



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISILOGIA VEGETAL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES, CRESCIMENTO E PARTIÇÃO DE
ASSIMILADOS EM PLANTAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS
COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES**

FABIANA CARRETT TIMM

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Pelotas, sob
a orientação do Prof. Dr. Nei
Fernandes Lopes, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fisiologia Vegetal,
para a obtenção do título de Mestre
em Ciências.

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
Junho de 2008

FABIANA CARRETT TIMM

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES, CRESCIMENTO E PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS EM PLANTAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Nei Fernandes Lopes, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

Prof. Dr. Dario Munt de Moraes
(co-orientador)

Prof. Dr. Irajá Antunes Ferreira
(co-orientador)

Prof. Dr. Nei Fernandes Lopes
(orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar tudo possível e me dar forças para concluir com êxito essa importante etapa da minha vida, mesmo com tantas dificuldades e empecilhos encontrados pelo caminho, me dando certeza que ainda vale a pena lutar por um ideal e ser uma pessoa íntegra e honesta.

À minha família, pelo apoio, incentivo e carinho em todas as horas.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal.

Ao Departamento de Botânica pela receptividade e carinho do pessoal durante essa jornada.

A CAPES pelo apoio financeiro oferecido durante o curso.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo apoio e auxílio de seus funcionários na realização deste experimento.

Ao professor Dr. Nei Fernandes Lopes pela sabedoria, dedicação e amizade durante este período de estudo.

Ao professor Dr. Dario Munt de Moraes pela receptividade durante estágios no período de graduação e co-orientação na pós-graduação.

Ao pesquisador Dr. Irajá Antunes Ferreira co-orientador pela atenção, opinião e apoio durante esta jornada.

Às colegas e amigas Cristina Rodrigues Mendes, Maria da Graça de Souza Lima que muito acrescentaram nos meus conhecimentos, pois estavam sempre dispostas a ajudar e tirar qualquer dúvida.

Aos funcionários Rudinei e Luíza pela agradável convivência durante a execução deste experimento.

Aos meus pais, pela confiança e o apoio depositado.

Agradeço em especial, ao meu noivo Claubert pelos ensinamentos, dedicação e convivência durante a realização deste experimento.

Aos que passam o dia todo comigo e os que habitam no meu coração.

Este trabalho é a “soma de todos vocês. E se não é melhor, é por falta de memória, mas não por falta de amigos” (Efraim Rodrigues).

ÍNDICE

SUMÁRIO.....	vii
SUMMARY	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO I.....	8
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES.....	8
INTRODUÇÃO.....	8
MATERIAIS E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	14
CAPÍTULO II.....	21
CRESCIMENTO VEGETATIVO DE PLANTAS DE FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES	21
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
CAPÍTULO III.....	31
CRESCIMENTO DE PLANTAS DE FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES AO LONGO DO CICLO DA CULTURA ..	31
INTRODUÇÃO.....	31

MATERIAIS E MÉTODOS	35
RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
CAPÍTULO IV	47
PARTIÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS DE FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES	47
INTRODUÇÃO	47
MATERIAIS E MÉTODOS	49
RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
CONCLUSÃO GERAL.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

SUMÁRIO

TIMM, FABIANA CARRETT, M. S, Universidade Federal de Pelotas, junho de 2008.
Qualidade fisiológica de sementes, crescimento e partição de assimilados em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tratadas com herbicidas pré-emergentes. Orientador: Prof. Dr. Nei Fernandes Lopes, co-orientadores: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes e Pesquisador Dr. Irajá Ferreira Antunes.

O feijão é um grão de grande importância na alimentação humana. A cultura do feijão apresenta vários problemas fitotécnicos, sendo o controle de plantas daninhas de fundamental importância no rendimento e na qualidade final do produto. Este controle é muitas vezes realizado com o uso de herbicidas pré-emergentes pendimethalin, trifluralin e metolachlor. Desta forma, o objetivo foi estudar a ação de herbicidas pré-emergentes sobre a qualidade fisiológica de sementes, crescimento e partição de assimilados em feijão cultivar BRS Expedito. Em condições de laboratório, a qualidade fisiológica das sementes de feijão BRS Expedito foi reduzida com o incremento das doses dos herbicidas, com exceção do herbicida pendimethalin que se mostrou menos prejudicial à germinação e ao vigor das sementes de feijão. O crescimento das plantas de feijão cv. BRS Expedito na ausência de competição com plantas daninhas em casa de vegetação sofreu influência da ação dos herbicidas a partir da dose recomendada, ressaltando que o

herbicida metolachlor prejudicou drasticamente os estágios iniciais do crescimento e o desenvolvimento das plantas de feijão. Entretanto, os herbicidas utilizados não reduziram o rendimento final de matéria seca de vagens e sementes, podendo-se recomendar os mesmos para o uso em pré-emergência.

SUMMARY

TIMM, FABIANA CARRETT, M. S, Federal University of Pelotas, Juny, 2008.
Physiological quality of seeds, growth and partition of assimilates in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) treated to pre-emergent herbicides. Adviser: PhD. Nei Fernandes Lopes; co-advisers: Dr. Dario Munt de Moraes and Researcher Dr. Irajá Ferreira Antunes.

The bean is a grain of great importance in the human feeding. The bean culture presents several agronomical problems, being the control of weeds of fundamental importance in the income and in the final quality of the product. This control is a lot of times made with the use of pre-emergent herbicides. Thus, the objective was to study the action of pre-emergent herbicides pendimethalin, trifluralin e metolachlor the physiologic quality of seeds, growth and assimilates partition in bean cultivar BRS Expedito. In laboratory conditions, the physiological quality of seeds and the viability of the bean seeds cultivar BRS Expedito were reduced with the increment of the doses of all herbicides, except for the herbicide pendimethalin that was shown less prejudicial to the viability and the vigor of bean seeds. The growth of cv. BRS Expedito bean plants in the absence of competition with weeds under greenhouse conditions suffered influence of the action of the herbicides starting from the recommended dose, emphasizing that the herbicide metolachlor prejudices the initial

growth and development of the bean plants drastically. However, the used herbicides did not reduce the final accumulation of dry matter in green beans and seeds, and thus these herbicides could be recommended for the use in pre-emergence.

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à subclasse *Rosidae*, ordem *Fabales* e família *Fabaceae* (CRONQUIST, 1988). É amplamente distribuído no mundo e, além de cultivado nos trópicos, também é plantado em zonas temperadas dos hemisférios Norte e Sul.

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores mundiais de grãos, sendo em primeiro lugar a produção de soja alcançando 58 milhões de toneladas, 51 milhões de toneladas de milho e 3,5 milhões de toneladas de feijão (CONAB, 2007).

O cultivo do feijoeiro é uma atividade de grande importância econômica e social. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial, cuja produção cresceu 35,2% no período de 1991 a 2005, destacando-se com maior produção os Estados de Goiás, Bahia, Paraná, São Paulo e Minas Gerais (WANDER, 2007).

No Brasil são cultivados os gêneros *Phaseolus* e *Vigna*, sendo o primeiro mais cultivado nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul e o segundo (macaçar ou caupi) nas regiões Norte e Nordeste. Mais da metade da produção brasileira de feijão é constituído pelo tipo carioca, o qual é preferido pelos consumidores das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, seguido pelo feijão preto, preferido nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul e em pequenas quantidades, estão “outros tipos” que são os feijões vermelhos, canários, brancos,

jalo, rajado e rosinha que atendem alguns nichos no mercado interno e externo (Documentos IAC; n. 76, 2006).

O feijão possui propriedades nutritivas e terapêuticas, sendo altamente desejável na composição de dietas de combate a fome e a desnutrição. Além de excelente complementação protéica, o feijão quando combinado com cereais como o arroz proporciona oito aminoácidos essenciais ao organismo humano. Possui elevado teor de fibra alimentar, o que produz reconhecidos efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico. Além disso, as vitaminas, especialmente as do complexo B, minerais e carboidratos, que contribuem para tornar o consumo do feijão altamente vantajoso como alimento funcional, sendo importante fonte de nutrientes, de energia e de prevenção de distúrbios cardiovasculares e vários tipos de câncer (AIDAR, 2003).

Dentro da espécie *Phaseolus vulgaris* L., as plantas pertencentes ao tipo II apresentam hábito de crescimento indeterminado, haste principal com tendência de crescimento vertical, ramos laterais não numerosos e geralmente curtos, os quais conferem a planta aspecto arbustivo. Ainda pode ser constatada a presença de guias curtas ou longas, porém não necessitando de tutoramento. Como todas as plantas indeterminadas, as mesmas continuam crescendo mesmo durante a floração. Variedades classificadas como plantas do tipo II apresentam satisfatório potencial produtivo e adequada capacidade de compensação, quando da redução do estande (NETO & FANCELLI, 2000).

O feijoeiro é uma planta C-3 com melhor desenvolvimento em temperaturas amenas, em torno de 21°C, possuindo baixo ponto de compensação luminosa entre 150 a 250 J m⁻² s⁻¹ (LAING et al., 1983), com valores relativamente baixos (LOPES, 1988), principalmente em comparação com plantas C-4, como o milho e o sorgo, que possuem taxa fotossintética máxima em níveis de luminosidade três vezes superior aos relatados para o feijão (PORTES, 1988).

O feijoeiro é cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras. Dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, pode apresentar ciclos variando de 65 a 100 dias, o que torna a cultura apropriada para compor, desde sistemas agrícolas intensivos

irrigados, altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência (EMBRAPA, 2002).

Em decorrência de temperaturas elevadas e chuvas na época das águas, a interferência das plantas daninhas na cultura do feijão assume especial importância. Além disso, é planta do tipo C3 de ciclo curto, com sistema radicular pouco profundo, de porte baixo, crescimento inicial muito lento (até 20 ou 30 dias após emergência), sendo muito sensível à competição exercida por outras espécies o que favorece o desenvolvimento das plantas daninhas (gramíneas e/ ou plantas de folhas largas), normalmente plantas C4 e de rápido crescimento (COBUCCI et al, 1996).

A interferência das plantas daninhas no feijoeiro tem efeito direto sobre a cultura provocando redução de produtividade, além de dificultar a colheita e prejudicar a qualidade do grão em virtude da mistura com sementes de plantas daninhas. A redução de produtividade devido a livre interferência das plantas daninhas com o feijoeiro pode ser de até 75% (KOSLOWSKI et al., 2002; FONTES et al., 2006).

Além dos prejuízos decorrentes da competição que reduz o rendimento, as invasoras podem ser responsáveis por hospedarem insetos, nematóides e patógenos causadores de doenças, pela depreciação da qualidade e do preço dos grãos colhidos, pela desuniformidade de maturação e infestação tardia das lavouras, aumentando perdas e dificultando ou mesmo impedindo a colheita manual ou mecanizada, o que aumenta os custos de produção (ANDRADE & RAMALHO, 1995).

O uso de herbicidas para realizar o controle de plantas daninhas em áreas agrícolas é atividade amplamente difundida em todo o mundo, variando com o nível tecnológico adotado pelos agricultores. O emprego dos herbicidas tem sido incrementado, pois além de evitar prejuízos a cultura, propicia redução nos custos de mão-de-obra (BLANCO et al., 1969; BARRETO & DYNIA, 1988). Alguns herbicidas são empregados com relativa eficiência, em culturas como o trigo e o feijão. Além disso, estudos sobre a compatibilidade dos herbicidas com culturas de gramíneas e leguminosas mostram que esses podem ter efeitos prejudiciais (DE POLLI et al., 1986). Todos esses aspectos demonstram que é de fundamental interesse a realização de pesquisas sobre a ação dos herbicidas nas plantas.

