatísticas entre o $\Delta F_v/F_m$ de todos os tratamentos, a partir do terceiro dia. Isso ocorre devido ao rápido metabolismo do herbicida por parte da cultura, dessa forma, extinguindo a necessidade do emprego de mecanismos de recuperação. Segundo Mahoney & Penner (1975), o rápido metabolismo do Bentazon nas folhas do feijão-comum funciona como um mecanismo de seletividade ao herbicida. Nas espécies que apresentam tolerância, o Bentazon é metabolizado por meio da formação de hidroxibentetazon, com ruptura do anel heterocíclico (COBUCCI & MACHADO, 1999).

Para diminuir possíveis danos ao aparato fotossintético, as plantas possuem mecanismos de proteção, que podem ser desde a reparação ou substituição da proteína D1, como também criação de meios para dissipar o excesso da energia incidente sobre o tecido fotossintetizante (TAIZ & ZAIGER, 2006). Um dos mecanismos de recuperação é a fotofosforilação pseudo cíclica, o ciclo ascorbato/glutationa e a fotorrespiração que são capazes de reduzir o efeito fotoinibitório (PIMENTEL, 2014).

4.7 – Produtividade

O uso dos herbicidas afetou negativamente os componentes de produção do feijão-caupi, exceto o número de grãos por vagem (NGV) e peso de cem grãos (PCG) (Tabela 11). O Bentazon e Fomesafen foram os herbicidas que mais influenciaram negativamente o número de vagens, proporcionando média de 2,87 e 3,37 vagens por planta, respectivamente (Figura 12). A mistura entre Fluazifop-p-butyl + Fomesafen não diferiu da testemunha capinada, obtendo uma média de 7,77 vagens por planta.

Linhares et al. (2014) ao avaliarem os efeitos de herbicidas sobre os componentes de produtividade do feijão-caupi, constataram efeitos significativos sobre essas variáveis,

com exceção do número de grãos por vagem (NGV) e peso de cem grãos (PCG), tais como os resultados encontrados no presente trabalho (Tabela 11).

Com a redução do número de vagens por planta devido ao estresse ocasionado pela aplicação dos herbicidas ou ainda pelos efeitos da competição com as plantas daninhas, o feijão-caupi reduz o seu potencial produtivo, o que leva as plantas a produzirem vagens menores, quando comparadas as plantas livres de competição (FONTES et al., 2013).

Tabela 11: Número médio de grãos por vagem (NGV) e Peso de Cem Grãos (PCG)

Tratamentos	NGV	PCG
Testemunha sem capina	7,94 ^{ns}	15,43 ^{ns}
Testemunha com capina	8,95	15,39
Bentazon (720 g ha ⁻¹)	7,97	14,77
Fluazifop-p-butyl (250 g ha ⁻¹)	9,09	14,93
Fomesafen (187,5 g ha ⁻¹)	7,67	14,77
Fluazifop-p-butyl+fomesafen (250 g ha ⁻¹ + 187,5 g ha ⁻¹)	8,83	14,53
Coeficiente de variação (CV%)	11,63	6,69
Diferença mínima significativa (DMS)	2,24	2,3

