

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL**

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a person, possibly a scholar or a worker, surrounded by a laurel wreath. Above the figure are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge.

**CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM HERBICIDAS E
EFEITOS DA SELETIVIDADE DESTES SOBRE O CRESCIMENTO E
PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

NAILSON CELSO DA SILVA NINA

MANAUS

2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL**

**CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM HERBICIDAS E
EFEITOS DA SELETIVIDADE DESTES SOBRE O CRESCIMENTO E
PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Ferreira da Silva

MANAUS
2011

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Nina, Nailson Celso da Silva

N714c Controle de plantas daninhas com herbicidas e efeitos da seletividade destes sobre o crescimento e produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) / Nailson Celso da Silva Nina. - Manaus: UFAM, 2011.

144 f.; il. color.

Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) — Universidade Federal do Amazonas, 2011.

Orientador: Prof. Dr. José Ferreira da Silva

1. Herbicidas 2. Plantas daninhas - Manejo 3. Feijão-caupi
I. Silva, José Ferreira da (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 635.652:632.954(043.2)

NAILSON CELSO DA SILVA NINA

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM HERBICIDAS E EFEITOS DA SELETIVIDADE DESTES SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Aprovada em 30 de novembro de 2011

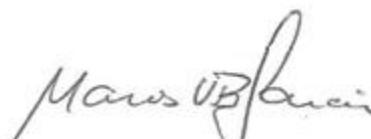
BANCA EXAMINADORA



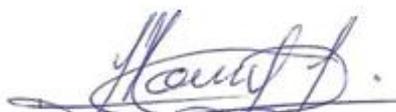
Prof. Dr. José Ferreira da Silva
Universidade Federal do Amazonas



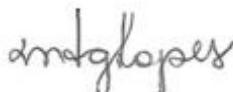
Prof. Dr. Antenor Francisco de Figueiredo
Universidade Federal do Amazonas



Dr. Marcos Vinícius Bastos Garcia
Embrapa Amazônia Oriental



Dr. Manoel da Silva Cravo
Embrapa Amazônia Ocidental



Profa. Dra. Maria Teresa Gomes Lopes
Universidade Federal do Amazonas

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso criador e salvador.

A Universidade Federal do Amazonas por meio do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical que possibilitou minha formação.

Ao Professor Dr. José Ferreira da Silva, pela orientação, dedicação, compreensão e amizade.

Ao Professor Dr. José Ricardo Pupo Gonçalves, pelas valiosas sugestões.

Aos professores do Curso de Doutorado em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas pelos ensinamentos transmitidos.

A CAPES e a FAPEAM pela bolsa de estudo concedida.

Ao Engenheiro Agrônomo Mário Kokay e sua equipe de técnicos de campo da estação experimental da Embrapa Caldeirão.

Aos funcionários da UFAM: Adauto, Francisco e Sebastião pelo apoio logístico.

Aos colegas doutorandos, Aildo, Albejamere, Ângela, Anísia, Beth, Glória e Sônia pelos bons momentos compartilhados.

Aos colegas do Laboratório de Ciências das plantas Daninhas – Gil, Jean, Danilo e Luciana pela boa convivência.

Em especial

A Socorro minha esposa e a minha filha Ana Gabriela pela paciência e compreensão

A Odiluzia Oliveira e a Fernando Nina pelo auxílio na realização de todas as fases execução do experimento em campo.

DEDICO

RESUMO

Foram instalados três experimentos com o objetivo avaliar o controle de plantas daninhas com herbicidas e a seletividade destes sobre o crescimento e a produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). O primeiro experimento foi instalado em uma área de várzea onde foi avaliado o controle de plantas daninhas com oito herbicidas: bentazon (720 g ha⁻¹), clethodim (108 g ha⁻¹), fluazifop-p-butyl (250 g ha⁻¹), fomesafen (250 g ha⁻¹), linuron (1490 g ha⁻¹), oxyfluorfen (960 g ha⁻¹), s-metolachlor (1200 g ha⁻¹) e sulfentrazone (600 g ha⁻¹). O segundo e o terceiro experimento foram instalados em terra firme e tiveram por objetivos de avaliar a seletividade e eficácia dos herbicidas: bentazon (0, 180, 360, 720, 1440 e 2880 g ha⁻¹), fomesafen (0, 62,5, 125, 250, 500 e 1000 g ha⁻¹), fluazifop-p-butyl (0, 62,5, 125, 250, 500 e 1000 g ha⁻¹) e clethodim (0, 27, 54, 108, 216 e 432 g ha⁻¹) na lavoura de feijão-caupi e avaliar o efeito dos herbicidas: bentazon (0, 180, 360, 720, 1440 e 2880 g ha⁻¹), fomesafen (0, 62,5, 125, 250, 500 e 1000 g ha⁻¹) e clethodim (0, 27, 54, 108, 216 e 432 g ha⁻¹) sobre o crescimento da cultura. No experimento em várzea os herbicidas bentazon, clethodim, fluazifop-p-butyl, linuron, oxyfluorfen e sulfentrazone reduziram mais de 50% da matéria seca das plantas daninhas. O feijão-caupi tolerou os herbicidas s-metolachlor, bentazon, fluazifop-p-butyl, clethodim, sulfentrazone e fomesafen. Entretanto, não tolerou o linuron e o oxyfluorfen. As maiores produtividades foram obtidas com os tratamentos com bentazon, s-metolachlor e sulfentrazone. No segundo experimento os herbicidas bentazon e fomesafen reduziram mais de 50% da matéria seca da parte aérea das plantas daninhas. O fluazifop-p-butyl e clethodim não foram

eficazes no controle das plantas daninhas. O feijão-caupi foi tolerante aos herbicidas bentazon, fluazifop-p-butyl e clethodim e foi suscetível ao fomesafen. As melhores produtividades foram obtidas com as doses 360; 62,5; 125 e 108 g ha⁻¹ de fomesafen, bentazon, fluazifop-p-butyl e clethodim, respectivamente. Na avaliação das características de crescimento do feijão-caupi os herbicidas bentazon (1440 g ha⁻¹) e clethodim (432 g ha⁻¹) foram responsáveis pela menor produção de área foliar, da matéria seca da parte aérea e do índice de área foliar. A taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a razão de área foliar do feijão-caupi tratadas com bentazon e clethodim tiveram máximo crescimento aos 7 DAA e reduziram ao longo do ciclo da cultura. O fomesafen causou a redução da área foliar, da matéria seca da parte aérea e do índice de área foliar das plantas.

Palavras-chave: seletividade, controle químico, fitotoxicidade, várzea

ABSTRACT

Three experiments were installed to evaluate the weed control with herbicides and the effects of these on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). The first experiment was installed in the floodplain area that evaluated the weed control with eight herbicides: bentazon (720 g ha^{-1}), clethodim (108 g ha^{-1}), fluazifop-p-butyl (250 g ha^{-1}), fomesafen (250 g ha^{-1}), linuron (1490 g ha^{-1}), oxyfluorfen (960 g ha^{-1}), s-metolachlor (1200 g ha^{-1}) and sulfentrazone (600 g ha^{-1}). The second and third experiments were installed in upland and had the objective of evaluating the efficacy and selectivity of herbicides: bentazon (0, 180, 360, 720, 1440 and 2880 g ha^{-1}), fomesafen (0, 62.5, 125, 250, 500 and 1000 g ha^{-1}), fluazifop-p-butyl (0, 62.5, 125, 250, 500 and 1000 g ha^{-1}) and clethodim (0, 27, 54, 108, 216 and 432 g ha^{-1}) in cowpea crop and evaluated the effect of herbicides: bentazon (0, 180, 360, 720, 1440 and 2880 g ha^{-1}), fomesafen (0, 62.5, 125, 250, 500 and 1000 g ha^{-1}) and clethodim (0, 27, 54, 108, 216 and 432 g ha^{-1}) on the growth of the culture. In the floodplain area the herbicides bentazon, clethodim, fluazifop-p-butyl, linuron, oxyfluorfen and sulfentrazone reduced more than 50% of the weeds. The cowpea tolerate the herbicides s-metolachlor, bentazon, fluazifop-p-butyl, clethodim, sulfentrazone and fomesafen. However, it was not tolerant to linuron and oxyfluorfen. The highest yields were obtained with bentazon, s-metolachlor and sulfentrazone. In the second experiment the herbicides bentazon and fomesafen reduced more than 50% of the dry matter of weeds. The fluazifop-p-butyl and clethodim were not effective in controlling weeds. The cowpea was tolerant to herbicides bentazon, fluazifop-p-butyl and clethodim and was susceptible to fomesafen.

The best yields were obtained with the rates 360; 62.5; 125 and 108 g ha⁻¹ of fomesafen, bentazon, fluazifop-p-butyl and clethodim, respectively. In evaluating the growth characteristics of cowpea, the herbicides bentazon (1440 g ha⁻¹) and clethodim (432 g ha⁻¹) were responsible for the lower production of leaf area, dry matter of aerial parts and leaf area index. The relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio of cowpea treated with bentazon and clethodim had maximum growth at 7. The fomesafen caused the reduction in leaf area, dry matter of aerial parts and leaf area index of plants.

Keywords: selectivity, chemical control, phytotoxicity, floodplain

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Localização geográfica da Estação Experimental da Embrapa Caldeirão. Iranduba-AM, 2010.....	30
Figura 2 - Precipitação pluviométrica diária registrada durante a condução do experimento no município de Iranduba-AM, 2009/2010.....	31
Figura 3 – Brilho solar diário registrado durante a condução do experimento no município de Iranduba-AM, 2009/2010.....	31

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Localização geográfica da Fazenda Experimental da UFAM. Manaus-AM, 2010.....	59
Figura 2 - Precipitação (Ppt), temperatura máxima (TMax) e temperatura mínima (TMin) registrada diariamente durante a condução do experimento de campo. Manaus-AM, 2010.....	60
Figura 3 - Matéria seca da parte aérea das plantas daninhas na cultura do feijão-caupi em função de doses de bentazon (A), fomesafen (B), fluazifop-p-butyl (C) e clethodim (D) aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	68
Figura 4 - Efeito do bentazon (1440 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA.....	72
Figura 5 - Efeito do bentazon (2880 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA.....	72
Figura 6 - Efeito do fomesafen (500 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA.....	73
Figura 7 - Efeito do fomesafen (1000 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA...	73
Figura 8 - Efeito do fluazifop-p-butyl (125 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA.....	74
Figura 9 - Efeito do fluazifop-p-butyl (1000 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA.....	74
Figura 10 - Efeito do clethodim (216 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA....	75
Figura 11 - Efeito do clethodim (432 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA....	75

Figura 12 - Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de plantas de feijão-caupi em função de doses de bentazon aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	77
Figura 13 - Inserção da primeira vagem (A), produtividade (B) e peso de 1000 grãos (C) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	80
Figura 14 - Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	83
Figura 15 - Inserção da primeira vagem (A), comprimento de vagem (B), número de grãos por vagem (C) e peso da matéria seca de vagens (D) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	86
Figura 16 - Produtividade (A) e peso de 1000 grãos (B) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	88
Figura 17 - Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	92
Figura 18 – Produtividade (A) e peso de 1000 grãos (B) de feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl. Manaus-AM, 2010.....	94
Figura 19 – Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de feijão-caupi em função de doses de clethodim aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	97
Figura 20 - Produtividade (A) e peso de 1000 grãos (B) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	99

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Localização geográfica da Fazenda Experimental da UFAM. Manaus-AM, 2010.....	110
Figura 2 - Precipitação (Ppt), temperatura máxima (TMax) e temperatura mínima (TMin) registrada diariamente durante a condução do experimento de campo. Manaus-AM, 2010.....	111
Figura 3 - Área foliar (AF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	117
Figura 4 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	118
Figura 5 – Índice de área foliar (IAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	120
Figura 6 – Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	121
Figura 7 – Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	122
Figura 8 – Razão de área foliar (RAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	124
Figura 9 - Área foliar (AF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	125
Figura 10 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	127
Figura 11 – Índice de área foliar (IAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	129
Figura 12 – Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	131
Figura 13 – Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	132
Figura 14 - Área foliar (AF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	134
Figura 15 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	135

Figura 16 – Índice de área foliar (IAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	136
Figura 17 – Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	138
Figura 18 – Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	139
Figura 19 – Razão de área foliar (RAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	141

LISTA TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Análise química e granulométrica do solo da área experimental. Iranduba-AM, 2009.....	32
Tabela 2 - Nome técnico, nome comercial, dose, mecanismo de ação e formulação dos herbicidas utilizados no ensaio de campo. Iranduba-AM, 2009/2010.....	34
Tabela 3 - Número acumulado de plantas daninhas (NAPD) monocotiledôneas (MONO) e dicotiledôneas (DICO), número total de plantas (NTP), matéria seca total (MST) e nível de controle (NC) de plantas daninhas coletadas em 5 épocas de amostragem no cultivo de feijão-caupi, em área de várzea. Iranduba-AM, 2009/2010.....	41
Tabela 4 - Fitotoxicidade em plantas de feijão-caupi em 5 épocas de avaliação após a aplicação dos herbicidas. Iranduba-AM, 2010.....	45
Tabela 5 - <i>Screening</i> de herbicidas sobre a inserção da primeira vagem (IV), número total de vagens (NTV), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), matéria seca de vagens (MSV), estande final (EF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de feijão-caupi, em área de várzea. Iranduba-AM, 2010.....	49

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Análise química e granulométrica do solo da área experimental. Manaus-AM, 2010.....	61
Tabela 2 - Nome técnico, nome comercial, doses, mecanismo de ação e formulação de herbicidas registrados para feijoeiro comum e aplicados em pós-emergência. Manaus-AM, 2010.....	62
Tabela 3 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para matéria seca da parte aérea de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi em função de doses de bentazon (A), fomesafen (B), fluzifop-p-butyl (C) e clethodim (D) aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	69
Tabela 4 - Fitotoxicidade em plantas de feijão-caupi em 3 épocas de avaliação após a aplicação dos herbicidas. Manaus-AM, 2010.....	71

Tabela 5 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de bentazon aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	78
Tabela 6 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para inserção da primeira vagem (IPV), produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	81
Tabela 7 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	84
Tabela 8 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para inserção da primeira vagem (IPV), comprimento médio de vagens (CMV), número de grãos por vagem (NGV) e peso da matéria seca de vagens (MSV) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	87
Tabela 9 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	89
Tabela 10 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	93
Tabela 11 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl. Manaus-AM, 2010.....	95
Tabela 12 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de clethodim aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.....	98
Tabela 13 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	100

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Análise química e granulométrica do solo da área experimental. Manaus-AM, 2010.....	112
Tabela 2 - Nome técnico, nome comercial, doses, mecanismo de ação e formulação de herbicidas registrados para feijoeiro comum e aplicados em pós-emergência. Manaus-AM, 2010.....	113
Tabela 3 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da área foliar (AF) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	117
Tabela 4 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	119
Tabela 5 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo do índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	120
Tabela 6 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referentes à taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	122
Tabela 7 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referentes à taxa assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	123
Tabela 8 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da razão de área foliar (RAF) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010.....	124
Tabela 9 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente à área foliar (AF) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	126
Tabela 10 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente à matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	128
Tabela 11 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente ao índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	130

Tabela 12 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente a taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	131
Tabela 13 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente a taxa assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010.....	133
Tabela 14 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente à área foliar (AF) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	134
Tabela 15 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente à matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	136
Tabela 16 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente ao índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	137
Tabela 17 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente à taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	138
Tabela 18 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente à taxa assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	140
Tabela 19 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo dos tratamentos referente à razão de área foliar (RAF) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010.....	141

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	01
OBJETIVO GERAL.....	04
1 REVISAO DE LITERATURA.....	05
1.2 Manejo das plantas daninhas na cultura do feijão-caupi.....	06
1.3 Seletividade de herbicidas as culturas.....	09
1.4 Análise de crescimento.....	10
1.5 Características dos herbicidas utilizados nos experimentos.....	12
1.5.1 Inibidores da ACCase.....	12
1.5.1.1 Clethodim.....	12
1.5.1.2 Fluazifop-p-butyl.....	13
1.5.2 Inibidor de Ac. Nucleicos e proteínas.....	13
1.5.2.1 S-metolachlor.....	13
1.5.3 Inibidores do FS II.....	14
1.5.3.1 Bentazon.....	15
1.5.3.2 Linuron.....	16
1.5.4 Inibidores da PROTOX.....	16
1.5.4.1 Fomesafen.....	17
1.5.4.2 Oxyfluorfen.....	17
1.5.4.3 Sulfentrazone.....	18
1.6 A cultivar BRS Guariba.....	18
2 REFERÊNCIAS.....	20
Capítulo 1 - Controle de plantas daninhas com herbicida, na lavoura de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), em área de várzea no município de Iranduba-AM.....	24
Resumo.....	24
Abstract.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Localização e época de instalação do experimento.....	29

2.2. Caracterização e condições climáticas no período de condução do experimento.....	30
2.3 Preparo do solo e plantio.....	32
2.4 Delineamento experimental.....	33
2.5 Aplicação dos herbicidas.....	34
2.6 Características avaliadas.....	35
2.6.1 Controle das plantas daninhas.....	35
2.6.2 Fitotoxicidade dos herbicidas.....	36
2.6.3 Características agronômicas do feijão-caupi.....	36
2.6.3.1 Inserção da primeira vagem.....	36
2.6.3.2 Número total de vagens.....	36
2.6.3.3 Comprimento da vagem.....	37
2.6.3.4 Número de grãos por vagem.....	37
2.6.3.5 Matéria seca das vagens.....	37
2.6.3.6 Estande final de plantas.....	37
2.6.3.7 Matéria seca da parte aérea do feijão-caupi.....	37
2.6.3.8 Produtividade.....	37
2.7 Análises estatísticas.....	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.1 Sobre a precipitação e o brilho solar ocorridos no período de condução do experimento.....	39
3.2 Controle de plantas daninhas.....	40
3.3 Fitotoxicidade dos herbicidas ao feijão-caupi.....	44
3.4 Efeito dos tratamentos sobre as características agronômicas do feijão-caupi.....	48
4 CONCLUSÕES.....	50
5 REFERÊNCIAS.....	51
Capítulo 2 - Seletividade e eficácia de herbicidas pós-emergentes na lavoura de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.).....	55
Resumo.....	55
Abstract.....	56
1 INTRODUÇÃO.....	57

2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1 Localização e caracterização climática da área experimental.....	58
2.2 Preparo do solo e plantio.....	60
2.3 Delineamento experimental.....	61
2.4 Aplicação dos herbicidas.....	62
2.5 Características avaliadas.....	63
2.5.1 Controle das plantas daninhas.....	63
2.5.2 Fitotoxicidade dos herbicidas.....	63
2.5.3 Determinação da área foliar (AF), da matéria seca da parte aérea (MSPA) e do índice de área foliar (IAF).....	64
2.5.4 Características agronômicas do feijão-caupi.....	65
2.5.4.1 Comprimento da vagem.....	65
2.5.4.2 Número de grãos por vagem.....	65
2.5.4.3 Matéria seca das vagens.....	65
2.5.4.4 Inserção da primeira vagem.....	65
2.5.4.5 Produtividade.....	65
2.5.4.6 Peso de 1000 grãos.....	66
2.6. Análises estatísticas.....	66
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.1 Controle das plantas daninhas.....	67
3.2 Fitotoxicidade dos herbicidas às plantas de feijão-caupi.....	70
3.3 Crescimento e produtividade de plantas de feijão-caupi, em função de doses de herbicidas pós-emergentes.....	75
3.3.1 Área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de bentazon.....	75
3.3.2 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) do feijão-caupi em função de doses de bentazon.....	78
3.3.3 Área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de fomesafen.....	82

3.3.4 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) do feijão-caupi em função de doses de fomesafen.....	85
3.3.5 Área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl.....	91
3.3.6 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) do feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl.....	93
3.3.7 Área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de clethodim.....	96
3.3.8 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), produtividade (PROD) e peso de mil grãos (PMG) do feijão-caupi em função de doses de clethodim.....	98
4 CONCLUSÕES.....	101
5 REFERÊNCIAS.....	102
Capítulo 3 – Crescimento de plantas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.) tratadas com herbicidas pós-emergentes.....	106
Resumo.....	106
ABSTRACT.....	107
1 INTRODUÇÃO.....	108
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	109
2.1 Localização e caracterização climática da área experimental.....	109
2.2 Preparo do solo e plantio.....	111
2.3 Delineamento experimental.....	112
2.4 Aplicação dos herbicidas.....	113
2.5 Coleta das plantas de feijão-caupi para análise de crescimento.....	114
2.6 Características avaliadas.....	114
2.6.1 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	115
2.6.2 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	115

2.6.3 Razão de área foliar (RAF).....	115
2.6.4 Índice de área foliar (IAF).....	115
2.7. Análises estatísticas.....	115
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	116
3.1 Análise de crescimento de plantas de feijão-caupi tratadas com bentazon...	116
3.1.1 Área foliar (AF).....	116
3.1.2 Matéria seca da parte aérea (MSPA).....	118
3.1.3 Índice de área foliar (IAF).....	119
3.1.4 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	121
3.1.5 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	122
3.1.6 Razão de área foliar (RAF).....	123
3.2 Análise de crescimento de plantas de feijão-caupi tratadas com fomesafen.	125
3.2.1 Área foliar (AF).....	125
3.2.2 Matéria seca da parte aérea (MSPA).....	127
3.2.3 Índice de área foliar (IAF).....	128
3.2.4 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	130
3.2.5 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	132
3.2.6 Razão de área foliar (RAF).....	133
3.3 Análise de crescimento de plantas de feijão-caupi tratadas com clethodim...	133
3.3.1 Área foliar (AF).....	133
3.3.2 Matéria seca da parte aérea (MSPA).....	135
3.3.3 Índice de área foliar (IAF).....	136
3.3.4 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	137
3.3.5 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	139
3.3.6 Razão de área foliar (RAF).....	140
4 CONCLUSÕES.....	142
5 REFERÊNCIAS.....	143

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma planta nativa da África, popularmente conhecida como feijão-de-corda, feijão-macáçar, feijão-da-estrada, feijão-de-praia ou feijão-de-rama (CRAVO et al., 2009).

A cultura é uma importante e estratégica fonte de proteínas, carboidratos e fibras para as populações tropicais e subtropicais. A área cultivada com feijão-caupi ultrapassa 11 milhões de hectares em todo mundo, sendo que, o continente africano é o principal produtor (FREIRE FILHO et al., 2005; FILGUEIRAS et al., 2009) com destaque para a Nigéria e Níger (SINGH et al., 2002).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com um plantio anual estimado em cerca de 1,5 milhões de hectares, tendo as regiões Nordeste e Norte como as maiores produtoras da cultura. Nestas regiões, o feijão-caupi adapta-se bem às condições edafoclimáticas e tem sido cultivado como plantio de subsistência. Mais recentemente, a região Centro-Oeste vem despontando como potencial produtora da cultura, com aumento das áreas de plantio e uso de tecnologias modernas (FREIRE FILHO et al., 2005; CRAVO et al., 2009).

No estado do Amazonas, o feijão-caupi é cultivado em ecossistema de terra-firme e várzea com um total de 4,6 mil ha de área plantada e produtividade média de 900 kg ha⁻¹ (CONAB, 2008). Em terra-firme, o cultivo é feito no sistema de corte e queima da floresta. Os plantios são realizados manualmente em monocultivo ou consorciados com milho e mandioca, sem aplicação de fertilizantes, calcários e sem a utilização de espaçamentos adequados (CRAVO et al., 2009).

Nas várzeas, onde os solos (Gleissolos) são naturalmente férteis (ALFAIA et al., 2007), a produtividade média do feijão-caupi é de 600 kg ha⁻¹ (CRAVO et al., 2009). O sistema de cultivo consiste na retirada da vegetação morta pela enchente do rio e em seguida é feito o plantio. Os tratos culturais limitam-se às capinas e amontoas, geralmente realizadas aos 30 dias após o plantio. Nestas áreas, as épocas de cultivo variam conforme a vazante do rio. Na região do Rio Solimões o plantio inicia em agosto e no Baixo Rio Amazonas no mês de maio (CRAVO et al., 2009).

Devido ao baixo nível tecnológico ainda empregado nos cultivos de feijão-caupi no Estado do Amazonas, um dos principais problemas encontrados é a interferência das plantas daninhas sobre esta lavoura o que diminui a produtividade da cultura (OLIVEIRA et al., 2010).

O feijão-caupi, por ser uma planta com rota metabólica do tipo C₃, apresenta baixo ponto de compensação luminoso (CARDOSO et al., 2005), crescimento vegetativo curto e, quando em convivência com plantas daninhas nas fases iniciais de seu desenvolvimento, sofre severa interferência negativa destas plantas. De acordo com Oliveira et al. (2010) a convivência das plantas daninhas *Cynodon dactylon*, *Phyllanthus niruri*, *Commelina difusa*, *Spigelia anthelma* e *Turnera ulmifolia* com cultivares de feijão-caupi em várzea, ocasionou a redução do estande final, do número de vagens por planta, do peso de mil grãos e afetou a produtividade da cultura em até 90,18%. Este resultado reafirma a importância de se manter o feijão-caupi livre da interferência das plantas daninhas, durante o período crítico de competição, que vai até os 40 dias após a emergência das plantas (FREITAS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

O método tradicional de controle de plantas daninhas no Estado do Amazonas é a capina manual. O custo de mão-de-obra pode aumentar os custos de produção de algumas culturas em 40% (SILVA, 1999). Para Silva et al. (2007) o controle químico e seletivo das plantas daninhas é o método mais adequado, pois, proporciona economia de trabalho e energia, demanda pouca mão-de-obra, permite o controle durante todo o ciclo de cultivo, inclusive no período chuvoso e, favorece a obtenção de maior produtividade das culturas.

Na cultura do feijão-caupi, o controle das plantas daninhas com herbicidas ainda é limitado devido ao baixo nível tecnológico adotado pelos agricultores e pela ausência de produtos seletivos para a cultura no Brasil (FREITAS et al., 2009). Contudo, nas últimas décadas, com o aumento da demanda do feijão-caupi pelo mercado brasileiro e estrangeiro, essa cultura vem despertando o interesse de médios e grandes produtores dos Estados do Pará, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, sendo incorporada ao agronegócio e expandindo-se a cada ano (CRAVO et al., 2009).

Nesse processo de modernização da lavoura de feijão-caupi muitos produtores têm melhorado a cadeia produtiva com a introdução de cultivares altamente produtivas, aplicação de corretivos, adubos e mecanização nas fases de preparo do solo até a colheita, além da utilização de herbicidas mesmo sem ainda existir produtos seletivos a esta cultura no Brasil. Desta forma, é necessário a realização de pesquisas que possam contribuir na busca de produtos que possam ser utilizados sem causar danos que resultem no comprometimento da produção final (CRAVO, et al., 2009 e FREITAS et al., 2010).

OBJETIVO GERAL

Avaliar o controle de plantas daninhas com herbicidas e o efeito da seletividade destes sobre o crescimento e produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

1 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Pitelli (1987) adaptado de Bleasdale (1960), o grau de interferência das plantas daninhas nas culturas depende de fatores relacionados à composição da flora infestante, das características da cultura, das características do ambiente, do período de convivência das plantas daninhas com a cultura e da época em que este período ocorre, podendo ser modificado pelas condições edafoclimáticas e pelas práticas de manejo da lavoura.

A presença das plantas daninhas nos agrossistemas pode interferir no processo produtivo das culturas afetando o crescimento e o desenvolvimento, em função da competição por recursos do meio, como água, luz, CO₂ e nutrientes. Além disso, o rendimento pode ser reduzido devido algumas plantas daninhas liberarem substâncias alelopáticas ou atuarem como hospedeiras de pragas e doenças prejudicando o crescimento das plantas e a qualidade dos grãos colhidos (SILVA et al., 2007). Todos esses fatores isolados ou em conjunto, aumentam os custos operacionais de colheita, secagem e beneficiamento (LORENZI, 2008).

Ainda são poucos os trabalhos sobre a ocorrência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. Diversos autores (MATOS et al.,1991; SILVA, et al.,2003; FREITAS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010 e SILVA, et al., 2010) listaram a ocorrência de 78 espécies: *Aeschynomene americana*, *Ageratum conyzoides*, *Alternanthera brasiliana*, *A. tenella*, *Amaranthus deflexus*, *A. spinosus*, *Andropogon* sp., *Axonopus compressus*, *Bidens pilosa*, *Boerhavia diffusa*, *Brachiaria plantaginea*, *Calopogonium muconoides*, *Cenchrus echinatus*, *Chamaesyce hirta*, *C. hyssopifolia*, *Commelina benghalensis*, *C. difusa*, *Corchorus argutus*, *Croton*

glandulosus, *C. lobatus*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus diffusus*, *C. flavus*, *C. rotundus*, *Cyperus* spp., *Dactyloctenium aegyptium*, *Desmodium barbatum*, *Digitaria horizontalis*, *D. sanguinalis*, *Elephantopus mollis*, *Eleusine indica*, *Emilia coccinea*, *E. sonchifolia*, *Eragrostis ciliaris*, *E. pilosa*, *Erechtites hieraciifolius*, *Euphorbia heterophylla*, *Fimbristylis dichotoma*, *Galinsoga ciliata*, *G. parviflora*, *Hyptis suaveolens*, *Imperata brasiliensis*, *Indigofera hirsuta*, *Ipomoea purpurea*, *Juncus* sp., *Kyllinga brevifolia*, *K. odorata*, *Lantana camara*, *Lindernia crustacea*, *Lygodium venustum*, *Marsypianthes chamaedrys*, *Melampodium divaricatum*, *Melochia melissifolia*, *Merremia aegyptia*, *Mimosa invisa*, *Oldenlandia corymbosa*, *Oxalis oxyptera*, *Pavonia cancellata*, *Phyllanthus niruri*, *P. tenellus*, *Portulaca oleracea*, *Pterolepis trichotoma*, *Richardia brasiliensis*, *Scleria melaleuca*, *Senna obtusifolia*, *Sida decumbens*, *S. glaziovii*, *S. glomerata*, *Spermacoce latifolia*, *Spermacoce* spp., *S. verticillata*, *Spigelia anthelmia*, *Talinum paniculatum*, *Triumfetta pentandra*, *Turnera ulmifolia*, *Urena lobata*, *Vismia guianensis* e *Zornia reticulata*.

1.2 Manejo das plantas daninhas na cultura do feijão-caupi

A expansão das áreas de cultivo e o aumento da produtividade do feijão-caupi estão ocorrendo devido ao plantio de cultivares de alta produtividade, como a BRS Guariba, a BRS Tracuateua, a BRS Novaera e a Sempre Verde e pela implantação de tecnologias modernas de preparo do solo, aplicação de corretivos, plantio, adubação, colheita mecanizada e controle de plantas daninhas (CRAVO, et al., 2009; FREITAS et al., 2009).

Para o controle de plantas daninhas, nos estados do Pará e Maranhão, nas áreas de plantio direto do feijão-caupi, os produtores adotam duas estratégias: na primeira é feita uma roçagem, seguida da pulverização de uma mistura herbicídica de glyphosate e s-metolachlor que mantém o cultivo livre das infestantes durante todo o ciclo da cultura. E se necessário, aos 20 a 25 dias após a semeadura da cultura é feita uma pulverização com imazethapyr. Na segunda opção de manejo, se houver plantas daninhas que resistam ao glyphosate é aplicado o 2,4 D quinze dias antes do plantio (CRAVO et al., 2009).

No estado do Mato Grosso, o feijão-caupi é cultivado em grandes áreas no sistema safrinha, alguns produtores têm aplicado em pós-emergência os herbicidas bentazon, lactofen, imazethapyr, s-metolachlor, haloxyfop-p-methyl, clethodim e tepraloxym e verificaram maior eficácia de controle das espécies infestantes com 2 a 4 folhas. Estes herbicidas quando aplicados isoladamente causaram pequena fitotoxicidade às plantas, que se recuperam com o tempo e, quando aspergidos na forma de coquetel ocasionaram maior fitotoxicidade à cultura (CRAVO et al., 2009).

Este cenário demonstra que, apesar da crescente adoção do controle químico de plantas daninhas nas lavouras de feijão-caupi há necessidade de estudos que identifiquem herbicidas seletivos para a cultura, pois ainda não há produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e poucos são os trabalhos existentes. Silva et al. (2003) verificaram que o imazamox (21, 42 e 63 g i.a. ha⁻¹) e fenoxaprop-p-ethyl (40, 80, e 120 g i.a. ha⁻¹) aplicados em pós-emergência e associados ao glyphosate usado como dessecante em plantio direto foram mais eficazes no controle das plantas daninhas e não causaram sintomas de fitotoxicidade às plantas de feijão-caupi, Cv. EPACE-10. Frazão (2006)

avaliou a tolerância dos cultivares de feijão-caupi: sempre verde, fradinho, 40 dias e manteiginha aos herbicidas fluazifop-p-butyl ($0,25 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$), fomesafen ($0,50 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$), glufosinate ($0,40 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$), glyphosate ($1,44 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$) e sethoxydim ($0,184 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$) e concluiu que todas as cultivares testadas não foram tolerantes ao herbicida glufosinate. A cultivar quarenta dias tolerou todos os herbicidas testados. Na Nigéria, Ishaya et al. (2008) constataram que, a aplicação em pré-emergência da mistura de metolachlor + prometryn ($1250 + 800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) foi eficaz no controle de plantas daninhas e não afetou o crescimento e a produtividade da variedade SAMPEA-7. Oliveira et al. (2008) avaliaram a tolerância de variedades de feijão-caupi manteiginha, feijão-leite, fígado-de-galinha e fígado-boi-vinagrão ao herbicida fomesafen (1 L ha^{-1}) e concluíram que somente a variedade fígado-de-galinha foi tolerante ao fomesafen. Fontes et al. (2010) em estudo de tolerância da cultivar BRS Guariba ao herbicida oxadiazon aplicado em pré-emergência nas doses ($200, 400, 600, 800$ e $1000 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) verificaram que, houve eficácia de controle das plantas daninhas identificadas na área experimental e que a cultivar foi tolerante a todas as doses testadas e apresentou produtividades acima de 1000 kg ha^{-1} . Monteiro et al. (2009) avaliaram a dose-resposta das cultivares BRS Guariba e BR3 Tracuateua a doses de bentazon ($0; 0,18; 0,26; 0,72; 1,44$ e $2,88 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$) aplicadas em pós-emergência e concluíram que a cultivar BR3 Tracuateua foi mais tolerante ao bentazon do que a cultivar BRS Guariba. Fontes et al. (2010), em condições de casa-de-vegetação observaram que o fomesafen aplicado isoladamente ou em mistura com fluazifop-p-butyl ocasionou fitotoxicidade severa à cultivar BRS Guariba em todas as fases de crescimento avaliadas e que, a partir do estágio de crescimento V4 houve drástica redução do acúmulo de matéria seca. Freitas et al.

(2010) concluíram que os herbicidas imazamox + bentazon (1 L ha^{-1}), fluazifop-butyl ($0,75 \text{ L ha}^{-1}$), imazethapyr (1 L ha^{-1}), imazamox (50 g ha^{-1}), bentazon ($1,2 \text{ L ha}^{-1}$), trifluralin ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl (60 g ha^{-1}) e s-metolachlor ($1,25 \text{ L ha}^{-1}$) não diferiram do tratamento controle, em relação a produção de grãos por planta. Os herbicidas lactofen ($0,75 \text{ L ha}^{-1}$) e fomesafen ($0,9 \text{ L ha}^{-1}$) aplicados isolados ou em misturas causaram injúrias e redução da produção de grãos por planta da cultivar BRS 16 e o herbicida metribuzin (1 L ha^{-1}) causou morte das plantas.

A maioria destes estudos foi realizada em condições de casa-de-vegetação, sendo, portanto, necessário a avaliação em condições de campo para confirmar a tolerância destes cultivares aos herbicidas testados.