Dentre os herbicidas pré-emergentes recomendados para a cultura do feijoeiro, podemos mencionar trifluralin, pendimethalin e metolachlor. Trifluralina e pendimethalin pertencem ao grupo químico das dinitroanilinas. O mecanismo de ação desses dois herbicidas consiste em ligar-se a tubulina, principal proteína componente dos microtúbulos, os quais orientam os cromossomos durante a anáfase da mitose (Figura 1 e 2). Assim, durante a divisão celular não ocorre a divisão dos cromossomos e o resultado é a formação de células com número anormal de cromossomos (RIZZARDI et al., 2004). Estes herbicidas são aplicados em pré-emergência para o controle predominantemente de plantas monocotiledôneas (folha estreita). A absorção desses herbicidas ocorre principalmente pelas raízes ou coleóptilo. Enquanto a absorção pelas folhas é muito baixa e o produto não se transloca para outras partes da planta. As gramíneas que conseguem emergir sob efeito de pendimethalin, apresentam raízes atrofiadas, sem alongamento e em forma de toco (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

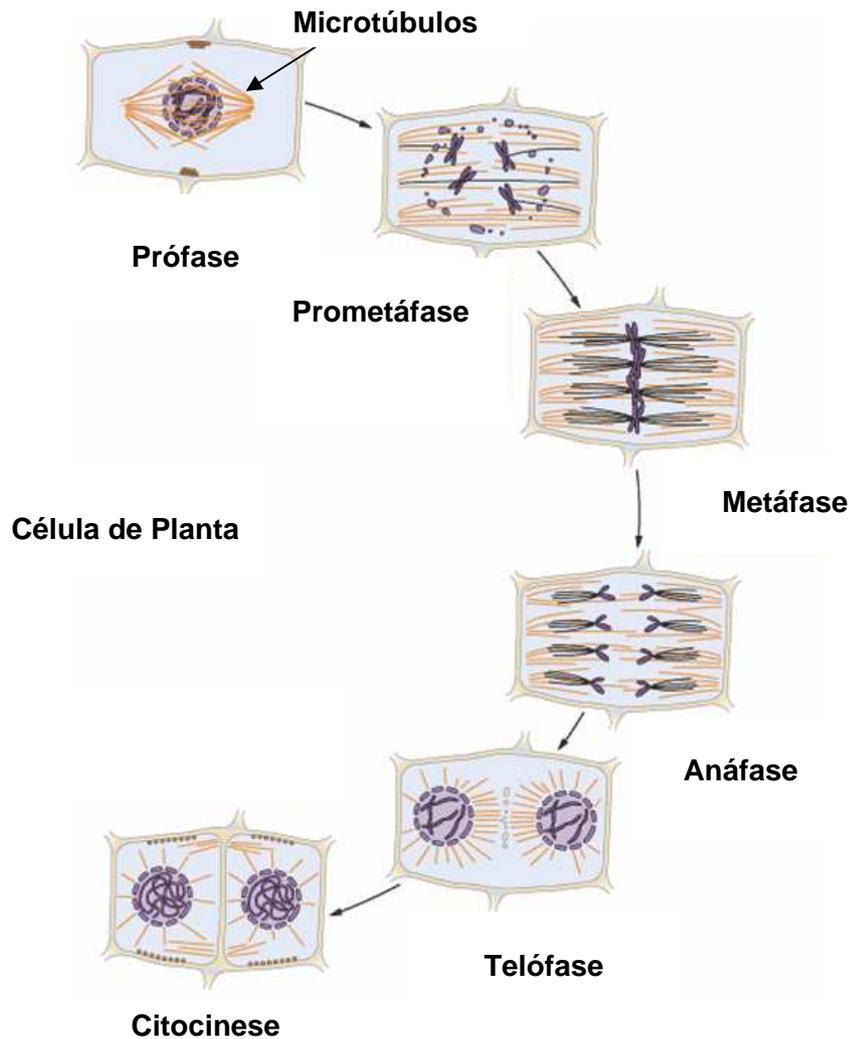


Figura 1. Divisão celular normal de uma célula vegetal (CHRISTOFFOLETI et al., 2001).

O metolachlor é um herbicida que pertence ao grupo químico das cloroacetamidas, com registro para uso em pré-emergência na cultura do feijão, para controle de espécies daninhas monocotiledôneas e algumas dicotiledôneas. Este herbicida apresenta boa eficiência no controle de plantas daninhas, quando aplicado em solo úmido (BARNES et al., 1992). Sua absorção ocorre principalmente pelo coleóptilo (em monocotiledôneas) ou pelo hipocótilo (em dicotiledôneas) quando essas partes das plântulas atravessam a camada de solo tratada com o herbicida. A absorção foliar e radical é desprezível, com translocação predominantemente xilemática (RODRIGUES & ALMEIDA, 1998). Entretanto, a absorção radical também pode ser importante em gramíneas (FUERST, 1987).

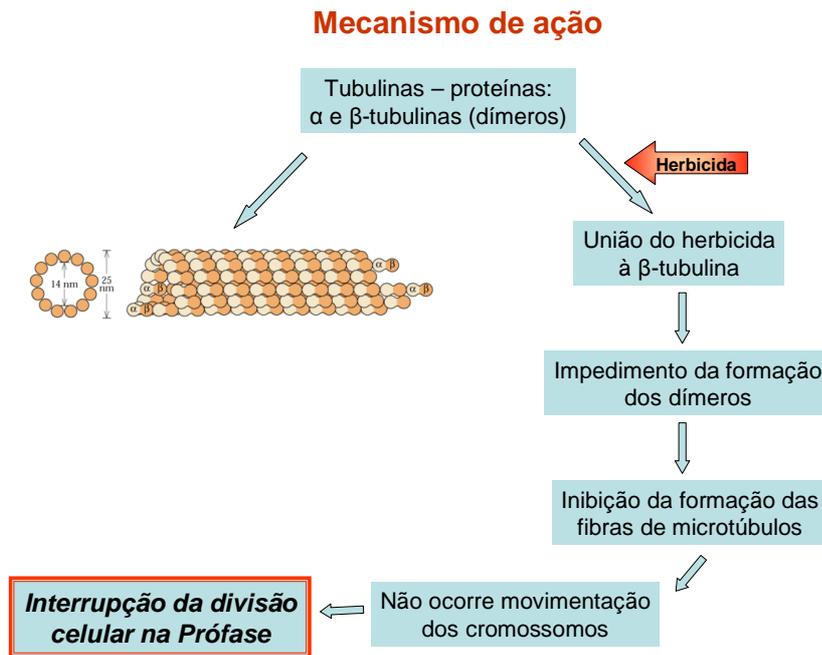


Figura 2. Mecanismo de ação dos herbicidas pertencente ao grupo K1 (pendimethalin e trifluralina) inibidores da formação dos microtúbulos (CHRISTOFFOLETI et al., 2001).

Nas espécies sensíveis o herbicida inibe a síntese de lipídios, possivelmente, por interferir na ação da acetil-coenzima A carboxilase. Esta enzima permite a carboxilação da acetil coenzima A, etapa inicial da rota metabólica da síntese de lipídios, atuando nas regiões meristemáticas dos pontos de crescimento.

Nas plantas sensíveis (Figura 3) ocorre rompimento de membranas celulares e a inibição da divisão e alongamento celular, paralisando o crescimento da plântula (VIDAL, 1997; Rodrigues & Almeida, 1998).

Mecanismo de ação

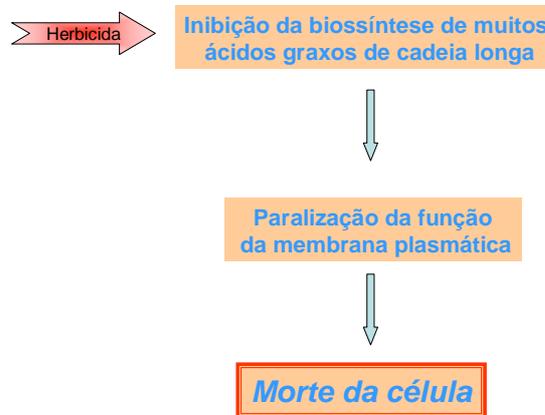


Figura 3. Mecanismo de ação do herbicida do grupo k3 (metolachlor) inibidores da divisão celular (VIDAL & FLECK, 2001).

Para adequada utilização de um herbicida é necessário, conhecer as possibilidades de danos que este composto possa causar a cultura, ou seja, conhecer todos possíveis efeitos potenciais para redução da produtividade, desde a germinação das sementes à colheita.

Os objetivos deste trabalho foram estudar a ação de herbicidas pré-emergentes na qualidade fisiológica de sementes, no crescimento e sobre os componentes do rendimento final do ciclo desta cultura.

CAPÍTULO I

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

INTRODUÇÃO

A cultura do feijão é uma das mais importantes do Brasil, chegando-se a plantar safras em três diferentes épocas do ano, desde que haja condições de clima e solo adequados ou, ainda, disponibilidade de irrigação. Em virtude de sua importância, pesquisadores se atentam em melhorar a produtividade e a qualidade das variedades cultivadas no Brasil. No entanto, mesmo tendo tão grande importância, a produtividade média no país deixa muito a desejar em função de diversos manejos fitotécnicos, incluindo a interferência das plantas daninhas (DEUBER, 1997).

A interferência das plantas daninhas tem efeito direto sobre as culturas provocando redução de produtividade, além de dificultar a colheita e prejudicar a pureza do grão devido a mistura com sementes de plantas daninhas. No feijoeiro esse fato não é diferente.

As perdas de produção na cultura do feijão podem variar entre 15 a 97% em função da cultivar plantada, época de plantio, composição e densidade de plantas daninhas (AREVALDO & ROZANSKI, 1991; LUNKES, 1997; KOSLOWSKI et al., 2002 e FONTES et al., 2006).

O feijoeiro, como planta de ciclo curto, sistema radicular superficial e porte baixo, sofre competição intensa das plantas daninhas durante todo o ciclo de desenvolvimento, sendo a fase crítica desta concorrência nos primeiros 30 dias de crescimento da cultura. Durante este período é imprescindível manter a cultura com nível de invasores insignificante. Quando não controladas adequadamente, as plantas daninhas além de competirem por fatores essenciais como: espaço, água, luz e nutrientes, também dificultam a operação de colheita e depreciam a qualidade final do produto, servindo, ainda, como hospedeiras intermediárias de insetos, nematóides e agentes causadores de doenças. O uso correto de herbicidas possibilita grande eficiência de controle das plantas daninhas, evitando prejuízos à cultura, maior praticidade e maior rendimento de grãos, propiciando redução nos custos de mão-de-obra (BLANCO et al., 1969; BARRETO & DYNIA, 1988).

Os herbicidas podem ser aplicados em pré-plantio incorporado, pré-emergência e pós-emergência (VICTORIA FILHO 1994; PORTELA & COBUCCI, 1999). Os pré-emergentes são aplicados na pré-emergência da cultura para o controle predominantemente de plantas monocotiledôneas.

A inibição da germinação ou fitotoxicidade na emergência das plântulas um dos possíveis efeitos dos herbicidas à cultura. O contato de alguns herbicidas com sementes pode causar a inibição ou redução da germinação (APPLEBY & BRENCHLEY, 1968; EGGLEY & WILLIAMS 1978). Além disso, estudos sobre a compatibilidade dos herbicidas com culturas de gramíneas e leguminosas mostram que esses podem ter efeitos prejudiciais (DE POLLI et al., 1986). Todos esses aspectos demonstram que é de fundamental interesse a realização de pesquisas sobre a ação dos herbicidas nas plantas.

Os testes de qualidade fisiológica, como germinação, envelhecimento acelerado, emergência em casa de vegetação, podem fornecer parâmetros de vigor e viabilidade das sementes diante de agentes externos (NEVES & MORAES, 2005), como os herbicidas. Os ensaios com sementes permitem inferir os possíveis efeitos de herbicidas pré-emergentes sobre a viabilidade das sementes e a formação do estande da cultura do feijão.

Baseado no exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar a qualidade fisiológica de sementes de feijão submetidas aos herbicidas pré-emergentes pendimethalin, trifluralin e metolachlor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia de Sementes e em casa de vegetação pertencentes ao Departamento de Botânica e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFPEL, no período de fevereiro a maio de 2007.

Nos experimentos foram utilizadas sementes de feijão cv. BRS Expedito, safra 2006/2007, e testados os herbicidas pendimethalin, trifluralin e metolachlor. O herbicida pendimethalin [N-(1-etilpropil)-3,4-dimetil-2,6-dinitrobenzenoamina] contém 500 g i.a. L⁻¹, o trifluralin (α , α , α -trifluoro-2,6-dinitro-N, N-dipropil-p-toluidina) tem 445 g i.a. g. L⁻¹ e o metolachlor [(S)-2-cloro-N-(2-etil-6-metil-fenil)-N-(2-metóxi-1-metil-etil)acetamida] possui 960 g i.a. L⁻¹.