ns – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

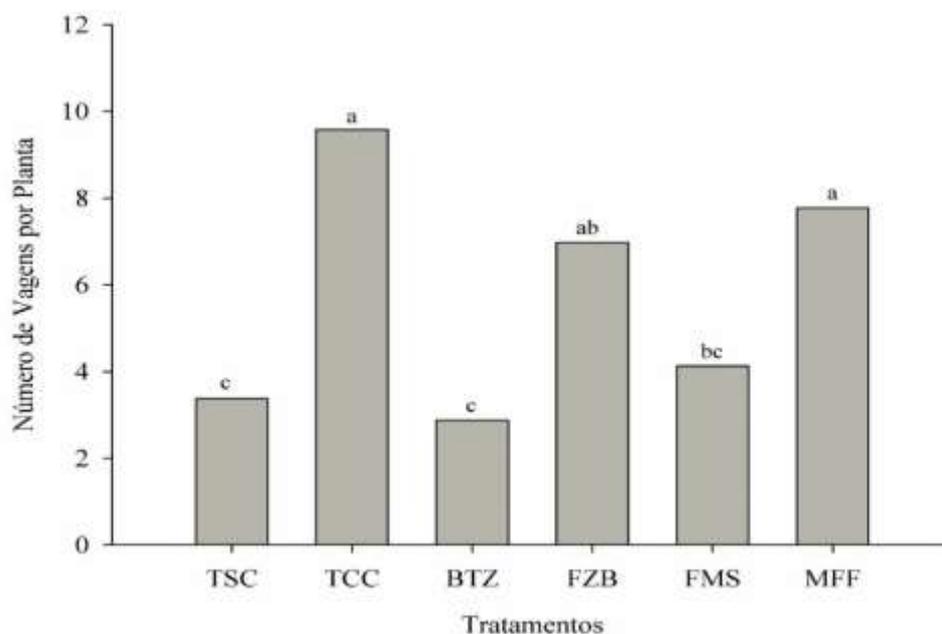


Figura 11: Número de Vagens por Planta. TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen. Barras seguidas da mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

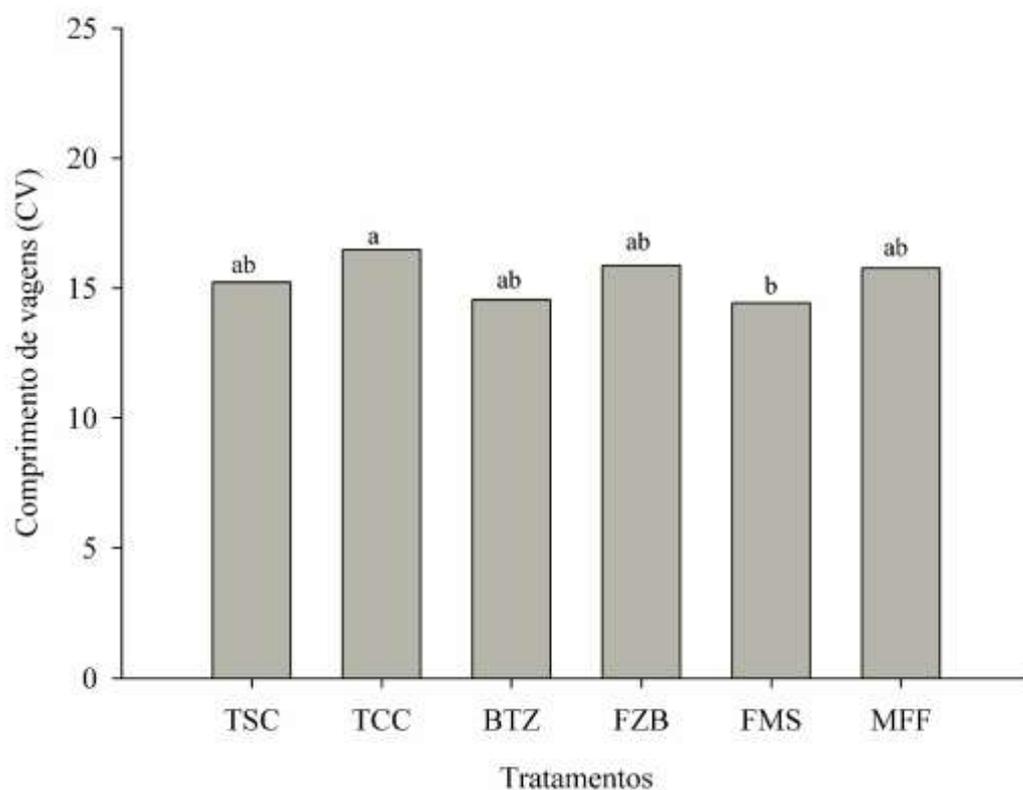


Figura 12: Comprimento de vagens (cm). TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre Fluazifop-p-butyl e Fomesafen. Barras seguidas da mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O Fomesafen e a mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen, proporcionaram atraso no florescimento em 14 dias. Esse atraso no florescimento provocou um atraso na colheita, em relação aos demais tratamentos. Esse comportamento em plantas de feijão-caupi tratadas com os mesmos herbicidas também foi verificado por Freitas (2014).