1.3 Seletividade de herbicidas as culturas

A seletividade é a capacidade de determinados herbicidas de eliminar plantas daninhas que se encontram presentes na lavoura, sem reduzir-lhe a produtividade e a qualidade do produto final obtido, não pode ser determinada apenas pela verificação ou não de sintomas de intoxicação (SBCPD, 1995; VELINI et al., 2000; OLIVEIRA JÚNIOR, 2000; ROMAN et al., 2007; SILVA et al., 2007), pois, existem produtos que reduzem a produtividade da cultura sem manifestar sintomas visuais e outros que provocam injúrias acentuadas, mas, mesmo assim, a cultura consegue manifestar seu potencial produtivo (FAGLIARI et al., 2001). Por essa razão, é fundamental a avaliação do efeito dos herbicidas sobre as culturas, em condições de campo, independente da sua eficiência no controle das plantas infestantes.

Quanto mais seletivo for o herbicida para a espécie cultivada e menos para as plantas daninhas, maior será a segurança na aplicação (CHRISTOFFOLETI, 2004; SILVA et al., 2007). No entanto, a seletividade é relativa e depende de vários fatores relacionados às características do produto (época, forma de aplicação e mecanismo de ação), das características morfofisiológicas e do estágio de desenvolvimento das plantas cultivadas e das plantas daninhas e das características do ambiente manejado (ROMAN et al., 2007; SILVA et al., 2007; VIDAL, 1997).

1.4 Análise de crescimento

Diversos estudos têm demonstrado que plantas submetidas à aplicação de herbicidas podem modificar o padrão de distribuição de fotoassimilados entre os seus órgãos, com efeitos diretos na relação entre a fonte e o dreno na partição de assimilados afetando a produção de matéria seca e a área foliar da planta (GRIFFINS et al., 1984; SCHMIDT 1993; ARRUDA et al., 1999; TIMM, 2008).

A análise de crescimento é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta, em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostras sucessivas (MAGALHÃES, 1979; BENINCASA, 2003). É um método capaz de gerar uma descrição clara do padrão de crescimento da planta ou de suas partes, sendo bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal permitindo comparações entre situações distintas, que podem ser aplicadas às diversas modalidades de estudos (RADFORD, 1967; BENINCASA, 2003; e FLOSS, 2008).

A análise baseia-se fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento é proveniente da atividade fotossintética e o restante pela absorção de nutrientes minerais (BENINCASA, 2003) podendo esse acúmulo de fitomassa ser estudado por medidas lineares, tais como (altura de planta, comprimento e diâmetro do caule, comprimento e largura de folha e comprimento de raiz); por número de unidades estruturais (folhas, flores, frutos, raízes) e por medidas de superfície, principalmente pela medição da superfície da lâmina foliar (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008), as quais podem ser analisadas por meio da Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Assimilação Líquida (TAL) e Razão de Área Foliar (RAF), conforme RADFORD (1967).

1.5 Características dos herbicidas utilizados nos experimentos

1.5.1 Inibidores da ACCase

São gramínicidas aplicados em pós-emergência, sendo absorvidos pelas folhas e translocadas por via sistêmica, concentrando-se nas regiões meristemáticas. Alguns podem ser absorvidos pelas raízes, tendo alguma ação quando aplicados ao solo.

Estão divididos em dois grupos químicos: os ariloxifenoxipropionatos (APP) e as ciclohexanodionas (CHD) (HARWOOD, 1999). Apresentam afinidade pelo mesmo sítio de ação, mas são diferentes quanto ao espectro de ação no controle das gramíneas (LOPEZ-OVEREJO et al., 2006).

A ACCase é encontrada no estroma de plastídios, onde converte a acetil coenzima A a malonil-coenzima A, por meio da adição de CO₂ à acetilCoA, no processo de biossíntese dos ácidos graxos. Os inibidores da ACCase promovem a inibição enzimática, bloqueando a síntese de lipídeos nas plantas suscetíveis prejudicando a divisão celular, a formação de cloroplastos e causando diminuição da respiração (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

Os sintomas mais comuns promovidos pela ação desses herbicidas são: paralisação do crescimento, clorose e necrose das folhas novas. Já as folhas mais desenvolvidas apresentam coloração arroxeadada ou avermelhada, tornando-se necróticas (VIDAL, 1997).

1.5.1.1 Clethodim

O (+/-)-2-[(E)-1-[(E)3-chloroallyloxyamino]propyl]-5-[2-(ethylthio)propyl]-3-hidroxy-2-cyclohexen-1-one, faz parte do grupo químico das ciclohexanodionas. É um graminicida, sistêmico, seletivo para as culturas do feijão e da soja. Destaca-se pelo seu amplo espectro de ação no controle de gramíneas anuais e perenes. É recomendado para aplicação em pós-emergência devendo ser aplicado no início do desenvolvimento das espécies infestantes, ou seja, com quatro folhas ou até seis perfilho. Os sintomas de plantas sob o efeito desse produto são a paralisação do crescimento e o amarelecimento dos meristemas e das folhas novas. Plantas suscetíveis morrem a partir de uma semana após a aplicação do produto.

A absorção ocorre, principalmente, pelas folhas, apresentando translocação sistêmica, apossimplástica atingindo as raízes e rizomas das plantas daninhas. A

metabolização pelas plantas tolerantes se dá pela formação de sulfóxidos e sulfonas de clethodim. Sua degradação é rápida por via microbiana, tendo como produto final o CO₂. A meia-vida do produto é de 2 a 3 dias (AHRENS, 2007).

1.5.1.2 Fluazifop-p-butyl

O butil(R)-2-[4-(5-trifluorometil-2-piridiloxi)-fenoxi]-propionato, é um herbicida do grupo químico dos ariloxifenoxipropionatos, com ação sistêmica, apresenta alta seletividade à cultura do feijão e da soja e eficácia no controle de espécies gramíneas anuais, no estágio de até quatro perfilhos e algumas perenes em pós-emergência. As plantas suscetíveis apresentam paralisação do crescimento e amarelecimento dos meristemas e das folhas jovens.

A absorção se dá via foliar, com translocação aposimplástica concentrando-se nos pontos de crescimento das plantas. Em plantas tolerantes o fluazifop-p-butyl éster é hidrolizado rapidamente a fluazifop-P-ácido. A degradação é feita por microorganismos do solo. A meia-vida é de 15 dias (AHRENS, 2007).

1.5.2 Inibidor de Ácidos Nucleicos e proteínas

1.5.2.1 S-metolachlor

O (S)-2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl) acetamide + (R)-2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl) acetamide é um composto não-ionizável que pertence ao grupo químico das

acetamidas. É aplicado em pré-emergência nas culturas de soja, feijão, milho, cana-de-açúcar e algodão para o controle de algumas monocotiledôneas e dicotiledôneas atuando como inibidor da parte aérea das plantas. A absorção em gramíneas é pelo coleótilo e pelo epicótilo em dicotiledôneas. O produto pode ser absorvido pelas plântulas e translocado para a parte aérea. Na metabolização do herbicida pelas plantas ocorre à conjugação do grupo acetil-cloro com a glutatona.

O s-metolachlor é sorvido pelos colóides de argila e matéria orgânica, sua lixiviação é fraca a moderada, exceto em solos arenosos. Há grande variabilidade no tempo de permanência no solo (AHRENS, 2007). Estudos realizados em laboratório mostraram que a meia-vida do s-metolachlor no solo varia entre 6 e 100 dias, dependendo das condições em que a pesquisa é realizada (O'CONNELL et al., 1998; ACCINELLI et al., 2005; MA et al., 2006). Em condições de campo, estudos evidenciaram que a meia-vida do metolachlor varia entre 8 e 85 dias (O'CONNELL et al., 1998).

1.5.3 Inibidores do FS II

Os herbicidas desse grupo ao se ligarem ao sítio de ação da plastoquinona (Q_B) localizado na proteína D1 do fotossistema II bloqueiam o transporte de elétrons da plastoquinona (Q_A) para Q_B paralisando a fixação de CO_2 e a produção de ATP e NADPH₂, elementos essenciais ao crescimento das plantas. Além disso, os inibidores do FS II podem causar acúmulo de elétrons no ponto de inibição (Q_B) que por sua vez promove a peroxidação dos lipídios com o surgimento de necrose foliar.

A peroxidação dos lipídios pode ocorrer por meio de dois mecanismos: a) pela formação de um radical lipídico nos ácidos graxos insaturados da membrana do cloroplasto e b) pela reação da clorofila tríplice com oxigênio e produção de um oxigênio reativo (oxigênio singlete), o qual é responsável pela peroxidação dos lipídios (AHRENS, 2007).

1.5.3.1 Bentazon

O 3-(1-isopropil-1H-2,1,3-benzotiazin-4-(3H)-ona-2,2-dióxido pertence ao grupo químico das benzotiadiazinas e é indicado para o controle, em pós-emergência de plantas daninhas anuais de folhas largas nas culturas do feijão e da soja. Não controla gramíneas. Nas plantas suscetíveis provoca manchas cloróticas nas folhas, seguidas de necrose e morte das plantas.

A absorção do bentazon se dá essencialmente pelas folhas e pelos tecidos verdes, ocorrendo em menor intensidade pelas raízes. É um herbicida pouco translocável e metaboliza-se rapidamente em plantas tolerantes formando conjugados glucosil. No solo é fracamente adsorvido pelos colóides orgânicos e minerais, não lixívia abaixo da camada arável e degrada-se rapidamente metabolizado pelas bactérias e fungos do solo, sendo incorporado à matéria orgânica pelos microorganismos. Possui meia-vida média de 20 dias (AHRENS, 2007).

1.5.3.2 Linuron

O N-(3,4-diclorofenil)-N-metoxi-N-metiluréia é um herbicida derivado da uréia e pertence ao grupo químico das uréias ou uréias substituídas. É adsorvido, principalmente, em solos com alto teor de matéria orgânica e/ou argila, sendo pouco lixiviável nestes tipos de solo, apresentando persistência de 2 a 5 meses. É indicado para uso em pré-emergência nas culturas da soja, algodão, alho, batata, cebola, cenoura, milho e rabanete podendo ser utilizado em pós-emergência, quando as plantas daninhas estiverem com 1-2 pares de folhas. É mais facilmente absorvido pelas raízes e sua atividade é muito influenciada pelas características físico-químicas do solo (AHRENS, 2007).

1.5.4 Inibidores da PROTOX

Os herbicidas deste grupo inibem a atividade da enzima Protoporfirinogênio oxidase - Protox que faz parte da rota de síntese das porfirinas ou tetrapiroles (clorofilas). Quando a Protox é inibida ocorre o acúmulo de PROTOX IX no cloroplasto, o qual extravasa por difusão para o citoplasma oxidando-se naturalmente formando protoporfirina IX. No citoplasma, essa substância atua como um composto fotodinâmico que interage com o oxigênio produzindo radicais (1O_2) iniciando a peroxidação dos lipídios, com conseqüente destruição das membranas celulares resultando na morte das plantas (VIDAL, 1997).

1.5.4.1 Fomesafen

O 5-(2-cloro-4-(trifluorometil) fenoxi)-N-metil-sulfonil-2-nitrobenzamida é um difenil-éter seletivo indicado para o controle de plantas daninhas de folhas largas, em pós-emergência nas culturas da soja e feijão. Pode ser absorvido pelas folhas e pelo sistema radicular, cuja translocação é via xilema. Em relação ao metabolismo, a tolerância da soja é devida à rápida divisão do difeniléteres produzindo metabólitos inativos. No solo degrada-se lentamente em condições aeróbicas e mais rapidamente em condições anaeróbicas (AHRENS, 2007).

1.5.4.2 Oxyfluorfen

O 2-chloro-a,a,a-trifluoro-p-tolyl-3-ethoxy-4-nitrophenyl ether pertence ao grupo químico derivado de éter bifenílico, sendo recomendado para o controle de plantas daninhas gramíneas e de folhas largas nas culturas de amendoim, café, cana-de-açúcar e citros podendo ser aplicado em pré-emergência onde age sobre o hipocótilo das plantas em germinação e nos meristemas foliares, não tendo ação sobre os tecidos radiculares. Em pós-emergência ocasiona o fechamento dos estômatos e deterioração das membranas celulares (AHRENS, 2007).

É resistente a lixiviação no perfil do solo, por ser fortemente adsorvido pelos colóides orgânicos e minerais. Apresenta meia-vida de 30 a 40 dias e persistência média de seis meses no solo. Degrada-se apenas por fotólise (AHRENS, 2007).

1.5.4.3 Sulfentrazone

O herbicida 2'4'-dichloro-5-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl) é indicado para o controle em pré-emergência de plantas daninhas dicotiledôneas e diversas espécies de monocotiledôneas nas culturas do café, cana-de-açúcar e soja.

O sulfentrazone é um herbicida de ação sistêmica e de contato, sua absorção é principalmente pelo sistema radicular, apresentando pouca movimentação pelo floema. É um produto que apresenta meia-vida de 180 dias e apresenta persistência no solo por até 18 meses degradando-se por decomposição microbiana (AHRENS, 2007).

1.6 A cultivar BRS Guariba

A cultivar BRS Guariba foi lançada pela Embrapa Meio-Norte em 2004 e é resultado do cruzamento da linhagem IT85F-2687 (IITA, Nigéria) com a linhagem TE87-98-8G (Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI). É uma cultivar com ciclo em torno de 65 a 70 dias, de porte semi-ereto, grãos de coloração branca, com teor de proteína na faixa de 22% e produtividade média de 1.400 kg ha⁻¹. É tolerante à seca e a altas temperaturas e apresenta resistência ao mosaico transmitido por pulgão (*Cowpea aphid-borne mosaic virus* – CABMV) e ao mosaico-dourado (*Cowpea golden mosaic virus* – CGMV). Em razão destas características e por favorecer o cultivo totalmente mecanizado e ser de ciclo curto, a BRS Guariba vem sendo cultivada no Mato Grosso (FREIRE-FILHO et al., 2004; VILARINHO, 2007).

No Estado do Amazonas, a Embrapa Amazônia Ocidental (Manaus-AM) introduziu a BRS Guariba, cuja produtividade em várzea e terra-firme foi de 850 e 1400 kg ha⁻¹, respectivamente. A boa produtividade de grãos e relativa precocidade representam boas opções para o cultivo desta cultivar nas condições amazônicas (GONÇALVES et al., 2009).

2 REFERÊNCIAS

- ACCINELLI, C.; SCREPANTI, C.; VICARI, A. Influence of flooding on the degradation of linuron, isoproturon and metolachlor in soil. **Agron. Sustain. Develop.**, v. 25, n. 3, p. 401-406, 2005.
- AHRENS, W. H. **Herbicide Handbook**. 9th edition. Weed Science Society of America, p. 372, 2007.
- ALFAIA, S. S. et al. Características químicas dos solos de várzea em diversos sistemas de uso da terra ao longo da calha dos rios Solimões – Amazonas. In: NODA, S. N. **Agricultura familiar na Amazônia das águas**. Manaus: EDUA, p. 67–89, 2007.
- ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 7, n. 3, p. 375-386, 1999.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ed Jaboticabal: FUNEP, p. 41, 2003.
- BLEASDALE, J. K. A. Studies on plant competition. In: HARPER, J. L. The biology of weeds. Oxford, **Blackwell Scientific**, p. 133-43, 1960.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, p. 71, 2008.
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e Manejo de Plantio. In: FILHO, F. R. F.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 211-228, 2005.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2 ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação e Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR). 100 p, 2004.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento brasileiro de safra de grãos 2007/2008**: décimo primeiro levantamento, agosto de 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 25 de abril de 2009.
- CRAVO, M. S. et al. Sistema de cultivo. In: ZILLI, J. R.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, p. 59-104, 2009.
- FAGLIARI, J. R.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Acta Scientiarum**, v.23, p.1229-1234, 2001.
- FILGUEIRAS, G. C. et al. Aspectos Socioeconômicos. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista. Embrapa Roraima, p. 23-58, 2009.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. Elmar Luiz Floss, - 4. ed. rev. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, p. 733, 2008.

FONTES, J. R. A. GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R. Fases fenológicas do feijão-caupi e tolerância ao fomesafen. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Anais..** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2010, p. 1946-1949, CD-ROM.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P. e MORAIS, R. R. Tolerância do feijão-caupi ao herbicida imazamox. **Pesq. Agropec. Trop.** Goiânia, v. 40, n. 1, jan./mar., 2010.

FRAZÃO, H. O. Tolerância de leguminosas de cobertura do solo e de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a herbicidas pós-emergentes. 2001. 78f. **Dissertação** (Mestrado em agronomia tropical), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Guariba nova cultivar de feijão-caupi para a região meio-norte**. Embrapa Meio-Norte. Teresina. p. 2, 2004.

FREIRE FILHO, F. R. et. al. Melhoramento genético. In: **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 29-92, 2005.

FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura de feijão-caupi. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009.

FREITAS, F. C. L. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Anais** do II CONAC: Congresso Nacional de Feijão-caupi. Belém-PA. p. 98-109, 2009.

FREITAS, F. C. L. et al. Seletividade de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Anais..** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2010, p. 1748-1752, 2010.

GONÇALVES, J. R. P. et al. Comportamento de genótipos semi-erectos e erectos de feijão-caupi em ecossistema de várzea amazônica. **Anais..** II Congresso Nacional de Feijão-caupi: Da agricultura de subsistência ao agronegócio. Belém. p. 384-388, 2009.

GRIFFINS, J. L. et al. Forage legumes response to dicamba e 2,4-D applications. **Agro. J.**, v. 76, p. 487-490, 1984.

HARWOOD, J. L. Graminicides which inhibit lipid synthesis. **Pest Outlook**, v. 10, n. 4, p. 154-158, 1999.

ISHAYA, D. B.; TUNKU, P.; YAHAYA, M. S. Effect of pre-emergence herbicide mixtures on cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) at Samaru, in northern Nigeria. **Crop Protection**, v. 27, n. 7, p. 1105-1109, 2008.

LOPEZ-OVEREJO, R. J. et al. Suscetibilidade comparativa a herbicidas pós-emergentes de biótipos de *Digitaria ciliaris* resistentes e suscetível aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 789-796, 2006.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6ª ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum. p. 339, 2008.

MA, Y.; LIU, W. P.; WEN, Y. Z. Enantioselective degradation of rac-metolachlor and S-metolachlor in soil. **Pedosphere**, v. 16, n. 4, p. 489-494, 2006.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. (Coord.). Fisiologia vegetal 1. São Paulo: EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, v.1, cap. 8, p.331-350, 1979.

MATOS, V. P. et al. Período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura do caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 737-743, 1991.

MONTEIRO, G. F. P.; SILVA, J. F. e OLIVEIRA, O. M. S. Dose-resposta de duas cultivares de feijão-caupi ao herbicida bentazon. **Anais do II Congresso nacional de feijão-caupi**. Belém-PA, 2009.

O'CONNELL, P. J., HARMS, C. T., ALLEN, J. R. F. Metolachlor, s-metolachlor and their role within sustainable weed-management. **Crop Protection**, Surrey, v. 17, n. 3, p. 207-212, 1998.

OLIVEIRA JUNIOR, J. O. L. de; MEDEIROS, R. D. de; MOREIRA, M. A. B. **A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no Estado de Roraima**. Embrapa Informa. Embrapa Roraima, v. 1, n. 1, ago., 2000.

OLIVEIRA, O. M. S. et al. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3. P. 523-530, 2010.

OLIVEIRA, O. M. S.; SILVA, J. F. Tolerância de variedades conservadas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao fomesafen. In: XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das plantas daninhas, 2008, Ouro Preto. **Anais..** Ouro Preto. Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas: Embrapa Milho e Sorgo, CD-ROM, 2008.

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.

RADFORD, P. J. Growth analysis formule: their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 171-175, 1967.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 5ª ed. Londrina, p. 592, 2005.

ROMAN, E. S. et al. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, p. 160, 2007.

SCHMIDT, R. R. Development of herbicides-role of bioassays. In: STREIBIG, J. C.; KUDSK, P. (Eds.). **Herbicidas bioassays**. Boca Raton: CRC Press, p. 8-24, 1993.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e Mecanismo de Ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, p. 83-148, 2007.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV. 367p., 2007.

SILVA, J. B. et al. Controle de plantas daninhas em feijão-de-corda em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1, p. 151-157, 2003.

SILVA, J. F. **Influência de herbicidas no crescimento e anatomia da epiderme foliar de plantas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Spreng) e leguminosas em consórcio**. 1999. Tese (Doutorado em Botânica), INPA, Manaus, 1999.

SILVA, M. R. M. et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi em capoeira triturada. XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Resumos..** Ribeirão Preto: SBCPD, p. 989-992, 2010.

SINGH, B. B. et al. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A. et al. **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, p. 287-300, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para a instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: p. 42, 1995.

TIMM, F. C. **Qualidade fisiológica de sementes, crescimento e partição de assimilados em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tratadas com herbicidas pré-emergentes**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado Fisiologia vegetal). UFP. Pelotas, 2008.

VELINI, E. D.; PAGGIARO, C. M.; PEREIRA, W.S.P. Seletividade de Goal 240 CE aplicado em pós-emergência, à 10 variedades de cana-de-açúcar (cana-soca). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos..** Foz do Iguaçu: SBCPD, p. 298, 2000.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: Mecanismo de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R. A. Vidal, 1997.

VILARINHO, A. A. **BRS Guariba – cultivar de feijão-caupi de alto desempenho em Roraima**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Guariba/index.htm>. Acesso em: 26 jul. 2010.

CAPÍTULO 1 - CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS COM HERBICIDAS, NA LAVOURA DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), EM ÁREA DE VÁRZEA NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA-AM

RESUMO

O cultivo do feijão-caupi em solos da várzea Amazônica possui potencial para atender a demanda nacional por este grão. Entretanto, a interferência das plantas daninhas é um dos principais problemas encontrados, que além de reduzir a produtividade, o controle manual com capina mecânica aumenta os custos de produção e se torna uma prática desconfortável devido às condições climáticas da região. O controle químico é considerado o mais adequado pela elevada eficiência, contudo, ainda não existe herbicida registrado para o feijão-caupi no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de plantas daninhas e a seletividade de herbicidas nas plantas de feijão-caupi em área de várzea do município de Iranduba-AM. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições e dez tratamentos constituídos por 2 testemunhas (com e sem capina) e 8 tratamentos com herbicidas, sendo 2 em pré-emergência: linuron (1490 g ha⁻¹) e s-metolachlor (1200 g ha⁻¹) e 6 pós-emergentes: bentazon (720 g ha⁻¹), clethodim (108 g ha⁻¹), fluazifop-p-butyl (250 g ha⁻¹), fomesafen (250 g ha⁻¹), oxyfluorfen (960 g ha⁻¹) e sulfentrazone (600 g ha⁻¹). As seguintes características foram avaliadas: controle das plantas daninhas, fitotoxicidade e efeitos dos herbicidas sobre as características agronômicas do feijão-caupi. O s-metolachlor controlou 100% das plantas daninhas na área experimental. Os herbicidas bentazon, clethodim, fluazifop-p-butyl, linuron,

oxyfluorfen e sulfentrazone reduziram mais de 50% do número total de plantas daninhas e a matéria seca destas. As plantas de feijão-caupi toleraram os herbicidas s-metolachlor, bentazon, fluazifop-p-butyl, clethodim e sulfentrazone. Entretanto, as foram suscetíveis ao linuron, ao oxyfluorfen e, quanto ao fomesafen sofreram forte injúria na fase vegetativa e teve o estande final reduzido a metade das plantas. As maiores produtividades de feijão-caupi foram obtidas com as plantas que receberam os tratamentos com bentazon, s-metolachlor, sulfentrazone e testemunha com capina.

Palavras-chave: seletividade, eficácia, controle químico, áreas alagáveis, caupi,

ABSTRACT

The cultivation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in floodplains soils has potential to meet the national demand for this grain. However, the interference of weeds is one of the main problems found, that in addition to reducing productivity, control manual with mechanical weeding increases production costs and makes an uncorfortably practice due to climatic conditions in the region. Chemical control is considered the most suitable for high efficiency, however, there is no herbicide registered for the cowpea in Brazil. The objective of this study was to evaluate weed control and selectivity of herbicides in cowpea plants in the floodplain area of the city of Iranduba-AM. The experimental design was randomized blocks with four replications and ten treatments consisting of two witnesses (with and without weeding) and eight herbicides, 2 in pre-emergence, linuron (1490 g ha⁻¹) and s-metolachlor (1200 g ha⁻¹) and 6 post-emergence: bentazon (720 g ha⁻¹), clethodim (108 g ha⁻¹), fluazifop-p-butyl (250 g ha⁻¹), fomesafen (250 g ha⁻¹), oxyfluorfen (960 g ha⁻¹) and sulfentrazone (600 g ha⁻¹). The following characteristics were evaluated: weed control, herbicide phytotoxicity and effects on agronomic characteristics of cowpea. The s-metolachlor controlled 100% of the weeds in the experimental area. The herbicide bentazon, clethodim, fluazifop-p-butyl, linuron, oxyfluorfen and sulfentrazone reduced more than 50% of the total number and dry weight of weeds. Cowpea plants tolerated s-metolachlor, bentazon, fluazifop-p-butyl, clethodim and sulfentrazone herbicides. However, the plants were susceptible to linuron, and oxyfluorfen. Fomesafen caused high injury in the cowpea plants when applied in the vegetative phase and reducing in half the final stand. The highest yield of cowpea

were obtained with plants that received the treatments with bentazon, s-metolachlor, and sulfentrazone control with weeding.

Keywords: selectivity, efficacy, chemical control, wetlands, cowpea.

1 INTRODUÇÃO

No Estado do Amazonas o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é cultivado na terra-firme e nos solos de várzeas, com área plantada em torno de 4,6 mil ha (CONAB, 2008). As várzeas ocupam 288.743 km² (IBGE, 2002) e por possuírem solos naturalmente férteis (ALFAIA et al., 2007) estas áreas têm sido utilizadas, principalmente, para o cultivo de espécies anuais, como o milho e o feijão-caupi (NODA et al., 2007).

A produtividade média de feijão-caupi na várzea é de 600 kg ha⁻¹ (CRAVO et al., 2009). Entretanto, devido ao baixo nível tecnológico ainda empregado no sistema de produção desta cultura alguns gargalos na cadeia produtiva, como a interferência das plantas daninhas precisam ser superados, devido causarem perdas de produtividade de até 90% em relação ao controle (OLIVEIRA et al., 2010).

Tradicionalmente, o agricultor usa como método de controle de plantas daninhas a capina manual. Segundo, Silva (1999) a atividade da capina das culturas pode onerar os custos de produção em mais de 40% e torna-se uma prática desconfortável nas condições amazônicas de alta incidência de radiação solar, alta temperatura e elevada umidade relativa do ar.

O controle químico das plantas daninhas é considerado o método mais adequado para a solução deste problema pela eficiência de controle (SILVA et al., 2007). Contudo, ainda não há, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento o registro de herbicidas para a cultura do feijão-caupi no Brasil.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar o controle de plantas daninhas e a seletividade de herbicidas para o feijão-caupi em área de várzea do município de Iranduba-AM.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e época de instalação do experimento

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Embrapa Caldeirão georeferenciada com as coordenadas 03°15' S e 60°13' W (Figura 1) e altitude de trinta metros, localizada em uma área de várzea do município de Iranduba-AM.

A época de plantio nas várzeas inicia nos meses de agosto-setembro, conforme a vazante do rio Solimões. Entretanto, em 2009, devido à ocorrência de temperaturas acima de 35 °C e a falta de chuvas ocasionadas pelo fenômeno *El Niño*, a instalação do experimento só foi possível em 27/11/2009 no início do inverno amazônico, após duas tentativas fracassadas de plantio nos meses de agosto e outubro do mesmo ano.

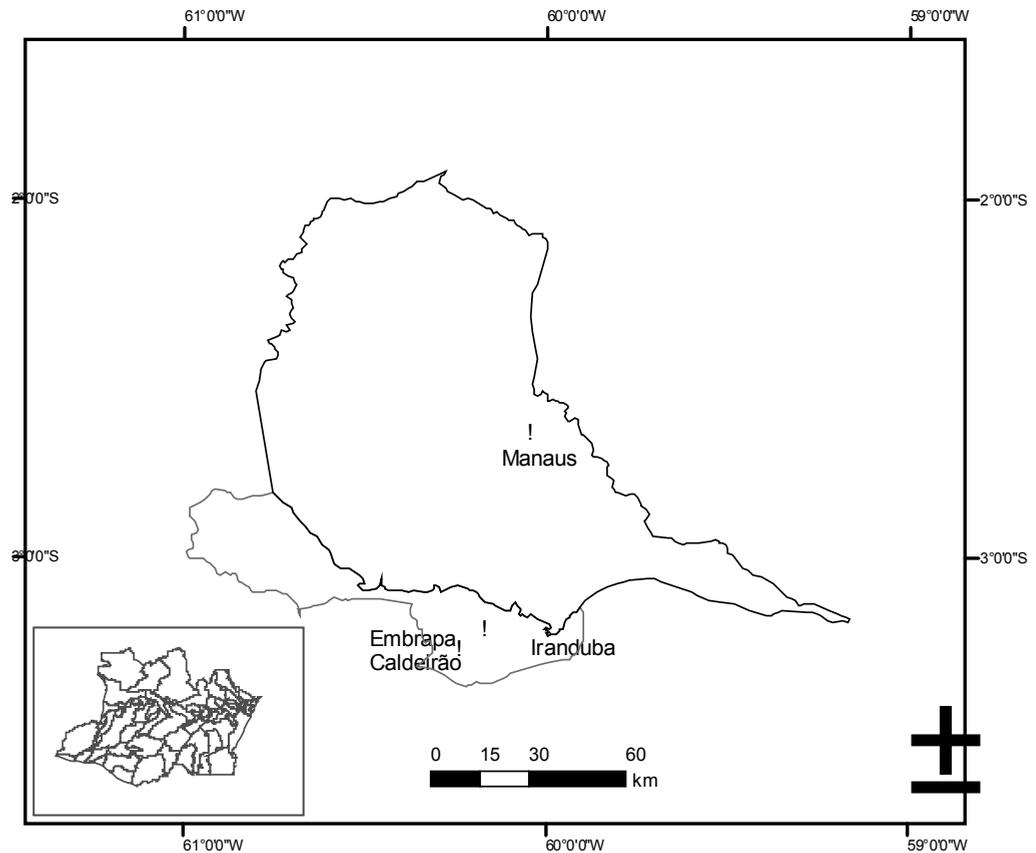


Figura 1. Localização geográfica da Estação Experimental da Embrapa Caldeirão. Iranduba–AM, 2010

2.2 Caracterização e condições climáticas no período de condução do experimento

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Ami com temperatura média anual de 27 °C, pluviosidade média anual de 2.015 mm e umidade relativa do ar em torno de 88% (VIANELLO e ALVES, 2002). Os dados de precipitação e do brilho solar coletados durante a condução do experimento estão expressos nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

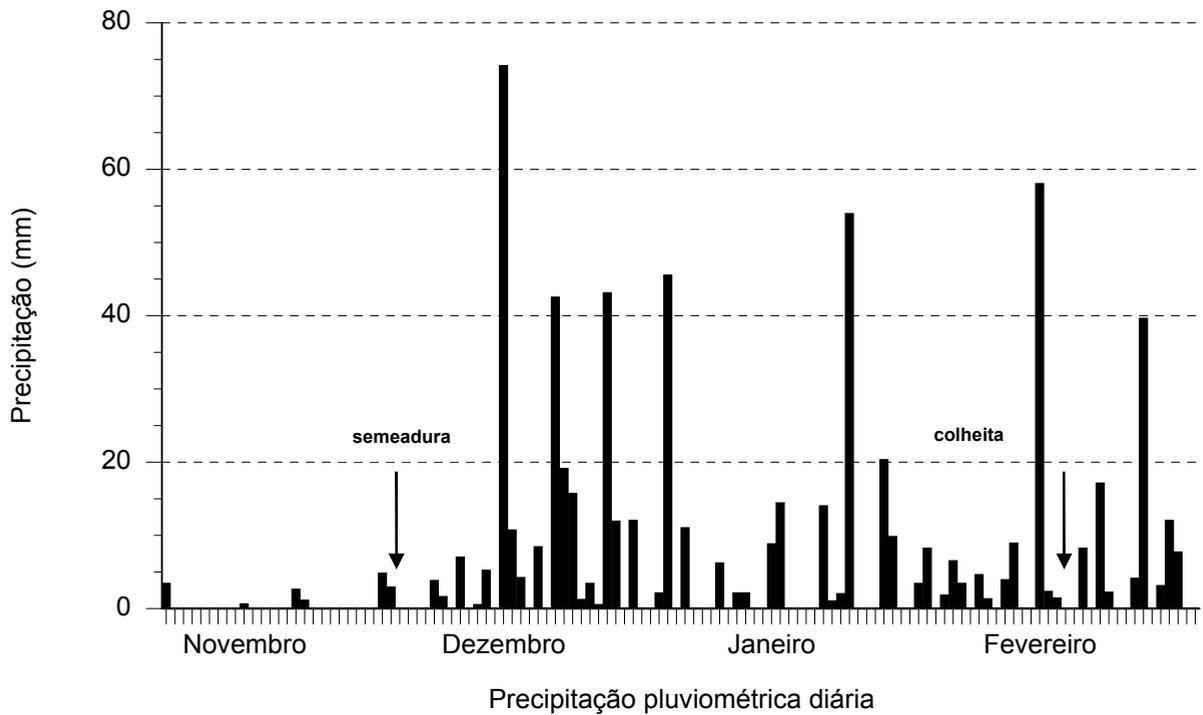


Figura 2. Precipitação pluviométrica diária registrada durante a condução do experimento no município de Iranduba-AM, 2009/2010

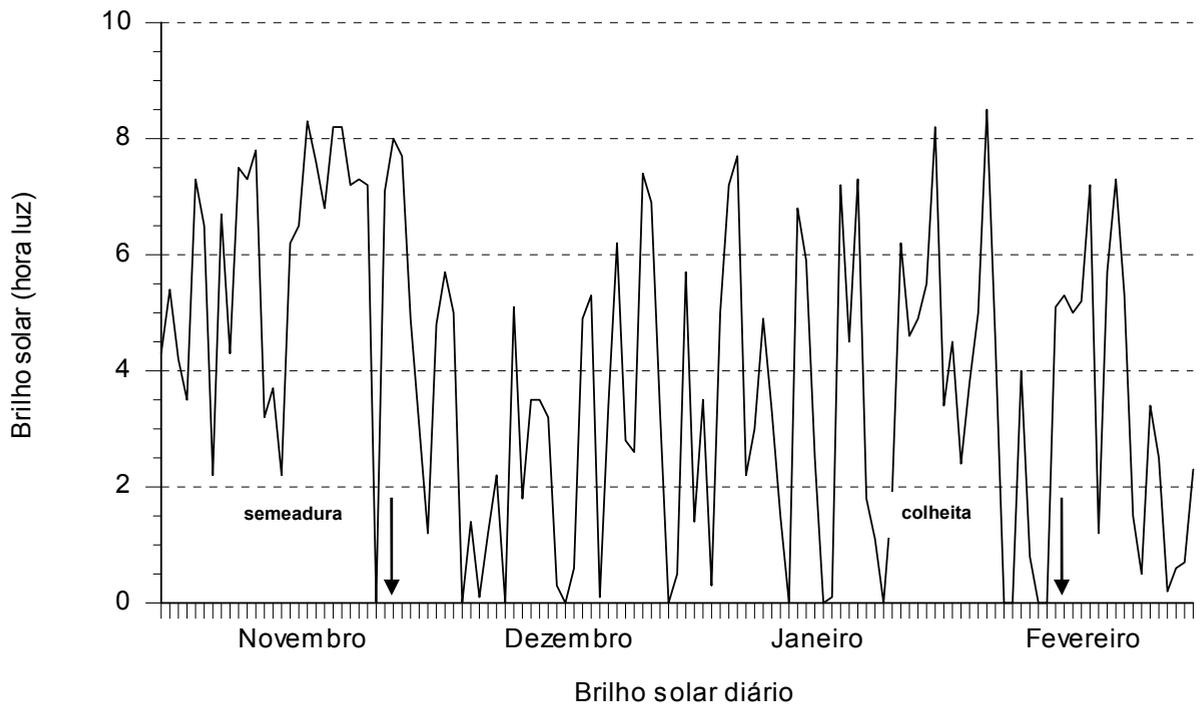


Figura 3. Brilho solar diário registrado durante a condução do experimento no município de Iranduba-AM, 2009/2010

2.3 Preparo do solo e plantio

Antes do preparo do solo foram coletadas amostras para análise físico-química no Laboratório de Química e Física do solo da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) adotando-se a metodologia proposta por Silva, (2009). O solo foi classificado como um Gleissolo Háplico, com alta fertilidade natural e apresentou as seguintes características químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental. Iranduba-AM, 2009 ⁽¹⁾

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V
H ₂ O	————— cmolc/kg —————					—————				%
5,25	12,88	31	0,2	9,80	3,90	3,30	0,30	13,90	17,20	80,80
Granulometria (%)										
Areia total			Silte		Argila		Classe textural			
24,83			58,77		16,40		Areno-argilosa			

(1) Análise realizada no laboratório de Química e Física de solo da UFAM

O solo do local do experimento foi preparado com uma aração seguida de duas gradagens, sem a aplicação de calcário e fertilizante químicos, devido à fertilidade natural do solo de várzea. Em seguida fez-se a semeadura manual do feijão-caupi, cv. Guariba com uso de espeques à profundidade de 0,03 m com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,50 m entre linhas de plantio. Por cova foram colocadas 4 sementes. O desbaste foi feito aos doze dias após a semeadura (DAS) mantendo-se uma planta por cova.