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de feijão foram realizados os seguintes testes: **Teste de germinação (TG)**- as sementes de feijão foram colocadas em rolo de papel umedecido com soluções de herbicidas 2,5 vezes a massa do papel seco nas doses de zero, 0,05; 0,1; 0,15 e 0,2 herbicida pendimethalin e trifluralin, e, zero; 0,084; 0,168; 0,252 e 0,336 mg i.a m⁻² de metolachlor, sendo em ordem crescente zero; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a dose recomendada, respectivamente de cada herbicida, correspondente à recomendação técnica de 2,0 L.ha⁻¹ para pendimethalin e trifluralin, e de 1,75 L.ha⁻¹ para metolachlor. O TG foi conduzido com três repetições de quatro subamostras de 50

sementes. Mantidas em germinador a 20°C, com contagem ao nono dia após a semeadura, e os resultados expressos em porcentagem, conforme critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). **Primeira contagem de germinação (PCG)**- conduzido juntamente com o teste de germinação, sendo a contagem aos cinco dias após a instalação do teste (BRASIL, 1992), e os resultados expressos em porcentagem de germinação; **comprimento de raízes e parte aérea das plântulas** - efetuado juntamente com o teste de germinação e efetuada a medição no nono dia após a semeadura (NAKAGAWA, 1999). Os comprimentos médios da parte aérea e das raízes das plântulas normais foram obtidos dividindo a soma das medidas tomadas das subamostras pelo número de plântulas normais mensuradas, e os resultados expressos em mm plântula⁻¹; **massa seca da parte aérea e raiz** - foram determinadas utilizando as plântulas oriundas do teste de germinação empregadas na determinação do comprimento. Cada repetição foi acondicionada em sacos de papel e levadas a estufa, com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de $\pm 70^{\circ}\text{C}$ até atingir massa constante. Após esfriar em dessecador, cada repetição teve sua massa seca aferida em balança de precisão de $\pm 0,001\text{g}$ (NAKAGAWA, 1999), e os resultados expressos em mg plântula⁻¹; **envelhecimento acelerado** - foi conduzido em caixas tipo “gerbox”, com compartimento individual (mini-câmara), possuindo em seu interior uma bandeja com tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas uniformemente. Dentro de cada compartimento individual adicionou-se 40 ml de água destilada; as caixas foram mantidas em câmara do tipo BOD, a 41°C, por período de 72 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas a PCG teste de germinação, já descrito anteriormente e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais; **índice de velocidade de emergência de plântulas** – foram utilizadas 200 sementes para cada tratamento em quatro sub-amostras de 50 sementes. A semeadura foi realizada em bandejas (0,4x 0,26x 0,07m) contendo areia e a semeadura feita manualmente em linha a profundidade de 30 mm. Contagens diárias foram realizadas a partir da emergência da plântula, até que o número de plântulas em cada linha permanecesse constante. O índice de velocidade de emergência foi determinado pelo somatório do número de plântulas normais emergidas diariamente e dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura

e a emergência, de acordo com a fórmula proposta por (MAGUIRE, 1962), sendo a média dos índices das repetições, expressa em porcentagem de plântulas emergidas; **emergência das plântulas em casa de vegetação** – foi instalado de forma idêntica ao teste de velocidade de emergência em casa de vegetação, com temperatura de $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$, com apenas uma contagem aos 21 dias após a semeadura, sendo utilizadas quatro subamostras de 50 sementes por tratamento (POPINIGIS, 1985), e os resultados expressos em porcentagem de emergência das plântulas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial (3 X 5), correspondendo a três herbicidas, em cinco doses, com três repetições estatísticas. Os dados foram submetidos à análise de variância e ajustados por polinômios ortogonais, empregando a equação que melhor se ajustou aos dados, baseada no teste F de significância a 1% de probabilidade. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o “Sistema de Análise Estatística para Windows - WinStat” Versão 2.0 (MACHADO & CONCEIÇÃO, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento de uma cultura está, dentre outros fatores, relacionado diretamente com a qualidade fisiológica das sementes utilizadas no plantio, cuja capacidade germinativa constitui num dos pontos mais críticos para determinar o sucesso no estabelecimento das plantas (LIMA et al., 2002). No presente caso, o que se busca é verificar se o uso de herbicidas pré-emergentes influencia a qualidade fisiológica de sementes de feijão.

O resumo da análise de variância, (Tabela 1) onde é possível verificar diferença estatística significativa para a interação herbicida x dose (H x D) em todas variáveis determinadas. Os herbicidas pendimethalin, trifluralin e metolachlor reduziram significativamente ($p \leq 0,01$) a viabilidade e o vigor (TG, PCG, CPA, CSR, MSPA, MSR, E, IVE, EA) de sementes de feijão a partir da dose de 0,05 mg i.a m⁻².

Todos os herbicidas afetaram o TG e a PCG das sementes de feijão, sendo que o metolachlor apresentou efeito mais prejudicial sobre as sementes de feijão, seguido pelos herbicidas trifluralin e pendimethalin, respectivamente (Figura 1).

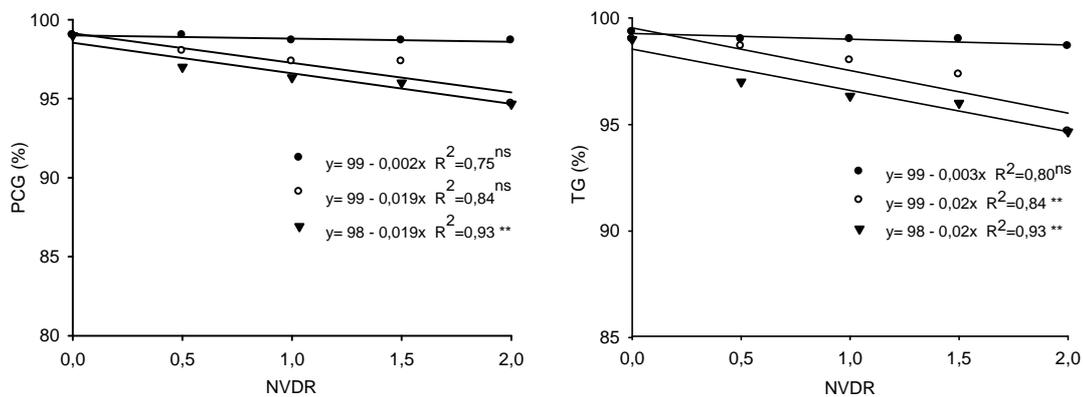


Figura 1. Teste de germinação (TG) e Primeira contagem de germinação (PCG) em função de vezes a dose recomendada (NDVR) dos herbicidas pendimethalin (●), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

O teste de germinação decresceu significativamente ($p \leq 0,01$) com o incremento de dose para os herbicidas metolachlor e trifluralin. A primeira contagem de germinação também diminuiu significativamente ($p \leq 0,01$) com o aumento da dose apenas para o metolachlor. O metolachlor causa toxicidade, a cultivar de feijão Rio Tibagi, porém sem prejuízo no rendimento de grãos (RODRIGUES et al., 1984). Ainda, PILLAI et al. (1979) herbicidas do grupo das cloroacetamidas, como o metolachlor, são inibidores de crescimento, afetando o desenvolvimento da parte aérea e de raízes após a germinação das sementes de plantas de feijão suscetíveis o que corrobora com os resultados referentes ao metolachlor obtidos nesta pesquisa, que herbicidas do grupo das cloroacetamidas, como o metolachlor, são inibidores de crescimento, afetando o desenvolvimento da parte aérea e de raízes após a germinação das sementes de plantas de feijão suscetíveis. O mecanismo de ação deste herbicida não é totalmente conhecido, mas sabe-se que prejudica a síntese de lipídeos e proteínas. É indicado em pré-emergência de plantas daninhas, em razão de sua absorção foliar ser quase nula. A absorção deste produto ocorre quase que totalmente pelo coleótilo das gramíneas e pelo epicótilo das dicotiledôneas; sendo essencial que sua aplicação seja feita antes da total emergência das plantas.

Os resultados de CPA e CSR das plântulas de feijão diminuíram com o incremento das doses dos herbicidas, (Figura 2) apresentaram queda drástica já na dose mais baixa, sendo praticamente constante para as demais doses. O herbicida trifluralin foi o que mais afetou as variáveis mencionadas. Estes resultados vão ao encontro dos obtidos neste estudo, pois analisando vigor de sementes por meio das variáveis CSR e CPA, pode observar ausência de raízes secundárias, engrossamento, fragilidade e diminuição de tamanho das mesmas. Pode aferir ainda encurtamento do caule e de raízes quando comparado ao tratamento testemunha. Este trabalho realizado evidenciou os estudos realizados com *Allium cepa* por FERNANDES (2002), a qual concluiu que a toxicidade de concentrações residuais de trifluralin pode induzir alterações nessa planta. Verificou ainda que este herbicida promoveu inibição no crescimento da planta, maior turgescência, fragilidade e maior espessura das raízes, em relação ao tratamento controle.

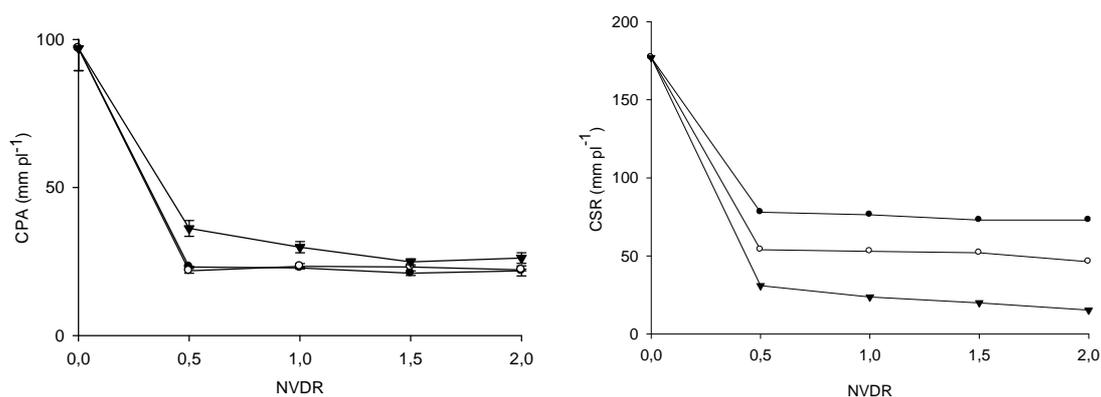


Figura 2. Comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CSR) em função de vezes a dose recomendada (NDVR) dos herbicidas pendimethalin (●), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

A MSPA das plântulas de feijão diminuiu significativamente ($p \leq 0,01$) de forma quadrática com o aumento das doses dos herbicidas utilizados (Figura 3). Assim como nas variáveis TG e PCG, o herbicida metolachlor foi o que mais afetou o desenvolvimento das plântulas. Já para MSR, (Figura 3) os resultados encontrados diferiram, mostrando que a raiz foi muito mais afetada pelos herbicidas. Talvez este resultado possa ser mais bem compreendido pelo trabalho de (BAYER et., 1967), que observaram que o trifluralin promoveu a diminuição da zona de tecido meristemático e a interrupção de divisões mitóticas em raízes de trigo, algodão e cebola. O trifluralin e o pendimenthalin apresentam como principal mecanismo de ação, a inibição do processo de divisão celular mitótica. Estes herbicidas atuam, basicamente, sobre meristemas e tecidos de órgãos subterrâneos como, raízes, gemas, epicótilo, hipocótilo, plúmula, rizomas, tubérculos e sementes. A inibição do desenvolvimento radicular pela ação do trifluralin e do pendimenthalin, tanto no crescimento da raiz principal quanto na emissão de raízes secundárias, é muito evidente em algumas dicotiledôneas. Também é comum ocorrer o engrossamento do hipocótilo em plantas submetidas ao uso deste grupo de herbicidas (DEUBER, 1992).

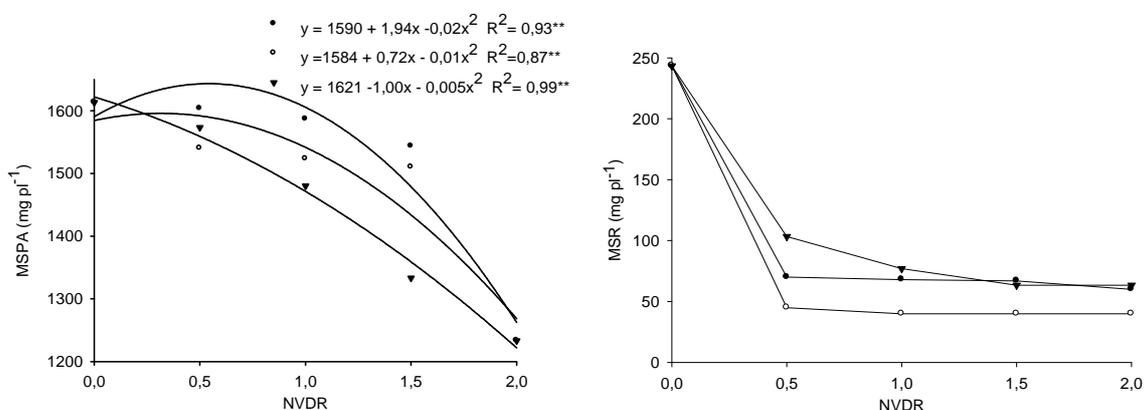


Figura 3. Massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) em função de vezes a dose recomendada (NDVR) dos herbicidas pendimenthalin (●), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

Os resultados para MSR, CPA e CSR (Figuras 3 e 2) das plântulas de feijão diminuíram com o incremento de doses dos herbicidas, apresentando queda drástica a partir da dose mais baixa desses herbicidas, sendo praticamente constante para as demais doses. Sendo o herbicida trifluralin foi o que mais afetou as variáveis mencionadas.

A E e o IVE (Figura 4) foram afetadas por todos os herbicidas pré-emergentes utilizados. No entanto, a velocidade de emergência foi menor comparado com a emergência, apresentando queda acentuada com o aumento das doses para todos os herbicidas, sendo o pendimenthalim o mais prejudicial. Na emergência, observou-se a mesma tendência de queda causada pelos herbicidas, porém neste caso o mais maléfico foi o metolachlor.