O uso dos herbicidas influenciou negativamente sobre a produtividade da cultura. As plantas submetidas à aplicação do Bentazon e Fomesafen, foram as que expressaram os menores valores de produtividade (Figura 13), se igualando à testemunha sem capina. O Bentazon apresentou baixa eficácia no controle de plantas daninhas (Tabelas 6, 7 e 8), o que levou a uma alta competição interespecífica, levando a uma redução de produtividade de 58% quando comparado à testemunha capinada. O Fomesafen apesar de ter proporcionado um bom controle de plantas daninhas, ocasionou severa fitotoxicidade às plantas de feijão-caupi (Figura 2), essa fitotoxicidade levou a menor acúmulo de massa

seca nas plantas, o que resultou no comprometimento da produtividade da cultura, reduzindo em 73% quando comparado com a testemunha capinada.

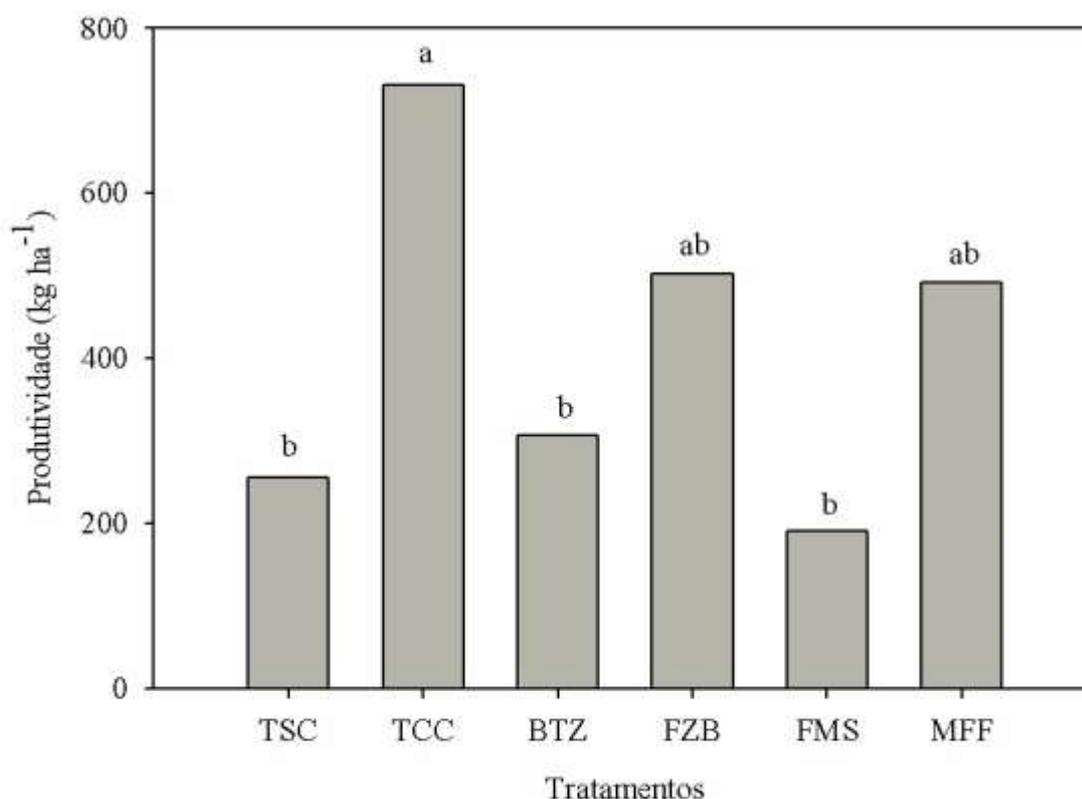


Figura 13: Produtividade da cultura (kg ha⁻¹). TSC – Testemunha sem capina, TCC – Testemunha com capina, BTZ – Bentazon, FZB – Fluazifop-p-butyl, FMS – Fomesafen e MFF – Mistura entre FLuazifop-p-butyl e Fomesafen. Barras seguidas da mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O Fluazifop-p-butyl aplicado isoladamente e em mistura com o Fomesafen, foram os que menos influenciaram sobre a produtividade da cultura reduzindo a produtividade em 31% e 32%, respectivamente. O Fluazifop-p-butyl controlou eficientemente o *Panicum maximum* Jacq., espécie que antes da aplicação dos herbicidas era a que mais influenciava negativamente a cultura (Figura 4), ocasionando uma menor competição entre a espécie cultivada e as espécies daninhas. A mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen embora tenha causado uma severa fitotoxicidade (Figura 2) e atraso no florescimento e colheita em 15 dias, esses danos proporcionaram pouca redução de produtividade. Após aproximadamente 15 dias da aplicação dos herbicidas, as plantas iniciaram processo de emissão de novas folhas, diminuindo o dano fitotóxico, proporcionando que as plantas continuassem o seu desenvolvimento com ausência de competição de plantas daninhas, uma vez que, a

eficiência no controle proporcionado por essa mistura de herbicidas (Tabela 7) foi adequada, melhorando assim, a produtividade da cultura.