2.4 Delineamento experimental

As parcelas experimentais foram constituídas por 4 linhas de 4 m de comprimento cada, espaçadas 0,50 m entre si. Como área útil da parcela foi considerada as 2 linhas centrais eliminando-se 0,50 m das extremidades.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 2 testemunhas (com e sem capina) e mais 8 herbicidas, sendo 2 em pré-emergência que foram aplicados um dia após a semeadura e 6 herbicidas pós-emergentes aplicados 21 DAS do feijão-caupi. Os tratamentos com herbicidas encontram-se na Tabela 2.

O critério de seleção dos herbicidas utilizados nesta pesquisa foi devido ao fato desses produtos serem registrados para cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ou soja (*Glycine max* L.), com exceção dos herbicidas oxifluorfen e linuron que são recomendados para outras culturas.

Tabela 2. Nome técnico, nome comercial, dose, mecanismo de ação e formulação dos herbicidas utilizados no ensaio de campo. Iranduba-AM. 2009/2010

Nome técnico	Nome comercial	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Mecanismo de ação	Formulação
Bentazon ⁽¹⁾	Basagran	720	Inibidor FS II	CS, 600 g.L ⁻¹
Clethodim ⁽²⁾	Select	108	Inibidor ACCase	CE, 240 g.L ⁻¹
Fluazifop-p-butyl ⁽³⁾	Fusilade	250	Inibidor ACCase	EW, 250 g.L ⁻¹
Fomesafen ⁽⁴⁾	Flex	250	Inibidor PROTOX	SAC, 250 g.L ⁻¹
Linuron ⁽⁵⁾	Afalon	1490	Inibidor FS II	SC 450 g.L ⁻¹
Oxyfluorfen ⁽⁶⁾	Goal BR	960	Inibidor PROTOX	CE 240 g.L ⁻¹
S-metolachlor ⁽⁷⁾	Dual Gold	1200	Inibidor Div.celular	CE 960 g.L ⁻¹
Sulfentrazone ⁽⁸⁾	Boral	600	Inibidor PROTOX	SC 500 g.L ⁻¹

Nome químico dos herbicidas: **(1)** 3-isopropil-1H-2,1,3-benzotiazon-4-(3H)-ona-2,2-dióxido; **(2)** (+/-)-2-[(E)-1[(E)3-chloroallyloxyamino]propyl]-5-[2-(ethylthio)propyl]-3-hidroxy-2-cyclohexen-1-one; **(3)** butil(R)-2-[4-(5-trifluorometil-2-piridiloxi)-fenoxi]-propionato; **(4)** 5-(2-cloro-4-(trifluorometil) fenoxi)-N-metil-sulfonil-2-nitrobenzamida; **(5)** 3-(3,4-diclofenil)-1-metoxi-1-metil uréia; **(6)** 2-chloro-a,a,a-trifluoro-p-tolyl-3-ethoxy-4-nitrophenyl ether; **(7)** (S)-2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl) acetamide + (R)- 2-chloro- N- (2-ethyl- 6- methylphenyl)- N-(2-methoxy-1-methylethyl) acetamide; **(8)** 2',4-dichloro-5-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl) methanesulfonamide (AHRENS, 2007).

Herbicidas pós-emergentes: 1, 2, 3, 4, 6 e 8 e Herbicidas pré-emergentes: 5 e 7

2.5 Aplicação dos herbicidas

Na aplicação dos herbicidas utilizou-se um pulverizador costal provido com válvula de pressão constante de 14 bar e bico XR Teejet 80.03. A quantidade de calda herbicídica foi de 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, o solo encontrava-se úmido, a umidade relativa do ar era alta, a temperatura do ar em torno de 31,3 °C, o

céu nublado e sem ocorrência de ventos fortes. Após a aplicação de cada produto, o pulverizador foi lavado três vezes com detergente líquido e enxaguado com água.

2.6 Características avaliadas

2.6.1 Controle das plantas daninhas

A avaliação de controle das plantas daninhas pelos herbicidas foi realizada com a coleta das plantas aos 7, 15, 23, 30 e 38 dias após aplicação dos produtos (DAA). Para amostragem das plantas daninhas foi utilizado um quadrado de 0,25 m² de área, atirado, aleatoriamente, duas vezes na área útil de cada parcela experimental. As plantas dentro do quadrado foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e levadas para o Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas (LCPD) da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM, onde foram identificadas a família, o gênero e a espécie. Posteriormente, este material foi colocado na estufa de ventilação forçada a 75 °C até atingir peso constante, em seguida pesado em balança analítica e foi determinada a matéria seca.

Para a determinação do nível de controle utilizou-se como critério de avaliação a escala de eficácia e seletividade do controle proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCP), (1995), onde: A = controle excelente ou total; B = controle bom; C = controle moderado; D = controle deficiente e E = ausência de controle.

2.6.2 Fitotoxicidade dos herbicidas

A fitotoxicidade dos herbicidas foi avaliada visualmente, com atribuição de notas de acordo com os sintomas apresentados pelas plantas de feijão-caupi aos 7, 15, 23, 30 e 38 DAA utilizando-se a escala de notas da *European Weed Research Council* (EWRC), (1964), onde: 1 - sem dano; 2 - pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas; 3 – pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas; 4 – forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte do tecido); 5 – necrose de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhadas de deformação em folhas e brotos; 6 – mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrose (deformação); 7 – mais de 80% das folhas e brotos destruídos; 8 – danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas; 9 – morte da planta.

2.6.3 Características agronômicas do feijão-caupi

2.6.3.1 Inserção da primeira vagem

Dez plantas foram medidas a partir da superfície do solo até a inserção da primeira vagem utilizando-se uma régua graduada em centímetros.

2.6.3.2 Número total de vagens

As vagens das plantas da área útil de cada parcela foram colhidas e contadas.

2.6.3.3 Comprimento da vagem

Trinta vagens retiradas ao acaso na área útil foram medidas e as suas médias formaram o valor do tratamento.

2.6.3.4 Número de grãos por vagem

O número total de grãos foi dividido pelas trinta vagens colhidas.

2.6.3.5 Matéria seca das vagens

Trinta vagens foram colhidas nas parcelas, aleatoriamente. Em seguida foram colocadas na estufa de ventilação forçada a 75 °C até atingir peso constante e pesadas em balança analítica.

2.6.3.6 Estande final de plantas

Contagem do número de plantas existentes na área útil das parcelas dos tratamentos no final do experimento.

2.6.3.7 Matéria seca da parte aérea do feijão-caupi

Dez plantas foram cortadas rente ao solo, colocadas em sacos de papel e postas na estufa de ventilação forçada a 75 °C até atingir peso constante e determinada a matéria seca.

2.6.3.8 Produtividade

A colheita ocorreu quando 90% ou mais das vagens estavam maduras. As vagens foram secas a pleno sol e em seguida debulhadas, manualmente. A umidade

dos grãos foi corrigida para 13% (RAS, 2009). Os grãos foram pesados em balança de precisão e o resultado transformado em kg ha^{-1} .

2.7 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* SAEG 9.1. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (Scott e Knott, 1974) a 5% de probabilidade. Os dados referentes às plantas daninhas e as características agronômicas do feijão-caupi foram transformados para raiz ($x+0,5$) para efeito da análise de variância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sobre a precipitação e o brilho solar ocorridos no período de condução do experimento

A distribuição das chuvas é um dos fatores que determinam a melhor época de semeadura do feijão-caupi visando satisfazer as exigências hídricas da cultura para seu pleno desenvolvimento, pois, todos os processos fisiológicos da planta são afetados direta ou indiretamente pelo suprimento de água (CARDOSO et al., 2005).

A alta pluviosidade (Figura 2) ocorrida durante a condução do experimento exerceu influência sobre o crescimento e o desenvolvimento reprodutivo do feijão-caupi. Dos 79 dias de condução do experimento houve precipitação em 43 dias com total de 561 mm, com média de 8 mm/dia distribuídos irregularmente nas fases fenológicas: fase vegetativa (345 mm) e na fase reprodutiva (215 mm) afetando a produtividade, em função da queda das flores e vingamento das vagens. Esta perda no rendimento pode estar associada também à baixa fixação biológica de nitrogênio (FBN) nos solos de várzea, em época de alta precipitação, devido ao encharcamento causado pela má drenagem. A FBN é essencial à cultura do feijão-caupi, principalmente, nas várzeas, onde o nitrogênio é o principal nutriente limitante da produção (ALFAIA et al., 2007).

Com relação ao brilho solar (Figura 3), ao longo da condução do experimento registrou-se 3,4 horas luz dia⁻¹ valor muito abaixo do considerado como determinante para a indução do florescimento no feijão-caupi (PINHO et al., 2005). Neste experimento observou-se o início da floração aos 40 dias após a emergência

das plantas, diferentemente do período verificado por Gonçalves et al. (2009) que foi de 49 dias.

Ainda, em relação ao comportamento das plantas constatou-se também ineficiência no enchimento das vagens (vagens chochas). Possivelmente, em decorrência de problemas na fertilização dos óvulos dentro do ovário ou, devido à falta de carboidratos essenciais para o enchimento dos grãos (LIMA et al., 2009) causada a alteração do fluxo de carboidratos (fonte-dreno) que pode ocorrer nas diversas partes da planta provocada pelas condições climáticas adversas (PINHO et al., 2005).

3.2 Controle de plantas daninhas

Os herbicidas s-metolachlor, sulfentrazone, fluazifop-p-butyl, clethodim, bentazon, oxyfluorfen e linuron controlaram as plantas daninhas (Tabela 3). O mesmo não ocorreu com o tratamento controle sem capina que apresentou maior número de plantas daninhas (375 m^{-2}) e matéria seca ($239, 11 \text{ g m}^{-2}$) da parte aérea (Tabela 3). Das plantas daninhas identificadas neste tratamento 63% eram monocotiledôneas, com predominância de *Paspalum fasciculatum*, *Echinochloa colonum* e *Cynodon dactylon*.

O herbicida s-metolachlor apresentou controle de 100%, não ocorrendo emergência das invasoras em nenhuma das parcelas tratadas com este produto (Tabela 3). A chuva ocorrida 2 dias após a aplicação do herbicida (DAA) favoreceu a disponibilidade do produto no solo mantendo-o na camada onde estavam às sementes e os propágulos vegetativos das plantas daninhas e, apesar de terem

ocorrido precipitações contínuas (Figura 1) durante a fase experimental não houve prejuízo à ação residual do herbicida ao longo o ciclo da cultura.

Tabela 3. Número acumulado de plantas daninhas (NAPD) monocotiledôneas (MONO) e dicotiledôneas (DICO), número total de plantas (NTP), matéria seca total (MST) e nível de controle (NC) de plantas daninhas coletadas em 5 épocas de amostragem no cultivo de feijão-caupi, em área de várzea. Iranduba-AM, 2009/2010

Tratamento	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	NAPD (m ⁻²)		NTP (m ⁻²)	MST (g m ⁻²)	NC ⁽³⁾
		MONO	DICO			
Linuron	1490	130 c (64%) ⁽¹⁾	4 b (56%) ⁽²⁾	134 c (64%)	96,74 c (60%)	C
S-metolachlor	1200	0 d (100%)	0 b (100%)	0 d (100%)	0 d (0%)	A
Bentazon	720	132 c (64%)	3 b (67%)	135 c (64%)	50,49 c (79%)	B
Clethodim	108	156 c (57%)	0 b (0%)	156 c (58%)	41,98 c (82%)	B
Fluazifop-p-butyl	250	132 c (64%)	8 a (11%)	140 c (63%)	40,17 c (83%)	B
Fomesafen	250	237 b (35%)	0 b (0%)	237 b (37%)	166,01 b (31%)	D
Oxyfluorfen	960	141 c (61%)	0 b (0%)	141 c (62%)	92,23 c (61%)	C
Sulfentrazone	600	128 c (65%)	0 b (0%)	128 c (65%)	39,49 c (83%)	B
Controle com capina	0	0 d (100%)	0 b (100%)	0 d (100%)	0 d (0%)	A
Controle sem capina	0	366 a	9 a	375 a	239,11 a	E
Média	-	142,25	2,58	144,83	76,92	
C.V. (%)	-	66,07	96,11	59,64	65,76	

- (1) Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott
- (2) Os dados entre parêntese nas colunas referem-se ao nível de controle em comparação ao tratamento sem capina considerado como 100% de infestação
- (3) Nível de controle escala da SBCPD (1995)

Silva et al. (2007) afirmam que, a quantidade de herbicida perdida pela movimentação no perfil do solo oscila entre 0,1 e 1% do total aplicado e com relação à permanência do s-metolachlor no solo. Ahrens, (2007) e Nunes e Vidal (2008)

afirmam que é variável. Os trabalhos de O' Connell et al. (1998) e Laabs et al. (2002) evidenciaram em condições de campo, que a meia-vida do s-metolachlor ocorreu entre 8 e 85 dias. Portanto, a eficácia de controle das plantas daninhas nas parcelas com o tratamento s-metolachlor pode ser atribuída à alta disponibilidade do herbicida na camada superficial do solo e também à suscetibilidade das infestantes ao produto.

Os herbicidas clethodim e fluazifop-p-butyl controlaram 58 e 63% das plantas daninhas e apresentaram bom nível de controle, com redução de mais de 80% da matéria seca da parte aérea destas plantas (Tabela 3).

O *Cynodon dactylon* foi uma das plantas daninhas que ocorreram nas parcelas tratadas com clethodim e fluazifop-p-butyl, entretanto, por esta ser uma espécie susceptível ao fluazifop-p-butyl houve redução de (83%) do número de plantas desta espécie em comparação com o número de indivíduos encontrados nas parcelas onde se aplicou o clethodim. Estes dados corroboram com os trabalhos de Harwood, (1999); Lopez-Overejo et al. (2006); Machado et al. (2006) e Barroso et al. (2010) que afirmaram, que, herbicidas inibidores de ACCase possuem o mesmo mecanismo de ação, mais podem apresentar diferenças quanto ao espectro de ação no controle de gramíneas entre os diferentes grupos químicos de graminicidas, devido as isoenzimas poderem apresentar pequenas diferenças em seus sítios ativos.

Em relação aos herbicidas inibidores da PROTOX verificou-se que, onde se aplicou o fomesafen, a redução da matéria seca da parte aérea das plantas daninhas foi de 31% inferior ao controle verificado com oxyfluorfen e sulfentrazone que reduziram a matéria seca da parte aérea das plantas daninhas em 61 e 83%,

respectivamente. O nível de controle destes herbicidas pela escala da SBCPD (1995) foi moderado e bom, respectivamente. Já para o fomesafen o controle foi considerado deficiente (Tabela 3).

Os efeitos da fitotoxicidade do fomesafen ao feijão-caupi afetou o desenvolvimento das plantas e causou a morte de alguns indivíduos. Conseqüentemente, houve maior demora no fechamento do dossel e favoreceu a germinação e emergência das plantas daninhas, devido ao menor sombreamento do solo.

No tratamento com oxyfluorfen a população de plantas daninhas foi favorecida pela mortalidade do feijão-caupi e pelo não controle das gramíneas nas parcelas, como o *C. dactylon* e o *Paspalum fasciculatum* que cobriram toda a área tratada com o produto formando uma densa camada vegetal. Entretanto, a competição ocorrida entre as espécies reduziu a matéria seca da parte aérea produzida, a qual foi predominantemente, composta pelo *Cynodon dactylon*.

Em condições de alta infestação, Blanco (1972) ressalta que, o potencial competitivo de cada espécie fica reduzido e que as restrições impostas pelo meio é que influenciam o desenvolvimento das plantas, mais do que o seu próprio potencial genético. Desta forma, é possível que, o *Cynodon dactylon* por ser uma espécie de porte baixo, hábito de crescimento prostrado e reprodução estolonífera tenha se beneficiado das condições ambientais existentes nas áreas tratadas com o oxyfluorfen que favoreceu a sua maior abundância em relação a outras plantas daninhas presentes nestas parcelas.

Com relação ao tratamento com bentazon, o controle das plantas daninhas foi superior aos tratamentos controle sem capina e com aplicação do fomesafen. A

redução da matéria seca da parte aérea das plantas daninhas foi de 79% indicando um bom nível de controle (Tabela 3).

3.3 Fitotoxicidade dos herbicidas ao feijão-caupi

O feijão-caupi não apresentou tolerância aos herbicidas linuron e oxyfluorfen tendo ocasionado clorose e necrose das folhas aos 4 DAA com morte total das plantas aos 7 DAA (Tabela 4).

O tratamento com bentazon nas avaliações aos 7 e 15 DAA (Tabela 4) ocasionou pequenas descolorações nas folhas da cultura, mas sem necrose e não inibiu a emissão e expansão de novas folhas e nem o crescimento das plantas. A metabolização do princípio ativo do herbicida pelas plantas de feijão-caupi (CONNELLY et al., 1988) reduziu gradativamente os efeitos da fitotoxicidade do produto e aos 23 DAA não foram observadas mais injúrias visíveis.

De modo semelhante Freitas et al. (2010) verificaram moderada intoxicação do feijão-caupi, cultivar BRS 16, também tratada com bentazon na dose ($1,2 \text{ L ha}^{-1}$), com desaparecimento dos sintomas nas avaliações realizadas aos 16 e 30 DAA.

A existência de genótipos tolerantes e suscetíveis ao bentazon é relatada por Connelly et al. (1988), cuja principal causa da suscetibilidade está relacionada com as taxas de metabolização do produto. Em genótipos tolerantes, 80 a 90% do produto foi metabolizado em 24 horas após a aplicação e foram transformados em conjugados de glucosil de 6 e 8-hidroxibentazon. Enquanto que, os genótipos suscetíveis apresentaram taxas de metabolização entre 10 a 15%, sem produzir conjugados de hidroxibentazon.

Tabela 4. Fitotoxicidade em plantas de feijão-caupi em 5 épocas de avaliação após a aplicação dos herbicidas em área de várzea. Iranduba-AM, 2010

Tratamento	Épocas de avaliação				
	Dias após a aplicação (DAA)				
	7	15	23	30	38 ⁽¹⁾
Linuron	9	9	9	9	9
S-metolachlor	1	1	1	1	1
Bentazon	3	2	1	1	1
Clethodim	3	3	2	1	1
Fluazifop-p-butyl	3	2	1	1	1
Fomesafen	6	4	3	2	1
Oxyfluorfen	9	9	9	9	9
Sulfentrazone	3	1	1	1	1
Testemunha com capina	1	1	1	1	1
Testemunha sem capina	1	1	1	1	1

⁽¹⁾ Fitotoxicidade de acordo com EWCR (1964)

A aplicação do clethodim provocou fitotoxicidade ao feijão-caupi até 23 DAA (Tabela 4) ocasionando injúrias como a descoloração, necrose foliar e morte de algumas plantas. A partir dos 30 DAA as plantas remanescentes não apresentaram sintomas visíveis de intoxicação. Já o fluazifop-p-butyl que também é um herbicida inibidor da ACCase causou fitotoxicidade até os 15 DAA (Tabela 4).

Resultados contrários aos encontrados neste trabalho foram obtidos por Freitas et al. (2010), que aplicaram 5 herbicidas inibidores da ACCase em soja, cv.

Conquista visando o controle de plantas daninhas e constataram alta seletividade desta classe de herbicidas a cultura sem causar fitotoxicidade as plantas de soja com nenhuma das doses avaliadas.

O tratamento com s-metolachlor não ocasionou danos visíveis ao feijão-caupi, em nenhuma das épocas avaliadas (Tabela 4) indicando que a cultivar Guariba apresentou tolerância a este herbicida. Outras evidências de tolerância a este herbicida também foram reportados por Freitas et al. (2010), em estudo de seletividade de herbicidas para o feijão-caupi, onde verificaram que, a cultivar BRS 16 apresentou tolerância ao s-metolachlor sem causar danos nas épocas avaliadas. Em *Phaseolus vulgaris* os sintomas de fitotoxicidade são pouco freqüentes e sua ocorrência é favorecida por situações adversas, como chuvas fortes e mesmo ocorrendo efeitos fitotóxicos estes são temporários e não causam implicações no crescimento e na produtividade final, devido à alta seletividade do princípio ativo a cultura (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

A não ocorrência de fitotoxicidade do s-metolachlor no feijão-caupi observada neste trabalho, pode estar relacionada à emergência das plantas aos 4 DAS, pois, para Cottingham e Hatzios (1992) quanto mais rápido ocorrer à emergência das culturas sensíveis ao produto menor será a sua absorção. Além disso, as temperaturas amenas ocorridas durante o período de execução do experimento podem ter contribuído para o intenso metabolismo das plantas o que favoreceu a detoxificação do s-metolachlor pela conjugação com glutathione que ocorre poucas horas após a absorção (AHRENS, 2007).

O herbicida sulfentrazone provocou pequenas descolorações nas plantas aos 7 DAA, porém, a partir dos 15 DAA até o final do ciclo da cultura não apresentou

danos visíveis e não afetou o crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas. Já o oxyfluorfen causou mortalidade total das plantas e o fomesafen reduziu o estande e a produtividade. Possivelmente, a rápida metabolização do sulfentrazone pelo feijão-caupi por meio da degradação oxidativa realizada pela enzima peroxidase, como forma de detoxificação das plantas (EL NAGGAR et al., 1992), não ocasionou a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) e evitou a oxidação dos tecidos causador do rompimento das membranas (FINCK e KUNERT, 1985) o que não ocorreu com os outros herbicidas inibidores da PROTOX utilizados no experimento.

Com relação ao fomesafen verificou-se que aos 7 DAA já havia ocorrido à destruição de mais de 80% da área foliar e a mortalidade de algumas plantas (Tabela 4). Aos 23 DAA as plantas que sofreram injúrias já apresentaram sintomas de fitotoxicidade menos intenso e ocorreu à emissão e expansão de novas folhas saudas. Aos 38 DAA não foram mais observados sintomas de fitotoxicidade nas plantas (Tabela 4).

As plantas tolerantes ao fomesafen apresentaram menor crescimento e retardamento do período de floração em 10 dias comparando-se com a época da floração dos tratamentos controle. Freitas et al. (2010) constataram que o fomesafen aplicado isolado ou em mistura com fluazifop-p-butyl casou severa fitotoxicidade aos 16 DAA com posterior redução da injúria e atraso na floração.

Em trabalhos realizados em casa-de-vegetação, Fontes et al. (2010) relataram a tolerância do feijão-caupi, cv. Guariba, ao fomesafen até o estágio fenológico V3. Melo (2009) observou o aumento da tolerância de cultivares de feijão-caupi ao fomesafen a partir do estágio V4. Frazão, (2006); Almeida, (2007), e

Oliveira et al. (2008) trabalharam com variedades de feijão-caupi e observaram tolerância diferenciada ao fomesafen. Estes resultados indicaram a existência de variedades de feijão-caupi susceptíveis e tolerantes ao fomesafen. De acordo com Frear et al. (1983) diferenças na velocidade de metabolização dos difeniléteres é o indicador de tolerância e suscetibilidade das plantas. Assim, plantas que metabolizam o produto muito lentamente são susceptíveis e as que o metabolizam rapidamente são tolerantes.

3.4 Efeito dos tratamentos sobre as características agronômicas do feijão-caupi

Os herbicidas s-metolachlor, bentazon, fluazifop-p-butyl, sulfentrazone diferiram do tratamento controle, sem capina em relação ao número total de vagens, a matéria seca de vagens, estande final, matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos (Tabela 5).

Estes resultados podem ser atribuídos à ausência ou a baixa fitotoxicidade inicial desses produtos (Tabela 4), a maior produção de vagens, grãos por vagem e estande final (Tabela 5).

Os tratamentos com os herbicidas clethodim e fomesafen não diferiram do tratamento controle sem capina em relação às características, número total de vagens, matéria seca de vagens, estande final e produtividade. Esta última teve uma redução de 54 e 66%, respectivamente (Tabela 5). Os resultados mostraram a baixa tolerância da cv. Guariba a estes herbicidas nas condições de várzea.

Tabela 5. *Screening* de herbicidas sobre a inserção da primeira vagem (IV), número total de vagens (NTV), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), matéria seca de vagens (MSV), estande final (EF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PROD) de feijão-caupi em área de várzea. Iranduba-AM. 2010

Tratamento	Dose (g i.a.ha ⁻¹)	IV (cm)	NTV	CV (cm)	NGV	MSV (g)	EF (planta m ⁻¹)	MSPA (g m ⁻²)	PROD (kg ha ⁻¹)
Linuron	1490	0 b	0, c ¹	0 b	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c
S-metolachlor	1200	41 a	83 a	14 a	8 a	39 a	4 a	477,10 a	216,77 a
Bentazon	720	45 a	84 a	13 a	8 a	41 a	4 a	472,18 a	242,18 a
Clethodim	108	39 a	29 b	14 a	8 a	14 b	3 b	370,00 a	72,35 b
Fluazifop-p-butyl	250	40 a	74 a	14 a	8 a	35 a	4 a	433,08 a	196,96 a
Fomesafen	250	33 a	38 b	14 a	9 a	18 b	3 b	400,20 a	97,02 b
Oxyfluorfen	960	0 b	0 c	0 b	0 b	0 c	0 c	0,00 c	0,00 c
Sulfentrazone	600	42 a	105 a	16 a	9 a	52 a	4 a	548,45 a	276,49 a
Controle com capina	0	39 a	89 a	14 a	7 a	43 a	4 a	519,64 a	211,43 a
Controle sem capina	0	44 a	48 b	13 a	7 a	25 b	2 b	233,20 b	141,21 b
Média	-	32	54,92	11,32	6,44	26,77	2,77	345,38	145,44
C.V. (%)	-	7,57	19,09	5,98	9,18	20,70	10,92	16,124	27,33

(1) Médias com mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott knott

A produtividade foi afetada pela fitotoxicidade destes dois produtos às plantas de feijão-caupi (Tabela 4), as quais apresentaram clorose e necrose que resultou na destruição de 80% da área foliar e causou a morte de plantas, com efeitos diretos sobre a produção de vagens e redução do estande final.

4 CONCLUSÕES

O s-metolachlor controlou 100% das plantas daninhas na área experimental.

Os herbicidas bentazon, clethodim, fluazifop-p-butyl, linuron, oxyfluorfen e sulfentrazone reduziram mais de 50% da matéria seca das plantas daninhas.

As plantas de feijão-caupi toleraram os herbicidas s-metolachlor, bentazon, fluazifop-p-butyl, clethodim e sulfentrazone. Entretanto, foram suscetíveis ao linuron, oxyfluorfen e quanto ao fomesafen sofreu forte injúria e reduziu o estande final a metade.

As maiores produtividades foram obtidas com as plantas que receberam os tratamentos bentazon, s-metolachlor e sulfentrazone, além do controle com capina.

5 REFERÊNCIAS

- AHRENS, W. H. **Herbicide Handbook**. 9th edition. Weed Science Society of America, p. 372, 2007.
- ALFAIA, S. S. et al. Características químicas dos solos de várzea em diversos sistemas de uso da terra ao longo da calha dos rios Solimões – Amazonas. In: NODA, S. N. **Agricultura familiar na Amazônia das águas**. Manaus: EDUA. 2007. p. 67–89, 2007.
- ALMEIDA, D. F. **Efeitos de herbicidas sobre o crescimento de *Brady rhizobium* em cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.(Walp))**. 2007. 53 f. Monografia (graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2007.
- BARROSO, A. L. L. et al. Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 149-157, 2010.
- BLANCO, H. G. A. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. **O Biológico**, Campinas, v. 38, n. 10, p. 343-350, 1972.
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e Manejo de Plantio. In: FILHO, F. R. F.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 211-228, 2005.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento brasileiro de safra de grãos 2007/2008**: décimo primeiro levantamento, agosto de 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 25 de abril de 2009.
- CONNELLY, J. A. et al. Bentazon metabolism in tolerant and susceptible soybean (*Glycine max*) genotypes. **Weed Science**, v. 36, p. 417-423, 1988.
- COTTINGHAM, C.K.; HATZIOS, K.K. Basis of differential tolerance of two corn hybrids (*Zea mays*) to metolachlor. **Weed Sci.**, v.40, n.3, p.359-363, 1992.
- CRAVO, M. S. et al. Sistema de cultivo. In: ZILLI, J. R.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, p. 59-104, 2009.
- EL NAGGAR, S. F. et al. Metabolism of clomazone herbicide in soybean. **J. Agric. Food Chem.** v. 40, p. 880-883, 1992.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL –EWRC. **Committee of Methods in Weed Research**. Oxford, v. 4, p. 88. 1964.

FINCK, B. F.; KUNERT, K. J. Vitamins C and E: Na antioxidative system against herbicide - induced lipid peroxidation in higher plants. **J. Agric. Food Chem.** v. 33, p. 574-577, 1985.

FONTES, J. R. A. GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R. Fases fenológicas do feijão-caupi e tolerância ao fomesafen. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Anais..** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2010, p. 1946-1949, CD-ROM.

FRAZÃO, H. O. Tolerância de leguminosas de cobertura do solo e de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) a herbicidas pós-emergentes. 2001. 78f. **Dissertação** (Mestrado em agronomia tropical), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

FREAR, D. S.; SWANSON, H. R.; MANSAGER, E. R. Acifluorfen metabolism in soybean: diphenylether bond cleaves and the formation homogluthione, cysteine and glucose conjugates. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 20, p. 299-310, 1983.

FREITAS, F. C. L. et al. Seletividade de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Anais..** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2010, p. 1748-1752, 2010.

GONÇALVES, J. R. P. et al. Comportamento de genótipos semi-erectos e erectos de feijão-caupi em ecossistema de várzea amazônica. **Anais..** II Congresso Nacional de Feijão-caupi: Da agricultura de subsistência ao agronegócio. Belém. p. 384-388, 2009.

HARWOOD, J. L. Graminicides which inhibit lipid synthesis. **Pest Outlook**, v. 10, n. 4, p. 154-158, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento da área territorial oficial do Brasil.** 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 de agosto de 2009.

LAABS, V. et al. Fate of pesticides in tropical soils of Brazil under field conditions. *J. Environ. Qual.*, v. 31, n. 1, p. 256-268, 2002.

LIMA, E. V. et al. Características agronômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja “safrinha” sobre semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 069-080, 2009.

LOPEZ-OVEREJO, R. J. et al. Suscetibilidade comparativa a herbicidas pós-emergentes de biótipos de *Digitaria ciliaris* resistentes e suscetível aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 789-796, 2006.

MACHADO, A. F. L. et al. Misturas de herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 107-114, 2006.

MELO, M. S. Tolerância do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em diferentes estádios fenológicos ao fomesafen. Relatório final, UFAM, 21f, 2009.

NODA, H. et al. Agricultura e extrativismo vegetal nas várzeas da Amazônia. In: Sandra Noda do Nascimento (org.). **Agricultura familiar na Amazônia das águas**. Manaus: EDUA. p. 91-146, 2007.

NUNES, A. L. & VIDAL, R. A. Persistência do herbicida s-metolachlor associado ao glyphosate ou paraquat em plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 385-393. 2008.

O'CONNELL, P. J., HARMS, C. T., ALLEN, J. R. F. Metolachlor, s-metolachlor and their role within sustainable weed-management. **Crop Protection**, Surrey, v. 17, n. 3, p. 207-212, 1998.

OLIVEIRA, O. M. S. et al. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3. p. 523-530, 2010.

OLIVEIRA, O. M. S.; SILVA, J. F. Tolerância de variedades conservadas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao fomesafen. In: XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das plantas daninhas, 2008, Ouro Preto. **Anais..** Ouro Preto. Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas: Embrapa Milho e Sorgo, CD-ROM, 2008.

PINHO, J. L. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; GONÇALVES, J. A. Aspectos fisiológicos. In: FILHO, F. R. F.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 191-210, 2005.

RAS. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, p. 399, 2009.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 5ª ed. Londrina, p. 592, 2005.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e Mecanismo de Ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, p. 83-148, 2007.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV. p. 367, 2007.

SILVA, F. C. (Ed.) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 627 p., 2009.

SILVA, J. F. **Influência de herbicidas no crescimento e anatomia da epiderme foliar de plantas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Spreng) e leguminosas em consórcio.** 1999. Tese (Doutorado em Botânica), INPA, Manaus, 1999.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para a instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.** Londrina: p. 42, 1995.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: 2002. 448p.

CAPÍTULO 2 - SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES NA LAVOURA DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Resumo

A interferência das plantas daninhas é considerada um dos principais fatores responsáveis por perda de produtividade das culturas que podem ser de até 90%. O controle das plantas infestantes com herbicidas pode ser mais eficaz e com menor custo de produção, comparado ao controle mecânico, com capinas. Entretanto, ainda não existem produtos registrados no MAPA para a lavoura de feijão-caupi e as pesquisas sobre o uso de herbicidas nessa cultura ainda são escassos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas pós-emergentes sobre a produtividade e o controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. A comunidade infestante da área experimental foi constituída por 71% de espécies dicotiledôneas e 29% de monocotiledôneas. O bentazon e o fomesafen proporcionaram controle das plantas daninhas pela redução de mais de 50% da matéria seca da parte aérea das plantas. O fluazifop-p-butyl e o clethodim não foram eficazes no controle das plantas daninhas presentes. O feijão-caupi foi tolerante aos herbicidas bentazon, fluazifop-p-butyl e clethodim e suscetível ao fomesafen na dose recomendada e superiores. Nas doses de 25 e 50 % da dose recomendada o fomesafen controlou as plantas daninhas, mais causou leve injúria ao feijoeiro. As melhores produtividades de feijão-caupi foram obtidas com a aplicação de 360; 62,5; 125 e 108 g ha⁻¹ de bentazon, fomesafen, fluazifop-p-butyl e clethodim, respectivamente.

Palavras-chave: bentazon, fomesafen, fluazifop-p-butyl, clethodim, fitotoxicidade

ABSTRACT

The weed interference is considered one of the main factors responsible for loss of crop productivity that can be up to 90%. Control of weeds with herbicides may be more effective and lower cost of production, compared to control mechanical weeding with. However, there are no products registered in *MAPA* for the cowpea crop and research on the use of herbicides in this culture are still scarce. The aim of this study was to evaluate the selectivity of post-emergence herbicides on yield and weed control in the cultivation of cowpea. The weed community of experimental area comprised 71% of dicotyledonous and 29% of monocotyledonous species. The fomesafen bentazon and weed control provided by the reduction of more than 50% of the dry matter of the shoot. The fluazifop-p-butyl and clethodim were not effective in controlling weeds. The cowpea was tolerant to herbicides bentazon, fluazifop-p-butyl and clethodim fomesafen and susceptible to the recommended dose and higher. At doses of 25 and 50% of the recommended dose fomesafen controlled weeds, most caused slight injury to bean. The best yields of cowpea were obtained with the application of 360, 62.5, 125 and 108 g ha⁻¹ of bentazon, fomesafen, fluazifop-p-butyl and clethodim, respectively.