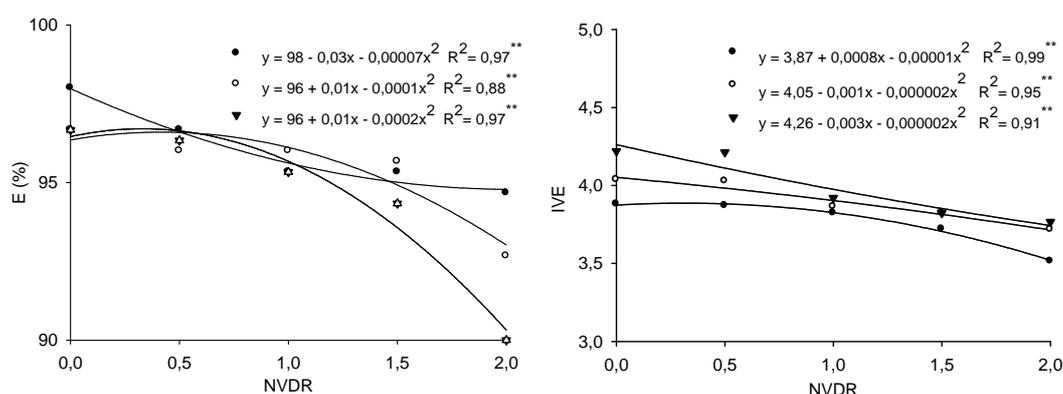


Figura 4. Teste de emergência (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) em função de vezes a dose recomendada (NDVR) dos herbicidas pendimenthalin (●), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

O EA (Figura 5) também foi afetado significativamente ($p \leq 0,01$) por todos os herbicidas utilizados. No entanto, neste caso o herbicida trifluralin juntamente com o metolachlor foram os mais danosos à viabilidade das sementes. Este último herbicida apresentou a queda mais drástica no envelhecimento acelerado seguindo tendência linear. Dentre os testes utilizados para avaliação do vigor, o envelhecimento acelerado é um dos mais estudados e recomendados para várias espécies cultivadas. Este teste tem como princípio o aumento considerável da taxa de deterioração das sementes através de sua exposição a níveis elevados de

temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração (Marcos Filho, 1999).

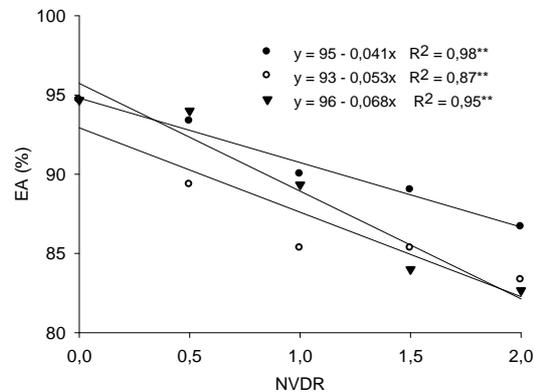


Figura 5. Teste de germinação (TG) de sementes de feijão submetidas ao envelhecimento acelerado (EA) em função de vezes a dose recomendada (NVDR) dos herbicidas pendimethalin (●), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

Assim, sementes de baixa qualidade deterioram-se mais rapidamente do que as mais vigorosas, apresentando queda acentuada de sua viabilidade, após serem submetidas ao envelhecimento acelerado.

Em condições de laboratório, a qualidade fisiológica das sementes de feijão BRS Expedito foram reduzidas com o incremento das doses de todos herbicidas, com exceção do herbicida pendimethalin que se mostrou menos prejudicial à viabilidade e vigor das sementes de feijão.

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO VEGETATIVO DE PLANTAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é tradicional consumidor de feijão de grão preto, sendo um dos maiores produtores nacionais deste tipo de grão. A produtividade média do feijão no Brasil é de aproximadamente 600 kg.ha⁻¹, sendo considerada muito baixa (BRASIL, 2007). Esse fato ocorre porque o feijão é plantado principalmente por pequenos agricultores, que utilizam pouca tecnologia ou cultivam o feijão consorciado com outras culturas.

O feijoeiro é uma cultura de ciclo relativamente curto, cerca de 90 dias da emergência à colheita para a maioria dos cultivares, variando de 60 a 110 dias, dependendo do hábito de crescimento. Apresenta pequena capacidade competitiva devido ao crescimento inicial lento e sistema radicular superficial, possuindo maior taxa de desenvolvimento apenas de 18 a 22 dias após a emergência, ou seja, após a emissão da 3ª folha trifoliada (DOURADO NETO & FANCELLI, 2001). Desta forma, a cultura é considerada sensível à ocorrência de plantas daninhas, sendo a fase de maior susceptibilidade à interferência até 30 dias após a emergência das plântulas (ALMEIDA et al., 1983). A interferência das plantas daninhas (competição e alelopatia), além de provocar a redução na quantidade e na qualidade do produto colhido, pode inviabilizar a colheita e outros tratos culturais. Por isso, o controle de plantas daninhas é necessário para reduzir e eliminar a competição com as do feijão, principalmente no período crítico de competição.

O emprego de herbicidas para o controle de plantas daninhas é prática cultural usual, tendo crescimento considerável nas últimas décadas (ARRUDA et al., 1999). Dentre os herbicidas pré-emergentes recomendados para a cultura do feijoeiro, podemos mencionar pendimethalin e metolachlor. O pendimethalin pertence ao grupo químico das dinitroanilinas, e o mecanismo de ação do herbicida é a inibição da divisão celular (VIDAL & FLECK, 2001). Enquanto, o herbicida metolachlor faz parte do grupo das cloroacetamidas sem mecanismo de ação definido, no entanto, alguns autores têm descrito como sendo inibidores dos ácidos graxos da cadeia muito longa (CHRISTOFFOLETI et al., 2001). Outra teoria, é que esses herbicidas, interferem na síntese de giberelina, prejudicando o desenvolvimento normal do embrião e das plântulas após a germinação (VIDAL & FLECK, 2001).

Desta forma, o conhecimento da seletividade do produto é de extrema importância para ter confiança no momento de fazer a recomendação. A seletividade é a capacidade de determinado herbicida eliminar plantas daninhas encontradas numa cultura, sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto final obtido (VELLINI et al 1992). No entanto, a escolha do produto e da dose deve estar relacionada diretamente com máxima eficiência do controle, uma vez que, tais

produtos químicos podem elevar o custo de produção, provocar efeito fitotóxico, e, além disso, podem ainda provocar contaminação ambiental.

As condições de meio ambiente em que as plantas são submetidas podem influenciar os principais processos fisiológicos das plantas, a fotossíntese e a respiração, determinantes do crescimento e produtividade das plantas (NILWIK, 1981). A produtividade das plantas está diretamente relacionada com a capacidade de manter elevadas a atividade fotossintética das folhas e a taxa de crescimento das sementes durante o período reprodutivo (MACHADO et al., 1990; SILVEIRA & MACHADO, 1990). A área foliar também é um índice importante em estudos de nutrição e crescimento vegetal, uma vez que determina o acúmulo de matéria seca, o metabolismo vegetal, a capacidade fotossintética potencial, o rendimento e a qualidade da colheita (IBARRA, 1985; JORGE & GONZALEZ, 1997). Desta forma é importante o conhecimento das respostas das espécies ao ambiente, para entendimento de adaptações das plantas as práticas de manejo a serem adotadas, como o uso de herbicidas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar características básicas do crescimento de plantas de feijão tratadas com herbicidas pré-emergentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas no mês de abril de 2007.

No ensaio foram utilizadas sementes de feijão cv. BRS Expedito, safra 2006/2007, e os herbicidas pendimethalin, trifluralin e metolachlor. O metolachlor [(S)-2-cloro-N-(2-etil-6-metil-fenil)-N-(2-metóxi-1-metil-etil) acetamida], possui 960 g i.a. L⁻¹, o pendimethalin [N-(1-etilpropil)-3,4-dimetil-2,6-dinitrobenzenoamina] contém 500 g i. a L⁻¹, e o trifluralin (α , α , α -trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropil-p-toluidina) tem 445 g i.a. L⁻¹.

As sementes de feijão foram semeadas em bandejas (0,4x 0,26x 0,07m) mantidas em casa de vegetação e pulverizadas com herbicidas pré-emergentes nas doses de zero, 0,05, 0,1, 0,15 e 0,2 mg i.a. m⁻² para os herbicidas pendimethalin e trifluralin, e, zero, 0,084, 0,168, 0,252 e 0,336 mg i.a m⁻² de metolachlor, correspondendo a zero; 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 vezes a dose recomendada, respectivamente de cada herbicida, sendo a recomendação técnica de 2,0 L.ha⁻¹ para pendimethalin e trifluralin, e 1,75 L.ha⁻¹ para o metolachlor de produto comercial. Aos 21 dias após a emergência as plantas foram coletadas e efetuadas as seguintes medições: **comprimento da parte aérea (CPA) e do sistema radicular (CSR) e massas fresca (MF) e seca (MS) da PA e SR das plântulas** – realizado em conjunto com o teste de emergência em casa-de-vegetação, ao final

dos 21 dias após a instalação do teste de emergência das plântulas de acordo com POPINIGIS (1985), e, **área foliar** – determinada aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de plântulas de feijão, em medidor de área foliar da marca Li-Cor 3000 e os resultados expressos em m^2 plântula⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizado em esquema fatorial (3 X 5), correspondendo a três herbicidas, e cinco doses, com três repetições estatísticas. Os dados foram submetidos à análise de variância e ajustados por polinômios ortogonais, empregando a equação que melhor se ajustou aos dados, baseada no teste F de significância a 1% de probabilidade. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o “Sistema de Análise Estatística para Windows - WinStat” Versão 2.0 (MACHADO & CONCEIÇÃO, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento e o desenvolvimento das plantas depende do processo mitótico nas regiões meristemáticas. A divisão celular é um processo que demanda um correto funcionamento de diferentes organelas celulares, estruturas, sendo produto de muitos genes. Desta maneira, esse processo é alvo potencial de vários compostos químicos que podem alterar a cinética de divisão celular inibindo ou interrompendo totalmente (BOND, 1987).

O resumo da análise de variância é apresentado na tabela 1, sendo possível verificar diferença estatística significativa para a interação herbicida x dose (H x D) em todas variáveis: comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e área foliar (AF).

Os herbicidas metolachlor, pendimenthalin e trifluralin reduziram significativamente ($p \leq 0,01$) o crescimento inicial das variáveis CPA, CSR, MSPA, MSR e AF a partir da metade da dose recomendada (Figuras 1, 2 e 3).

O CPA e a MSPA (Figura 1 e 2) tiveram uma redução drástica e linear a partir da metade da dose recomendada para os herbicidas testados, incrementando esta diminuição com aumento da dose dos herbicidas.

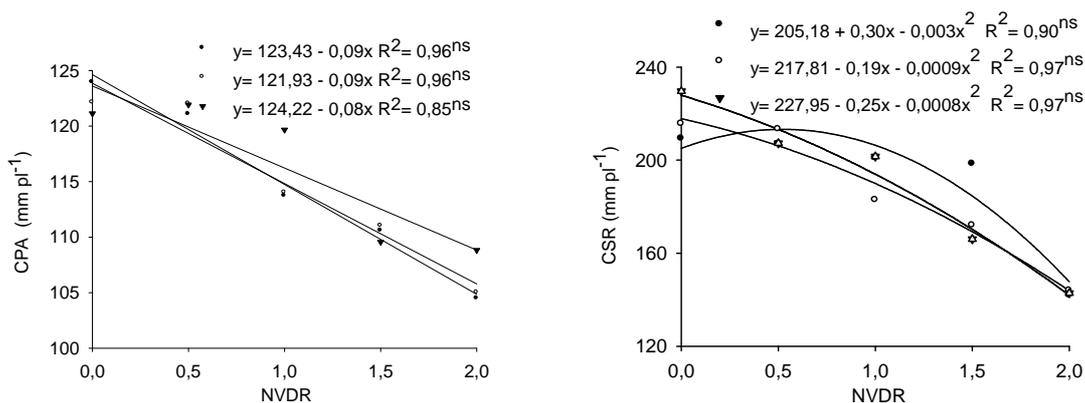


Figura 1. Comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento do sistema radical (CSR) aos 21 dias após a semeadura em função de vezes a dose recomendada (NDVR) dos herbicidas pendimethalin (●), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

Da mesma maneira, o CSR, MSR e AF, foram diminuídos a partir da metade dose recomendada para os herbicidas usados, aumentando estes efeitos deletérios com o incremento na dose mais dos herbicidas (Figuras 1, 2 e 3).