Embora tenha apresentado o maior valor de produtividade, o uso de capina mecânica se torna de difícil utilização para cultivos em grandes áreas, uma vez que durante o ciclo produtivo, foram realizadas 5 capinas que demandaram uma grande quantidade de tempo e mão de obra, o que irá onerar significativamente os custos de produção, além de que em grandes áreas pode não haver tempo hábil para execução de tal atividade.

A redução no número de vagens por planta, comprimento de vagens e na produtividade nas parcelas que foram submetidas ao Bentazon, Fluazifop-p-butyl e Fomesafen pode ser explicada pela baixa eficiência no controle de plantas daninhas presentes na área, e para o Fomesafen agrega-se ainda os efeitos negativos da intoxicação ocasionada pelo herbicida. Esse baixo controle de plantas daninhas levou a uma competição interespecífica, por espaço e recursos ambientais. Parcelas submetidas à aplicação da mistura entre fluazifop-p-butyl + Fomesafen, apresentaram melhor controle de plantas daninhas, reduzindo assim a competição, fato que proporcionou melhores condições para as plantas cultivadas explorarem os recursos ambientais disponíveis, o que pode ter levado a ganhos em produtividade.

Em trabalho conduzido por Fontes et al. (2013), a competição do feijão-caupi com as plantas daninhas, levou a redução na produtividade de 42%, quando comparada à testemunha capinada. Neste mesmo trabalho, os autores relataram efeito dos herbicidas Fomesafen e da mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen, sendo que a ação do Fomesafen ocasionou intensa desfolha no feijão-caupi, além de ter prolongado o tempo para florescimento da cultura, e redução de 38% da produtividade, quando comparado à testemunha capinada. A produtividade das plantas submetidas à aplicação do Bentazon (720 g ha^{-1}) e do Fluazifop-p-butyl (250 g ha^{-1}) foi semelhante à testemunha capinada, diferindo dos resultados apresentados no presente estudo.

Resultados semelhantes de redução de produtividade no feijão-caupi pela aplicação do Fomesafen ($187,5 \text{ g ha}^{-1}$) foram encontrados por Oliveira et al. (2013) e Linhares et al. (2014) que além da redução de produtividade, verificaram atraso na colheita em 13 dias. Silva et al (2014) ao avaliarem os efeitos do Fomesafen (225 g ha^{-1}), mistura entre fluazifop p-butyl + fomesafen ($125 + 125 \text{ g ha}^{-1}$) e Fluazifop-p-butyl (250 g ha^{-1}) na produtividade do feijão-caupi BRS Guariba, concluíram que, o Fomesafen e a mistura Fluazifop-p-butyl + Fomesafen ocasionaram diminuição na produtividade, e que no tratamento com o Fluazifop-p-butyl a produtividade foi semelhante à testemunha capinada.

5 – CONCLUSÕES

1 – O Fomesafen aplicado isolado e em mistura com o Fluazifop-p-butyl reduziu o teor de proteína foliar,

2 – Os herbicidas afetaram as variáveis F_v/F_m , Φ_{FSII} , Q_n , Q_p NPQ, e na capacidade de recuperação aos estresses fotoinibitórios ocasionados ao feijão-caupi.

3 – O Feijão-caupi apresentou tolerância diferencial aos herbicidas testados

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. S. **Desempenho agronômico e qualidade tecnológica de cultivares de feijão-caupi em função da época de semeadura em Uberaba-MG**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014. 68 p.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agroambientais**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 253-258, abr./jun. 2010.