Keywords: bentazon, fomesafen, fluazifop-p-butyl, clethodim, phytotoxicity

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa granífera, muito utilizada na alimentação humana como fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, carboidratos e fibras para as populações tropicais e subtropicais. Sua importância sócio-econômica é destacada pelos mais de 11 milhões de hectares cultivados em todo mundo, com destaque para o continente africano como principal produtor (FREIRE FILHO et al., 2005; SOUZA, et al., 2005).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com cerca de 1.500.000 hectares/ano, tendo as regiões Nordeste e Norte como as maiores produtoras desta cultura (RODRIGUES et al., 2004; FREIRE FILHO et al., 2005).

Em todos os Estados da Região Norte há cultivo de feijão-caupi. Nos Estados do Pará, Amazonas, Amapá e Roraima a produção de feijão-caupi atinge praticamente 100% da área cultivada (CRAVO et al., 2009; FILGUEIRAS et al., 2009). Entretanto, a produtividade média ainda é baixa, devido ao nível tecnológico empregado na cultura (MATOS et al., 1991; OLIVEIRA, 2010) este segundo afirma também que a interferência das plantas daninhas é um dos principais problemas encontrados, podendo causar perdas de produtividade de até 90%.

O controle mecânico das plantas daninhas com capinas manuais é o método tradicionalmente utilizado e pode onerar os custos de produção em mais de 40% com (SILVA, 1999), além de ser uma prática desconfortável devido às condições climáticas da região, com elevada temperatura e umidade (SILVA et al., 2003). Por outro lado, o controle químico e seletivo com herbicidas é considerado o método mais adequado para a solução deste problema devido à sua elevada eficiência, a

qual permite a execução dessa operação agrícola em tempo oportuno e de forma satisfatória (SILVA et al., 2007). Entretanto, ainda não existem herbicidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura do feijão-caupi que possam ser utilizados sem causar danos que resultem no comprometimento da produção final (FREITAS et al., 2009).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a seletividade de quatro herbicidas pós-emergentes sobre a produtividade e o controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização climática da área experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2010, em uma área do setor de produção vegetal da Fazenda Experimental da UFAM localizada na BR 174, km 38, município de Manaus-AM, na latitude 02^o38'69" S, longitude 060^o03'18" W (Figura 1) e altitude 88 m.

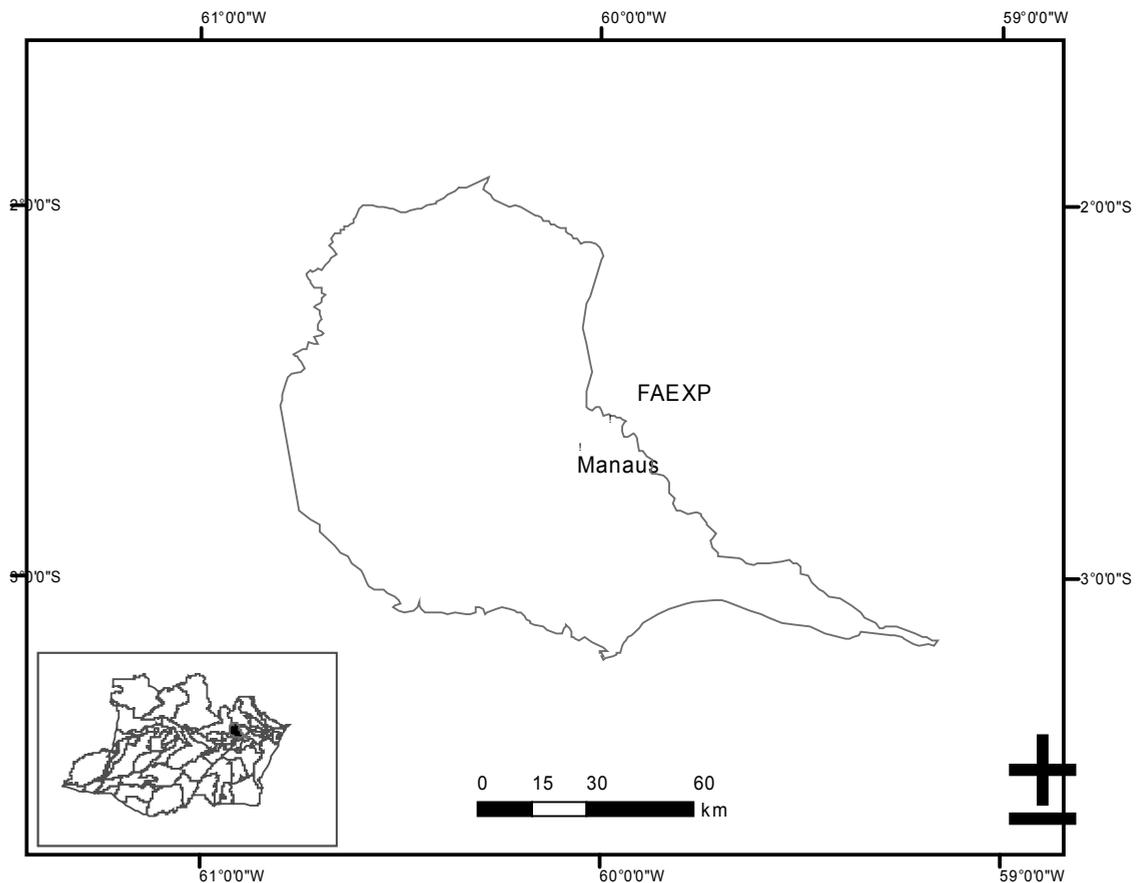


Figura 1. Localização geográfica da Fazenda Experimental da UFAM. Manaus–AM, 2010

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima do local do experimento é do tipo Ami (COSTA, 1994). A temperatura média durante o período de condução do experimento foi de 31 °C e precipitação média de 14 mm. Os dados meteorológicos de precipitação e de temperaturas máximas e mínimas no período de execução do trabalho foram obtidos com termômetro e pluviômetro instalado na área experimental (Figura 2).

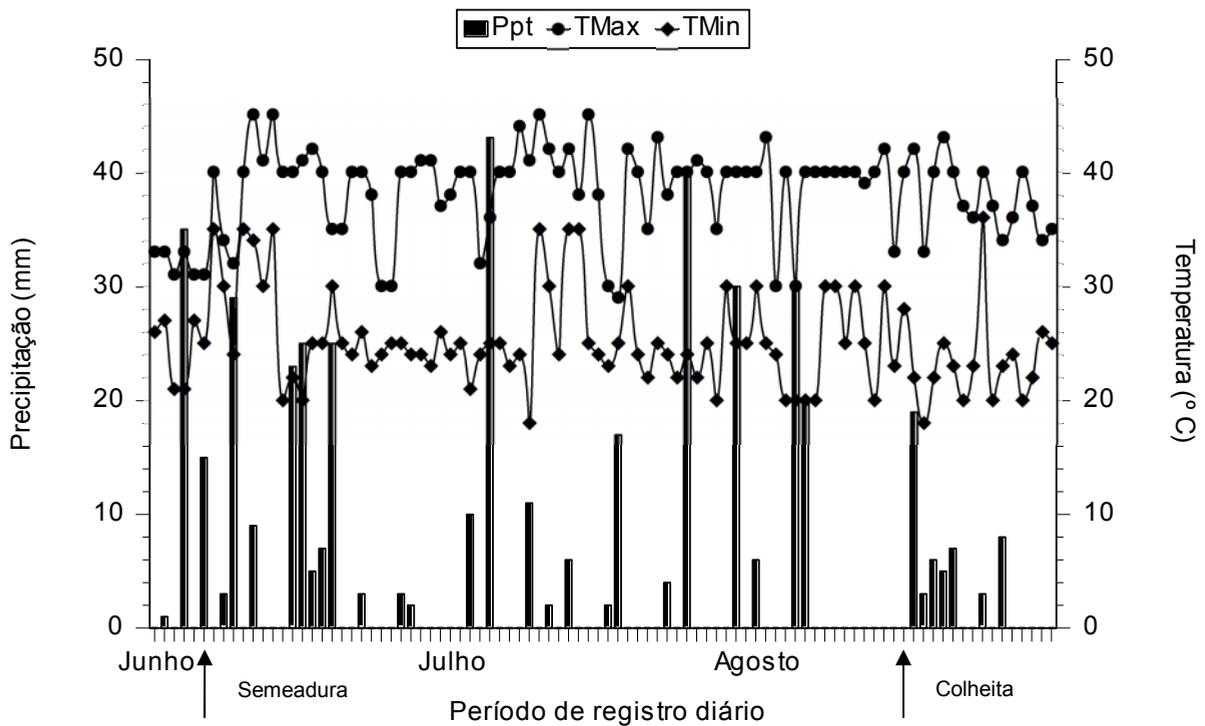


Figura 2. Precipitação (Ppt), temperatura máxima (TMax) e temperatura mínima (TMin) registrada diariamente durante a condução do experimento de campo. Manaus-AM, 2010

2.2 Preparo do solo e plantio

Amostras de solo na profundidade de 0 a 0,20 m foram coletadas para análise físico-química no Laboratório de Química e Física do solo da UFAM (Tabela 1). O solo foi preparado com uma aração e duas gradagens. Em seguida aplicou-se e incorporou-se, manualmente, 300 kg de calcário dolomítico. Após 30 dias da calagem o solo foi adubado com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de super fosfato triplo e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio. A calagem e a adubação química seguiram as recomendações para a cultura do feijão-caupi proposta por Melo et al. (2005) com base nos resultados da análise química do solo.

A semeadura do feijão-caupi foi manual, colocando-se 4 sementes por cova, a uma profundidade de 0,03 m, espaçadas 0,10 m entre plantas e 0,5 m entre linhas. Após 10 dias da semeadura fez se o desbaste deixando uma planta por cova.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental. Manaus-AM, 2010 ⁽¹⁾

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V
H ₂ O	cmolc/kg									%
5,04	40,70	3	0,11	1,10	1,0	7,01	0,75	2,21	9,22	24
Granulometria (%)										
Areia total			Silte		Argila		Classe textural			
12,23			16,17		71,60		Muito Argilosa			

⁽¹⁾ Análise realizada no laboratório de Química e Física do solo da UFAM, segundo método preconizado por Silva (2009).

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial (4 x 6), com quatro repetições, sendo o primeiro fator constituído pelos herbicidas e o segundo fator pelas doses dos mesmos, que correspondem a 0, 25, 50, 100, 200 e 400% da dose comercial recomendada de cada produto (Tabela 2).

O critério de seleção dos herbicidas utilizados nesta pesquisa foi devido serem produtos registrados para cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ou soja (*Glycine max* L.).

Tabela 2. Nome técnico, nome comercial, doses, mecanismo de ação e formulação de herbicidas registrados para feijoeiro comum e aplicados em pós-emergência de feijão-caupi. Manaus-AM, 2010

Nome técnico	Nome comercial	Doses (g i.a. ha ⁻¹)						Mecanismo de ação	Formulação
		0	180	360	720	1440	2880		
Bentazon ⁽¹⁾	Basagran	0	180	360	720	1440	2880	Inib. FS II	CS, 600 g.L ⁻¹
Fomesafen ⁽²⁾	Flex	0	62,5	125	250	500	1000	Inib. Protox	SAC, 250 g.L ⁻¹
Fluazifop-p-butyl ⁽³⁾	Fusilade	0	62,5	125	250	500	1000	Inib. Accase	EW, 250 g.L ⁻¹
Clethodim ⁽⁴⁾	Select	0	27	54	108	216	432	Inib.Accase	CE, 240 g.L ⁻¹

Nome químico dos herbicidas (AHRENS, 2007): **(1)** 3-isopropil-1H- 2,1,3-benzotiazin-4-(3H)-ona-2,2-dióxido; **(2)** 5-(2-cloro-4-(trifluorometil) fenoxi)-N-metil-sulfonil-2-nitrobenzamida; **(3)** butil(R)-2-[4-(5-trifluorometil-2-piridiloxi)-fenoxi]-propionato; **(4)** (+/-)-2-[(E)-1-[(E)3-chloroallyloxyamino]propyl]-5-[2-(ethylthio)propyl]-3-hidroxy-2-cyclohexen-1-one

As parcelas experimentais foram constituídas de 4 linhas de 5 m de comprimento cada, espaçadas a 0,5 m entre si. A área útil das parcelas foi constituída pelas duas linhas centrais eliminando-se 0,5 m das extremidades.

2.4 Aplicação dos herbicidas

Na aplicação dos herbicidas utilizou-se um pulverizador costal provido com válvula de pressão constante de 14 bar e bico XR Teejet 80.03. A quantidade de calda herbicídica foi de 200 L ha⁻¹ para cada dose. No momento da aplicação, o solo encontrava-se úmido, a umidade relativa do ar era de 87%, a temperatura do ar

estava em torno de 27,7 °C, o céu estava nublado e sem ocorrência de ventos fortes . Após a aplicação de cada produto, o pulverizador foi lavado três vezes com detergente líquido e enxaguado com água. A seqüência da aplicação dos herbicidas foi sempre da menor para a maior dose. A aplicação dos tratamentos foi aos 21 dias após a semeadura (DAS) do feijão-caupi.

2.5 Características avaliadas

2.5.1 Controle das plantas daninhas

A avaliação da eficácia dos herbicidas foi realizada com a coleta das plantas daninhas aos 28 dias após a aplicação dos produtos (DAA) utilizando-se um quadrado de madeira de 0,40 m de cada lado, o qual foi lançando, aleatoriamente, por duas vezes dentro da área útil de cada parcela experimental. As plantas que ficaram dentro do quadrado foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e levadas para o Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas (LCDP/UFAM), onde foram colocadas na estufa de ventilação forçada a 75 °C até atingirem peso constante e, posteriormente, foi determinada a matéria seca.

2.5.2 Fitotoxicidade dos herbicidas

A fitotoxicidade dos herbicidas foi avaliada visualmente, com atribuição de notas de acordo com os sintomas apresentados pelas plantas de feijão-caupi aos 7, 14 e 21 DAA com base na escala de notas da *European Weed Research Council* (EWRC), (1964), onde: 1 - sem dano; 2 - pequenas alterações (descoloração, deformação)

visíveis em algumas plantas; 3 – pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas; 4 – forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte do tecido); 5 – necrose de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhadas de deformação em folhas e brotos; 6 – mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrose (deformação); 7 – mais de 80% das folhas e brotos destruídos; 8 – danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas e 9 – morte da planta.

2.5.3 Determinação da área foliar (AF), da matéria seca da parte aérea (MSPA) e do índice de área foliar (IAF)

A coleta das plantas de feijão-caupi para determinar a área foliar, a matéria seca da parte aérea e para calcular o índice de área foliar (IAF) foi realizada aos 21 DAA, em duas plantas da área útil de cada parcela experimental. As plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e levadas para o laboratório, onde foram seccionadas as folhas para medir a área foliar no equipamento *Area Meter*, marca LI-COR, modelo 3050A. Em seguida, as folhas e os caules foram colocados para secar em estufa de ventilação forçada a 75 °C até atingirem peso constante. Estes materiais, após serem retirados da estufa foram colocados em dessecador por 30 minutos e depois pesados.

O IAF foi calculado pela razão entre a área das folhas das plantas de feijão (m^{-2} de área foliar por m^{-2} de solo) e a área da superfície do solo ocupada por estas plantas.

2.5.4 Características agronômicas do feijão-caupi

2.5.4.1 Comprimento da vagem

Considerou-se a média de 30 vagens (cm) coletadas das plantas da área útil de cada parcela

2.5.4.2 Número de grãos por vagem

Foi obtido dividindo-se o número total de grãos das 30 vagens pelo número de vagens

2.5.4.3 Matéria seca das vagens

Trinta vagens foram colhidas aleatoriamente nas parcelas e em seguida foram colocadas na estufa de ventilação forçada a 75 °C até atingir peso constante e pesadas em balança analítica

2.5.4.4 Inserção da primeira vagem

Dez plantas foram medidas em cada parcela a partir da superfície do solo até a inserção da primeira vagem utilizando-se uma régua graduada em centímetros

2.5.4.5 Produtividade

A colheita ocorreu quando 90% ou mais das vagens estavam maduras. As vagens foram secas a pleno sol e em seguida foram debulhadas, manualmente. A umidade dos grãos foi corrigida para 13% (RAS, 2009). Os grãos foram pesados em balança de precisão e o resultado transformado em kg ha⁻¹

2.5.4.6 Peso de 1000 grãos

Para determinação do peso de 1000 grãos adotou-se a metodologia proposta pela RAS (2009)

2.6. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAEG 9.1. Todas as características foram submetidas à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a seleção da equação que melhor se ajustou aos dados originais para cada característica avaliada foi utilizado o *software Table Curve*, sendo que, a escolha foi determinada em função dos modelos que melhor se ajustaram aos dados originais, pelo teste F a 5% de probabilidade, pelo maior coeficiente de determinação (R^2), pela equação mais simples e que melhor explicasse o fenômeno biológico observado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Controle das plantas daninhas

A comunidade infestante foi constituída por 71% de espécies dicotiledôneas e 29% de monocotiledôneas. As dicotiledôneas foram: *Amaranthus spinosus* (Amaranthaceae), *Mimosa pudica* (Fabaceae), *Spermacoce verticillata* (Rubiaceae), *Stachytarpheta cayennensis* (Verbanaceae) e as monocotiledôneas foram *Cynodon dactylon* (Poaceae) e *Rhynchospora nervosa* (Cyperaceae). Estes dados assemelham-se aos obtidos por Freitas et al. (2009) que em estudo de interferência das plantas daninhas na cultura do feijão-caupi verificaram que 63% da comunidade infestante era constituída por dicotiledôneas e 37% de monocotiledôneas.

A Aplicação de bentazon reduziu a matéria seca da parte aérea das plantas daninhas de 114,30 g m⁻² (dose zero) para 37,27 g m⁻² (dose 2880 g ha⁻¹), com uma redução máxima equivalente a 33%. Machado et al. (2006) verificaram na cultura do feijoeiro uma redução de apenas 29% da matéria seca das espécies dicotiledôneas *C. didymus*, *G. parviflora*, *Amaranthus* sp., *E. heterophylla*, *L. virginicum* e *S. americanum* com mistura fluazifop-p-butyl + bentazon (125+480 g ha⁻¹). Freitas et al. (2009) constataram que o imazamox + bentazon, fomesafen + bentazon foram eficientes no controle das espécies dicotiledôneas: *Commelina bengalensis*, *Alternanthera tenella*, *Talinum paniculatum* e *Amaranthus* sp. Mas aplicado isoladamente o bentazon foi ineficiente no controle de *Alternanthera tenella*, assim como ocorreu com *Amaranthus spinosus* nesta pesquisa.

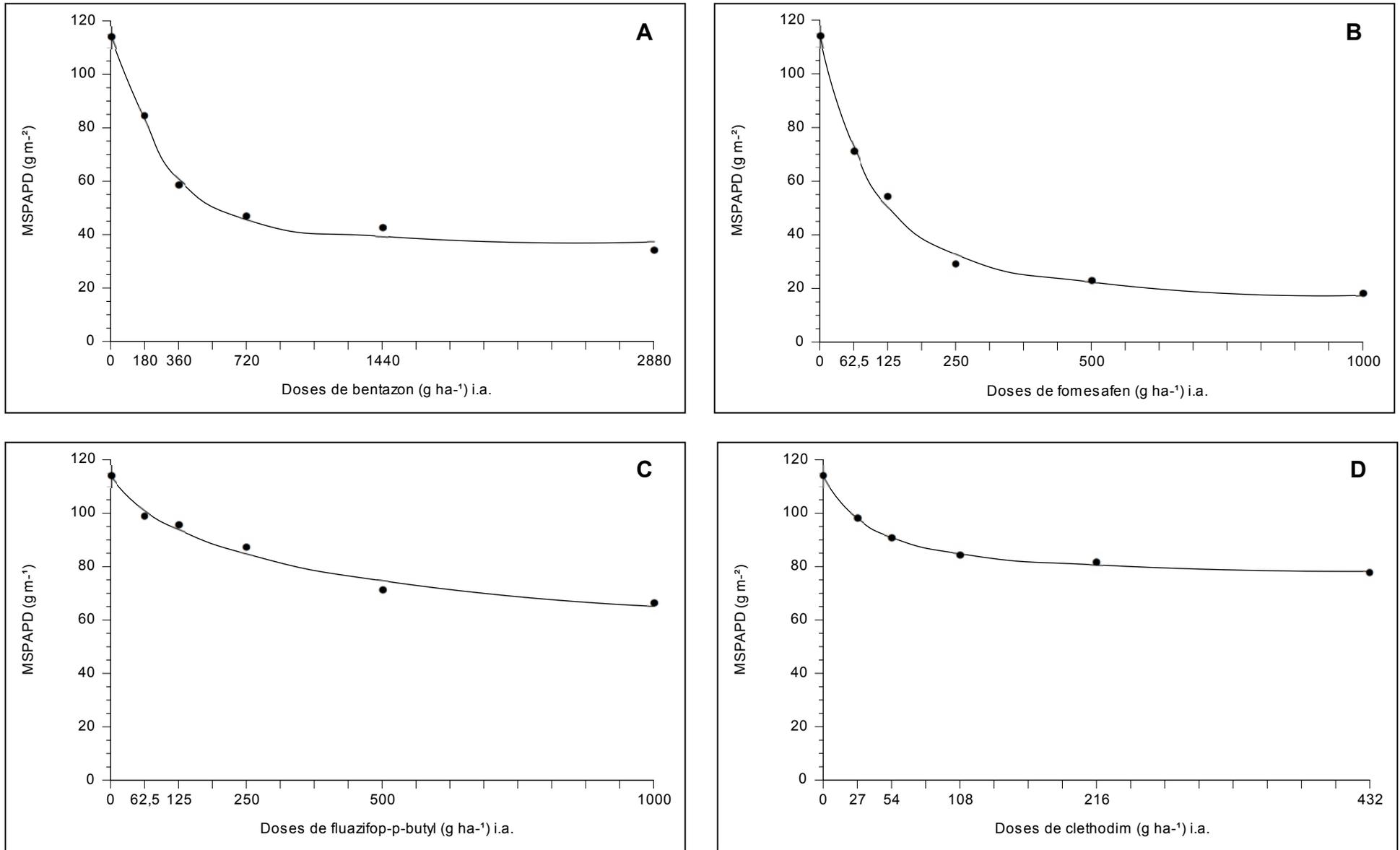


Figura 3. Matéria seca da parte aérea das plantas daninhas na cultura do feijão-caupi em função de doses de bentazon (A), fomesafen (B), fluazifop-p-butyl (C) e clethodim (D) aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Tabela 3. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para matéria seca da parte aérea de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi em função de doses de bentazon (A), fomesafen (B), fluazifop-p-butyl (C) e clethodim (D) aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 3 A						
MSPA	$36,34+77,96/(1+X/228,86)^{1,74}$	0,99	1,04	114,30	2880	37,27
Figura 3 B						
MSPA	$13,81+100,11/(1+(X/82,19)^{1,31})$	0,99	1,98	113,92	1000	17,48
Figura 3 C						
MSPA	$42,30+71,45/(1+(X/398,51)^{0,82})$	0,98	1,98	113,75	1000	65,10
Figura 3 D						
MSPA	$75,71+38,41/(1+(X/36,64)^{1,08})$	0,99	1,24	114,12	432	78,22

Em relação ao herbicida fomesafen houve redução da MSPAPD (Figura 3 B). A máxima MSPAPD foi de $113,92 \text{ g m}^{-2}$, na ausência do produto e a mínima de $17,48 \text{ g m}^{-2}$ (Tabela 3) com a dose 1000 g ha^{-1} , ou seja, uma redução de 85%. Contudo, já com a dose 250 g m^{-2} a redução foi semelhante a obtida com a dose máxima. O aumento do controle das plantas daninhas com o aumento da dose do fomesafen pode estar relacionado ao fato destas plantas serem na sua maioria de folhas largas e este herbicida inibiu a atividade da enzima PROTOX (AHRENS, 2007) e afetou o acúmulo de MSPAPD.

Para os herbicidas fluazifop-p-butyl e clethodim a eficácia de controle das plantas daninhas foi baixa (Figuras 3 C e 3 D). A média da redução da MSPAPD foi de 27 e 25%, respectivamente. A máxima produção de MSPAPD foi de $113,75$ e

114,12 g m⁻² e mínima de 65,10 e 78,22 g m⁻² para fluazifop-p-butyl e clethodim, respectivamente (Tabela 3).

A ineficiência de controle das dicotiledôneas presentes na área experimental pode ter ocorrido devido aos herbicidas fluazifop-p-butyl e clethodim serem indicados para o controle de gramíneas (AHRENS, 2007). Estes resultados corroboram com os obtidos por Fontes et al. (2001) que ao utilizarem herbicidas graminicidas não controlaram plantas daninhas dicotiledôneas em *Vigna radiata*.

3.2 Fitotoxicidade dos herbicidas às plantas de feijão-caupi

Os herbicidas bentazon e fluazifop-p-butyl ocasionaram sintomas de fitotoxicidade às plantas de feijão-caupi aos 7 e 14 DAA. Já o fomesafen provocou efeitos fitotóxicos até os 21 DAA (Tabela 4).

Tabela 4. Fitotoxicidade em plantas de feijão-caupi em 3 épocas de avaliação após a aplicação dos herbicidas. Manaus-AM, 2010

Herbicidas	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Épocas de avaliação		
		Dias após a aplicação (DAA)		
		7	14	21 ⁽¹⁾
Bentazon	0	1	1	1
	180	1	1	1
	360	2	1	1
	720	2	2	1
	1440	3	2	1
	2880	4	3	1
Fomesafen	0	1	1	1
	62,5	3	2	2
	125	4	2	2
	250	5	2	2
	500	5	2	2
	1000	6	4	4
Fluazifop-p-butyl	0	1	1	1
	62,5	2	1	1
	125	2	1	1
	250	2	2	1
	500	2	2	1
	1000	3	2	1
Clethodim	0	1	1	1
	27	1	1	1
	54	1	1	1
	108	1	1	1
	216	1	1	1
	432	1	1	1

⁽¹⁾ Escala EWCR (1964)

O bentazon causou injúrias mais severas nas doses 1440 e 2880 g ha⁻¹, com ocorrência de descolorações das folhas com pouca deformação, mas sem necrosá-las. A gema apical não foi inibida pelo produto e as folhas novas não mostraram sintomas de fitointoxicação (Figuras 4 e 5), respectivamente.



Figura 4. Efeito do bentazon (1440 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA



Figura 5. Efeito do bentazon (2880 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA

A partir dos 14 DAA não havia mais sintomas fitotóxicos nas plantas aspergidas com as menores doses do herbicida e, aos 21 DAA em todas as doses aplicadas as plantas já não apresentavam sintomas de fitotoxicidade (Tabela 4). Freitas et al. (2010) verificaram moderada fitotoxicidade do bentazon ao feijão-caupi aos 7 DAA e ausência de sintomas aos 16 DAA. Abreu et al. (2009) constataram o desaparecimento dos sintomas de fitotoxicidade do bentazon (720 g ha^{-1}) em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) após 28 DAA. Monteiro et al. (2009) avaliaram a resposta de cultivares de feijão-caupi ao bentazon nas doses: 0; 0,18; 0,36; 0,72; 1,44 e $2,88 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$ e constataram que a cv. BR3 Tracuateua foi mais tolerante ao bentazon que a cv. BRS Guariba.

Nas três épocas de avaliação, todas as doses de fomesafen causaram fitotoxicidade ao feijão-caupi (Tabela 4). As injúrias mais graves foram ocasionadas pelas maiores doses do herbicida, onde se constatou queima e necroses nas bordas das folhas, seguida de deformação das folhas e brotos (Figuras 6 e 7), respectivamente. Aos 21 DAA, os sintomas de intoxicação tornaram-se menos perceptíveis e permaneceram apenas nas folhas mais velhas. Folhas novas emitidas

após a aplicação do herbicida não apresentaram sintomas de fitointoxicação. Contudo, além de causar severa fitotoxicidade à cultura, o fomesafen prejudicou o crescimento das plantas, atrasou a floração e causou a morte de muitas plantas. Resultados semelhantes também foram reportados por Freitas et al. (2010).



Figura 6. Efeito do fomesafen (500 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA



Figura 7. Efeito do fomesafen (1000 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA

Em casa-de-vegetação Fontes et al. (2010) e Melo et al. (2009) relataram a tolerância da cv. Guariba ao fomesafen até o estágio fenológico V3 e a partir do estágio V4, respectivamente. Frazão, (2006) e Oliveira et al. (2008) trabalharam com variedades de feijão-caupi e observaram tolerância diferenciada ao fomesafen. Segundo Silva et al. (2007) a tolerância de culturas a herbicidas depende de uma série de fatores, dentre eles o estágio fenológico das plantas no momento da aplicação do produto.

Para o herbicida fluazifop-p-butyl a dose 125 g ha^{-1} provocou pequenas cloroses e deformações nas folhas aos 7 DAA, já a dose 1000 g ha^{-1} causou necrose foliar (Figuras 8 e 9), respectivamente.



Figura 8. Efeito do fluazifop-p-butyl (125 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA



Figura 9. Efeito do fluazifop-p-butyl (1000 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA

Aos 14 DAA houve redução das injúrias, mas ainda se observou moderada fitointoxicação com as maiores doses, com posterior desaparecimento dos sintomas aos 21 DAA (Tabela 4).

Freitas et al. (2010), em estudo de seletividade de herbicidas para o feijão-caupi, cv. BRS 16 verificaram ausência de fitotoxicidade do fluazifop-p-butyl ($0,75 \text{ L ha}^{-1}$). Em soja, Barroso et al. (2010) constataram que, o fluazifop-p-butyl foi seletivo à cultura, sem causar injúrias nas plantas. Erasmo et al. (2009) trabalharam com plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) submetidas a aplicação de doses de herbicidas pós-emergentes e constataram que o fluazifop-p-butyl (125 g ha^{-1}) causou leve fitotoxicidade que se dissipou completamente aos 47 DAA. Já com a dose (250 g ha^{-1}) a fitotoxicidade permaneceu nas quatro épocas avaliadas. Em café, o fluazifop-p-butyl foi seletivo à cultura (RONCHI et al., 2004). Com base nestes resultados pode-se inferir que a tolerância ao fluazifop-p-butyl depende da cultura, da cultivar e da dose aplicada.

Em relação ao clethodim, não houve efeito fitotóxico em nenhuma das épocas avaliadas indicando seletividade do herbicida para o feijão-caupi (Tabela 4, Figuras 10 e 11).



Figura 10. Efeito do clethodim (216 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA

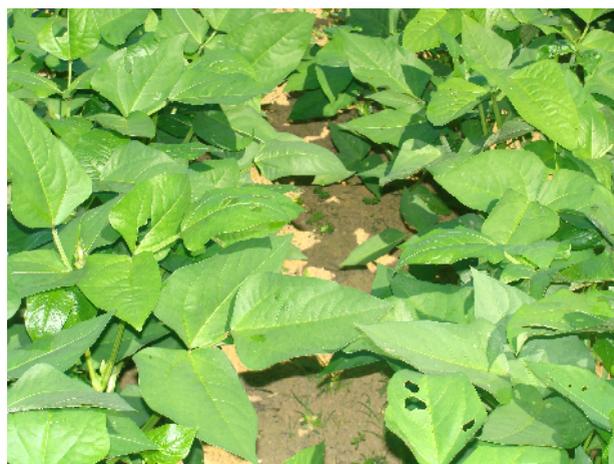


Figura 11. Efeito do clethodim (432 g ha^{-1}) em plantas de feijão-caupi aos 7 DAA

Na cultura da soja, Barroso et al. (2010) constataram que o clethodim foi altamente seletivo à cultura da soja e não causou injúrias nas plantas, conforme ocorreu com o feijão-caupi neste trabalho.

3.3 Crescimento e produtividade de plantas de feijão-caupi em função de doses de herbicidas pós-emergentes

3.3.1 Área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de bentazon

A curva de resposta as doses de bentazon para AF e IAF se ajustou a equação do tipo logístico (Figuras 12 A, 12 B, Tabela 5) e a MSPA das plantas de feijão-caupi se ajustou a equação do tipo log-normal (Figura 4 C, Tabela 5). O ponto

máximo de crescimento da AF foliar foi de 2012,71 cm² pl⁻¹ e mínimo de 1159,09 (Tabela 5). Para o IAF e a MSPA o valor máximo foi de 4,03 e 26,59 g pl⁻¹ e mínimo de 2,32 e 10,73 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 5).

A AF, o IAF e a MSPA das plantas de feijão-caupi reduziram com o aumento das doses do bentazon (Figuras 12 A, 12 B e 12 C), mas o herbicida não causou redução maior que 50% em nenhuma destas características.

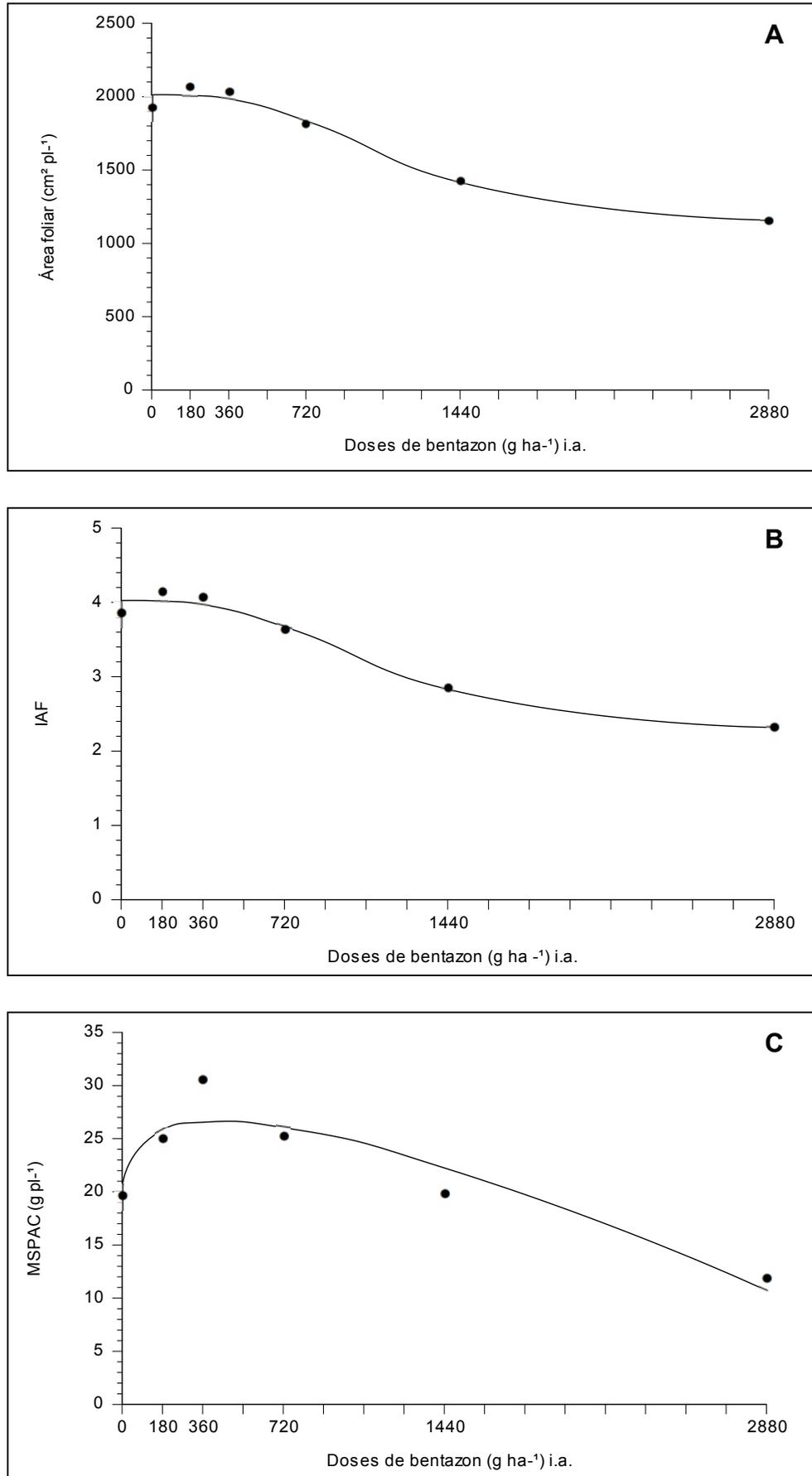


Figura 12. Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de plantas de feijão-caupi em função de doses de bentazon aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Tabela 5. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de bentazon aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 12 A						
AF	$Y = 1102,29 + 910,43 / (1 + X/1160,86)^{2,98}$	0,98	0,0005	2012,71	2880	1159,09
Figura 12 B						
IAF	$Y = 2,21 + 1,82 / (1 + (X/1160,82)^{2,98})$	0,98	0,0005	4,03	2880	2,32
Figura 12 C						
MSPA	$Y = 20,32 + (-0,0146)X + 0,61X^{0,5}$	0,87	428,94	26,59	2880	10,73

3.3.2 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) do feijão-caupi em função de doses de bentazon

Não houve resposta significativa a 5% de probabilidade pelo teste F, para as interações doses de bentazon x número de grãos por vagem, comprimento médio de vagens e matéria seca de vagens.