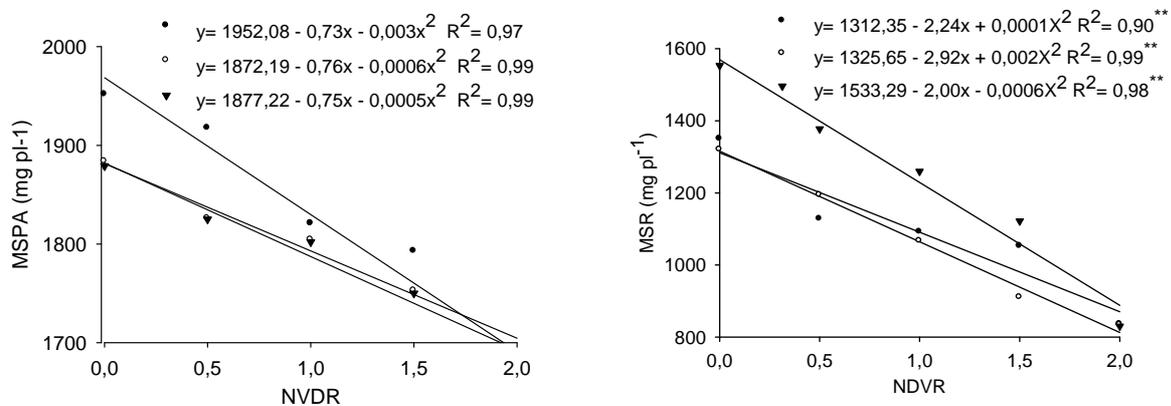


Figura 2. Massa seca de parte aérea (MSPA) e Massa seca de raiz (MSR) aos 21 dias após a semeadura em função de vezes a dose recomendada (NDVR) dos herbicidas pendimethalin (●), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

A trifluralina promove a diminuição da zona de tecido meristemático e a interrupção de divisões mitóticas em raízes de trigo, algodão e cebola (BAYER et al., 1967). Células de cebola tratadas com trifluralina tornam-se pequenas, densas e multinucleadas, anormais, frágeis e aberrantes (HACSKAYLO et al., 1968). Também,

em cebola ocorre fitotoxicidade de concentrações residuais de trifluralina induzindo alterações nessa planta. Ainda o herbicida promove inibição no crescimento da planta, aumentando a turgescência, fragilidade, e a espessura das raízes, em relação ao tratamento controle (FERNANDES 2002).

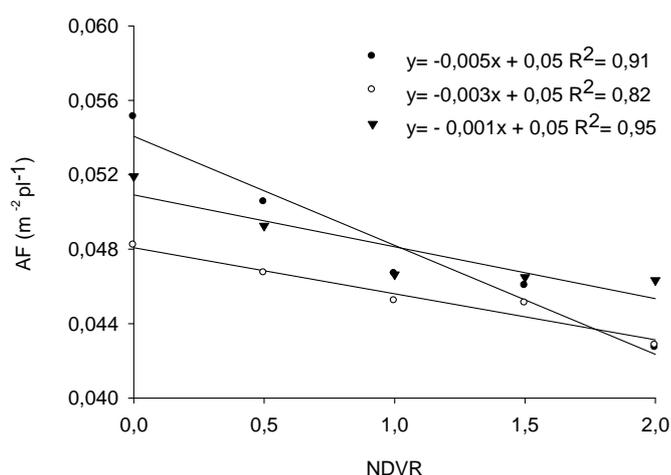


Figura 3. Área foliar (AF) em função de vezes a dose recomendada (NDVR) dos herbicidas pendimethalin (•), trifluralin (○) e metolachlor (▼).

O herbicida metolachlor inibe o crescimento em altura de planta de feijão cv. Pérola e cv. FT-Bonito, incrementando esta redução com o aumento na dose do herbicida (PROCÓPIO et al., 2001; FARINELLI et al., 2005). Estes trabalhos reforçam os dados de altura obtidos em feijão cv. BRS Expedito tratado com metolachlor. Esses resultados podem ser explicados provavelmente pelo modo de ação do herbicida, o qual é absorvido pela planta durante a emergência e transportado via xilema, concentrando-se inicialmente nas folhas primárias, onde ocorreu sintoma visual de fitotoxicidade.

Características relacionadas às sementes das culturas, como o tamanho, também podem influenciar na tolerância ao metolachlor, (KLIMONT 1996), todavia são pouco estudadas. Neste aspecto SILVA et al. (1981) argumentam que sementes de peneira de tamanho 13 a 15 podem dar origem a plantas com maior reserva para a metabolização do produto em questão. Também salientam que para o efeito encontrado em relação à altura de plantas, o maior teor de reservas nutritivas nas

sementes maiores pode ser o principal atenuador dos danos causados pelo metolachlor.

Baseado nos resultados do experimento, os herbicidas testados prejudicaram o crescimento de plantas de feijão a partir da metade da dose recomendada. A redução no crescimento foi acentuada com o incremento na dose dos herbicidas.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO DE PLANTAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES AO LONGO DO CICLO DA CULTURA

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é tradicional consumidor de feijão de grão preto, sendo um dos maiores produtores nacionais deste tipo de grão. O feijoeiro é uma cultura de ciclo relativamente curto, cerca de 90 dias da emergência à colheita para a maioria dos cultivares, variando de 60 a 110 dias, dependendo do hábito de crescimento. Isso faz com que a cultura seja bastante sensível à competição, sobretudo nas fases iniciais de desenvolvimento. O período em que as plantas daninhas causam maiores danos compreende os primeiros 30 dias após a emergência (DAE), podendo se

estender até 40 DAE para cultivares mais tardias. Dentro desse período, o Período Crítico de Prevenção da Interferência (PCPI), período em que as plantas daninhas afetam a produtividade da cultura, ocorre entre 10 a 30-40 DAE, dependendo do ciclo da cultivar (COBUCCI et al, 1999). Logo, a competição e/ou interferência originada pelas plantas daninhas nas lavouras, normalmente, resulta em prejuízos qualitativos e quantitativos à produção agrícola (DURIGAN et al., 1983; PITTELI & DURIGAN, 1984; FLECK et al., 1989), podendo reduzir de 50-70% a produtividade de grãos (BLANCO et al., 1969). Por isso, o controle de plantas daninhas é necessário para reduzir e eliminar danos à cultura do feijoeiro.

Entre as várias técnicas de controle das plantas daninhas em lavouras extensiva a principal é o uso de herbicidas. Esses produtos são empregados em pequenas ou grandes áreas de cultivo, garantindo eficiência e economia de tempo e de mão-de-obra, como consequência, o uso de herbicidas vem crescendo. Entre os mesmos, existem os herbicidas de pré-emergência que são aplicados após a semeadura do feijão, porém antes da emergência da cultura.

As plantas passam por três fases distintas durante o ciclo de crescimento. Inicialmente, o crescimento é reduzido, com pequeno acúmulo de matéria orgânica, passando a fase de rápido crescimento e, finalmente, voltando a ser lento ao atingir a senescência, quando então, praticamente, paralisa a produção de matéria orgânica. A redução no crescimento é consequência de respostas fisiológicas, incluindo modificações no balanço de íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética, alocação e utilização de carbono (FLOWER et al., 1986; BETHKE & DREW, 1992). No entanto, as condições de meio ambiente a que as plantas são submetidas podem influenciar os principais processos fisiológicos das plantas, a fotossíntese e a respiração, determinantes do crescimento e produtividade das plantas (NILWIK, 1981). Daí a necessidade do conhecimento das respostas das espécies ao ambiente, para entendimento de adaptações das plantas às práticas de manejo a serem adotadas, como no caso do uso de herbicidas.

O conhecimento da seletividade do produto é de extrema importância para se ter confiança no momento de fazer a devida recomendação. A seletividade é caracterizada como sendo a capacidade de determinado herbicida eliminar plantas

daninhas que crescem em uma cultura, sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto final obtido (VELLINI et al., 1992).

A análise de crescimento é um método que segue a dinâmica da produção fotossintética ao longo da ontogenia das plantas, sendo de vital importância para compreender os processos morfo-fisiológicos da planta e sua influência sobre o rendimento. É um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas (MAGALHÃES, 1896), avaliada por meio de índices fisiológicos e bioquímicos.

Consiste na avaliação quantitativa da produção vegetal, requerendo informações referentes a quantidade de material contido na planta inteira e em suas partes e o tamanho do aparelho fotossintetizante, obtidas a intervalos de tempo regulares durante o desenvolvimento fenológico da planta (URCHEI et al., 2000), sem a necessidade de equipamentos sofisticados (PEREIRA & MACHADO, 1987). Esta técnica representa o primeiro passo na interpretação e análise de produção primária, sendo estes valores a massa seca total da planta (W_t) e de suas partes (raízes, caules, folhas, frutos, sementes, etc.) e a dimensão do aparelho assimilatório, normalmente, a área foliar (A_f), durante estes intervalos de tempo. Nessa metodologia, crescimento é o aumento da matéria seca da planta, população ou comunidade de plantas (RADFORD, 1967; RICHARDS, 1969; HUNT, 1982).

A análise de crescimento produz conhecimentos de valor prático e informações exatas que podem ser utilizados na investigação do efeito dos fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como a adaptabilidade das espécies em ecossistemas diversos, efeitos da competição, diferenças genotípicas da capacidade produtiva e influência das práticas agronômicas sobre o crescimento (MAGALHÃES, 1979, ALVAREZ, 1999 e SILVA et al., 2000). Pode, ainda, ser empregada para determinar a produção líquida das plantas, derivadas do processo fotossintético, como resultado do desempenho do sistema assimilatório durante determinado período de tempo (CARDOSO et al., 1987), permitindo, também analisar os processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

A análise das plantas é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (BENINCASA, 1988). Assim, o objetivo deste trabalho foi

avaliar características básicas do crescimento de plantas de feijão submetidas a herbicidas pré-emergentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas no período de outubro a janeiro de 2008.

No experimento foram utilizados baldes perfurados com capacidade de 8 L, nos quais foram colocados aproximadamente 7,5 Kg de solo do tipo Planossolo. Cada balde foi fertilizado com 5g de NPK na formulação de 10:30: 10. Logo após, foram semeadas cinco sementes de feijão da cultivar BRS Expedito por balde, e posteriormente, desbastadas deixando somente três plantas por balde.

O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial (1x 2 x 3 x 7), constituído por uma cultivar, dois herbicidas, três doses para cada herbicida e sete épocas de colheita, com três repetições estatísticas. Foram utilizados dois herbicidas (pendimenthalin e metolachlor) com três doses (zero, 50 e 100 mg i.a. m⁻²), sendo que a dose de 50 mg i.a. m⁻² é a recomendada comercialmente como ideal à aplicação para esta cultura. Os herbicidas foram pulverizados após a semeadura, utilizando equipamento de pressão constante propelido por CO₂ com barra munida de quatro bicos Teejet 110.105 tipo leque espaçados em 0,5 m.

As coletas foram realizadas em sete épocas durante o ciclo da cultura (14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 dias após a semeadura), respeitando intervalos regulares de 14 DAS. Em todas as coletas, o material foi separado em órgãos (caule, raiz, folhas, vagens e grãos). As raízes foram retiradas em blocos de terra, lavadas sobre peneira até a remoção do solo aderente. A área foliar (A_f) de cada tratamento foi medida em medidor de área Licor-3100, sendo A_f expressa em m^2 . A massa fresca foi aferida em balança de precisão, sendo que logo depois o material foi acondicionado em sacos de papel e colocado na estufa a 70 ± 2 °C, até atingir massa constante, determinando da massa seca gravimetricamente. Os dados primários de matéria seca total acumulada (W_t) e área foliar (A_f) foram ajustados em função do tempo com o emprego de polinômios ortogonais (RICHARDS, 1969).

Os valores instantâneos da taxa de produção de matéria (C_t) e taxa de crescimento de área foliar (C_a) foram obtidos por meio de derivadas das equações ajustadas da matéria seca total (W_t) e da área foliar (A_f) em relação ao tempo (RADFORD, 1967). Para determinação dos valores instantâneos da taxa de crescimento relativo (R_w) e taxa de crescimento relativo de área foliar (R_a) foram empregadas as fórmulas $R_w = 1/W_t \cdot d_w/d_t$ e $R_a = 1/A_f \cdot d_A/d_t$. Os valores instantâneos da taxa assimilatória líquida (E_a), a razão de área foliar (F_a), razão de massa foliar (F_w) e área específica (S_a) foram estimados por meio das equações: $E_a = 1/A_f \cdot d_w/d_t$; $F_a = A_f/W_t$; $F_w = W_f/W_t$ e $S_a = A_f/W_t$, conforme RADFORD (1967).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A matéria seca (W_t) acumulada ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura de feijão apresentou tendência cúbica independente dos tratamentos (Figuras 1A e 1B). A produção de matéria seca pelas plantas está relacionada, principalmente, com a área foliar, respiração, radiação solar e também com a taxa assimilatória líquida (MONTEITH, 1969). Além disso, a fotossíntese pode ser medida por vários métodos sendo os mais precisos àqueles que quantificam o gás carbônico absorvido. Entretanto, existem outras formas de avaliar a transformação da energia química, ou seja, quantificando a massa seca produzida pelas plantas (RODRIGUES et al., 1998).