ARALDI, R; VELINI, E.D; GIROTTO, M ; CARBONARI, C.A ; JASPER, S.P ; TRINDADE, M.L.B . Efeitos na taxa de transporte de elétrons de plantas daninhas após aplicação de amicarbazone. **Planta Daninha** (Impresso), v. 29, p. 647-653, 2011.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, out./dez. 2009

ASSUNÇÃO, I.P.; LISTIK, A.F.; BARROS, M.C.S.; AMORIM, E.P.R.; SILVA, S.J.C.; IZABEL, O. SILVA; RAMALHO-NETO, C.E.; LIMA, G.S.A.. Diversidade genética de Begomovirus que infestam plantas invasoras na região Nordeste. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.239-244, 2006.

AZEVEDO NETO, D. A.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C.C. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salt-stress tolerance screening in the sunflower. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 4, p. 893-897, out-dez, 2011.

BAKER, H. G. Some aspects of the natural history of seed banks. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (Eds.). **Ecology of soil seed banks**. London: Academic Press, 1989. p. 5-19.

BARKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology is online**. 2008. 59:89–113

BILGER, W.; BJÖRKMAN, O. Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and

photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. **Photosynthesis research**, v. 25, n. 3, p. 173-185, 1990.

BJORKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, Berlin, v.170, n.4, p.489-504, 1987.

BOLHAR-NORDENKAMPF H. R.; OQUIST, G 1993, "Chlorophyll Fluorescence as a Tool in Photosynthesis Research," in **Photosynthesis and Production in a Changing Environment, a Field and Laboratory Manual**, HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, R. C.; LONG, S. P, Chapman and Hall, London, Chap. 12, pp. 193:206.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry** 72, 248-254 (1976).

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CAMPOSTRINI, E. Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes-RJ. 2001, 34 P.

CARVALHO, L. B. **Estudos ecológicos de plantas daninhas em agroecossistemas**. Editado pelo autor, Jaboticabal, SP, 2011 vi, 58 p.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas** / Editado pelo autor, Lages, SC, 2013 vi, 82 p.

CATUNDA, M.G.; FREITAS, S.P.; OLIVEIRA, J.G.; SILVA, C.M.M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.115-121, 2005.

CIESLIK, L.F. Interferência de fatores morfoambientais e horários de aplicação de fluazifop-p-butyl e fomesafen no controle de infestantes, seletividade e lucratividade da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). 2012. 171 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

COBUCCI, T.; MACHADO, E. Seletividade, eficiência de controle de plantas daninhas e persistência no solo de imazamox aplicado na cultura do feijoeiro. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 419-432, 1999.

CORRÊA, M. J. P.; ALVES, G. L.; ROCHA, L. G. F.; SILVA, M. R. M. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**. v.13, n.2, p.50-56, 2015

CORRÊA, M. J. P.; ALVES, P. L. C. A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Ciênc. agrotec.**, Lavras - MG, v. 34, n. 5, p. 1136-1145, set./out., 2010

CRUZ, D. L. S; RODRIGUES G. S; DIAS F. O; ALVES, JOSÉ M. A; ALBUQUERQUE, J. A. ALVES DE. Levantamento de plantas daninhas em área rotacionada com as culturas da soja, milho e arroz irrigado no cerrado de Roraima. **Revista Agroambiente**, v. 3, n. 1, p. 58-63, 2009.

Departamento de Economia Rural (DERAL). Feijão – Análise da Conjuntura Agropecuária. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arquivos/file/deral/Prognosticos/2016/_feijão_201516.pdf> Acesso em 13 de dezembro de 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). AGEITEC. Estatísticas da produção de Feijão caupi. Disponível: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi//arvore/CONTAG.html>>. Acesso em: 18 janeiro. 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Feijão-caupi: Doenças e pragas. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw71702wx5eo0a2ndxyn9j3uvo.html> acesso em: 11 de julho de 2016

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Feijão-caupi. Disponível em <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw71702wx5eo0a2ndxyn9j3uvo.html> acesso em 11 de janeiro de 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)** - Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 108 p. : il. ; 21 cm. - (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção: 2).

FILHO, F.A.S.; ALMEIDA, E. I. B.; PINTO, C. M.; PÌTOMBEIRA, J. B. Seletividade de Diferentes Herbicidas ao Feijão-caupi. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.3, n.2, p.84-90, Dezembro, 2013.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS. Tolerância do feijão-caupi ao herbicida oxadiazon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 110-115, jan./mar. 2010

FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, I. J.; GONÇALVES, J. R. P. Seletividade e eficácia de herbicidas para cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.1, p.47-55, jan./abr. 2013

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). FAOSTAT. Crops Cowpeas, dry. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 09/06/2016.