A altura da inserção da primeira vagem das plantas, submetidas às doses de bentazon apresentou comportamento linear decrescente (Figura 13 A, Tabela 6). O percentual de redução foi de 18 e 23% para as duas maiores doses, respectivamente (Figura 13 A).

A produtividade de grãos do feijão-caupi foi influenciada pelas doses de bentazon (Figura 13 B). A máxima produtividade estimada pelo modelo foi de 827 kg

ha⁻¹ e a mínima de 565 kg ha⁻¹ (Tabela 6).

Mesmo ocorrendo redução da produtividade em função das doses crescentes do bentazon, a produtividade obtida com as doses do produto foi 41% maior do que a obtida no tratamento controle, possivelmente, devido ao controle menos traumático das plantas daninhas pelo herbicida do que com a capina com enxada que pode ter danificado as radículas na camada superficial do solo.

Já para a característica peso de mil grãos o valor máximo obtido foi de 202 g na dose estimada de 688 g ha⁻¹ (Tabela 6), possivelmente, devido ao controle das plantas daninhas e ao rápido crescimento das plantas de feijão-caupi que sombrearam as infestantes e reduziu a competição. Entretanto, a redução no peso de mil grãos ocorreu a partir da dose comercial (Figura 13 C).

Os efeitos do bentazon sobre as características agronômicas do feijão-caupi pode esta relacionada à capacidade de metabolização do produto pelas plantas. Nas doses correspondentes a 25 e 50% da dose comercial, as plantas foram tolerantes ao bentazon, tendo rapidamente metabolizado e transformado o herbicida em produtos não fitotóxicos à cultura.

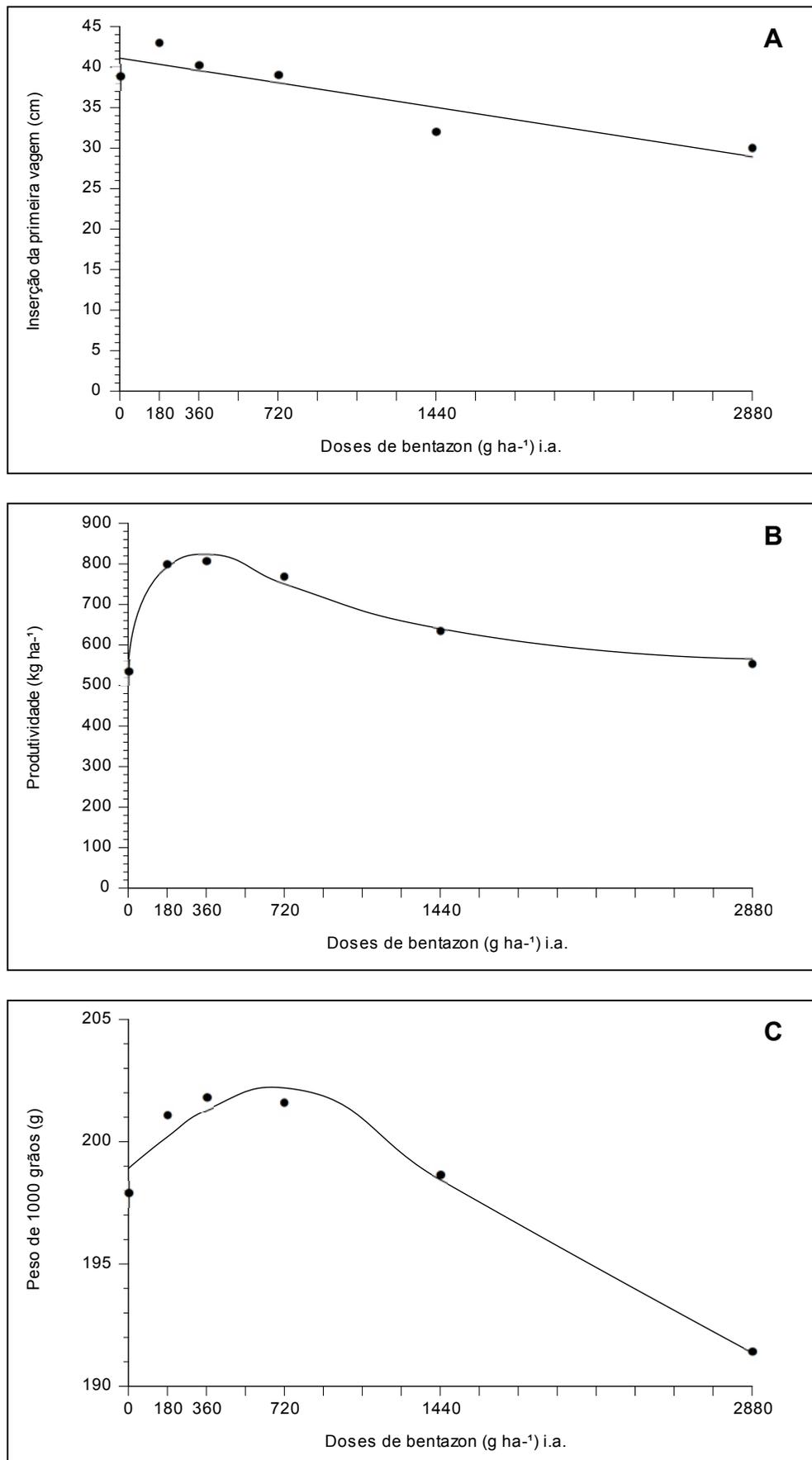


Figura 13. Inserção da primeira vagem (**A**), produtividade (**B**) e peso de 1000 grãos (**C**) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tabela 6. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para inserção da primeira vagem (IPV), produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 13 A						
IPV	$Y = 41,11 + (-0,00421)X$	0,81	1,18	41,11	2880	28,96
Figura 13 B						
PROD	$Y = 527,33 + 299,58 \text{EXP}(-0,5(\text{Ln}(X/309,80)/1,10)^2)$	0,98	309,81	826,91	2880	565,04
Figura 13 C						
PMG	$Y = 187,76 + 14,45 / (1 + ((X - 688,74) / 1265,69)^2)$	0,96	688,74	202,21	2880	191,37

Segundo Vidal (1997) os herbicidas inibidores do fotossistema II são metabolizados pelas plantas tolerantes, porém, a taxa de metabolização é diferenciada entre as diversas espécies vegetais, sendo este um dos mecanismos para seletividade dos produtos, a qual depende também da dose.

Para Dielbold et al. (2004); Chih-Ming Wu e Ching-Yuh Wang (2003); Hinz et al. (1997) e Connelly et al. (1988) a principal causa da suscetibilidade das plantas ao bentazon é devido às baixas taxas de metabolização do produto. Em estudo com soja estes autores verificaram que os genótipos tolerantes ao bentazon metabolizaram de 80 a 90% do produto dentro de 24 horas após a aplicação transformando-os em conjugados de glucosil de 6 e 8-hidroxibentazon. Enquanto que, os genótipos suscetíveis apresentaram taxas de metabolização entre 10 a 15% sem produzir conjugados de hidroxibentazon.

3.3.3 Área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de fomesafen

A ação do fomesafen nas plantas inibe a atividade da enzima Protoporfirinogênio Oxidase - PROTOX responsável síntese das porfirinas ou tetrapiroles. Quando a Protox é inibida ocorre o acúmulo de Protox IX no cloroplasto, o qual extravasa, via difusão para o citoplasma oxidando-se naturalmente e posterior formação de protoporfirina IX. No citoplasma a protoporfirina IX atua como um composto fotodinâmico e interage com oxigênio produzindo radicais ($\cdot\text{O}_2$), promovendo a peroxidação de lipídios com a consequente destruição das membranas celulares, seguida da morte das plantas (AHRENS, 2007).

O fomesafen causou redução média de 61% da área foliar das plantas de feijão-caupi (Figura 14 A) devido à ação fitotóxica do produto à cultura (Tabela 4). Pelo modelo de ajuste para esta característica o ponto máximo de crescimento foi de $1878,57 \text{ cm}^2 \text{ pl}^{-1}$ e mínimo de $268,28 \text{ cm}^2 \text{ pl}^{-1}$ (Tabela 7).

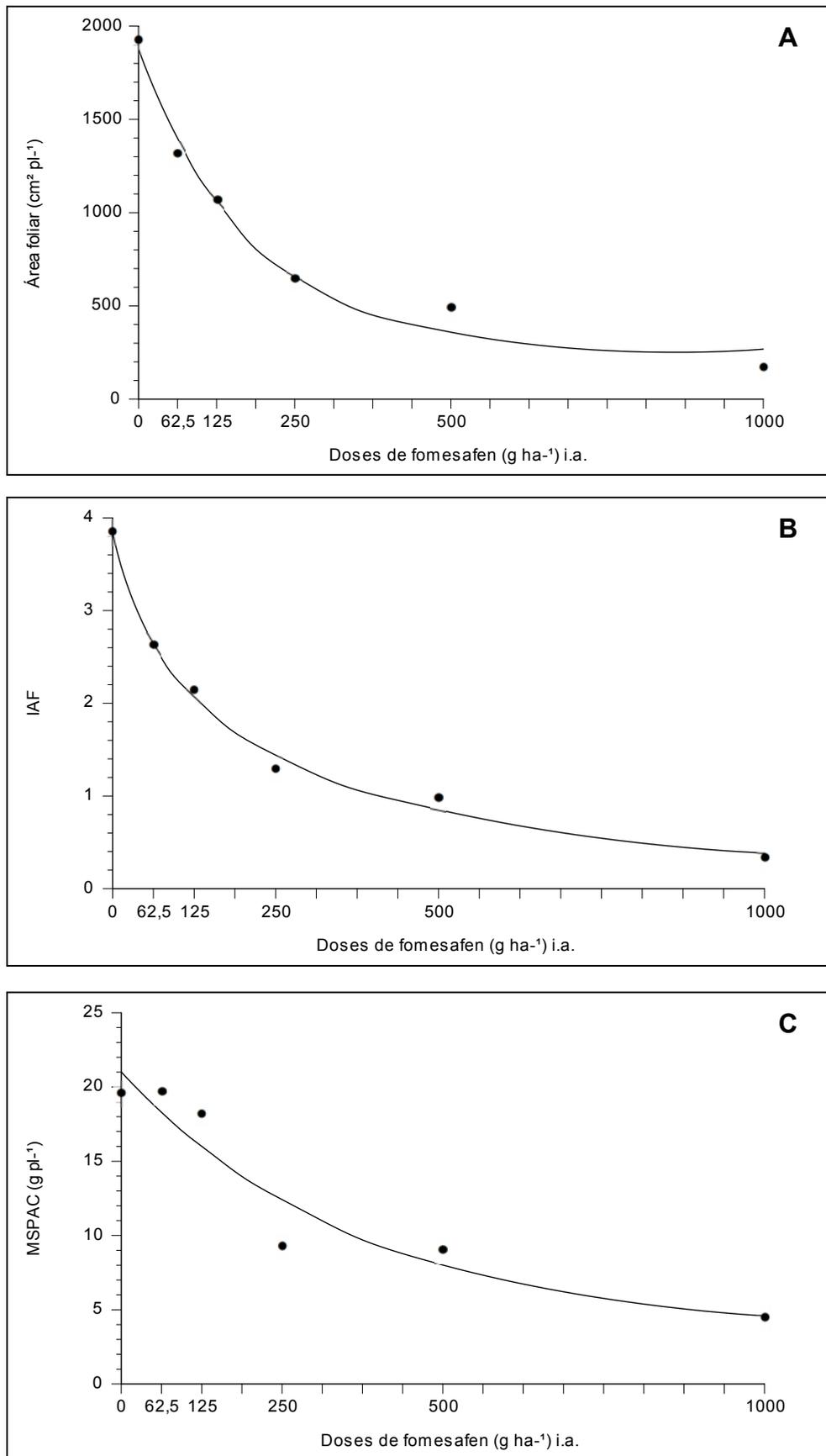


Figura 14. Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de feijão-caupi em função das doses de fomesafen aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Os efeitos do herbicida sobre a área foliar do feijão-caupi se refletiu sobre o índice de área foliar. Para as doses utilizadas esta característica apresentou valores inferiores ao obtido pelo tratamento controle (Figura 14 B). O maior índice foi de 3,85 e o mínimo de 0,39 (Tabela 8).

Tabela 7. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 14 A						
AF	$262,52+161,07\text{EXP}(-X/18,45)$	0,98	1,98	1878,58	1000	268,29
Figura 14 B						
IAF	$(-0,45)+4,30/(1+(X/187,55)^{0,85})$	0,99	1,98	3,85	1000	0,39
Figura 14 C						
MSPA	$3,38+17,64\text{EXP}(-X/374,32)$	0,91	1,98	21,01	1000	4,60

Para a matéria seca da parte aérea a curva de resposta as doses de fomesafen se ajustou a equação do tipo exponencial (Figuras 14 C, Tabela 7) e apresentou padrão de comportamento semelhante ao ocorrido com os parâmetros área foliar e índice de área foliar. As doses crescentes do fomesafen causaram redução da matéria seca da parte aérea, a qual atingiu o mínimo de 4,60 g pl⁻¹ (Figura 14 C e Tabela 7).

Fontes et al. (2010) em casa de vegetação encontraram que o fomesafen (225 g ha^{-1}) aplicado no estágio fenológico V4 da causou drástica redução da matéria seca das plantas e quando aplicado no estágio V3 não houve efeito. Neste trabalho, porém, houve redução da matéria seca da parte aérea com aplicação do produto no estágio V2 e com doses menores que 225 g ha^{-1} .

3.3.4 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) do feijão-caupi em função de doses de fomesafen

A altura de inserção da primeira vagem foi reduzida pelas doses do fomesafen (Figura 15 A). A altura máxima de inserção da primeira vagem foi de 36,74 cm e a mínima de 29,14 cm (Tabela 8).

Para as características, comprimento de vagem e número de grãos por vagem, o modelo de ajuste foi do tipo linear simples (Figuras 15 B, 15 C). Os resultados das doses respostas para estas características foram inferiores ao tratamento controle (Figura 15 B, 15 C). O máximo valor de comprimento de vagem foi de 14,33 cm e de grãos por vagem foi de 9 grãos e mínimo de 3 cm e 2 grãos, respectivamente (Tabela 8).

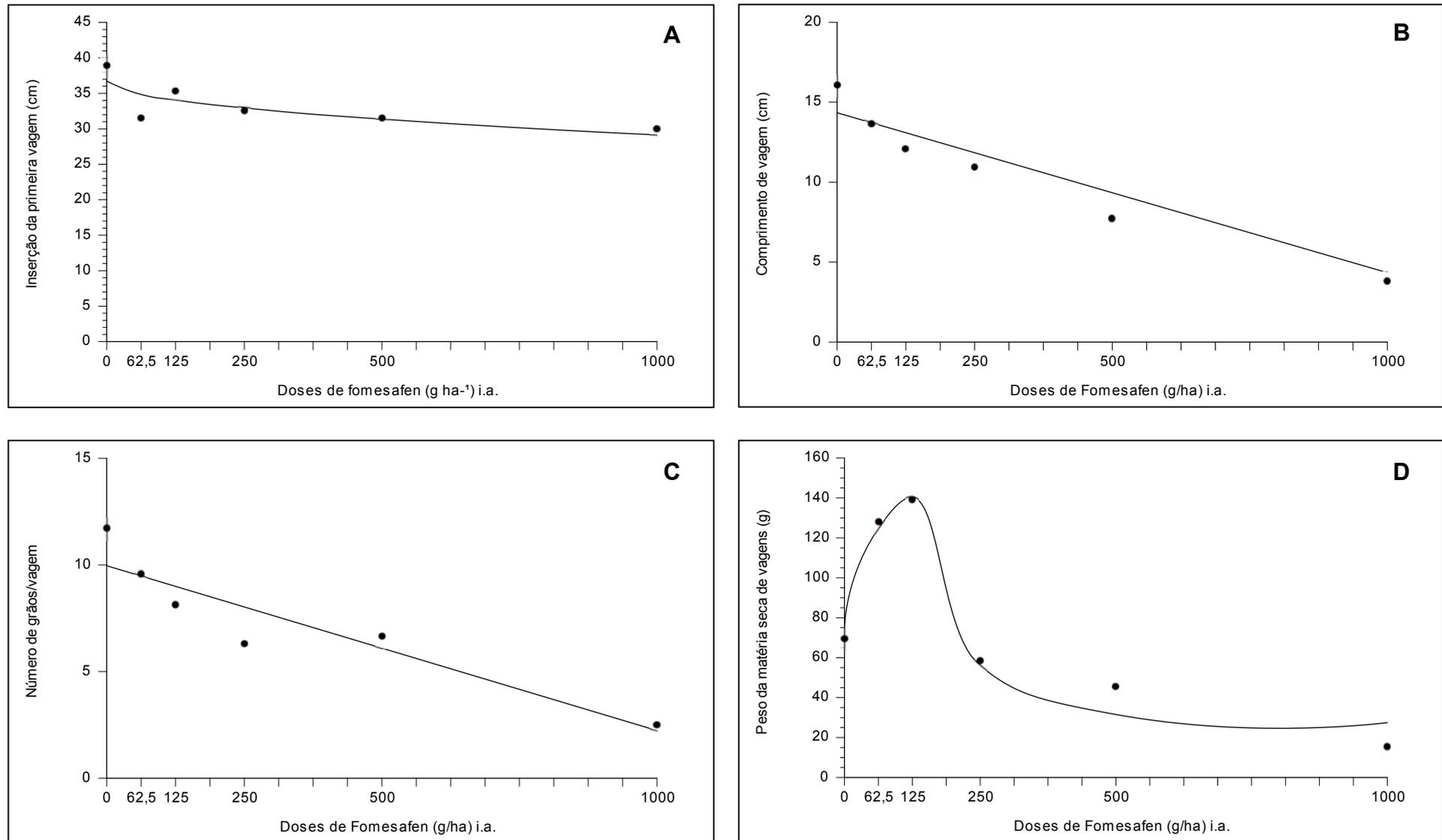


Figura 15. Inserção da primeira vagem (A), comprimento de vagem (B), número de grãos por vagem (C) e peso da matéria seca de vagens (D) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Tabela 8. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para inserção da primeira vagem (IPV), comprimento médio de vagens (CMV), número de grãos por vagem (NGV) e peso da matéria seca de vagens (PMSV) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 15 A						
IPV	$Y = 36,75 + (-0,24)X$	0,66	1,98	36,75	1000	29,15
Figura 15 B						
CMV	$Y = 14,34 + (-0,011)X$	0,94	1,98	14,34	1000	2,99
Figura 15 C						
NGV	$Y = 9,96 + (-0,0077)X$	0,85	1,98	9,96	1000	2,24
Figura 15 D						
PMSV	$Y = 26,44 + 121,73 / (1 + ((X - 103,13) / 83,18)^2)$	0,96	103,13	148,17	1000	27,47

Com relação ao peso da matéria seca de vagem somente as maiores doses do produto reduziram mais de 50% desta variável (Figura 15 D).

O efeito das doses de fomesafen para as características, inserção da primeira vagem, comprimento de vagem, número de grãos por vagem e peso da matéria seca da parte aérea sugerem que, os efeitos fitotóxicos promovidos pelas doses do produto estão diretamente relacionados com a redução destas características.

A produtividade e o peso de 1000 grãos também foram afetados pelas doses do produto (Figura 16 A, 16 B), respectivamente.

As menores doses proporcionaram maior produtividade de grãos assemelhando-se com a produtividade obtida com o tratamento controle. Posteriormente, ocorreram reduções de 8, 29 e 77% em função do aumento das

doses do produto (Figura 16 A). A máxima produtividade obtida foi de 587 kg ha⁻¹ com a dose de 91 g ha⁻¹ e a mínima foi de 129 kg ha⁻¹ com aplicação da dose 1000 g ha⁻¹ (Tabela 9).

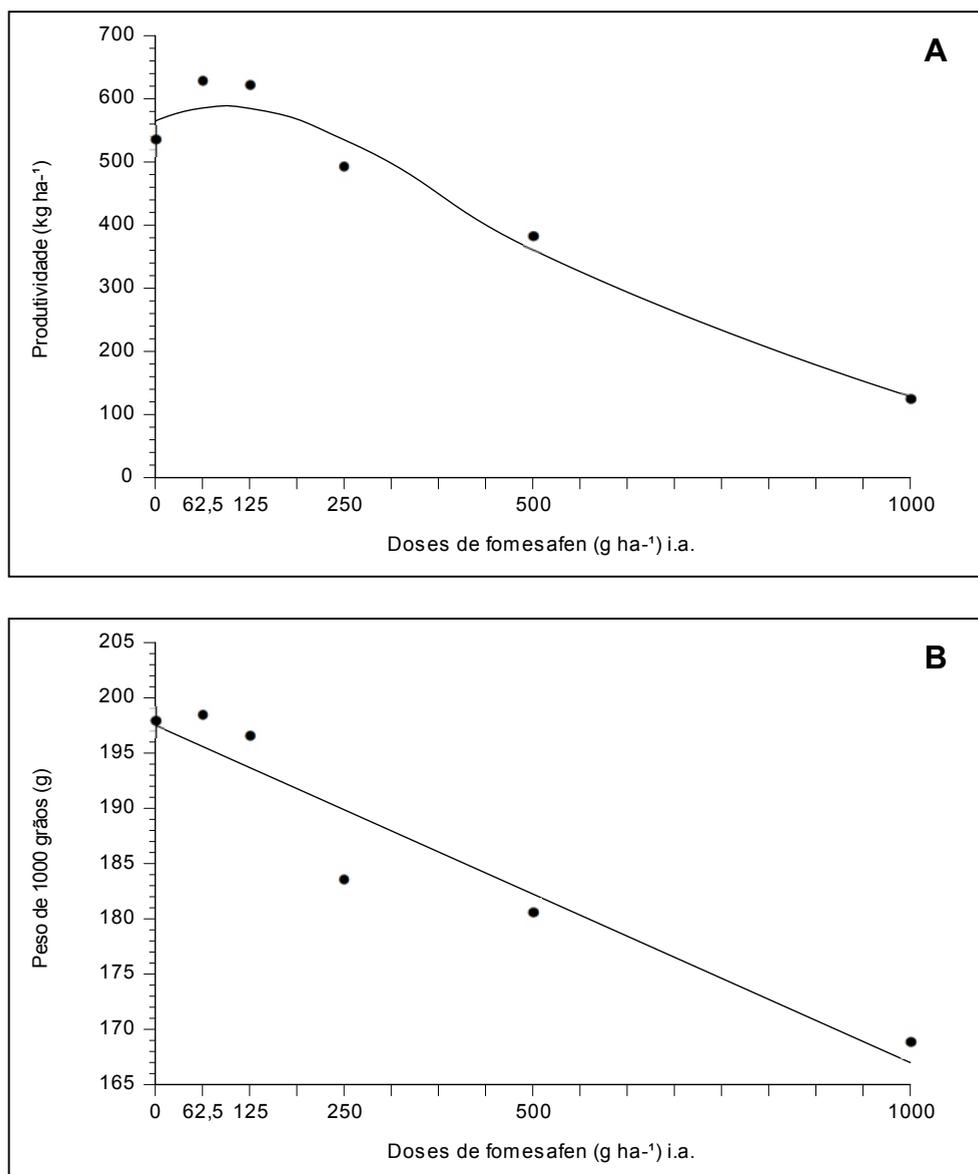


Figura 16. Produtividade (A) e peso de 1000 grãos (B) de feijão-caupi em função das doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

O peso de 1000 grãos apresentou redução linear (Figura 16 B). O peso máximo obtido foi de 197,51 e mínimo de 166,99 g (Tabela 9).

Os efeitos das doses do fomesafen sobre as plantas de feijão-caupi mostraram que houve tolerância ao herbicida até quando se utilizou 25 e 50% da dose comercial (250 g ha⁻¹) e com o aumento das doses do produto a capacidade de metabolização pelas plantas foi menor e ocasionou efeitos fitotóxicos severos que prejudicaram a eficácia fotossintética e a produtividade da cultura.

Tabela 9. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R²), ponto de máximo e ponto de mínimo, para produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R ²)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 16 A						
PROD	$42,05+545,58EXP(-EXP(-((X-91,21)/327,01))-((X-91,21)/327,01)+1)$	0,97	91,21	587,63	1000	128,60
Figura 16 B						
PMG	$197,511+(-0,03052)X$	0,91	1,98	197,51	1000	166,99

Aplicação do fomesafen em doses menores ou igual à dose recomendada tem promovido a redução da produtividade em plantas produtoras de grãos. Em cultivares de *Phaseolus vulgaris* Procópio et al. (2009) aplicaram o fomesafen na dose de 225 g ha⁻¹ e reduziu significativamente a produtividade de grãos das variedades BRS Timbó e BRS Vereda em 23,5 e 15,7%, respectivamente, em comparação com outras cultivares de feijoeiro. Burgos et al. (2007) verificaram

redução de 5 a 25% da produtividade de cultivares de feijão-caupi com a aplicação de 50% da dose comercial de fomesafen.

A seletividade de herbicidas inibidores da enzima PROTOX em espécies tolerantes pode ser atribuída à absorção, a translocação e ao metabolismo diferencial do herbicida pelas espécies ou ao aumento da concentração da enzima PROTOX mitocondrial, que age como redutor para o excesso de protoporfirinogênio no citoplasma (HIGGINS et al., 1988; WARABI et al., 2001; SILVA et al., 2007; TREZZI et al., 2009) Para Frear et al. (1983) diferenças na velocidade de metabolização dos difeniléteres é o indicador de tolerância e suscetibilidade das plantas. Plantas tolerantes metabolizam o produto rapidamente e espécies suscetíveis metabolizam-no lentamente. A metabolização do fomesafen ocorre pela separação do grupo éter do fenil produzindo metabólitos sem ação herbicídica. E quando, as taxas de metabolização são baixas ocorrem severas injúrias as plantas devido ao excesso de produto ativo no interior das plantas.

Estes dados indicam, que mesmo o fomesafen, sendo um herbicida seletivo a cultura do *Phaseolus vulgaris* e da *Glycine max* para uso em pós-emergência e recomendado para o controle de plantas daninhas de folhas largas (AHRENS, 2007) pode haver cultivares suscetíveis e tolerantes ao mesmo. Este comportamento pode ocorrer em cultivares de feijão-caupi, conforme também verificado por Frazão (2006); Oliveira et al. (2008); Fontes et al. (2010) e Freitas et al. (2010).

3.3.5 Área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl

O fluazifop-p-butyl reduziu a AF, o IAF e a MSPA das plantas de feijão-caupi, com o aumento das doses do produto (Figuras 17 A, 17 B e 17 C). Pelos modelos de ajuste o máximo crescimento da AF foi de 2044,94 cm pl⁻¹ e mínimo de 1198,19 cm pl⁻¹ (Tabela 10). O fluazifop-p-butyl promoveu uma redução média de 10% da AF das plantas de feijão-caupi por dose aplicada do produto. A ação do herbicida sobre a AF das plantas de feijão-caupi causou redução do IAF e da MSPA (Figura 17 B e 17 C). O IAF máximo foi de 4,05 e mínimo de 2,36 e para a MSPA os valores máximos e mínimos foram 26,42 e 12,43 g pl⁻¹, respectivamente (Tabela 11).

A tolerância do feijão-caupi pode ser explicada em parte, porque este herbicida é recomendado para o controle de Poaceas anuais e perenes e apresentam seletividade para não gramíneas (tanto plantas daninhas quanto culturas), podendo causar injúrias (AHRENS, 2007). A penetração nas plantas ocorre basicamente por via foliar e concentram-se nas regiões meristemáticas. A aplicação do herbicida aos 21 DAA as plantas estavam com três folhas completamente expandidas proporcionando maior superfície de absorção para o herbicida aplicado e, com o aumento das doses as plantas não conseguiram metabolizar rapidamente o produto que provocou injúrias as folhas afetando a área fotossinteticamente ativa das plantas.

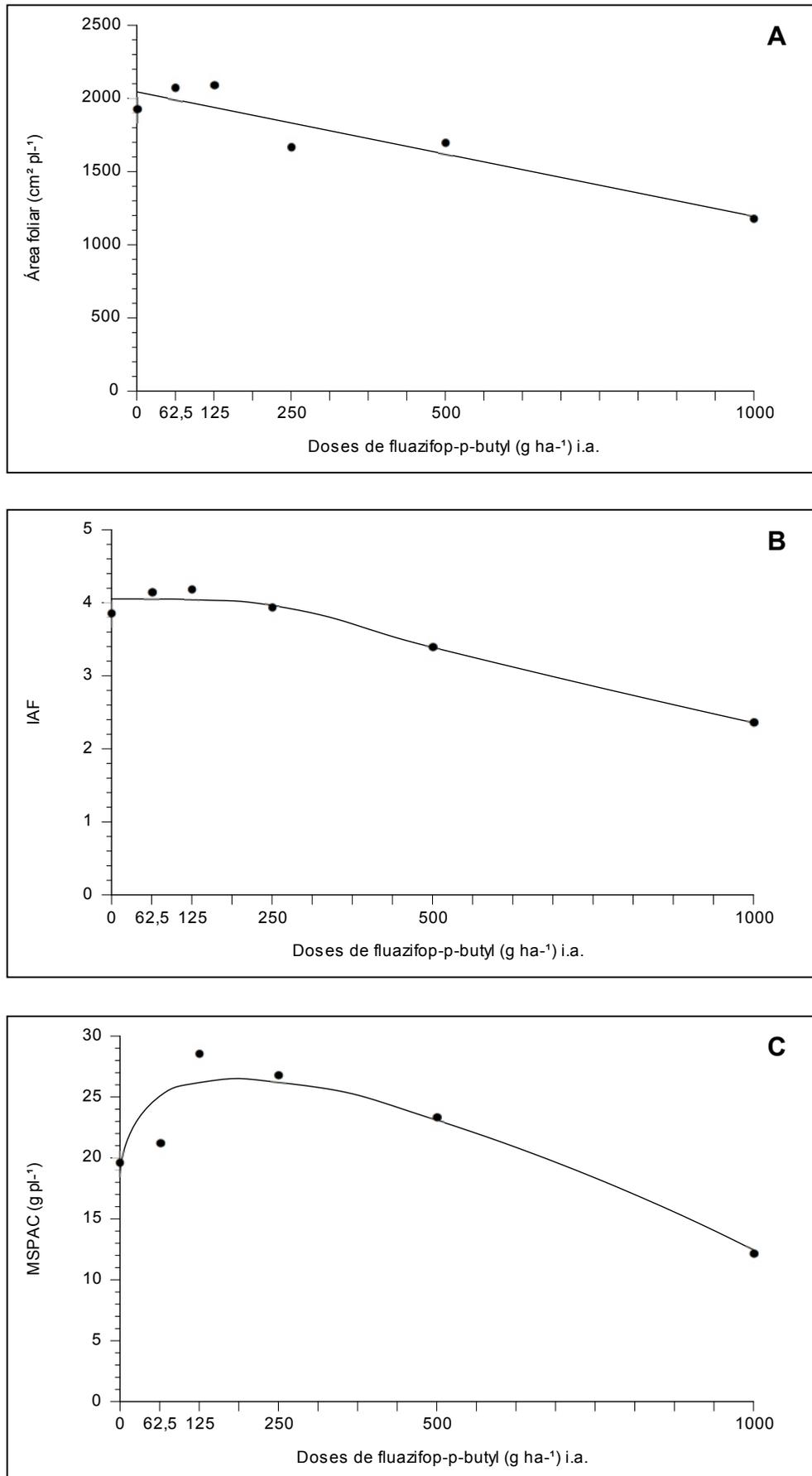


Figura 17. Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de feijão-caupi em função das doses de fluazifop-p-butyl aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Tabela 10. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 17 A						
AF	$2044,945+(-0,8468)X$	0,87	1,98	2044,94	1000	1198,19
Figura 17 B						
IAF	$2,03259+2,01956/(1+(X/616,7582)^{3,41483})$	0,97	0,0026	4,05	1000	2,36
Figura 17 C						
MSPA	$18,5712+(-0,04279)X+1,159063X^{0,5}$	0,87	183,44	26,42	1000	12,43

3.3.6 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) do feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl

As médias do número de grãos por vagem e matéria seca de vagem não foram significativas a 5% de probabilidade em função das doses de fluazifop-p-butyl. Para o comprimento médio de vagem houve significância a 5%, contudo não foi encontrada nenhuma equação que se ajustasse aos dados originais.

O fluazifop-p-butyl reduziu a produtividade e o peso de mil grãos das plantas de feijão-caupi (Figuras 18 A e 18 B). A produtividade máxima foi de 694 kg ha^{-1} (dose 209 g ha^{-1}) e mínima de 495 kg ha^{-1} (dose 1000 g ha^{-1}) (Tabela 11). Silva et al. (2006) aplicaram doses reduzidas de fluazifop-p-butyl ($0, 15, 30, 45$ e 60 g ha^{-1}) em

soja, cv. UFV-16 e verificaram que a dose 15 g ha⁻¹ do herbicida promoveu aumento na produtividade de grãos havendo estabilidade com as demais doses.

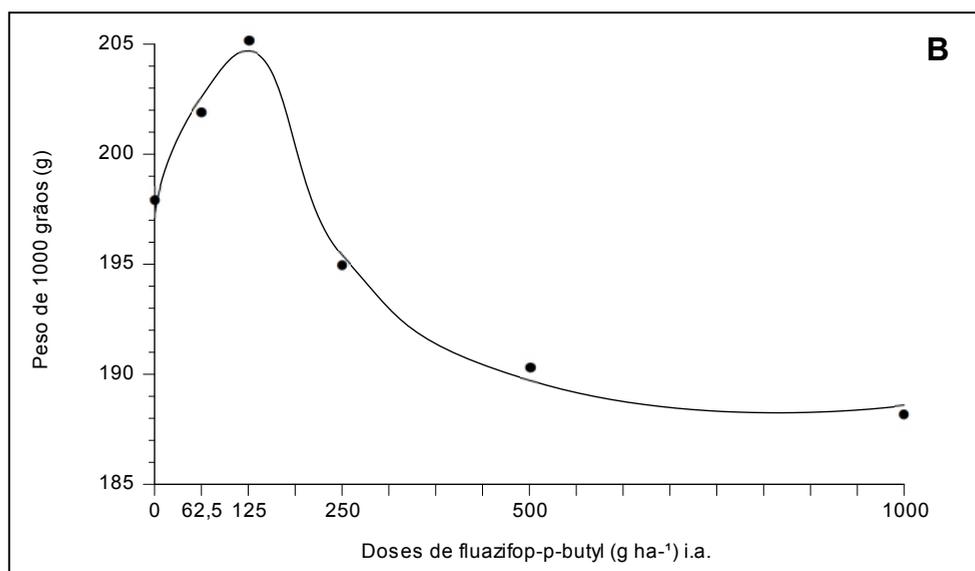
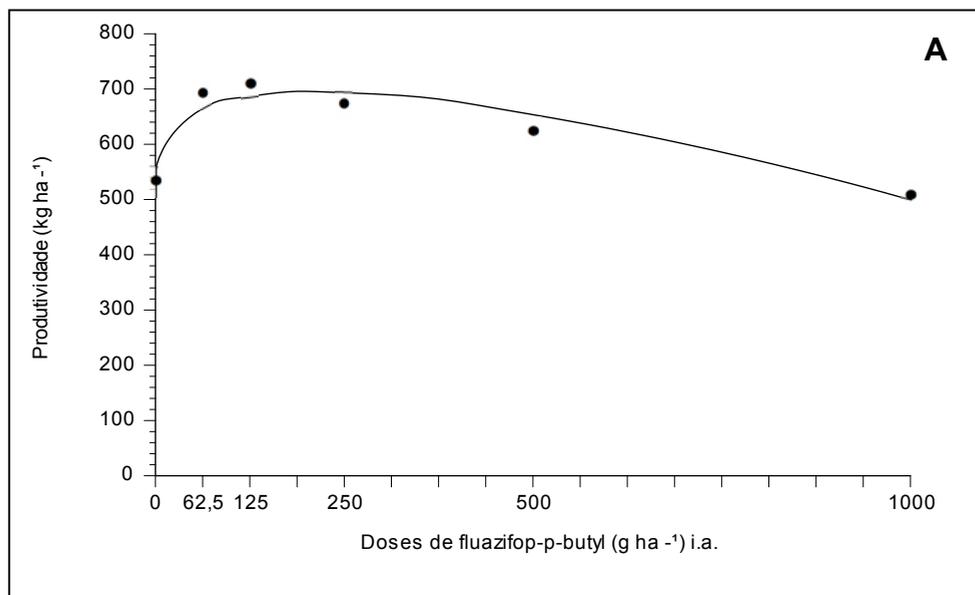


Figura 18. Produtividade (A) e peso de 1000 grãos (B) de feijão-caupi em função das doses de fluazifop-p-butyl. Manaus-AM, 2010

No tratamento controle (dose 0) a produtividade foi afetada pela interferência das plantas daninhas. Todavia, observou-se aumento desta característica com o aumento da dose do herbicida, seguido de redução (Figura 18 A).