Inicialmente, a partir da primeira colheita (14 DAS) ocorreu um aumento crescente no acúmulo de W_t , atingindo valores máximos aos 63, 69 e 66 DAS para o pendimethalin (Figura 1A) e 62, 70 e 76 DAS para o metolachlor (Figura 1B), em ordem crescente de dose dos herbicidas. Posteriormente, decrescendo o acúmulo de W_t até a coleta final para ambos herbicidas e doses. Também, pode ser notado que o herbicida pendimethalin prolongou entre 3 e 6 DAS para alcançar o W_t máximo e com acúmulos em W_t maiores do que o controle. Por outro lado, o herbicida metolachlor induziu as plantas tratadas a prolongar de uma a duas semanas o tempo para atingir o W_t máximo, sendo que somente na última coleta (98 DAS) igualaram ao W_t das plantas controle.

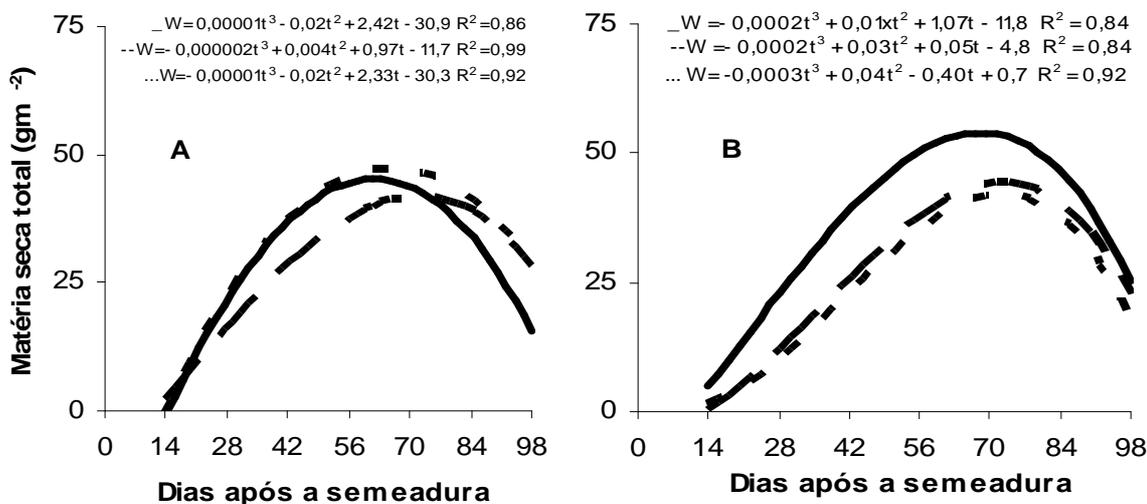


Figura 1. Acúmulo de matéria seca (W_t) em função da ontogenia de plantas de feijoeiro, crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 (...) mg i.a. m^{-2} .

O herbicida pendimethalin apresentou fitotoxicidade visual menos pronunciada as plantas de feijão, pois foi possível verificar fragilidade na raiz, caule pouco desenvolvido e folhas torcidas. No entanto o herbicida metolachlor mostrou fitotoxicidade mais pronunciada nas plantas de feijoeiro. Portanto, o herbicida metolachlor provocou menor acúmulo de W_t o que talvez possa ser explicado pela fitotoxicidade inicial deste herbicida em plântulas de feijoeiro, pois desde a emergência das plântulas já foi possível visualizar sintomas de toxicidade como enrugamento foliar, folhas em formato de “concha” e com aspecto retorcido, fragilidade do caule e do sistema radicular. Do mesmo modo, as folhas de gramíneas intoxicadas pelo metolachlor não conseguem crescer e quando o fazem não desenrolam completamente. Também em latifoliadas a emergência é retardada e as folhas podem ficar enrugadas ou em “forma de concha”, além da redução no crescimento da parte aérea e de raízes (FUERST & GRONWALD, 1986). É sabido que a produção de matéria seca está associada, principalmente, com a na área foliar (WATSON, 1952). À medida que aumenta o índice de área foliar e a absorção de luz também aumenta a produção de matéria seca, embora o índice de área foliar ótimo varie conforme a espécie, cultivar, estação do ano e algum tipo de injúria na planta

(LOOMIS & WILLIAMS, 1963). Variações nas populações de plantas, assim como também nos níveis de vigor de sementes causam diferenças na produção de matéria seca (SCHUCH et al., 2000).

A taxa de produção de matéria seca total (C_t) apresentou valores decrescentes durante todo o ciclo da cultura do feijoeiro apenas para o herbicida pendimethalin (Figura 2A), mas inicialmente com C_t maiores do que as tratadas com metolachlor (Figura 2B). Também o pendimethalin teve valores maiores de C_t até os 35 DAS em relação as doses correspondentes de metolachlor e manteve C_t positivo até os 75 DAS (100 mg i.a.m⁻²), 91 DAS (controle) e 96 DAS (50 m g. i.a. m⁻²). Enquanto, os C_t das plantas tratadas com metolachlor foram inicialmente baixos, mas superando o controle aos 35 DAS e declinando com valores positivos até 71 DAS (controle) e 73 DAS (100 mg i.a. m⁻²).

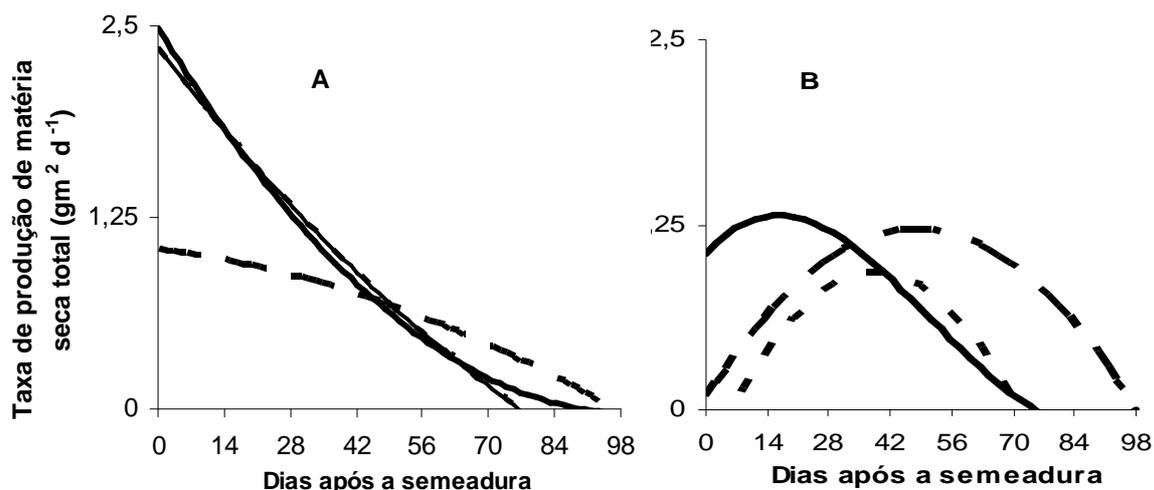


Figura 2. Taxa de produção de matéria seca (C_t) em função da ontogenia de plantas de feijão crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 mg i.a. m⁻² (...).

Estes resultados podem ser mais confrontados com trabalhos sobre injúrias do herbicida pendimethalin na cultura do algodoeiro. Assim, os efeitos fitotóxicos visíveis deste herbicida, a redução das raízes das plântulas por inibir a mitose das células das raízes e radículas, e evitar a formação dos microtúbulos, alterando assim a proteína tubulina, que forma uma subunidade básica dos microtúbulos,

responsáveis pela orientação e movimento dos cromossomos para os pólos das células no processo mitótico (SILVA, 1983); porém as plantas se recuperam e reiniciaram o crescimento (BELTRÃO et al., 2001). Enquanto, o herbicida metolachlor apresentou toxicidade inicial às plantas de feijoeiro como previamente relatado no parágrafo anterior. A redução no crescimento é consequência de respostas fisiológicas, incluindo modificações no balanço de íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética, alocação e utilização de carbono e injúrias causadas por herbicidas (FLOWER et al., 1986; BETHKE & DREW, 1992).

A taxa de crescimento relativo (R_w) expressa o incremento de massa seca (C_t) em relação à biomassa (W_t) pré-existente, esta taxa foi sempre decrescente ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de feijoeiro para ambos herbicidas, (Figura 3 A e 3B). R_w diminuiu devido o acúmulo contínuo de matéria seca no decorrer do período e pela redução da capacidade relativa da planta em produzir material novo. Porém, mesmo sendo decrescentes os valores de R_w , o herbicida pendimethalin (Figura 3 A) atingiu valores mais altos quando comparado ao herbicida metolachlor (Figura 3B). No entanto, R_w ainda teve maiores decréscimos na dose recomendada deste mesmo herbicida. O herbicida metolachlor teve declínio no valor de R_w à medida que houve o incremento de doses. Esta taxa depende simultaneamente da eficiência assimilatória de suas folhas e da folhagem (número de folhas/planta e tamanho da folha) da própria planta (GUIMARÃES, 1994). Assim, R_w fornece uma idéia da eficiência das plantas na conversão de matéria seca, sendo bastante apropriado para avaliação do crescimento vegetal (BRIGGS et al. 1920). R_w é uma variável fundamental na análise de crescimento tradicional, porque fornece o índice fisiológico mais proveitoso e ecologicamente significativo (CHIARIELLO et al., 1991).

O índice de área foliar (L) é a relação entre a área foliar total e a superfície do terreno, portanto, um índice adimensional. L foi crescente a ambos herbicidas, até a terceira coleta, onde também alcançou seu pico máximo (Figuras 4A e 4B). Na verdade o pico absoluto ocorreu no intervalo da segunda e terceira coleta, correspondente aos 28-42 DAS para o herbicida pendimethalin (Figura 4A), porém nas tratadas com metolachlor (Figura 4B) foi exatamente aos 42 DAS.

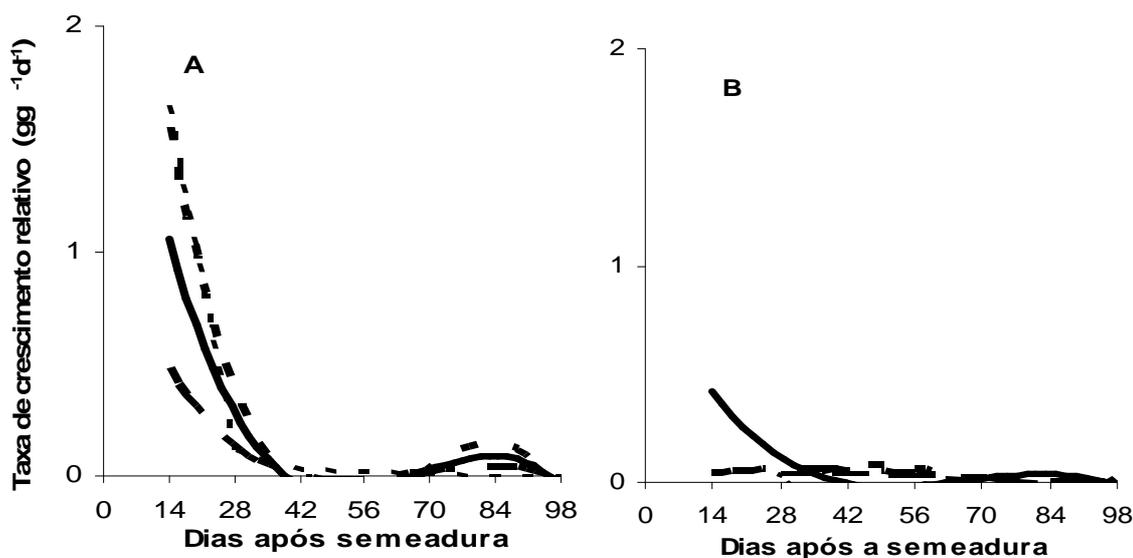


Figura 3. Taxa de crescimento relativo (R_w) em função da ontogenia de plantas de feijão crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 mg i.a. m^{-2} (...).

O herbicida metolachlor teve seu L drasticamente reduzido na dose de 100 mg i.a. m^{-2} , onde houve uma redução mais pronunciada de L, quando comparado ao tratamento controle e a dose recomendada. Ainda foi possível observar um pequeno acréscimo de L no final do ciclo da cultura em ambos herbicidas. Mais precisamente ao tratamento controle do herbicida pendimethalin, e nas doses do herbicida metolachlor. Este índice varia de cultura para cultura, de local a local, é baseado na estrutura da folha, estrutura do dossel, fatores extrínsecos e intrínsecos e também varia de acordo com a duração do ciclo da cultura. Apesar de a superfície foliar ter uma enorme importância na absorção da radiação solar, o rendimento das culturas não aumenta indefinidamente com o aumento da área foliar. Isso deve-se ao fato de, que a partir de um determinado L, existir uma área recebendo luz, realizando fotossíntese e uma grande área foliar auto-sombreada. A folha sombreada diminui a taxa fotossintética, reduzindo o crescimento e o rendimento da cultura.