FRANKART, C.; EULLAFFROY, P.; VERNET, G. Comparative effects of four herbicides on non-photochemical fluorescence quenching in *Lemna minor*. **Environmental and Experimental Botany** 49 (2003) 159-168.

FRANS, R. W. Measuring plant response. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). Research methods in weed science. Puerto Rico: **Weed Science Society of America**, Southern Weed Science Society, 1972. p. 28-41.

FREIRE FILHO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 2011. 84 p.

FREIRE, L. R et al., Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: EDITORA Universidade Rural, 2013. 430 p.

FREITAS, A.C.R. A importância econômica do feijão-caupi. Agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/fejjaocaupi/arvore/CONTAG01_14_510200683536.html> acesso em: 08/06/2016.

FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. **Floresta e Ambiente** 2012; 19(4):520-540.

FREITAS, F.C.L.; MEDEIROS, V.F.L.P.; GRANGEIRO, L.C.; SILVA, M.G.O; NASCIMENTO, P.G.M.L. e NUNES, G.H. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009.

FRIGO, G. R. GUIMARÃES, S. L.; BONFIN-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C. The inoculation of cowpea culture with rhizobial lineage in Brazilian Cerrado Region. **African Journal of Microbiology Research**. **African Journal of Microbiology Research**. vol. 8(34). 31503156, 2014

GALAZZI, E.B. **Desempenho fotossintético de plantas de jatropha curcas l. cultivadas no estado do espírito santo**. Dissertação (mestrado em biologia vegetal) – universidade federal do espírito santo, centro de ciências humanas e naturais.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N. **Biochimica Biophysica Acta**. 990: 87. 1989

GONÇALVES, J. R. P.; FONTES, J. R. A.; DIAS, M. C.; ROCHA, M. M. & FREIRE FILHO, F. R. BRS Guariba – Nova cultivar de feijão-caupi para o estado do Amazonas. **Comunicado Técnico, 76**. Dezembro, 2009 Manaus, 6 p

HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **Classification of herbicides according to mode of action**. Disponível em: <<http://www.haracglobal.com/Publication/ClassificationofHerbicideModeofAction/tabid/222/Default.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2008.

HIRAKI, M.; VAN RENSEN, J.J.; VREDENBERG, W.J.; WAKABAYASHI, K. Characterization of the alterations of the chlorophyll a fluorescence induction curve after addition of photosystem II inhibiting herbicides. **Photosynthesis research**, v.78, n.1, p.35-46, 2003.

HUFFAKER, R. G.; PETERSON, J. Protein turn-over in plants and possible means of its regulation. **Annual Review Plant of Physiology**. 1974. 18, 301-324.

IBRAHIM, U.; AUWALU, B.M.; UDOM, G.N. Effect of stage and intensity of defoliation on the performance of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata*) (L.) Walp). **World Journal of Agricultural Sciences**, v.6, n.4, p.460-465, 2010.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <
http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTYwMQ==>. Acesso em 10 de fevereiro de 2017.

IRELAND, C. R.; PERCIVAL, M. P.; BAKER, N. R. Modification of the induction of photosynthesis in wheat by glyphosate, an inhibitor of amino acid metabolism. **Journal of Experimental Botany**., v. 37, n. 176, p. 299-308, 1986.

KITAO, M; Lei, T.T.; Koike, T. **Tree Physiology**, 18: 135. 1998

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. **Fondo de Cultura Económica**. México. 479p

KORRES, N.E., FROUD-WILLIAMS, R.J, MOSS, S.R. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid diagnostic test of the effects of the photosynthetic inhibitor chlortoluron on two winter wheat cultivars. **Annals Applied Biology**, v.143, n.7, p.53-56, 2003.

KRAUSE, G.H. & WEIS, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 42:313-349

KÜLHEIM, C.; AGREN, J.; JANSSON, S. Rapid regulation of light harvesting and plant fitness in the field. **Science**, v. 297, p. 91–93, 2002.