Tabela 11. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de fluazifop-p-butyl. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 18 A						
PROD	$552,539+(-0,6777)X+19,5997X^{0,5}$	0,92	209,09	694,25	1000	494,62
Figura 18 B						
PMG	$188,28+16,64/(1+((X-111,03)/120,31)^2)$	0,99	111,03	204,92	1000	188,58

Timossi e Durigan (2002) verificaram que as doses do herbicida fluazifop-p-butyl + fomesafen (0,4; 0,3 e 0,2 kg i.a. ha⁻¹) proporcionaram produtividades de grãos de soja iguais estaticamente, mais diferiram do tratamento controle sem capina. Os mesmos autores verificaram a ocorrência de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura, as quais foram responsáveis pela redução de até 26% da produção de grãos e neste trabalho constatou-se uma redução de 36%.

Para o peso de mil grãos com as doses estimadas o peso máximo encontrado foi de 204,92 g (dose 111 g ha⁻¹) e o peso mínimo foi de 188 g (dose 1000 g ha⁻¹) (Tabela 11).

3.3.7 Área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função de doses de clethodim

Os efeitos das doses de clethodim sobre a AF, IAF e MSPA sobre as plantas de feijão-caupi estão nas figuras 19 A, 19 B e 19 C.

O herbicida clethodim mesmo nas doses mais elevadas não causou redução de 50% das características estudadas (Figura 19 A, 19 B e 19 C). Esta tolerância pode ter sido pelo fato do herbicida não ter inibido a síntese de ácidos graxos, por meio da inibição da enzima Acetil Coenzima-A Carboxilase (ACCase) nas dosagens estudadas.

O máximo crescimento da AF foi de 2303, 80 cm pl⁻¹ e mínimo de 1414,88 cm pl⁻¹ (Tabela 12). Com relação o IAF pelo modelo de ajuste o ponto máximo foi 4,61 e mínimo de 2,83. Para a MSPA o valor máximo e mínimo foram 24,50 e 12,58, respectivamente (Tabela 12).

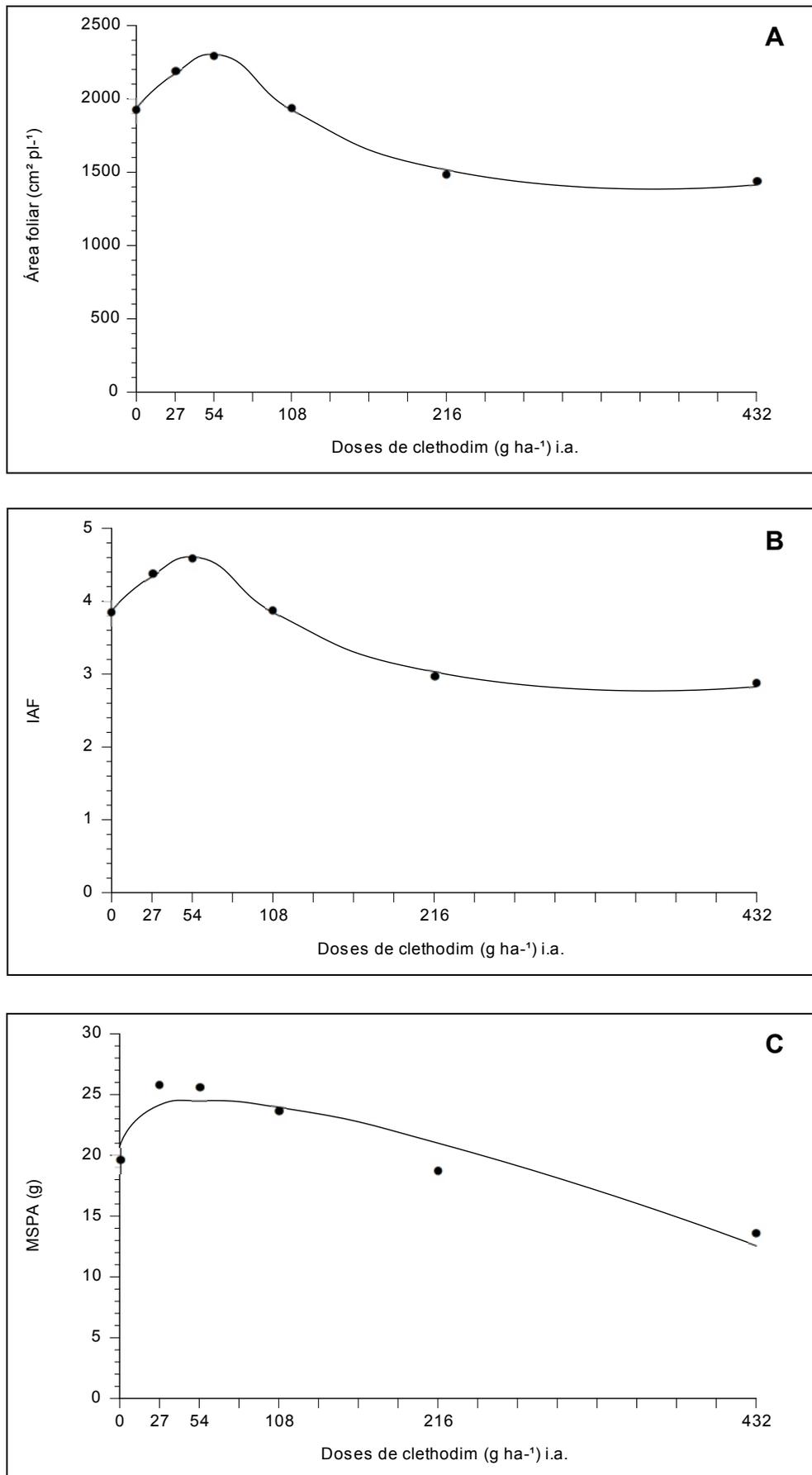


Figura 19. Área foliar (A), índice de área foliar (B) e matéria seca da parte aérea (C) de feijão-caupi em função das doses de clethodim aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010

Tabela 12. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de clethodim aos 21 DAA. Manaus-AM, 2010.

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo		
			X	Y	X	Y	
Figura 19 A							
AF	$1388,7280+915,07594/(1+((X-53,4731/64,9266)^2))$	0,99	53,47	2303,80	432	1414,88	
Figura 19 B							
IAF	$2,7774+1,8302/(1+((X/53,4751)/64,9283)^2)$	0,99	53,48	4,61	432	2,83	
Figura 19 C							
MSPA	$20,6931+(-0,06762)X+1,01522X^{0,5}$	0,89	56,35	24,50	432	12,58	

3.3.8 Inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio de vagens (CMV), matéria seca de vagens (MSV), produtividade (PROD) e peso de mil grãos (PMG) do feijão-caupi em função de doses de clethodim

As médias da inserção da primeira vagem, do número de grãos por vagem, da matéria seca de vagem e comprimento médio de vagem não foram significativamente afetados a 5% de probabilidade em função das doses de clethodim aplicadas.

A produtividade de grãos e o peso de mil grãos foram afetados negativamente pelas doses crescentes de clethodim (Figura 20 A, 20 B). Entretanto, as doses não chegaram a reduzir 50% destas características. A máxima produtividade foi de 779 kg ha^{-1} e a mínima foi de 612 kg ha^{-1} . O peso de mil grãos atingiu o máximo de 206,34 g e o mínimo de 195,05 g (Tabela 13).

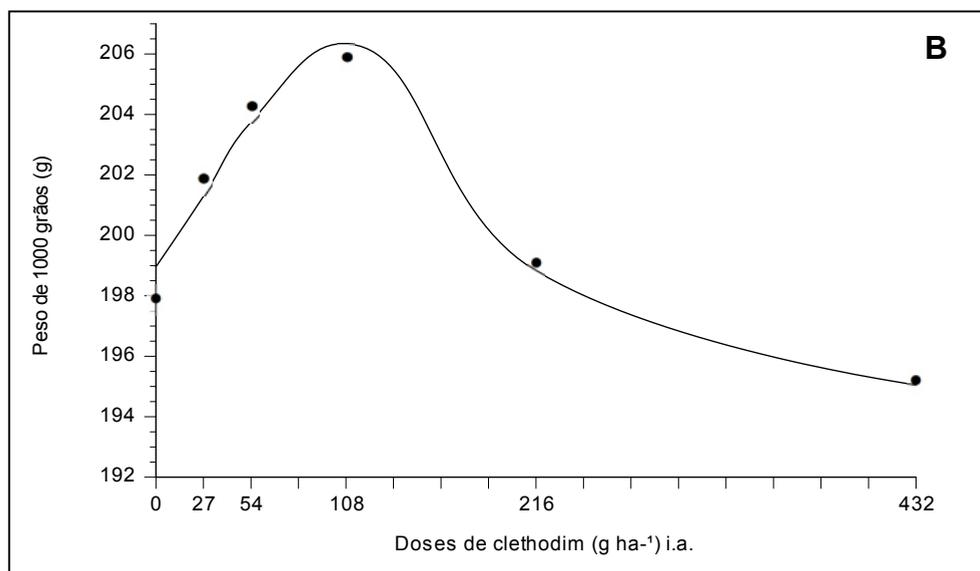
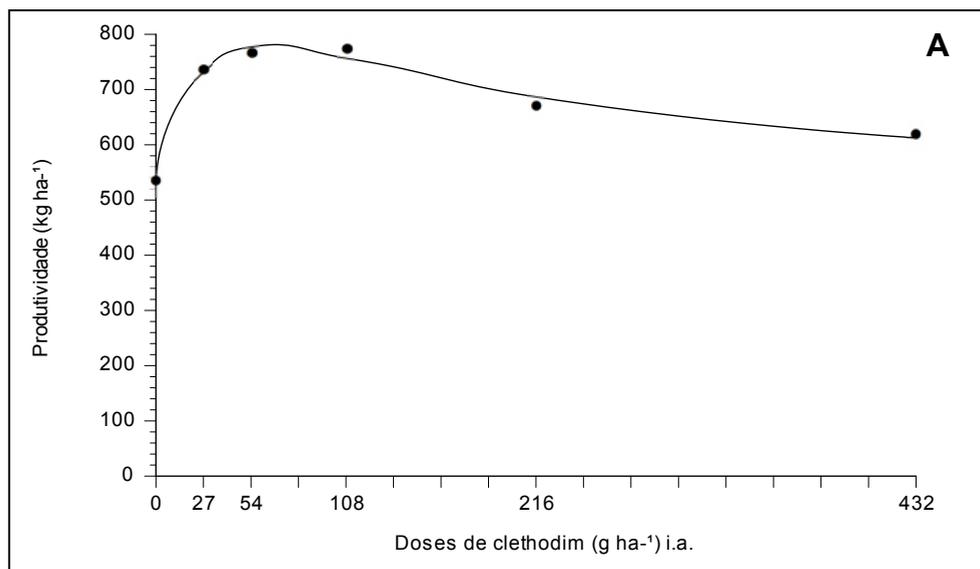


Figura 20. Produtividade (A) e peso de 1000 grãos (B) de feijão-caupi em função das doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tabela 13. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo, para produtividade (PROD) e peso de 1000 grãos (PMG) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Características	Equações de regressão estimadas	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
Figura 20 A						
PROD	$535,86+242,72\text{EXP}(-0,5(\text{LN}(X/61,97)/1,28)^2)$	0,98	61,97	778,58	432	612,18
Figura 20 B						
PMG	$195,054+11,29\text{EXP}(-0,5((X-107,13)/73,56)^2)$	0,97	107,13	206,34	432	195,05

BARROSO et al. (2010) verificaram que com a aplicação de 84 g ha^{-1} de clethodim a soja cv. Conquista teve produtividade 45% maior do que no tratamento controle (dose 0) e não mostrou nenhum sintoma de injúria nas plantas. Fleck et al. (1997) verificaram que o uso de doses reduzidas de clethodim (60 e 120 g ha^{-1}) na cultura da soja avaliadas em quatro épocas de aplicação (14, 21, 28 e 35) após a emergência das plantas e apesar de não serem diferentes entre si, todos tratamentos foram superiores a testemunha infestada e tiveram incrementos na produtividade de grãos entre 73 e 105 %.

4 CONCLUSÕES

O bentazon e o fomesafen proporcionaram controle das plantas daninhas pela redução de mais de 50% da matéria seca da parte aérea das plantas.

Os herbicidas fluazifop-p-butyl e clethodim não foram eficazes no controle das plantas daninhas.

O feijão-caupi foi tolerante aos herbicidas bentazon, fluazifop-p-butyl e clethodim e suscetível ao fomesafen na dose recomendada e superiores.

Nas doses de 25 e 50 % da dose recomendada o fomesafen controlou as plantas daninhas, mais causou leve injúria ao feijoeiro.

As melhores produtividades de feijão-caupi foram obtidas com a aplicação de 360; 62,5; 125 e 108 g ha⁻¹ dos herbicidas bentazon, fomesafen, fluazifop-p-butyl e clethodim, respectivamente.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. et al. Efeitos de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da mandioca sobre fitotoxicidade em diferentes períodos de avaliação. **Anais..XIII Congresso Brasileiro de Mandioca**. CERAT/UNESP-Botucatu, p. 437-442, 2009.
- AHRENS, W. H. **Herbicide Handbook**. 9th edition. Weed Science Society of America, p. 372, 2007.
- ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**. v. 7, n. 3, p. 375-386, 1999.
- BARROSO, A. L. L. et al. Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavouras de soja. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 149-157, 2010.
- BURGOS, N. R. et al. Tolerance of selected advanced cowpea (*Vigna unguiculata*) breeding lines to fomesafen. **Weed Technology**, v. 21, p. 863-868, 2007.
- CHIH-MING WU; CHING-YUH WANG. Physiological study on bentazon tolerance inbred corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v. 17, p. 565-570, 2003.
- CONNELLY, J. A. et al. Bentazon metabolism in tolerant and susceptible soybean (*Glycine max*) genotypes. **Weed Science**, v. 36, p. 417-423, 1988.
- COSTA, M. H. **Classificação climática**. Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, série cadernos didáticos, p. 12, 1994.
- CRAVO, M. S. et al. Sistema de cultivo. In: ZILLI, J. R.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, p. 59-104, 2009.
- DIELBOLD, S. Sweet corn cultivar sensitivity to bentazon. **Weed Techonology**, v. 18, p. 982-987, 2004.
- ERASMO, E. A. L. et al. Tolerância inicial de plantas de pinhão-mansão a herbicidas aplicados em pré e pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 571-580, 2009.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL –EWRC. **Committee of Methods in Weed Research**. Oxford, v. 4, p. 88. 1964.
- FILGUEIRAS, G. C. et al. Aspectos Socioeconômicos. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista. Embrapa Roraima, p. 23-58, 2009.
- FLECK, N. G., CUNHA, M. M. e VARGAS, L. Dose reduzida de clethodim no controle de papua na cultura da soja, em função da época de aplicação. **Planta Daninha**. v. 15, n. 1, p. 18-24, 1997.

FONTES, J. R. A. et al. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do feijão-mungo-verde (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 25, p. 1087-1096, 2001.

FONTES, J. R. A. GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R. Fases fenológicas do feijão-caupi e tolerância ao fomesafen. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2010, p. 1946-1949, CD-ROM.

FRAZÃO, H. O. Tolerância de leguminosas de cobertura do solo e de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) a herbicidas pós-emergentes. 2006. 78f. **Dissertação** (Mestrado em agronomia tropical), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

FREAR, D. S.; SWANSON, H. R.; MANSAGER, E. R. Acifluorfen metabolism in soybean: diphenylether bond cleages and the formation homogluthione, cysteine and glucose conjugates. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 20, p. 299-310, 1983.

FREIRE FILHO, F. R.; ARAÚJO LIMA, J. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p 519, 2005.

FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009.

FREITAS, F. C. L. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Anais** do II CONAC: Congresso Nacional de Feijão-caupi. Belém-PA. p. 98-109, 2009.

FREITAS, F. C. L. et al. Seletividade de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2010, p. 1748-1752, 2010.

HIGGINS, J. M. et al. Absorption, translocation and metabolism of acifluorfen and lactofen in pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*) and ivyleaf morningglory (*Ipomoea bederaceae*). **Weed Science**, v. 36, n. 2, p. 141-145, 1988.

HINZ, J. R. R.; OWEN, M. D. K.; BARRETT, M. Nicosulfuron, primisulfuron and bentazon hydroxylation by corn (*Zea mays*), woodlily cupgrass (*Eriochloa villosa*) and (*Sorghum bicolor*) cytochrome P-450. **Weed Science**, v. 45, p. 474-480, 1997.

MACHADO, A. F. L. et al. Misturas de herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura do feijão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 107-114, 2006.

MATOS, V. P. et al. Período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura do caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 26, n. 5, p 737-743, 1991.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa informações tecnológicas, p. 519, 2005.

MELO, M. S. Tolerância do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em diferentes estádios fenológicos ao fomesafen. Relatório final, UFAM, 21f, 2009.

MONTEIRO, G. F. P.; SILVA, J. F. e OLIVEIRA, O. M. S. Dose-resposta de duas cultivares de feijão-caupi ao herbicida bentazon. **Anais** do II Congresso nacional de feijão-caupi. Belém-PA, 2009.

OLIVEIRA, O. M. S. et al. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3. p. 523-530, 2010.

OLIVEIRA, O. M. S.; SILVA, J. F. Tolerância de variedades conservadas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) ao fomesafen. In: XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das plantas daninhas, 2008, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto. Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas: Embrapa Milho e Sorgo, CD-ROM, 2008.

PROCÓPIO, S. O. et al. Potencial de uso de herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethaoyr e cloransulam-methyl na cultura do feijão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 327-336, 2009.

RAS. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, p. 345-347, 2009.

RODRIGUES, J. E. F. et al. **Adubação NPK, na cultura de feijão-caupi em agricultura familiar, no Município de Pontas de Pedras-PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 95, p. 3, 2004.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Weed control in Young coffe plantations through post emergence herbicide application onto total área. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 607-615, 2004.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e Mecanismo de Ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, p. 83-148, 2007.

SILVA, A. C. et al. Dessecação pré-colheita de soja e *Brachiaria brizantha* consorciadas com doses reduzidas de graminicida. **Pesq. agropec. Bras.**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 37-42, jan., 2006.

SILVA, F. C. (Ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 627 p., 2009.

SILVA, J. F. **Influência de herbicidas no crescimento e anatomia da epiderme foliar de plantas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Spreng) e leguminosas em consórcio.** 1999. Tese (Doutorado em Botânica), INPA, Manaus, 1999.

SILVA, J. F.; BUENO, C. R. e SOUZA, A. G. C. Eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas e seletividade em leguminosas de cobertura e cupuaçuzeiro. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 137-143. 2003.

SOUZA, V. A. B.; SANTOS, C. A. F. Biotecnologia. *In*: FREIRE FILHO, F. R.; ARAÚJO LIMA, J. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p. 95-138, 2005.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C. Doses reduzidas de fluazifop-p-butyl + fomesafen no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 439-447, 2002.

TREZZI, M. M. et al. Local de absorção de fomesafen como mecanismo de resistência em biótipo de *Euphorbia heterophylla* resistente aos inibidores da PROTOX. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 139-148, 2009.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: Mecanismo de ação e resistência de plantas.** Porto Alegre: R. A. Vidal, 1997.

WABARI, E. et al. Resistance of a soybean cell line to oxifluorfen overproduction of mitochondrial protoporphyrinogen oxidase. **Pest Manag. Sci.**, v. 57, n. 8, p. 743-748, 2001.

CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO DE PLANTAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) TRATADAS COM HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES

Resumo

O uso de herbicidas na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) pode ser mais eficaz no controle de plantas daninhas, em comparação ao controle mecânico, com capinas. Entretanto, ainda não há produtos seletivos para a cultura, mais alguns herbicidas registrados para o feijoeiro e soja têm sido utilizados e se desconhece o comportamento destes ao feijão-caupi. A análise de crescimento pode ser um indicador da seletividade do produto para a cultura, pois, gera informações que podem auxiliar no entendimento da influência das práticas agronômicas sobre os processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento das plantas. Este trabalho avaliou o efeito dos herbicidas bentazon, fomesafen e clethodim no desenvolvimento de feijão-caupi por meio da análise de crescimento. Os herbicidas bentazon e clethodim somente nas doses correspondentes a 200 e 400% da dose recomendada causaram redução da área foliar, da matéria seca da parte aérea e do índice de área foliar. A taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a razão de área foliar das plantas de feijão-caupi submetidas aos tratamentos herbicidas bentazon e clethodim tiveram máximo crescimento aos 7 DAA e reduziram ao longo do ciclo da cultura. O fomesafen causou redução de todas as características de crescimento avaliadas.

Palavras-chave: bentazon, área foliar, matéria seca, crescimento, IAF

ABSTRACT

The use of herbicides in the cultivation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) may be more effective in the weed control, compared to the mechanical control with weeding. However, there is no selective products for the crop, but a few herbicides registered for bean and soybean have been used and the effects of these products are unknown in cowpea. The analysis of growth can be an indicator of product selectivity for culture resulting in information that can help in understanding the influence of agronomic practices on the physiological processes of growth and development of plants. This study evaluated the effect of herbicides bentazon, clethodim and fomesafen in the development of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) by growth analysis. The herbicides bentazon and clethodim, at doses corresponding to 200 and 400% of the recommended, caused reduction of leaf area, dry matter of shoot and leaf area index. The relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio of cowpea plants submitted to the herbicides bentazon and clethodim reached maximum values at 7 DAA and decreased throughout the crop cycle. The fomesafen caused reduction of all growth characteristics evaluated.

Keywords: bentazon, leaf area, dry matter, growth, LAI.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma importante fonte de alimentos e renda para as populações da região Nordeste e Norte. No entanto, a produtividade média ainda é baixa (FREIRE FILHO et al. 2005; SOUZA, et al. 2005). Segundo Oliveira et al. (2010) a interferência das plantas daninhas é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura e os primeiros 40 dias após a emergência é o período em que as plantas infestantes causam maiores danos a cultura. O efeito direto da interferência das plantas daninhas a cultura do feijão-caupi é a redução da produtividade em até 90% (FREITAS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

O controle químico com aplicação de herbicidas é considerado o método mais eficaz e econômico em relação às dificuldades da capina manual das plantas daninhas em grandes áreas de cultivo (SILVA et al. 2007). No entanto, não há herbicidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura do feijão-caupi que possam garantir a eficácia de controle de plantas daninhas, a produtividade e a qualidade dos grãos da cultura (FREITAS et al., 2009).

O crescimento das plantas de feijão-caupi sob o efeito de herbicidas poderá ser desbalanceado e a análise de crescimento pode trazer indicações do comportamento da espécie em relação a esta classe de produtos e seu reflexo na produção de grãos. A análise de crescimento das plantas desta lavoura poderá auxiliar no entendimento das práticas agronômicas sobre os processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento das plantas. Possibilitando, manejar, racionalmente, a cultura visando a maximização da produção. No entanto, ainda não

existem estudos básicos de análise de crescimento da cultura do feijão-caupi tratada com herbicidas.

Neste sentido, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito dos herbicidas bentazon, fomesafen e clethodim no desenvolvimento de feijão-caupi, cv. BRS Guariba por meio da análise de crescimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização climática da área experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2010, em uma área do setor de produção vegetal da Fazenda Experimental da UFAM localizada na BR 174, km 38, município de Manaus-AM, na latitude 02^o38'69" S, longitude 060^o03'18" W (Figura 1) e altitude 88 m.

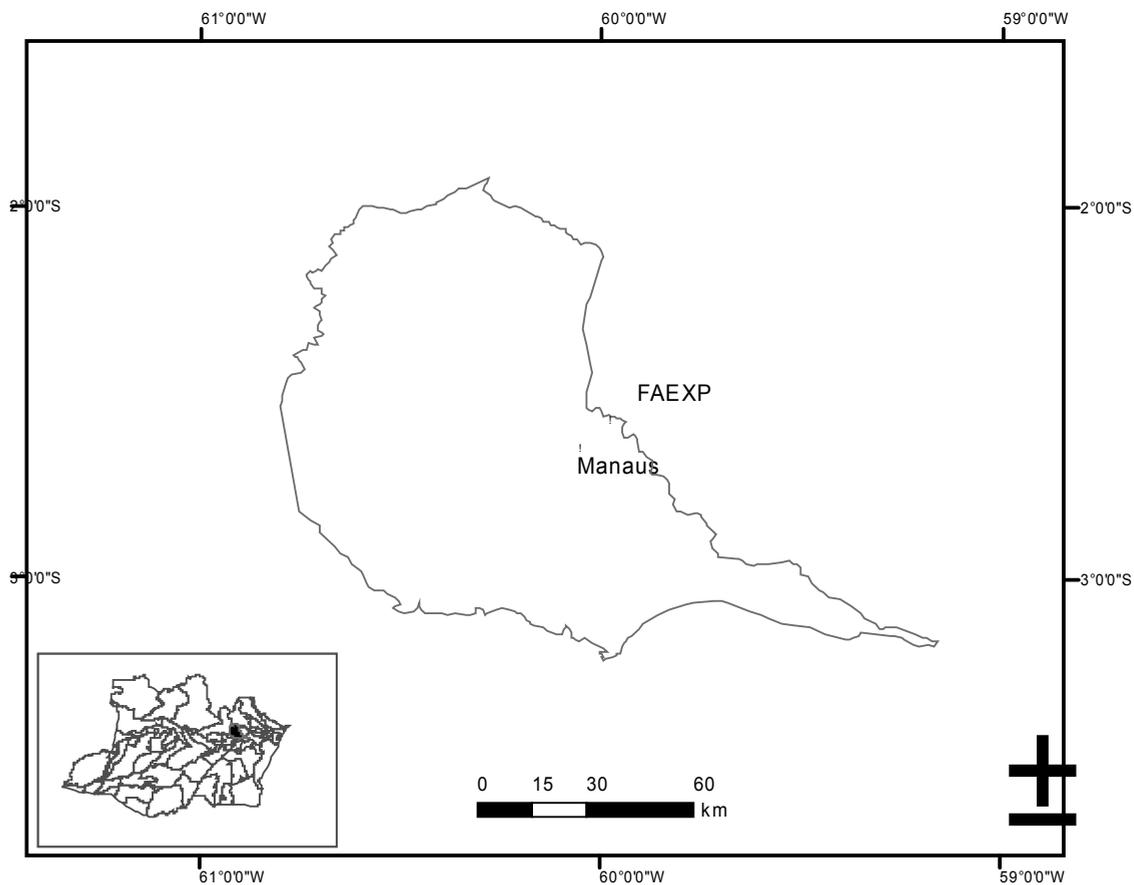


Figura 1. Localização geográfica da Fazenda Experimental da UFAM. Manaus–AM, 2010

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima do local do experimento é do tipo Ami (COSTA, 1994). A temperatura média durante o período de condução do experimento foi de 31 °C e precipitação média de 14 mm. Os dados meteorológicos de precipitação e de temperaturas máximas e mínimas no período de execução do trabalho foram obtidos com termômetro e pluviômetro instalado na área experimental (Figura 2).

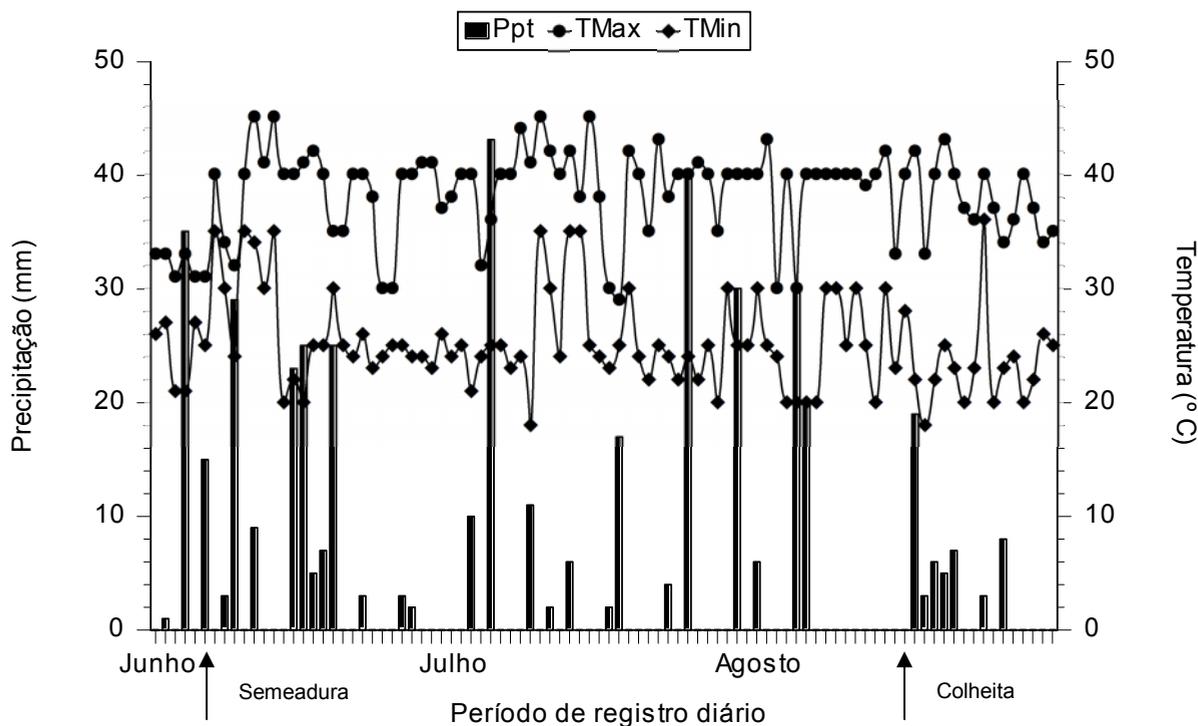


Figura 2. Precipitação (Ppt), temperatura máxima (TMax) e temperatura mínima (TMin) registrada diariamente durante a condução do experimento de campo. Manaus-AM, 2010

2.2 Preparo do solo e plantio

Amostras de solo na profundidade de 0 a 0,20 m foram coletadas para análise físico-química no Laboratório de Química e Física do solo da UFAM (Tabela 1). O solo foi preparado com uma aração, seguida de uma gradagem para incorporação de 300 kg de calcário dolomítico que foi aplicado manualmente. Após 30 dias da calagem o solo foi adubado com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de super fosfato triplo e 40 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. A calagem e a adubação química seguiram as recomendações para a cultura do feijão-caupi proposta por MELO et al. (2005) com base na análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área da área experimental. Manaus-AM, 2010 ⁽¹⁾

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V
H ₂ O	cmolc/kg									%
5,04	40,70	3	0,11	1,10	1,0	7,01	0,75	2,21	9,22	24
Granulometria (%)										
Areia total			Silte		Argila		Classe textural			
12,23			16,17		71,60		Muito Argilosa			

⁽¹⁾ Análise realizada no laboratório de Química e Física do solo da UFAM, segundo método preconizado por SILVA, (2009).

A semeadura foi manual, colocando-se 4 sementes por cova, a uma profundidade de 0,03 m, espaçadas 0,10 m entre plantas e 0,5 m entre linhas. Após 10 dias da semeadura fez-se o desbaste deixando uma planta por cova, equivalente a uma densidade de 200.000 plantas ha⁻¹.

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial (3x6x6), com quatro repetições, sendo o primeiro fator constituído pelos herbicidas, o segundo pelas doses dos mesmos e o terceiro as épocas de avaliação (Tabela 2).

O critério de seleção dos herbicidas utilizados nesta pesquisa foi devido serem produtos registrados para cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ou soja (*Glycine max* L.).

Tabela 2. Nome técnico, nome comercial, doses, mecanismo de ação e formulação de herbicidas registrados para feijoeiro comum e aplicados em pós-emergência. Manaus-AM, 2010

Nome técnico	Nome comercial	Doses (g i.a. ha ⁻¹).							Mecanismo de ação	Formulação
		0	180	360	720	1440	2880			
Bentazon ⁽¹⁾	Basagran	0	180	360	720	1440	2880	Inib. FS II	CS, 600 g.L ⁻¹	
Fomesafen ⁽²⁾	Flex	0	62,5	125	250	500	1000	Inib. Protox	SAC, 250 g.L ⁻¹	
Clethodim ⁽³⁾	Select	0	27	54	108	216	432	Inib.Accase	CE, 240 g.L ⁻¹	

Nome químico dos herbicidas (AHRENS, 2007):

(1) 3-isopropil-1H-2,1,3-benzotiazin-4-(3H)-ona-2,2-dióxido; **(2)** 5-(2-cloro-4-(trifluorometil) fenoxi)-N-metil-sulfonil-2-nitrobenzamida; **(3)** (+/-)-2-[(E)-1-[(E)3-chloroallyloxyamino]propyl]-5-[2-(ethylthio)propyl]-3-hidroxy-2- cyclohexen-1-one

As parcelas experimentais foram constituídas de 4 linhas de 5 m de comprimento cada, espaçadas a 0,5 m entre si. A área útil das parcelas foi constituída pelas duas linhas centrais eliminando-se 0,5 m das extremidades.

2.4 Aplicação dos herbicidas

Na aplicação dos herbicidas utilizou-se um pulverizador costal provido com válvula de pressão constante de 14 bar e bico XR Teejet 80.03. A quantidade de calda herbicídica foi de 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, o solo encontrava-se úmido, a umidade relativa do ar de 87%, a temperatura do ar em torno de 27,7 °C, o céu nublado e sem ocorrência de ventos fortes. Após a aplicação de cada produto, o pulverizador foi tríplice lavado com detergente líquido e enxaguado com água. A

seqüência da aplicação dos herbicidas foi sempre da menor para a maior dose. A aplicação dos tratamentos foi aos 21 dias após a semeadura (DAS) do feijão-caupi.

2.5 Coleta das plantas de feijão-caupi para análise de crescimento

Para a análise de crescimento foi coletado um total de 864 plantas de feijão-caupi aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

Em cada coleta, duas plantas da área útil de cada parcela experimental foram amostradas, sendo uma planta por linha. As plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e levadas para o Laboratório de Ciências das Plantas daninhas da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM, onde foram seccionadas as folhas para leitura da área foliar no medidor “*Area Meter*”, marca LICOR, modelo 3050A. Em seguida, as folhas e os caules foram colocados para secar em estufa de ventilação forçada a 75 °C até atingirem peso constante. Estes materiais, após serem retirados da estufa foram colocados em dessecador por 30 minutos e depois pesados em balança com 0,01g de precisão.

2.6 Características avaliadas

Com base nos resultados da área foliar (AF) e matéria seca (MS) foram determinadas para cada época de coleta os valores instantâneos da Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Assimilação Líquida (TAL) e Razão de Área Foliar (RAF) em relação ao tempo (RADFORD, 1967).