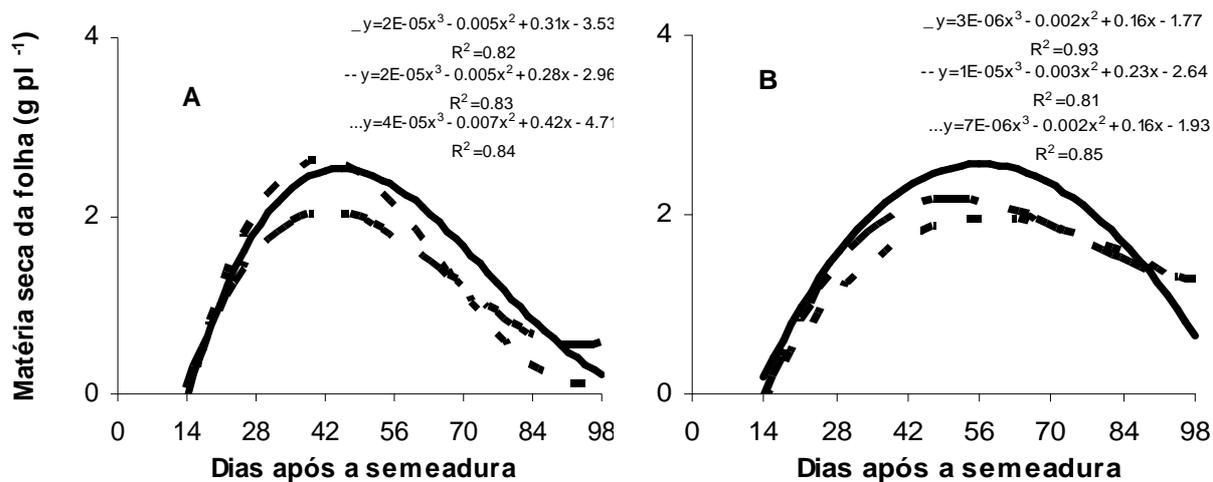


Figura 4. Índice de área foliar (L), em função da ontogenia de plantas de feijoeiro, crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 (...) mg i.a. m⁻².

A taxa de crescimento de área foliar (C_a) revela a velocidade de crescimento da folha ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta. C_t apresentou valores decrescentes ao longo do ciclo da cultura nas diferentes doses para ambos herbicidas (Figuras 5A e 5B). As curvas de C_t tiveram declividade acentuadas ao longo da ontogenia das plantas independente do herbicida e de dose.

A taxa de crescimento de área foliar relativo (R_a) é a taxa de incremento de A_f em relação à A_f pré-existente. Esta taxa teve tendência de declínio semelhante em ambos herbicidas, pois estes tiveram valores decrescentes até os 42 DAS voltou a mostrar valores positivos de 66 a 94 DAS com maior acréscimo aos 84 DAS e declinando até o final do ciclo da cultura, independente de doses e herbicidas (Figuras 6 A e 6B).

A taxa assimilatória líquida (E_a) é o incremento da biomassa por unidade de área foliar e de tempo, ou seja, expressa a taxa de fotossíntese líquida, excluindo da fotossíntese bruta à respiração e a fotorrespiração, em termos de matéria seca produzida.

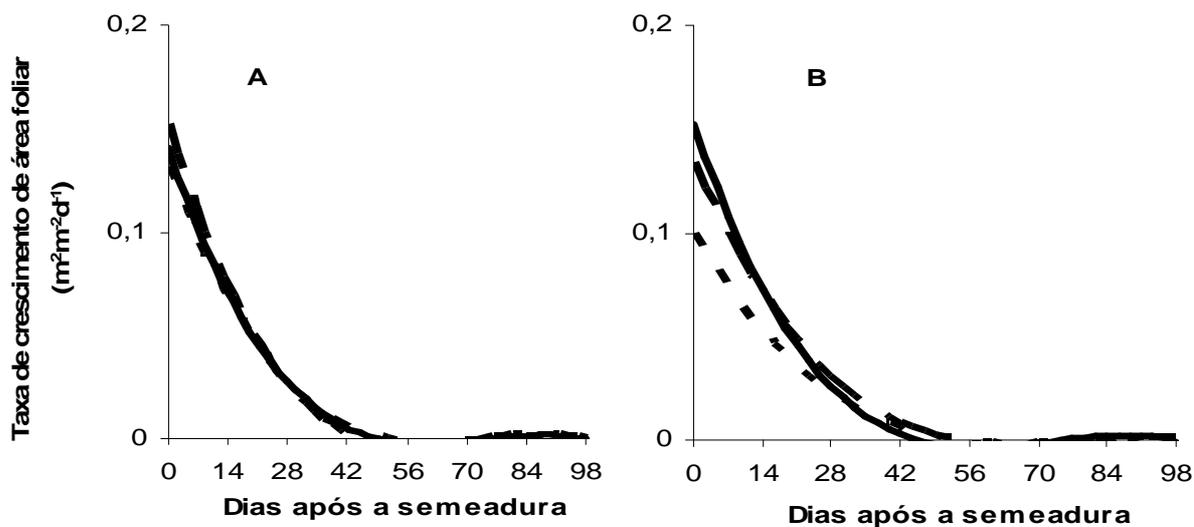


Figura 5. Taxa de crescimento de área foliar (C_a) em função da ontogenia de plantas de feijão crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 (...) mg i.a. m^{-2} .

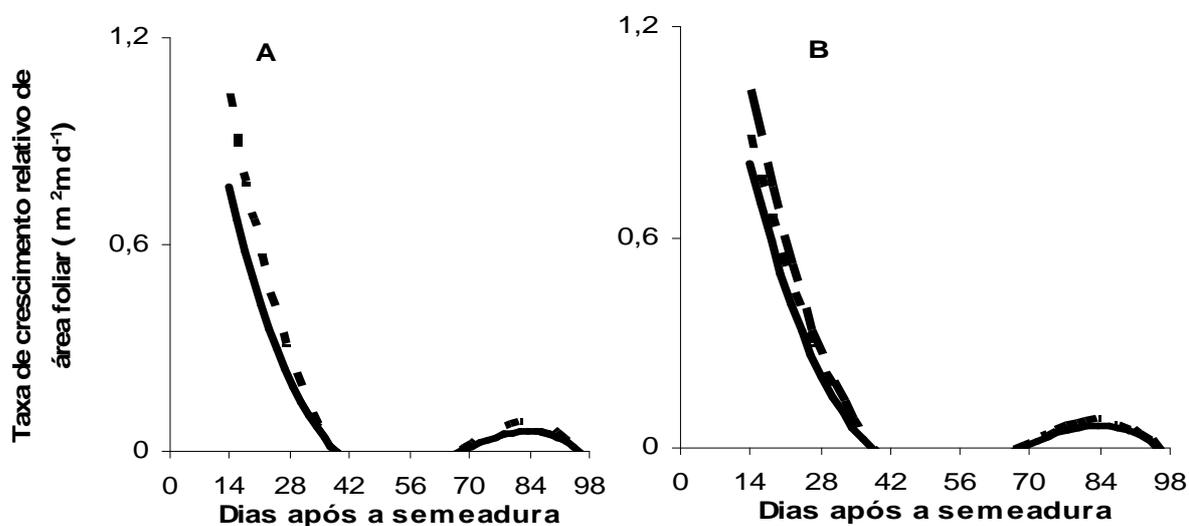


Figura 6. Taxa de crescimento relativo de área foliar (R_a) em função da ontogenia de plantas de feijão crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 (...) mg i.a. m^{-2} .

Matematicamente, é obtida pela razão entre a taxa de produção de matéria seca e a área foliar. E_a foi decrescente até os 42 DAS em ambos herbicidas, porém E_a das plantas submetidas ao pendimethalin (Figura 7A) mostrou valores superiores as tratadas com metolachlor (Figura 7B).

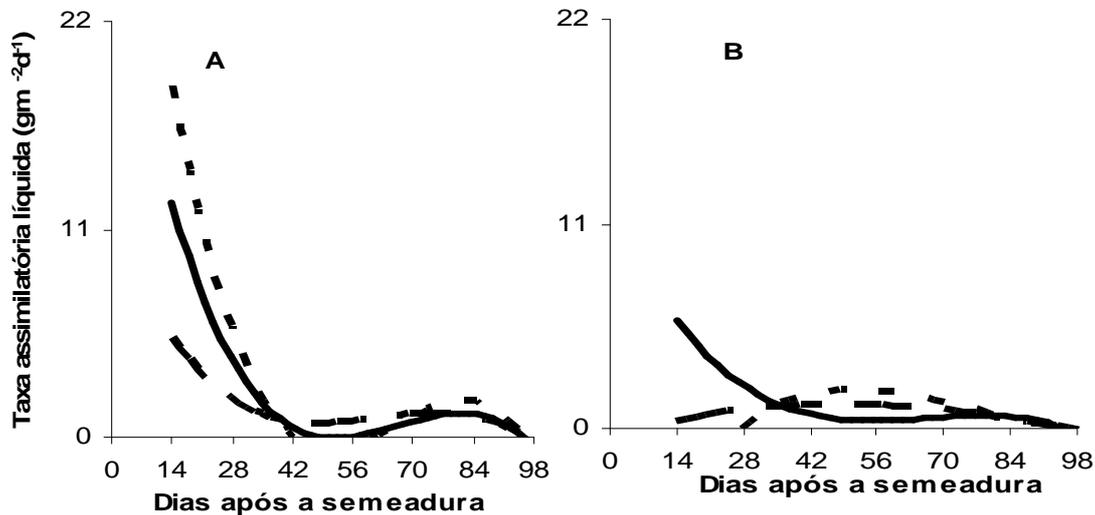


Figura 7. Taxa assimilatória líquida (E_a) em função da ontogenia de plantas de feijão crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero ($_$); 50 ($-$) e 100 (\dots) mg i.a. m^{-2} .

A razão de área foliar (F_a) é um componente morfofisiológico do crescimento que expressa a razão entre a área foliar e a massa seca total e representa a superfície assimilatória por unidade de matéria seca total, sendo que os valores de F_a geralmente decrescem com a ontogenia das plantas (HUNT, 1982). Houve queda acentuada de F_a ao longo do ciclo desta cultura para todas as doses do herbicida pendimethalin (Figura 8A). O mesmo ocorreu com o herbicida metolachlor (Figura 8B) com valores mais altos para F_a (Figura 8B). Observou-se ainda que não houve diferenças significativas entre as doses de pendimethalin, porém as plantas tratadas com metolachlor apresentaram maior F_a do que plantas tratamento do controle.

A razão de massa foliar (F_w) representa a relação entre a matéria seca retida nas folhas (W_f) e a matéria seca acumulada na planta (W_t). Expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta, o que pode ser uma característica genética que está sob influência de variáveis ambientais.

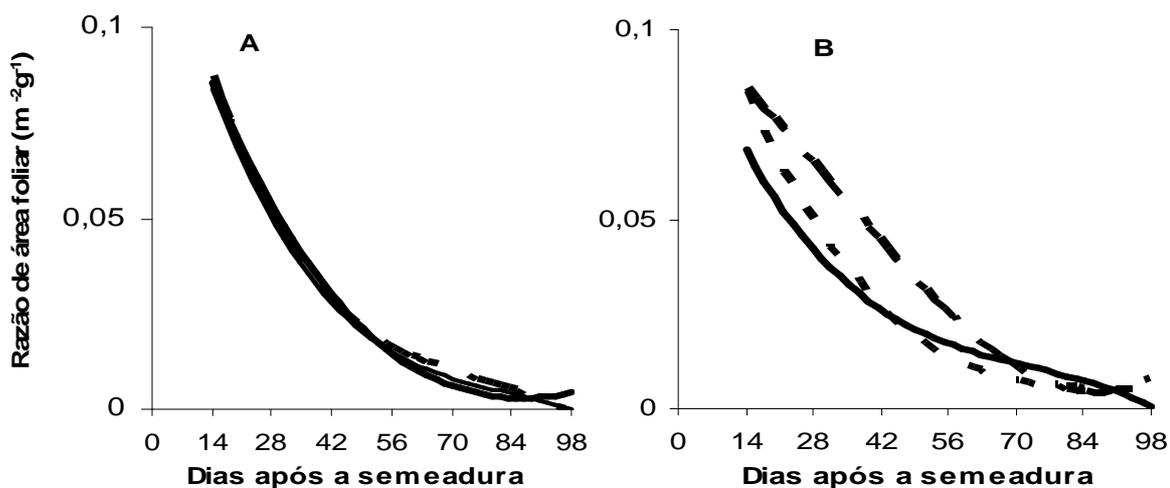


Figura 8. Razão de área foliar (F_a) em função da ontogenia de plantas de feijoeiro, crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero ($_$); 50 ($--$) e 100 (\dots) mg i.a. m^{-2} .

F_w teve seu pico máximo aos 28 DAS para o herbicida pendimethalin declinando até 84 DAS com aumento nas duas últimas semanas do ciclo da cultura, porém não houve diferenças significativas entre doses de pendimethalin (Figura 9B). F_w não foi afetado negativamente pelo metolachlor, sendo que a dose recomendada (50 mg i.a. m^{-2}) teve maior valor F_w até os 70 DAS.