LAVAUD, J. Fast regulation of photosynthesis in diatoms: mechanisms, evolution and ecophysiology. **Functional Plant Science & Biotechnology**, v. 1, p. 267–287, 2007.

LIMA, G. R. Respostas fisiológicas do feijoeiro comum a herbicidas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 2016

LINHARES, C. M. S.; FREITAS, F. C. L.; SILVA, K. S.; LIMA, M. F. P.; DOMBROSKI, J. L. D. Crescimento do feijão-caupi sob efeito dos herbicidas fomesafen e bentazon+imazamox. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 41 – 49, jan. – mar., 2014

LONG, S.P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 45, p.633-662, 1994.

LORENZI, H. **Plantas daninhas no Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 3.ed., Nova Odessa. 2000. 608p.

MACHADO, A.F.L.; CAMARGO, A.P.M.; FERREIRA, L.R.; SEDIYAMA, T.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G. Misturas de herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.107-114, 2006.

MAHONEY, M.D.; PENNER, D. The basis for bentazon selectivity in navy bean, cocklebur, and black nightshade. **Weed Science**, p.272-276, 1975.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In KERBAY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro, RJ. Editora Guanabara Koogan S.A., 2004. 452 p.

MANABE, P. M. S.; MATOS, C. C.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; MANABE, A.; ROCHA, P. R. R.; SILVA, C. T. Efeito da competição de plantas daninhas na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 333-343, Mar./Apr. 2015

MARQUES, L.J.P.; SILVA, M.R.M.; LOPES, G.S.; CORRÊA, M.J.P.; ARAUJO, M.S.; COSTA, E.A.; MUNIZ, F.H. Dinâmica de populações e fitossociologia de plantas daninhas no cultivo do feijão-caupi e mandioca no sistema corte e queima com o uso de arado. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, p. 981-989, 2011.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal Experimental Botany**, Almsford, v.51, p.659-668, 2000.

MELO, S. R. & ZILI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1177-1183, set. 2009

MESQUITA, H. C. Seletividade e eficácia de herbicidas em cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

MONDAL, M.M.A. et al. Effect of defoliation on growth, reproductive characters and yield in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.8, p.987-992, 2011.

MONTEIRO, F. P. R.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; REIS, M. R.; SANTOS, G.R.; CHAGAS, L.F.B . Efeitos de herbicidas na biomassa e nodulação do feijão-caupi inoculado com rizóbio. **Revista Caatinga** (Online), v. 25, p. 44-51, 2012.

NEVES, A. C.; CÂMARA, J. A.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; SOBRINHO, C. A. Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar. **Circular técnico**, 51. Teresina, PI. Novembro, 2011.

OGLIARI, J. FREITAS, S. P.; EVARISTO, J. A. E.; GOMES, S. A. OKOROKOVA, FAÇANHA, A. L.; RETAMAL, C. A.; FAÇANHA, A.R. Análise do perfil eletroforético de proteínas citoplasmáticas para verificação do processo de desintoxicação do herbicida mesotrione em plantas de zea mays. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 161-172, 2014

OGREN, E.; OQUIST, G. **Planta**. 166: 380. 1985

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Introdução ao controle químico. In OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 348 p.

OLIVEIRA, G. P. **Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*vigna unguiculata* (l.) walp.)**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012. 99 p.

OLIVEIRA, M. B.; ALVES, P. F. S.; TEIXEIRA, M. F. F.; SILVA, H. D.; SÁ, R. A.; CAMPOS, R. G. C.; CARVALHO, A. J.; ASPIAZÚ, I. Fitotoxicidade de herbicidas aplicados em diferentes épocas em pós-emergência do feijão-caupi. **Unimontes Científica**. Montes Claros, v. 15, n. 1 - jan. 2013. (ISSN 2236-5257).

OLIVEIRA, O. M. S.; SILVA, J. F.; GONÇALVES, J. R. P.; KLEHM, C. S. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em Várzea do Amazonas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p.523-530, 2010.

OMOKARO, D. N.; AJAKAIYE, C. O. Effects of soil applied herbicides on leaf nitrate reductase and crude protein in the leaf and seed of two cowpea cultivars. **Plant and Soil** 116, 141-146 (1989).

PADULOSI, S; Ng.N.Q. Origin, Taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.)Walp. In. SING, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIEL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.) **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA-JIRCAS, 1997. p. 1-11.