2.6.1 Taxa de crescimento relativo (TCR)

$TCR = 1/(MS) \times dMS/dt$ - é o incremento da matéria seca total, por unidade de matéria seca total existente, por unidade de tempo, sendo expressa em $g\ g\ dia^{-1}$.

2.6.2 Taxa assimilatória líquida (TAL)

$TAL = 1/AF \times dMS/dt$ - Ela representa a taxa de fotossíntese líquida e é determinada pela relação entre a matéria seca produzida por unidade de área foliar da planta, por um determinado intervalo de tempo. É expressa em $g\ dm^{-2}.dia^{-1}$.

2.6.3 Razão de área foliar (RAF)

$RAF = AF/MSt$ - é a relação entre a área foliar total responsável pela realização de fotossíntese e peso de toda matéria seca produzida pela planta. A RAF mede a área foliar fotossinteticamente ativa e é expressa em $dm^2\ g^{-1}$.

2.6.4 Índice de área foliar (IAF)

IAF - foi calculado pela razão entre a área foliar fotossinteticamente ativa da planta e a área da superfície do solo ocupada pelo feijão-caupi.

2.7. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAEG

9.1. Os dados da AF e MS foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a seleção da equação que melhor se ajustou aos dados originais para cada característica de crescimento avaliada foi utilizado o *software Table Curve*. A escolha foi determinada em função dos modelos que melhor se ajustaram aos dados originais, pelo teste F a 5% de probabilidade, pelo maior coeficiente de determinação (R^2), pela equação mais simples e que melhor explicasse o fenômeno biológico observado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de crescimento de plantas de feijão-caupi tratadas com bentazon

3.1.1 Área foliar (AF)

As doses de bentazon estimularam o crescimento da AF do feijão-caupi ao longo do ciclo da cultura. Os tratamentos 1440 e 2880 g ha⁻¹ tiveram menor crescimento da AF (1,33 e 2,01 dm⁻² pl⁻¹), respectivamente, aos 7 DAA (Figura 3) devido a fitotoxicidade ocorrida. A maior produção de AF foi obtida pelas doses 180 e 1440 g ha⁻¹ aos 42 DAA (Tabela 3). Os tratamentos com as doses 180, 360 e 720 g ha⁻¹ tiveram crescimento de AF superior ao tratamento controle e com as 1440 e 2880 g ha⁻¹ até os 35 DAA (Figura 3).

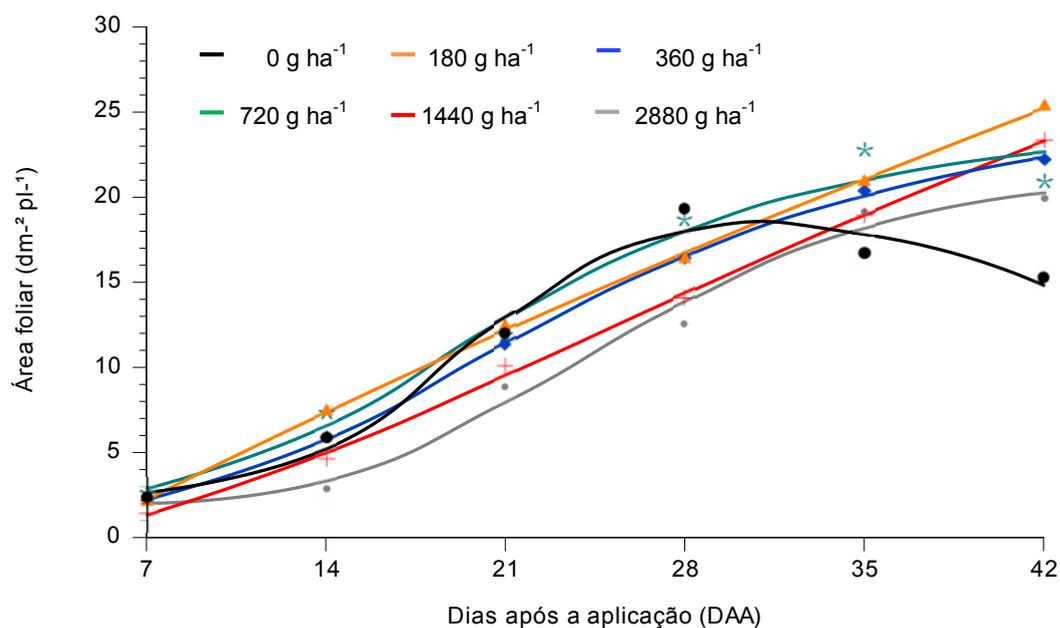


Figura 3. Área foliar (AF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM. 2010

Tabela 3. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da área foliar (AF) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 2,613 + 15,839 \exp(-0,5(\ln(X/31,049)/0,418)^2)$	0,97	31,04	18,45	7,00	2,64
180	$Y = (-3,279) + 205,801 / (1 + (X/269,710)^{-0,984})$	0,99	42,00	25,17	7,00	2,23
360	$Y = 1,565 + 25,228 / (1 + (X/24,578)^{-2,869})$	0,99	42,00	22,33	7,00	2,23
720	$Y = 2,347 + 22,715 / (1 + (X/22,002)^{-3,280})$	0,99	42,00	22,63	7,00	2,86
1440	$Y = (-0,397) + 59,105 / (1 + (X/53,052)^{-1,728})$	0,99	42,00	23,27	7,00	1,33
2880	$Y = 1,985 + 18,515 \exp(-0,5(\ln(X/45,639)/0,515)^2)$	0,98	42,00	20,26	7,00	2,01

Isto sugere que o bentazon mesmo sendo um herbicida inibidor do fotossistema II que age diretamente nas folhas, nestas dosagens foi rapidamente metabolizado pelas plantas a compostos não fitotóxicos a cultura, conforme Connelly

et al. (1988). Estes autores afirmam que plantas tolerantes a este herbicida metabolizam de 80 a 90% o produto dentro de vinte quatro horas, enquanto que, plantas suscetíveis metabolizam apenas 10 a 14% do produto ativo. Isto pode explicar a manutenção da área foliar do feijão-caupi mesmo após aplicação de quatro vezes a dose recomendada para o feijoeiro comum.

3.1.2 Matéria seca da parte aérea (MSPA)

A produção da MSPA do feijão-caupi aumentou com a idade da cultura. A acumulação máxima ocorreu aos 42 DAA, com destaque para os tratamentos 180 e 360 g ha⁻¹, com 29,77 e 24,19 g pl⁻¹ de matéria seca, respectivamente (Figura 4, Tabela 4). No intervalo de 7 a 14 DAA que compreende à fase vegetativa da cultura, as doses 1440 e 2880 g ha⁻¹ causaram menor produção de MSPA, devido a fitotoxicidade do produto que afetou a área fotossinteticamente ativa e conseqüentemente, promoveu menor acúmulo desta característica.

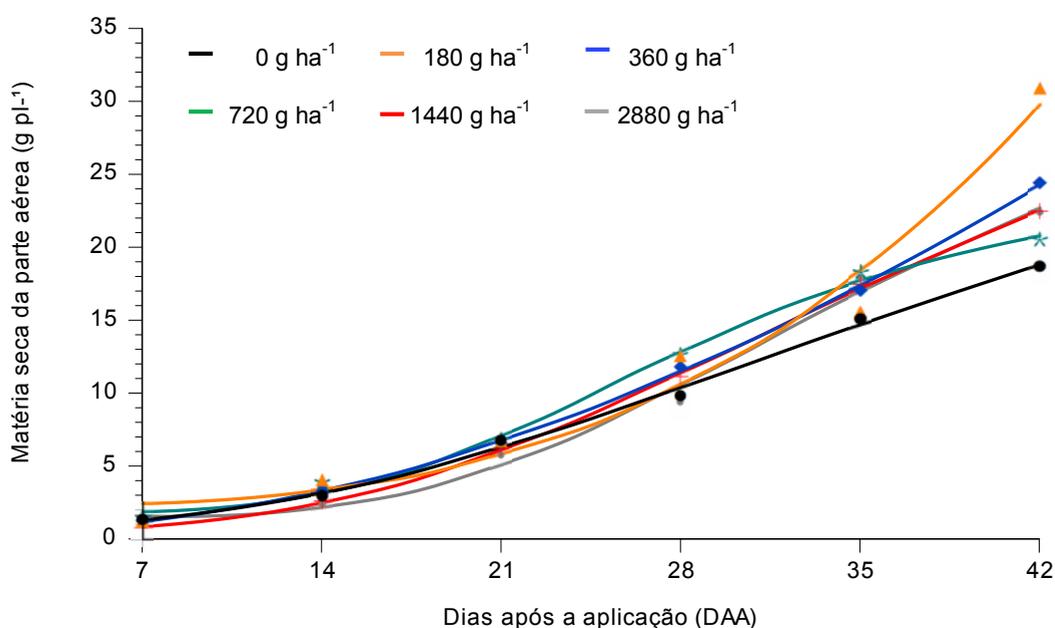


Figura 4. Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM. 2010

A curva de resposta para estes tratamentos se ajustou a equação do tipo logística. Mesmo nos tratamentos com doses superiores a dose recomendada (720 g ha⁻¹) não houve prejuízos na produção final da MSPA (Figura 4, Tabela 4).

Tabela 4. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R²), ponto de máximo e ponto de mínimo da matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R ²)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,837 + 39,868 / (1 + (X/45,675)^{-2,365})$	0,99	42,00	18,80	7,00	1,30
180	$Y = 2,289 + 6529,538 / (1 + (X/267,539)^{-2,952})$	0,97	42,00	29,77	7,00	2,43
360	$Y = 0,478 + 282,70 / (1 + (X/138,164)^{-2,007})$	0,99	42,00	24,19	7,00	1,18
720	$Y = 1,777 + 23,399 / (1 + (X/28,829)^{-3,868})$	0,99	42,00	20,75	7,00	1,87
1440	$Y = 0,580 + 40,977 / (1 + (X/40,035)^{-2,878})$	0,99	42,00	22,48	7,00	0,84
2880	$Y = 1,581 + 28,643 \exp(-0,5(\ln(X/64,666)/0,549)^2)$	0,99	42,00	22,62	7,00	1,58

3.1.3 Índice de área foliar (IAF)

A curva de resposta as doses de bentazon para o IAF se ajustou a equação do tipo logístico (Figura 5, Tabela 5). O IAF máximo obtido pela maioria dos tratamentos ocorreu aos 42 DAA, com exceção do tratamento controle onde o valor máximo para esta característica ocorreu aos 31 DAA (Figura 5, Tabela 5).

As doses crescentes do bentazon não afetaram o IAF, o ponto mínimo de expansão foi de 0,27 aos 7 DAA e o máximo obtido foi de 5,03 aos 42 DAA. Para o tratamento controle o IAF máximo foi de 3,69 aos 31 DAA (Tabela 5). Aos 28 DAA o IAF das doses 180, 360 e 720 g ha⁻¹ já era superior a 3, o que para Summerfield et al. (1983) indica que a planta tem uma cobertura foliar suficiente para uma máxima

interceptação de luz. E que se confirmou neste trabalho com a maior produção MSPA a partir dos 28 DAA, conforme verificado na Figura 4.

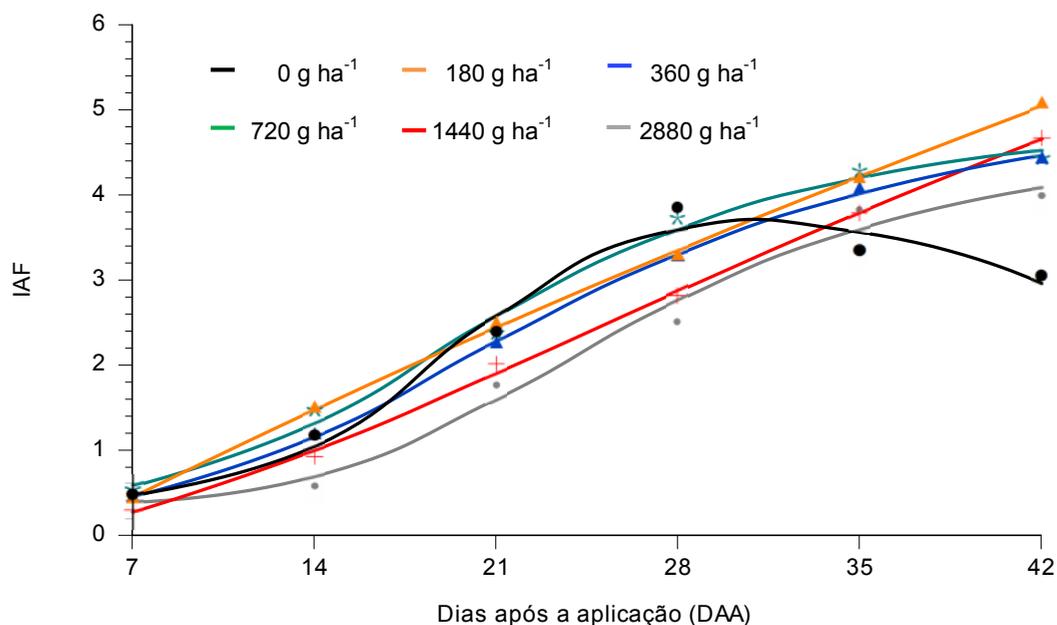


Figura 5. Índice de área foliar de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tabela 5. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo do índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,523 + 3,165 \exp(-0,5(\ln(X/31,054)/0,418)^2)$	0,97	31,05	3,69	7,00	0,53
180	$Y = (-0,670) + 41,153 / (1 + (X/271,954)^{-0,978})$	0,99	42,00	5,03	7,00	0,45
360	$Y = 0,317 + 5,040 / (1 + (X/24,609)^{-2,866})$	0,99	42,00	4,46	7,00	0,45
720	$Y = 0,470 + 4,536 / (1 + (X/21,981)^{-3,279})$	0,99	42,00	4,52	7,00	0,57
1440	$Y = (-0,072) + 11,742 / (1 + (X/52,771)^{-1,735})$	0,99	42,00	4,65	7,00	0,27
2880	$Y = 0,364 + 4,336 / (1 + (X/26,585)^{-3,918})$	0,98	42,00	4,08	7,00	0,38

3.1.4 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A TCR, expressa o incremento de massa seca em relação à biomassa pré-existente. Aos 7 DAA quando as plantas encontravam-se na fase vegetativa, os tratamentos 180 e 1440 g ha⁻¹ tiveram crescimento máximo de 0,33 e 0,32 g g⁻¹ dia⁻¹, respectivamente (Figura 6, Tabela 6), sendo superiores aos demais tratamentos. Posteriormente, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura a TCR de todos os tratamentos diminuiu devido ao acúmulo de matéria seca ocorrido no período avaliado e pela redução da capacidade das plantas em produzir material novo e em parte, pelo acúmulo gradativo de tecidos não assimilatórios (WILLIAMS, 1946).

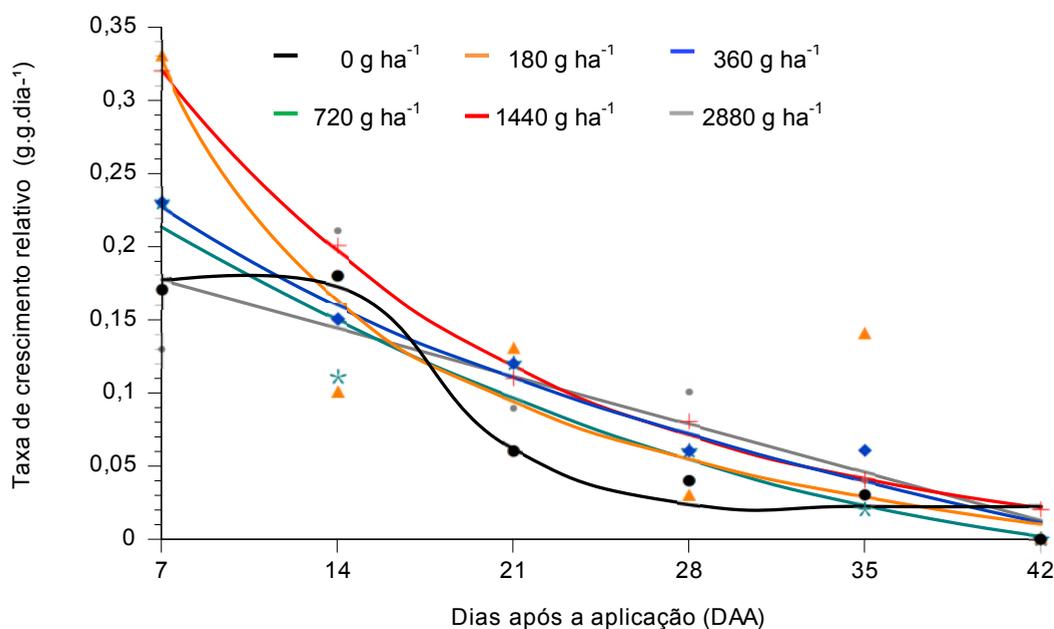


Figura 6. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de feijão-caupi, em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM. 2010

Tabela 6. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,022 + 0,154 / (1 + (X/19,171)^{11,773})$	0,96	7,00	0,18	42,00	0,02
180	$Y = (-0,126) + 3,373 / (1 + (X/0,542)^{0,726})$	0,97	7,00	0,33	42,00	0,01
360	$Y = (-1,144) + 1,551 / (1 + (X/311,017)^{0,535})$	0,97	7,00	0,23	42,00	0,01
720	$Y = 0,288 + (-0,011)X + 0,0001X^2$	0,92	7,00	0,21	42,00	0,01
1440	$Y = (-0,046) + 0,478 / (1 + (X/14,298)^{1,666})$	0,99	7,00	0,32	42,00	0,02
2880	$Y = 0,21 + (-0,005)X$	0,71	7,00	0,18	42,00	0,02

3.1.5 Taxa assimilatória líquida (TAL)

O valor máximo da TAL foi 0,18 g.dm⁻².dia⁻¹ para os tratamentos 180 e 1440 g ha⁻¹ aos 7 DAA e decresceu ao longo do ciclo da cultura chegando aos 42 DAA com valores mínimos de 0,005 e 0,006 g.dm⁻².dia⁻¹ para os tratamentos controle e 720 g ha⁻¹, respectivamente (Figura 7, Tabela 7).

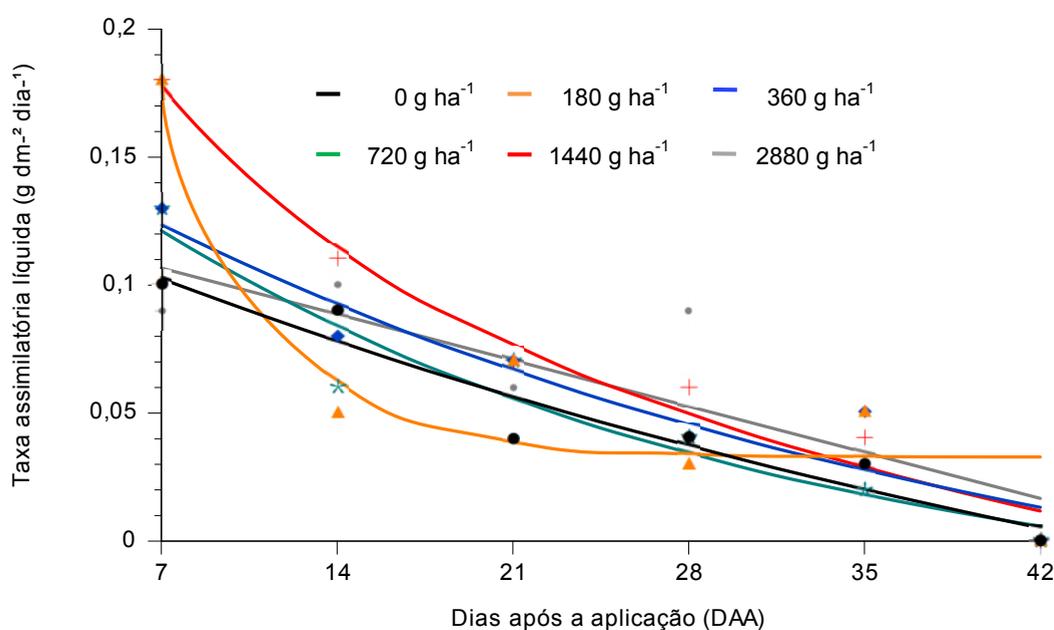


Figura 7. Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM. 2010

Tabela 7. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da taxa assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = (-0,114) + 0,244 \exp(-X/58,859)$	0,92	7,00	0,10	42,00	0,005
180	$Y = 0,033 + 0,718 \exp(-X/4,390)$	0,86	7,00	0,18	42,00	0,033
360	$Y = (-0,058) + 0,219 \exp(-X/37,564)$	0,90	7,00	0,12	42,00	0,013
720	$Y = (-0,033) + 0,203 \exp(-X/25,438)$	0,91	7,00	0,12	42,00	0,006
1440	$Y = (-0,841) + 1,680 / (1 + (X/48,337)^{0,224})$	0,97	7,00	0,18	42,00	0,018
2880	$Y = 0,125 + (-0,003)X$	0,71	7,00	0,11	42,00	0,017

A TAL é uma medida do aumento da matéria seca da planta por unidade de área foliar. Esta característica indica a eficiência do aparelho fotossintético (WATSON, 1958; BENICASA, 2003). Desta forma, a diminuição da TAL obtida neste trabalho ocorreu pela redução da área foliar fotossinteticamente ativa devido à planta de feijão-caupi estar iniciando o processo reprodutivo e as folhas maduras estarem em pré senescência.

3.1.6 Razão de área foliar (RAF)

A RAF apresentou valores máximos de crescimento de 1,81; 1,82 e 1,62 dm² g⁻¹ aos 7 DAA, para os tratamentos 360, 1440 e 2880 g ha⁻¹ e máximos de 1,89 e 1,92 dm² g⁻¹ aos 8 e 13 DAA com os tratamentos 180 e 720 g ha⁻¹, seguido de decréscimo progressivo até a última época de avaliação, cujo valor mínimo foi de 0,75 dm² g⁻¹ para o tratamento controle (Figura 8, Tabela 8).

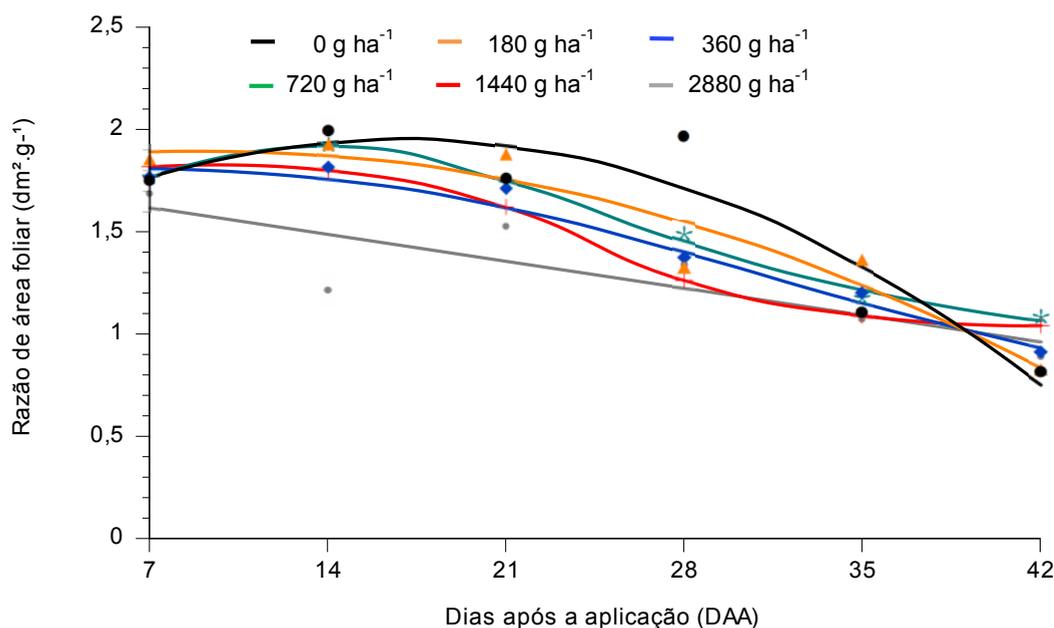


Figura 8. Razão de área foliar (RAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de bentazon. Manaus-AM. 2010

Tabela 8. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da razão de área foliar (RAF) de feijão-caupi em função de doses de bentazon. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 1,413 + 0,063X + (-0,002)X^2$	0,88	16,83	1,95	42,00	0,75
180	$Y = 1,816 + 0,017X + (-0,001)X^2$	0,91	8,96	1,89	42,00	0,83
360	$Y = 1,815 + (-1,489)/(1 + (X/37,427)^{-3,249})$	0,97	7,00	1,81	42,00	0,93
720	$Y = 0,731 + 1,187/(1 + ((X - 13,756)/17,626)^2)$	0,99	13,76	1,92	42,00	1,06
1440	$Y = 1,018 + 0,798/(1 + (X/24,781)^{6,722})$	0,99	7,00	1,82	42,00	1,04
2880	$Y = 1,750 + (-0,019)X$	0,70	7,00	1,62	42,00	0,96

As curvas da RAF evidenciaram aumento desta característica durante o período vegetativo da cultura, ou seja, até os 40 dias após a emergência (DAE), indicando que nesta fase a maior parte do material fotossintetizado foi convertida,

em folhas para maior captação da radiação solar disponível. Com a continuidade do desenvolvimento fenológico da cultura houve redução dos valores de crescimento desta característica (Figura 8). A ocorrência de alguns fatores, como o surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, a interferência do sombreamento das folhas superiores sobre as folhas inferiores reduz a área foliar fotossinteticamente ativa e também pela ontogenia das plantas que contribuem para a redução da RAF, conforme descrito por HUNT (1982) e observado neste trabalho.

3.2 Análise de crescimento de plantas de feijão-caupi tratadas com fomesafen

3.2.1 Área foliar (AF)

A AF das plantas de feijão-caupi foi afetada pelas doses crescentes de fomesafen. Nas avaliações realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAA, os tratamentos com as doses 62,5, 125, 250, 500 e 1000 g ha⁻¹ tiveram menor crescimento de AF em relação ao controle (Figura 9).

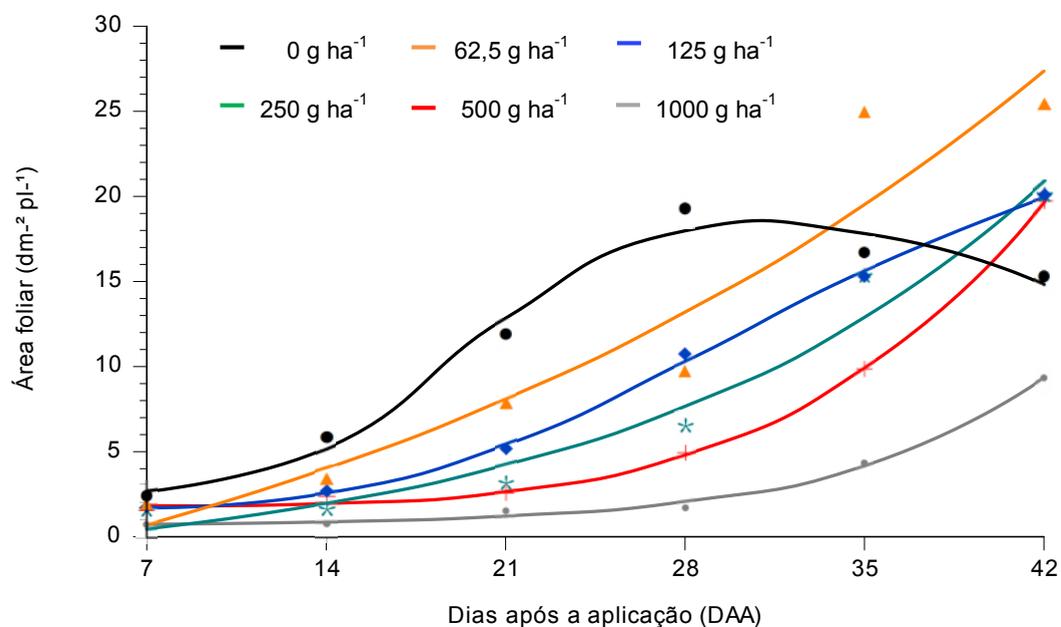


Figura 9. Área foliar (AF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM. 2010

O ponto máximo de crescimento de 27,37 e 20,83 dm⁻² pl⁻¹ para os tratamentos 62,5 e 250 g ha⁻¹ foi observado aos 42 DAA. Nessa mesma época de avaliação a dose de 1000 g ha⁻¹ teve menor crescimento da AF em relação aos demais tratamentos (Figura 9, Tabela 9).

Tabela 9. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R²), ponto de máximo e ponto de mínimo da área foliar (AF) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R ²)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 2,613 + 15,839 \exp(-0,5(\ln(X/31,049)/0,418)^2)$	0,97	31,04	18,45	7,00	2,64
62,5	$Y = (-12,969) + 11,015 \exp(-X/(-32,359))$	0,91	42,00	27,37	7,00	0,71
125	$Y = 1,628 + 26,587 / (1 + (X/34,008)^{-3,739})$	0,99	42,00	19,91	7,00	1,69
250	$Y = (-2,397) + 1,888 \exp(-X/(-16,733))$	0,96	42,00	20,83	7,00	0,47
500	$Y = 1,825 + 253,327 / (1 + (X/74,020)^{-4,553})$	0,99	42,00	19,66	7,00	1,83
1000	$Y = 0,641 + 0,038 \exp(-X/(-7,761))$	0,99	42,00	9,33	7,00	0,74

A redução da AF ocorrida neste trabalho corrobora com Arruda et al. (1999) que também verificaram que o sulfentrazone reduziu a AF das plantas de soja com o incremento das doses do herbicida nos estádios R₃ e R₅ fase em que as plantas demandaram grande quantidade de fotoassimilados para a formação, expansão das vagens e também com o início do desenvolvimento das sementes que atuaram como drenos.

A ação negativa do fomesafen sobre a AF foi devido à inibição da atividade da enzima PROTOX que pode ter causado a peroxidação dos lipídios e destruiu as membranas celulares das plantas, conforme observado por AHRENS (2007). A ação

do produto causou queima e necroses nas bordas das folhas e deformou algumas folhas e brotos. Freitas et al. (2010) verificaram que o fomesafen causou severa fitointoxicação ao feijão-caupi, cv. BRS 16 prejudicando o crescimento foliar das plantas. Já as plantas que toleraram o produto, mesmo com injúrias sobreviveram e com a emissão de novas folhas os danos foram reduzidos. De acordo com El Nagga et al. (1992) a tolerância ao herbicida pelas plantas ocorre pela rápida degradação oxidativa do produto como forma de detoxificação, sendo realizada pela enzima peroxidase.

3.2.2 Matéria seca da parte aérea (MSPA)

A MSPA foi reduzida pelos tratamentos aplicados. Os tratamentos com as doses 62,5 e 125 g ha⁻¹ obtiveram maior acúmulo da matéria em relação aos demais tratamentos somente aos 42 DAA (Figura 10, Tabela 10).

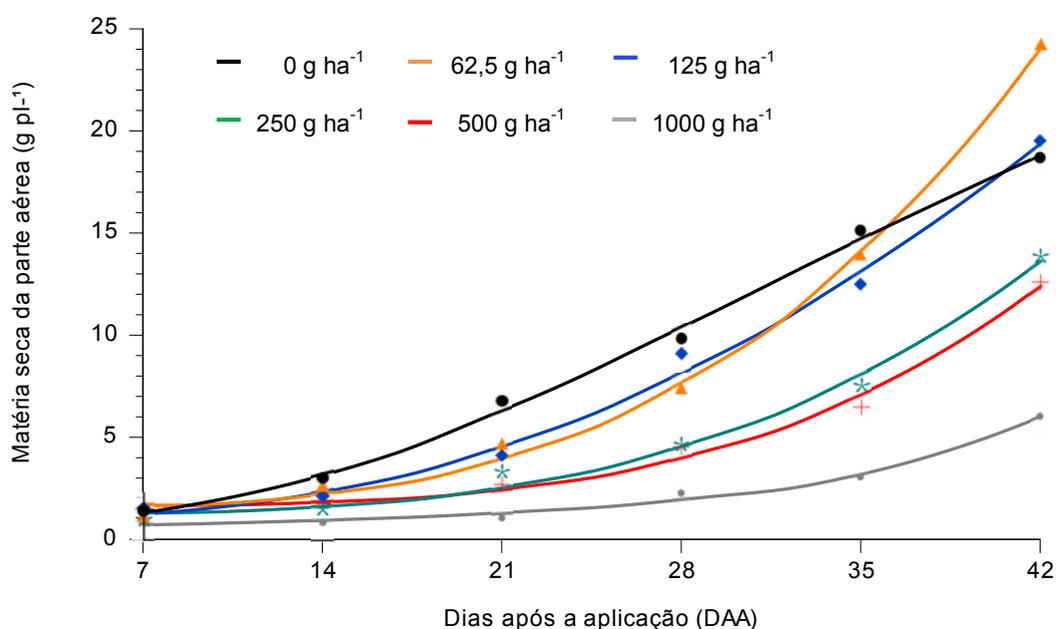


Figura 10. Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM. 2010

Os tratamentos com as doses 250, 500 e 1000 g ha⁻¹ tiveram menor acúmulo de MSPA durante o ciclo da cultura (Figura 10, Tabela 10).

Os resultados obtidos para produção de MSPA com aplicação do fomesafen refletem o efeito deste produto sobre a área foliar que foi afetada pela fitotoxicidade causada pelo herbicida. De acordo com Nogueira (1997) e Arruda et al. (1999), quando a área foliar é restringida, a quantidade de matéria seca produzida reduz, uma vez que o aproveitamento da energia luminosa é alterado pela diminuição da superfície responsável pela interceptação dessa radiação.

Tabela 10. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R²), ponto de máximo e ponto de mínimo da matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R ²)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,837 + 39,868 / (1 + (X/45,675)^{-2,365})$	0,99	42,00	18,80	7,00	1,30
62,5	$Y = 1,567 + 1406,714 / (1 + (X/149,202)^{-3,249})$	0,99	42,00	24,08	7,00	1,64
125	$Y = 1,021 + 154,901 / (1 + (X/93,079)^{-2,522})$	0,99	42,00	19,36	7,00	1,24
250	$Y = 1,258 + 1897,994 / (1 + (X/195,932)^{-3,264})$	0,99	42,00	13,61	7,00	1,29
500	$Y = 1,650 + 1623,752 / (1 + (X/159,186)^{-3,759})$	0,99	42,00	12,42	7,00	1,66
1000	$Y = 0,022 + 31,518 / (1 + ((X - 57,611) / 7,550)^2)$	0,99	42,00	5,99	7,00	0,71

3.2.3 Índice de área foliar (IAF)

O IAF das plantas de feijão-caupi foi afetado pelas doses do fomesafen. Até os 35 DAA, fase em que as plantas estavam em pleno período reprodutivo. Os valores desta característica para os tratamentos com as doses 125, 250, 500 e 1000

g ha⁻¹ foram inferiores ao tratamento controle (Figura 11). O mesmo ocorreu para tratamento com a dose 62,5 g ha⁻¹ até os 28 DAA (Figura 11).

O máximo IAF obtido pelas curvas ajustadas, em todos os tratamentos ocorreu aos 42 DAA, com exceção do tratamento controle que atingiu seu valor aos 31 DAA (Figura 11, Tabela 11) devido à redução da emissão de folhas e pela intensificação da senescência.