PIMENTEL, C. Efficiency of nutrient use by crops for low input agro-environments. In: Singh, R.P., Shankar, N.; Jaiwal P.K. (eds.). Nitrogen nutrition in plant productivity. Houston: **Studium Press**, 2006. p. 277-328.

PIMENTEL, C. Photoinhibition in a C₄ plant, *Zea mays* L.: a minireview. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**. , v.26, n.2, p.157-165, 2014.

PIMENTEL, C., DAVEY, P.A., JUVIK, J. A., LONG, S.. Gene loci in maize influencing susceptibility to chilling dependent photoinhibition of photosynthesis. **Photosynthesis Research**. v.85, n.3, p.319 - 326, 2005.

PITELLI, R. A.; Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.1 – 24, Set.1987.

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15, 1984, Belo Horizonte. Resumos. Belo Horizonte: SBHED, 1984. p.37-37.

POKORSKA B.; ZIENKIEWICZ M.; POWIKROWSKA M.; DROZAK A.;ROMANOWSKA E. Differential turnover of the photosystem II reaction centre D1 protein in mesophyll and bundle sheath chloroplasts of maize. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) –Bioenergetics*, v.1787, n.10, p.1161–1169, 2009.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guanxuma em soja. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.1, p.117-125, 2004

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADA S. A. C. e LIVEIRA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(3): 525-530, jul.-set. 2005.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; HORMANN, H.; NEUBAUER, C. In: **Photosynthesis: a comprehensive treatise**. (ed.) Raghavendra, A. S. Cambridge University Press, Cambridge, 1998. 320.

SHAN, A. Y. K. V.; OLIVEIRA, L. E. M.; BONOME, L. T. S.; MESQUISTA. A. C. Assimilação metabólica de nitrogênio em plântulas de seringueira cultivadas com nitrato ou amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.47, n.6, p.754-762, jun. 2012

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. N. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. UFV: Viçosa, 2007. 367 p.

SILVA, J. F.; SILVA, J. F.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, A. F. Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. UFV: Viçosa, 2007. 367 p.

SILVA, K. S.; FREITAS, F. C. L.; SILVEIRA, L. M.; LINHARES, C. S.; CARVALHO, D. R.; LIMA, M. F. P. Eficiência de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 197-205, 2014.

SILVA, V. P.; FERREIRA, L.R.; D'ANTONINO, L.; CARNEIRO, J.E.; SILVA, G.R.; FONTES, D.R. Efficiency and soil residual effect of herbicides in bean culture. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.961-970, 2013.

]

SIMPLÍCIO, S. F.; GONÇALVES, A. C. M.; DUARTE, E. C. C.; BARBOSA, W. M. C.; RODRIGUES, J. P. C. S.; OLIVEIRA, B. S.; SOUZA JÚNIOR, S. P. Características de crescimento e produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) sob aplicação de herbicidas. **Revista AGROTEC** – v. 37, n. 1, p. 55-62, 2016.

SODEK, L. Metabolismo do Nitrogênio In KERBAY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro, RJ. Editora Guanabara koogan S.A., 2004. 452 p.

SOUSA, C. P. Ação de herbicidas sobre a atividade fotossintética de plantas com metabolismo C3 e C4. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas – Pelotas, 2012.

SOUSA, C. P.; PINTO, G. J. O.; MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; FARIAS, M. E.; BACARIN, M. A. Chlorophyll a fluorescence in rice plants exposed of herbicides of group imidazolinone. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 141-150, 2014

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p

TAVARES, C. J.; JAKELAITIS, A; REZENDE, B. P. M.; DA CUNHA, P. C. R. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 8, n°. 1, p. 27-32, 2013.

VITORINO, H. S.; MARTINS, D. Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de ipomoea grandifolia. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 185-191, 2012

VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; ADEGAS, F. S.; GAUDÊNCIO, C. A.; VOLL, C. E. **A dinâmica das plantas daninhas e práticas de manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 85 p. (Documento, 260).

ZARCO-TEJEDAL, P. J.; MILLERZ, J. R.; NOLAND, G. T. L.; SAMPSON, P. H. Estimation of chlorophyll fluorescence under natural illumination from hyperspectral data. **JAG I** Volume 3 - Issue 4 – 2001