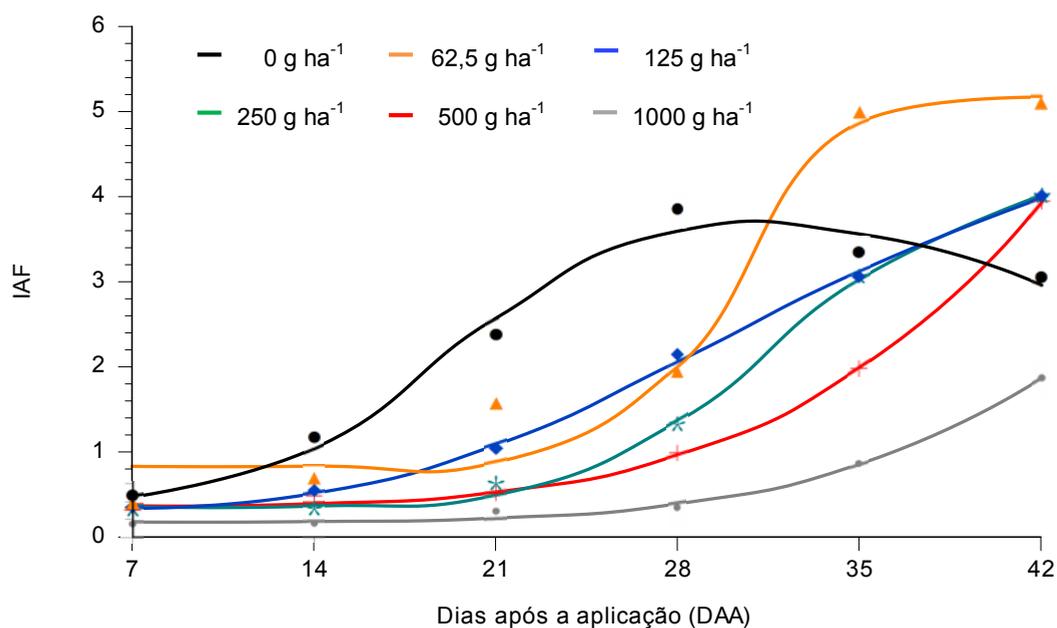


Figura 11. Índice de área foliar (IAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM. 2010

Tabela 11. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo do índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,523 + 3,165 \exp(-0,5(\ln(X/31,054)/0,418)^2)$	0,97	31,05	3,69	7,00	0,53
62,5	$Y = 0,831 + 4,347 / (1 + \exp(-(X-29,958)/1,959))$	0,96	42,00	5,16	7,00	0,83
125	$Y = 0,323 + 5,334 / (1 + (X/34,069)^{-3,718})$	0,99	42,00	3,97	7,00	0,33
250	$Y = 0,358 + 4,140 / (1 + (X/32,431)^{-7,815})$	0,99	42,00	4,01	7,00	0,36
500	$Y = 0,366 + 49,569 / (1 + (X/73,498)^{-4,567})$	0,99	42,00	3,93	7,00	0,36
1000	$Y = 0,176 + 18,262 / (1 + (X/64,646)^{-5,301})$	0,99	42,00	1,86	7,00	0,17

Considerando o hábito de crescimento indeterminado da cultivar Guariba, é possível afirmar que o incremento do IAF para os tratamentos que foram superiores ao tratamento controle, deu-se pelo aumento do número de folhas. Este herbicida ao retardar o crescimento das plantas, normalmente, causa o lançamento de folhas novas nas axilas foliares.

3.2.4 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A TCR (Figura 12) apresentou um comportamento constante e decrescente para o tratamento com a dose 62,5 g ha⁻¹. A redução ao longo do ciclo explica-se pelo autosombreamento crescente e pela produção de órgãos não fotossintetizantes. O ponto máximo da TCR ocorreu aos 7 DAA e atingiu o mínimo de 0,03 g g⁻¹ dia⁻¹ aos 42 DAA (Tabela 12).

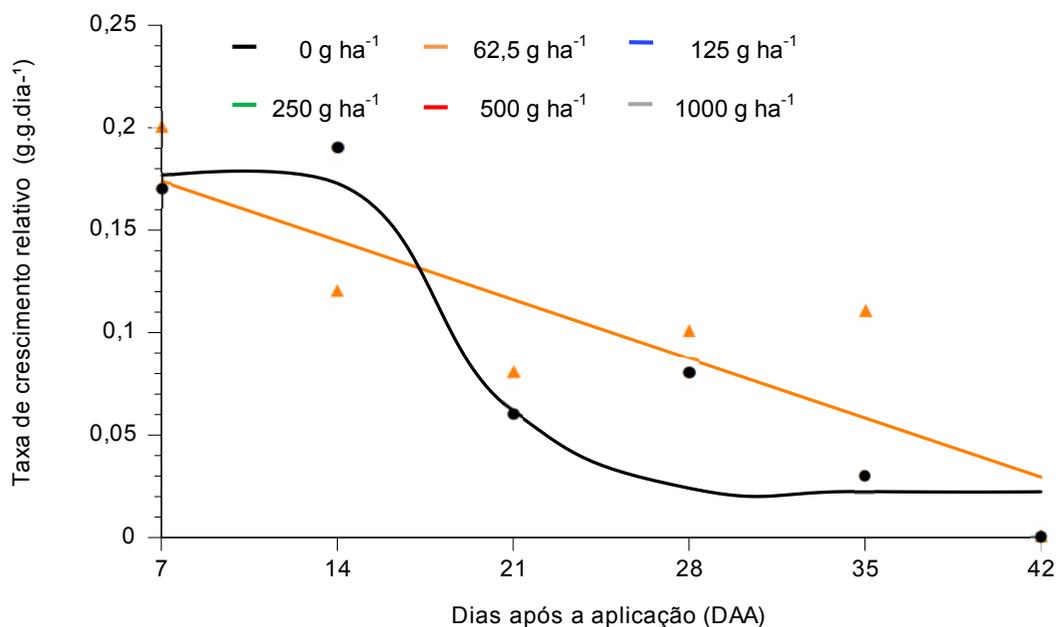


Figura 12. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM. 2010

Tabela 12. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,022 + 0,154 / (1 + (X/19,171)^{11,773})$	0,96	7,00	0,18	42,00	0,22
62,5	$Y = 0,203 + (-0,004)X$	0,69	7,00	0,17	42,00	0,03
125	Sem equação que se ajustasse aos dados originais					
250	Sem equação que se ajustasse aos dados originais					
500	Sem equação que se ajustasse aos dados originais					
1000	Sem equação que se ajustasse aos dados originais					

3.2.5 Taxa assimilatória líquida (TAL)

Os maiores valores da TAL ocorreram na fase vegetativa para os tratamentos controle e para as doses 62,5 e 125 g ha⁻¹, respectivamente (Figura 13). O valor máximo da TAL foi 0,12 g.dm⁻².dia⁻¹ para o tratamento 125 g ha⁻¹ aos 21 DAA e decresceu ao longo do ciclo da cultura (Tabela 13).

A redução drástica da TAL com o tratamento dose 125 g ha⁻¹ deu-se devido à redução da AF fotossinteticamente ativa ocasionada pela fitotoxicidade do fomesafen as plantas de feijão-caupi.

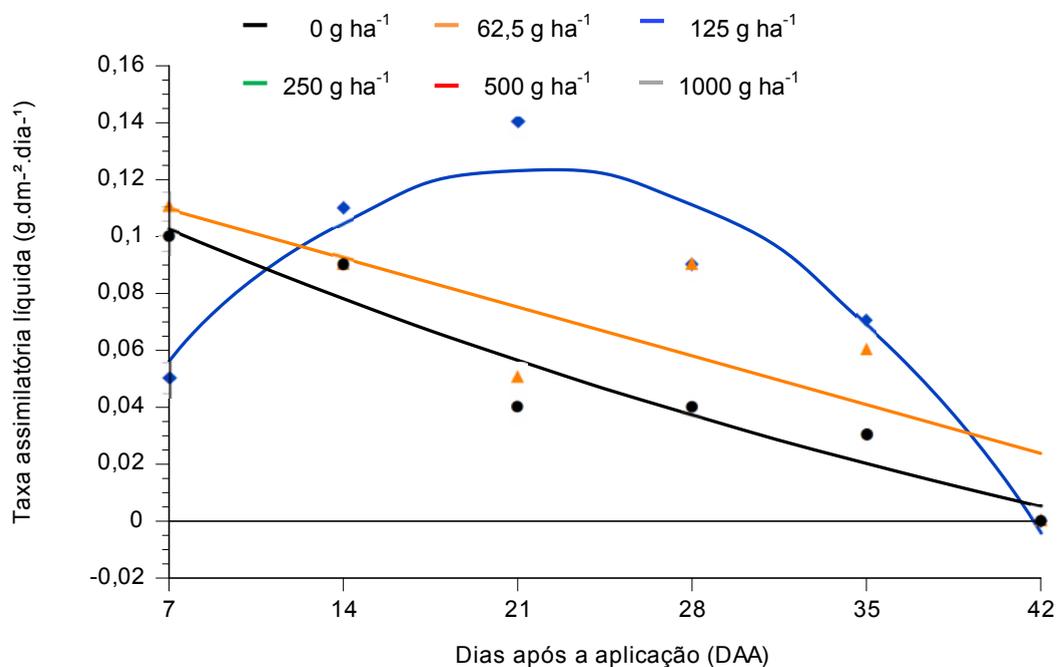


Figura 13. Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de fomesafen. Manaus-AM. 2010

Tabela 13. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da taxa assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi em função de doses de fomesafen. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = (-0,114) + 0,244 \exp(-X/58,859)$	0,92	7,00	0,10	42,00	0,005
62,5	$Y = 0,126 + (-0,002)X$	0,66	7,00	0,11	42,00	0,024
125	$Y = (-0,023) + 0,013X + (-0,0003)X^2$	0,93	21,73	0,12	42,00	-0,004
250	Sem equação que se ajustasse aos dados originais					
500	Sem equação que se ajustasse aos dados originais					
1000	Sem equação que se ajustasse aos dados originais					

3.2.6 Razão de área foliar (RAF)

Para o herbicida fomesafen não foram encontradas equações que se ajustassem aos dados originais para razão de área foliar.

3.3 Análise de crescimento de plantas de feijão-caupi tratadas com clethodim

3.3.1 Área foliar (AF)

Os tratamentos com as doses 27 e 54 g ha⁻¹ apresentaram maior crescimento da AF, em relação aos tratamentos com as doses 108 e 216 g ha⁻¹ até os 21 DAA (Figura 14) e também maior AF que a dose 432 g ha⁻¹ até 35 DAA (Figura 14).

O maior crescimento da AF com estas duas doses indica que as doses mais baixas de clethodim foram rapidamente metabolizadas pelas plantas de feijão-caupi e tiveram crescimento linear da AF aos 7, 14 e 21 DAA. Enquanto que, com os

tratamentos 108, 216 e 432 g ha⁻¹ o crescimento da AF ocorreu mais lentamente neste mesmo período de avaliação (Figura 14), principalmente, para o tratamento 432 g ha⁻¹ que atingiu máximo crescimento da AF aos 37 DAA (Tabela 14).

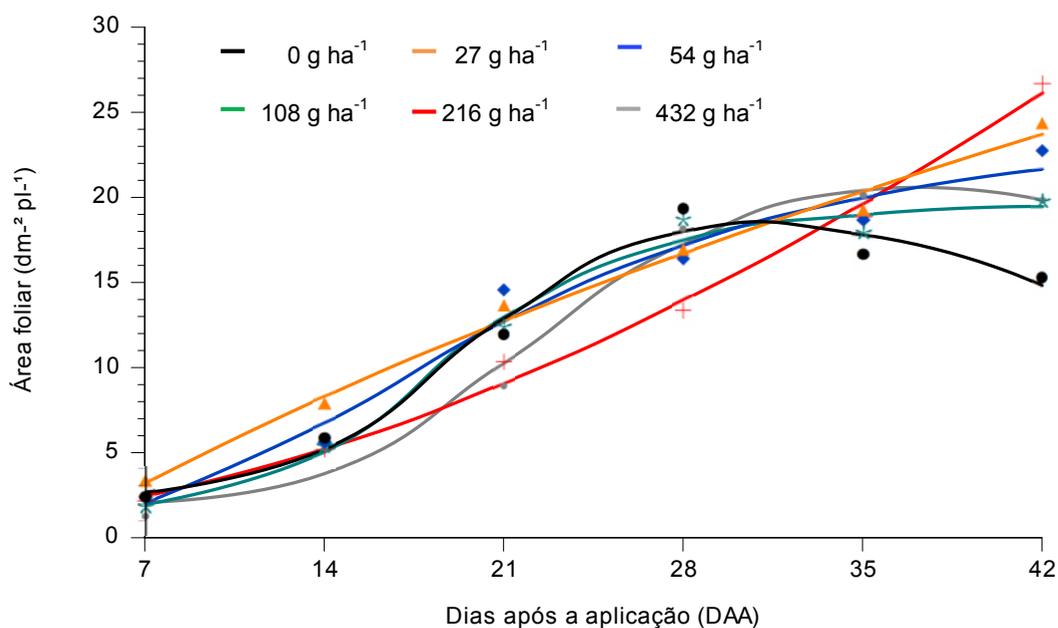


Figura 14. Área foliar (AF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tabela 14. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da área foliar de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 2,613 + 15,839 \exp(-0,5(\ln(X/31,049)/0,418)^2)$	0,97	31,04	18,45	7,00	2,64
27	$Y = (-3,610) + 158,163 / (1 + (X/260,334)^{-0,858})$	0,99	42,00	23,71	7,00	3,18
54	$Y = 0,909 + 24,049 / (1 + (X/21,327)^{-2,709})$	0,97	42,00	21,64	7,00	2,03
108	$Y = 1,823 + 18,004 / (1 + (X/19,067)^{-4,943})$	0,98	42,00	19,47	7,00	1,95
216	$Y = 1,147 + 5700,019 / (1 + (X/1110,264)^{-1,656})$	0,99	42,00	26,13	7,00	2,43
432	$Y = 2,062 + 18,504 \exp(-0,5(\ln(X/37,067)/0,445)^2)$	0,98	37,07	20,57	7,00	2,08

3.3.2 Matéria seca da parte aérea (MSPA)

A produção da MSPA do feijão-caupi aumentou com o ciclo da cultura. Na fase vegetativa o acúmulo de MSPA foi baixo e aumentou progressivamente com o crescimento da cultura e o desenvolvimento das estruturas reprodutivas (flores, vagens, sementes).

O ponto de máximo acúmulo de MSPA ocorreu aos 42 DAA para todos os tratamentos. As doses 27 e 54 g ha⁻¹ tiveram maior acúmulo de MSPA do que os tratamentos 216 e 432 g ha⁻¹ (Figura 15, Tabela 15). Provavelmente, isto ocorreu devido à maior produção de AF destes tratamentos (27 e 54 g ha⁻¹) no período de 14 a 35 DAA (Figura 15) fase em que as plantas demandaram grande quantidade de fotoassimilados para a formação e expansão das vagens.

TIMOSSI & DURINGA (2002) não verificaram diferenças na produção de MSPA plantas de soja submetidas a doses 0, 25, 50 e 100% da mistura pronta de fluazifop-p-butyl + fomesafen em relação ao tratamento controle sem presença de plantas daninhas.

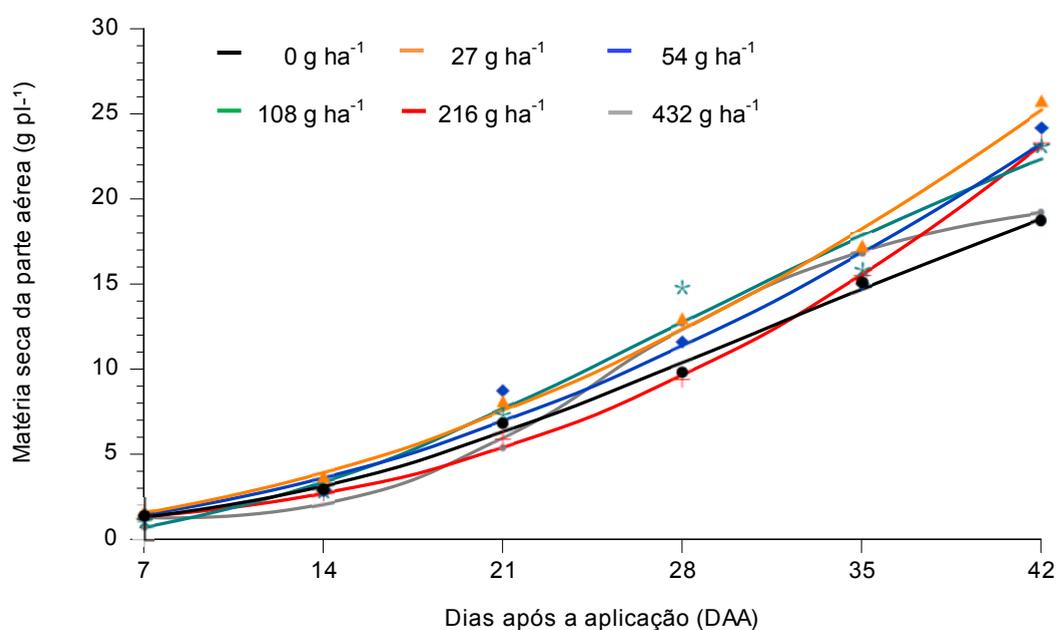


Figura 15. Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM. 2010

Tabela 15. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,837 + 39,868 / (1 + (X/45,675)^{-2,365})$	0,99	42,00	18,80	7,00	1,30
27	$Y = 0,626 + 3563,417 / (1 + (X/630,571)^{-1,835})$	0,99	42,00	25,17	7,00	1,55
54	$Y = 0,591 + 5075,110 / (1 + (X/795,931)^{-1,838})$	0,97	42,00	23,24	7,00	1,44
108	$Y = (-0,043) + 44,365 / (1 + (X/41,649)^{-2,281})$	0,97	42,00	22,35	7,00	0,70
216	$Y = 1,026 + 707,870 / (1 + (X/178,360)^{-2,374})$	0,99	42,00	23,17	7,00	1,35
432	$Y = 1,261 + 19,890 / (1 + (X/26,757)^{-4,849})$	0,99	42,00	19,14	7,00	1,29

3.3.3 Índice de área foliar (IAF)

O IAF máximo obtido pelas curvas ajustadas para a maioria das doses ocorreu aos 42 DAA, com exceção do tratamento controle onde o valor máximo para esta característica ocorreu aos 31 DAA (Figura 16, Tabela 16), devido à redução da emissão de folhas e pela intensificação da senescência.

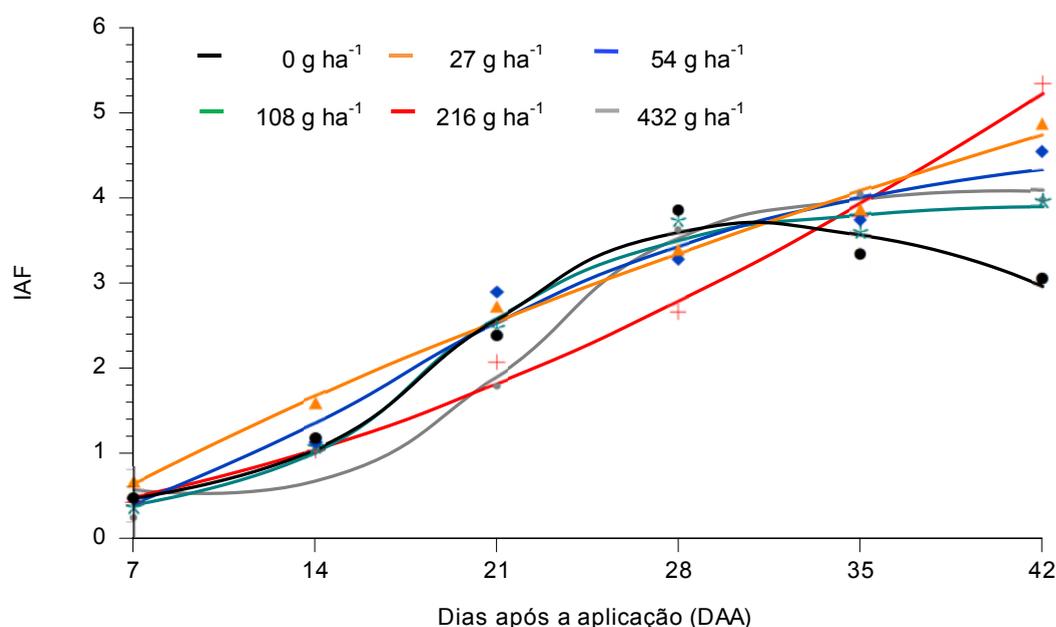


Figura 16. Índice de área foliar (IAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

A curva de resposta para as doses de clethodim se ajustou a equação do tipo logístico. Os valores máximos obtidos foram 5,22, 4,74 e 4,33 aos 42 DAA por 216, 27 e 54 g ha⁻¹ de clethodim, respectivamente (Tabela 16).

Tabela 16. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R²), ponto de máximo e ponto de mínimo do índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R ²)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,523 + 3,165 \exp(-0,5(\ln(X/31,054)/0,418)^2)$	0,97	31,05	3,69	7,00	0,53
27	$Y = (-0,730) + 31,921 / (1 + (X/265,522)^{-0,854})$	0,99	42,00	4,74	7,00	0,64
54	$Y = 0,172 + 4,848 / (1 + (X/21,425)^{-2,676})$	0,97	42,00	4,33	7,00	0,40
108	$Y = 0,365 + 3,600 / (1 + (X/19,077)^{-4,948})$	0,98	42,00	3,89	7,00	0,39
216	$Y = 0,221 + 1133,996 / (1 + (X/1118,642)^{-1,651})$	0,99	42,00	5,22	7,00	0,48
432	$Y = 0,568 + 3,541 / (1 + (X/22,486)^{-7,409})$	0,97	42,00	4,08	7,00	0,57

3.3.4 Taxa de crescimento relativo (TCR)

O comportamento da TCR durante o desenvolvimento fenológico da cultura demonstra um declínio no acúmulo de matéria seca. Os maiores valores observados ocorreram aos 7 DAA e valores mínimos de TCR aos 42 DAA (Figura 17, Tabela 17).

As doses 432 e 108 g ha⁻¹ apresentaram maior valor de TCR aos 7 DAA e as doses 27 e 54 g ha⁻¹ produziram menor TCR aos 42 DAA (Figura 17, Tabela 17).

Essa diminuição contínua pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória, pelo auto-sombreamento e pela redução da capacidade das plantas em produzir material novo e, em parte, pelo acúmulo gradativo de tecidos não assimilatórios que demandam mais fotoassimilados para atender estas novas

estruturas reduzindo a quantidades de material disponível para o crescimento (WILLIAMS, 1946; FERRARI et al., 2008).

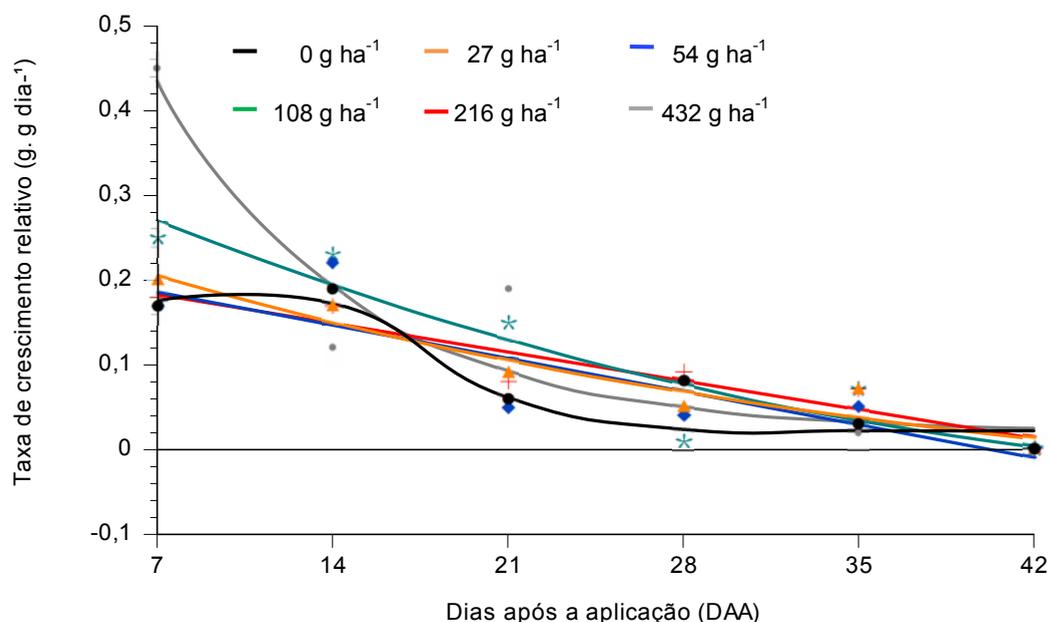


Figura 17. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM. 2010

Tabela 17. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 0,022 + 0,154 / (1 + (X/19,171)^{11,773})$	0,96	7,00	0,18	42,00	0,22
27	$Y = (-0,104) + 0,375 \exp(-X/35,777)$	0,92	7,00	0,21	42,00	0,01
54	$Y = 0,225 + (-0,006)X$	0,72	7,00	0,18	42,00	-0,001
108	$Y = 0,357 + (-0,013)X + 0,0001X^2$	0,86	7,00	0,27	42,00	0,003
216	$Y = 0,217 + (-0,005)X$	0,89	7,00	0,18	42,00	0,013
432	$Y = 0,019 + 0,993 \exp(-X/8,031)$	0,88	7,00	0,44	42,00	0,003

3.3.5 Taxa assimilatória líquida (TAL)

A TAL apresentou redução constante ao longo do ciclo fenológico da cultura. A equação de ajuste para os tratamentos teve comportamento linear, com máximo de $0,19 \text{ g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e mínimo de $-0,03 \text{ g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para 432 g ha^{-1} de clethodim (Figura 18, Tabela 18).

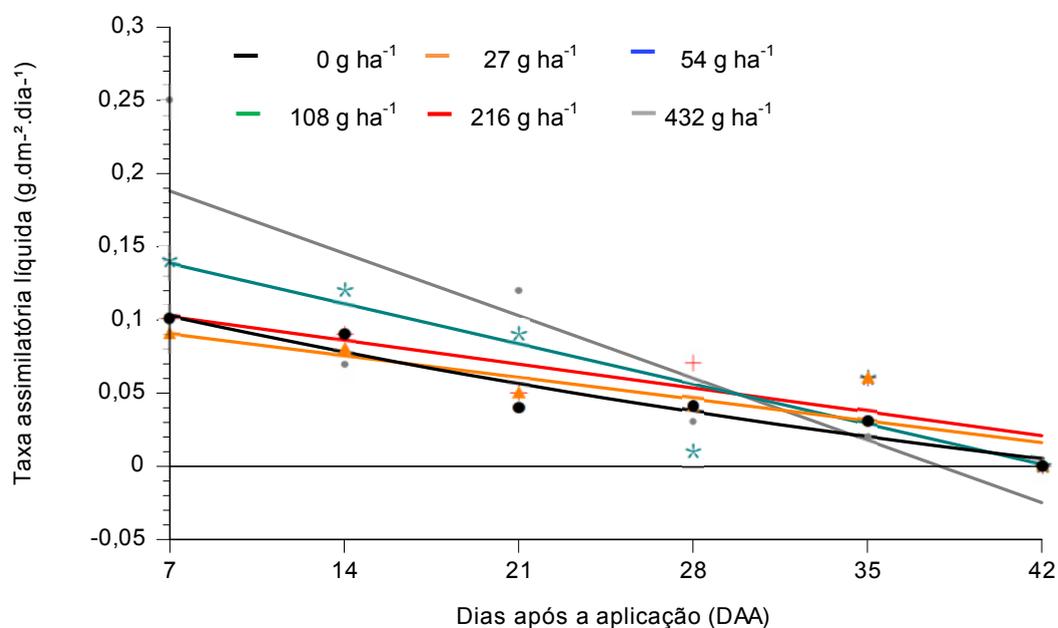


Figura 18. Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM. 2010

A redução da TAL pode ter sido ocasionada pela tolerância das plantas ao clethodim que não ocasionou fitotoxicidade à cultura e não prejudicou o crescimento da área foliar e favoreceu o autosombreamento das folhas causando a diminuição da AF e conseqüentemente afetou a TAL.

Tabela 18. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da taxa assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = (-0,114) + 0,244 \exp(-X/58,859)$	0,92	7,00	0,10	42,00	0,005
27	$Y = 0,105 + (-0,002)X$	0,75	7,00	0,09	42,00	0,02
54	Sem equação que se ajustasse aos dados					
108	$Y = 0,166 + (-0,004)X$	0,80	7,00	0,14	42,00	0,001
216	$Y = 0,119 + (-0,002)X$	0,74	7,00	0,10	42,00	0,02
432	$Y = 0,231 + (-0,006)X$	0,73	7,00	0,19	42,00	-0,03

3.3.6 Razão de área foliar (RAF)

A RAF é um componente morfofisiológico do crescimento que representa a relação entre a matéria seca retida nas folhas e a matéria seca acumulada na planta expressando assim a fração de matéria das folhas não exportada para o resto da planta (BENICASA, 2003).

O valor máximo da RAF para todos os tratamentos ocorreu aos 7 DAA, com destaque para a dose 27 g ha⁻¹ que obteve 2,18 dm⁻² g⁻¹, sendo superior as outras doses testadas (Figura 19, Tabela 19).

As curvas ajustadas da RAF indicam que até os 14 DAA a maior parte do material fotossintetizado foi convertida em folhas para maior captação da radiação solar disponível, que posteriormente, foi utilizada para atender as necessidades dos tecidos e das estruturas não assimilatórias.

A partir dos 21 DAA os valores da RAF foram ainda menores, possivelmente, causada pelo sombreamento das folhas superiores sobre as folhas inferiores e pela redução da área foliar fotossinteticamente ativa (HUNT, 1982).

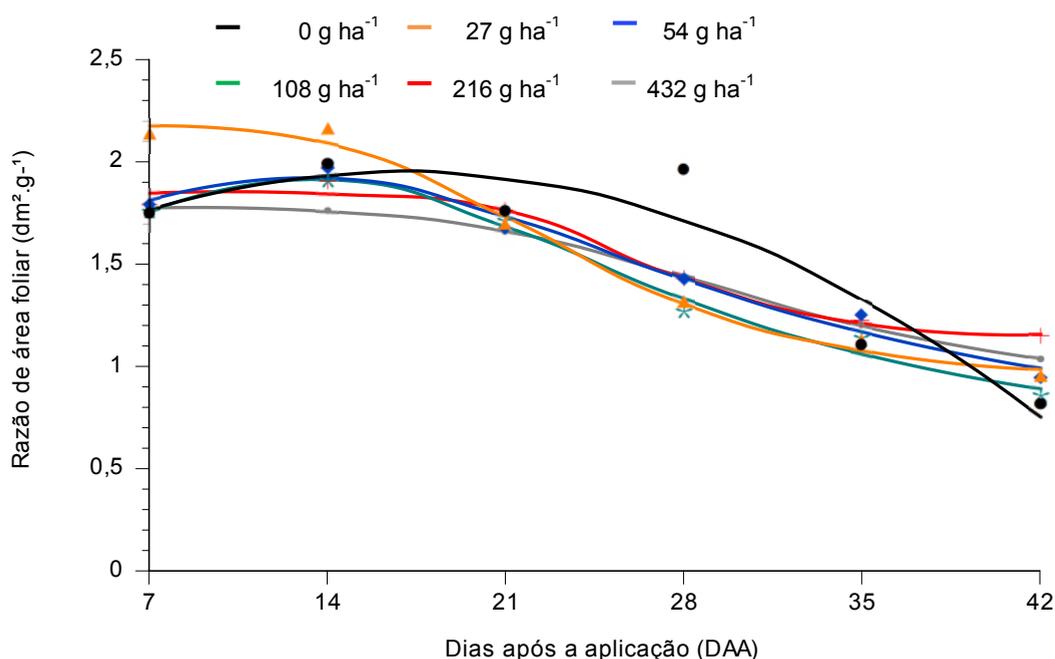


Figura 19. Razão de área foliar (RAF) de plantas de feijão-caupi em função da época de avaliação e de doses de clethodim. Manaus-AM. 2010

Tabela 19. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo e ponto de mínimo da razão de área foliar (RAF) de feijão-caupi em função de doses de clethodim. Manaus-AM, 2010

Tratamento (doses g ha ⁻¹)	Modelo (função ajustada)	(R^2)	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			X	Y	X	Y
0	$Y = 1,413 + 0,063X + (-0,002)X^2$	0,88	16,83	1,95	42,00	0,75
27	$Y = 0,908 + 1,271 / (1 + (X/23,788)^{4,846})$	0,99	7,00	2,18	42,00	0,98
54	$Y = 0,549 + 1,374 / (1 + ((X - 12,936) / 19,949)^2)$	0,98	12,94	1,92	42,00	0,99
108	$Y = 0,514 + 1,401 / (1 + ((X - 13,230) / 17,420)^2)$	0,98	13,23	1,92	42,00	0,89
216	$Y = 1,137 + 0,709 / (1 + (X/26,807)^{8,193})$	0,98	7,00	1,85	42,00	1,15
432	$Y = 0,861 + 0,913 / (1 + (X/31,271)^{4,868})$	0,99	7,00	1,77	42,00	1,04

4 CONCLUSÕES

Os herbicidas bentazon e clethodim somente nas doses correspondentes a 200 e 400% da dose recomendada foram responsáveis pela menor produção de área foliar, da matéria seca da parte aérea e do índice de área foliar das plantas de feijão-caupi. Todas as doses de fomesafen afetaram estas características.

A taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a razão de área foliar das plantas de feijão-caupi submetidas aos tratamentos com os herbicidas bentazon e clethodim tiveram máximo crescimento aos 7 DAA e reduziram ao longo do ciclo da cultura.

Com relação ao fomesafen, a área foliar, a matéria seca da parte aérea e o índice de área foliar das plantas de feijão-caupi foram afetadas pelo herbicida. A taxa de crescimento relativo e a taxa assimilatória líquida foram reduzidas pelo herbicida ao longo do ciclo da cultura.

5 REFERÊNCIAS

- AHRENS, W. H. **Herbicide Handbook**. 9th edition. Weed Science Society of America, p. 372, 2007.
- ARRUDA, J.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**. V. 17, n. 3, p. 375-386, 1999.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ed Jaboticabal: FUNEP, p. 41, 2003.
- CONNELLY, J. A. et al. Bentazon metabolism in tolerant and susceptible soybean (*Glycine max*) genotypes. **Weed Science**, v. 36, p. 417-423, 1988.
- COSTA, M. H. **Classificação climática**. Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, série cadernos didáticos, p. 12, 1994.
- EL NAGGAR, S. F. et al. Metabolism of clomazone herbicide in soybean. **J. Agric. Food Chem.** v. 40, p. 880-883, 1992.
- FERRARI, T. B. et al. Efeito de reguladores vegetais nos índices de análise de crescimento de plântulas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Biotemas** v. 21, p. 45-51, 2008.
- FREIRE FILHO, F. R.; ARAÚJO LIMA, J. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p 519, 2005.
- FREITAS, F. C. L. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Anais** do II CONAC: Congresso Nacional de Feijão-caupi. Belém-PA. p. 98-109, 2009.
- FREITAS, F. C. L. et al. Seletividade de herbicidas para a cultura do feijão-caupi. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2010, p. 1748-1752, 2010.
- HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London : E. Arnold, 248p, 1982.
- MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa informações tecnológicas, p. 519, 2005.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. **Expressões Fisiológicas da Aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) em condições adversas**. 1997. 207 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 1997.
- OLIVEIRA, O. M. S. et al. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3. p. 523-530, 2010.

RADFORD, P. J. Growth analysis formule: their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 171-175, 1967.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV. 367p, 2007.

SILVA, F. C. (Ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 627 p., 2009.

SOUZA, V. A. B.; SANTOS, C. A. F. Biotecnologia. *In*: FREIRE FILHO, F. R.; ARAÚJO LIMA, J. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p. 95-138, 2005.

SUMMERFIELD, R. J. et al. Cowpea. *In*: Symposium on potential productivity of Field crops under different environments, 1983, Los Baños, Philippines. **Proceedings..** Manila, Philippines: International Rice Research Institute, p. 249-280, 1983.

TIMOSSI, P. C.; DURINGAN, J. C. Doses reduzidas de fluazifop-p-butyl + fomesafen no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3. p. 439-447, 2012.

WATSON, D. J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. **Annals of Botany**. v. 22, p. 37-54, 1958.

WILLIAMS, R. F. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. **Annals of Botany**, Copenhagen, v. 32, n. 10, p. 41-72, 1946.