A área foliar específica (S_a) expressa a relação entre a área foliar (A_f) e a matéria seca da folha (W_f), dando, portanto, uma idéia de espessura da folha. É um componente morfológico e anatômico da razão de área foliar, pois relaciona a superfície (componente morfológico) com a massa seca da própria folha (componente anatômico). Ainda, S_a não foi influenciada significativamente pelas diferentes doses de ambos herbicidas (Figuras 10).

Doses dos herbicidas pendimethalin e metolachlor afetaram negativamente as variáveis W_t , C_t , R_w e L , sendo L mais reduzido principalmente pelo incremento de doses do herbicida metolachlor. Demais variáveis como C_a , R_a , F_a , F_w e S_a não foram reduzidas significativamente pelas doses dos herbicidas.

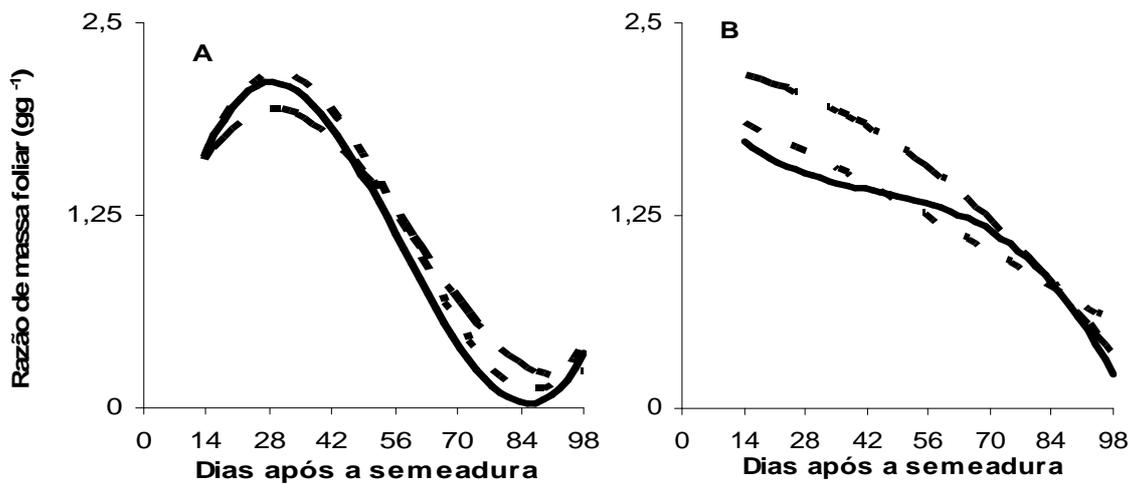


Figura 9. Razão de massa foliar (F_w) em função da ontogenia de plantas de feijoeiro, crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero ($_$); 50 ($--$) e 100 (\dots) $mg\ i.a.\ m^{-2}$.

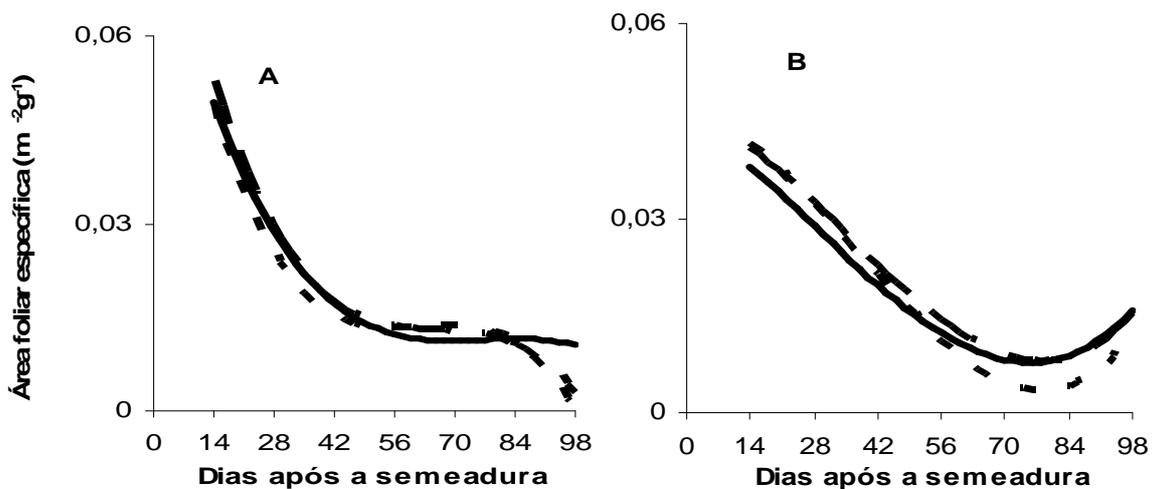


Figura 10. Área foliar específica (S_a), em função da ontogenia de plantas de feijoeiro, crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero ($_$); 50 ($--$) e 100 (\dots) $mg\ i.a.\ m^{-2}$.

CAPÍTULO IV

PARTIÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

INTRODUÇÃO

O acúmulo de matéria seca, normalmente, é seqüencial, ocorrendo mudanças no dreno metabólico preferencial de um órgão para o outro, em virtude das transformações morfológicas das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento, como em milho (LOPES & MAESTRI, 1973) e soja (MELGES et al., 1989). Existe dependência funcional de crescimento, e governada tanto pelas condições internas de crescimento como a do ambiente. Inicialmente parece que as raízes e as folhas são os drenos metabólicos preferenciais, porém após algum desenvolvimento ocorre

a mudança do depósito metabólico preferencial para o caule. Quando o caule atinge a taxa máxima de produção de matéria seca tem início à formação da espiga, no milho e trigo, por exemplo, e da vagem do feijão, com conseqüente mudança no dreno preferencial para essas partes, de modo acentuado e definitivo (LOPES & MELGES et al., 1989).

A comunidade vegetal é dinâmica, sofrendo variações constantes tanto no número como no tamanho, forma, estrutura e composição química dos indivíduos. A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise da produção vegetal e requer informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Tais informações são as quantidades de material contido na planta toda e em suas partes (folhas, caules, raízes e frutos) e o tamanho do aparelho fotossintetizante (PEREIRA & MACHADO, 1987).

O estudo teve por objetivo analisar a partição de matéria seca entre os órgãos de feijão, cultivar BRS Expedito tratadas com herbicidas pré-emergentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica, UFPel, Pelotas, RS, no período de outubro a janeiro de 2008.

No experimento foram utilizados baldes perfurados com capacidade de 8 L, nos quais foram colocados aproximadamente 7,5 Kg de solo do tipo Planossolo. Cada balde foi fertilizado com 5g de NPK na formulação de 10: 30:10. Logo após, foram semeadas cinco sementes de feijão da cultivar BRS Expedito por balde, e posteriormente, em estágio de plantas, desbastadas deixando somente três por balde.

O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial (1x 2 x 3 x 7), constituído por uma cultivar, dois herbicidas, três doses para cada herbicida e sete épocas de colheita, com três repetições estatísticas. Foram utilizados dois herbicidas (pendimenthalin e metolachlor) com três doses (zero, 50 e 100 mg i.a. m⁻²), sendo que a dose de 50 mg i.a. m⁻² é a recomendada comercialmente como ideal à aplicação para esta cultura. Os herbicidas foram pulverizados após a semeadura, utilizando equipamento de pressão constante propelido por CO₂ com barra munida de quatro bicos Teejet 110.105 tipo leque espaçados em 0,5 m.

As coletas foram realizadas em sete épocas durante o ciclo da cultura (14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 dias após a semeadura), respeitando intervalos regulares de 14

DAS. Em todas as coletas, o material foi separado em órgãos (caule, raiz, folhas, vagens e grãos). A altura de plantas foi medida da superfície do solo até a extremidade do caule, com o auxílio de uma régua graduada, e expressa em milímetros. As raízes foram retiradas em blocos de terra, lavadas, peneiradas e medidas em comprimento. A área foliar (A_f) de cada tratamento foi medida em medidor de área Licor-3100, sendo A_f expressa em m^2 . A massa fresca foi aferida em balança de precisão, sendo que logo depois o material foi acondicionado em sacos de papel e colocado na estufa a 70 ± 2 °C, até atingir massa constante, para posterior determinação da massa seca. Os dados de matéria seca da folha, raiz, caule, vagem e sementes foram ajustados com o emprego de polinômios ortogonais (RICHARDS, 1969).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A altura de plantas de feijoeiro apresentou tendência cúbica, mantendo-se crescente até o intervalo da quinta e sexta coleta, nas doses do herbicida pendimenthalin (Figura 1A) e apenas para o controle do metolachlor (Figura 1B), correspondente aos 70-84 DAS. Nas demais doses do herbicida metolachlor houve redução estatística significativa e pico máximo no final do ciclo de desenvolvimento da cultura.

O herbicida metolachlor reduz a altura de plantas de feijão cv. Pérola e cv. FT-Bonito, aumentando esta diminuição com o incremento na dose do herbicida (PROCÓPIO et al., 2001; FARINELLI et al., 2005). Estes resultados sustentam os dados em altura determinados em feijão cv. BRS Exedito submetido ao metolachlor. Estes resultados podem ser explicados provavelmente pelo modo de ação do herbicida, que é absorvido pela planta durante a emergência e transportado via xilema, concentrando-se inicialmente nas folhas primárias, onde ocorre sintoma visual de fitotoxicidade.

Assim como a altura das plantas, o comprimento do sistema radicular também seguiu tendência cúbica ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, tendo pico máximo de crescimento antecipado em relação à altura. Este pico aconteceu entre a terceira e quarta coleta (42-56 DAS) para ambos herbicidas, (Figuras 2A e

2B). O herbicida pendimethalin não afetou o comprimento da raiz principal, enquanto o metolachlor nas doses de 50 e 100 mg i. a. m⁻² reduziu inicialmente o comprimento da raiz primária até 50 DAS ocorrendo após recuperação e superação do crescimento da raiz em relação ao controle.

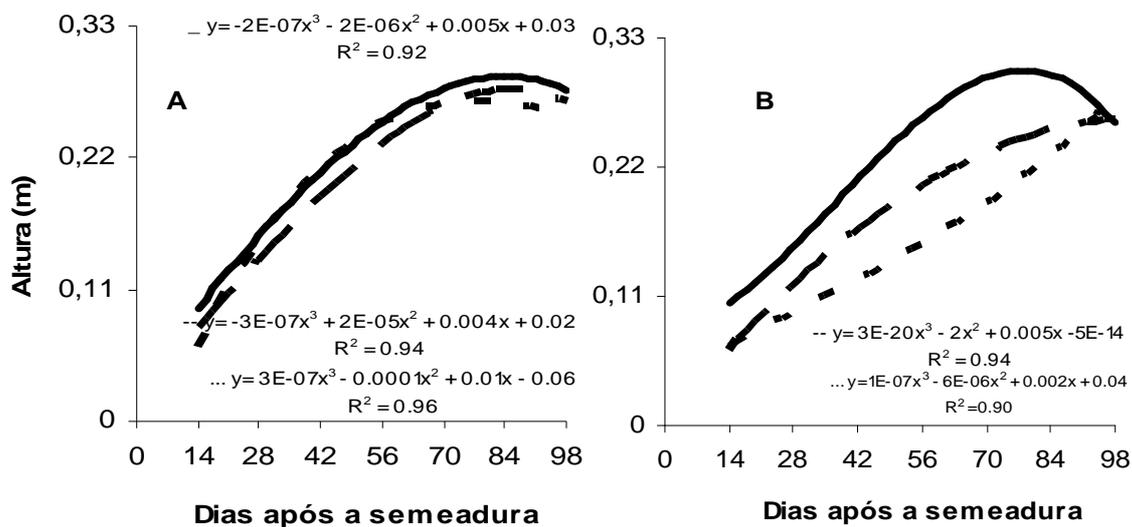


Figura 1. Altura de plantas de feijão em função da ontogenia crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 mg i.a. m⁻² (...).

Assim como a altura das plantas, o comprimento do sistema radicular também seguiu tendência cúbica ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, tendo pico máximo de crescimento antecipado em relação à altura. Este pico aconteceu entre a terceira e quarta coleta (42-56 DAS) para ambos herbicidas, (Figuras 2A e 2B). O herbicida pendimethalin não afetou o comprimento da raiz principal, enquanto o metolachlor nas doses de 50 e 100 mg i. a. m⁻² reduziu inicialmente o comprimento da raiz primária até 50 DAS ocorrendo após recuperação e superação do crescimento da raiz em relação ao controle.

O acúmulo de biomassa seca de raiz também seguiu tendência cúbica com o passar do tempo para ambos herbicidas (Figuras 3), apresentando valores crescentes até os 56 DAS para pendimethalin (Figura 3A), independente da dose do herbicida utilizada, no entanto o metolachlor os picos máximos de biomassa das raízes foram atingidos aos 52 DAS (controle) e 42 DAS para as doses de 50 e 100

mg i.a. m⁻² (Figura 3B). Ambos herbicidas reduziram o acúmulo de matéria seca nas raízes, entretanto o metolachlor restringiu de forma mais drástica a biomassa das raízes quando comparado ao pendimenthalin.

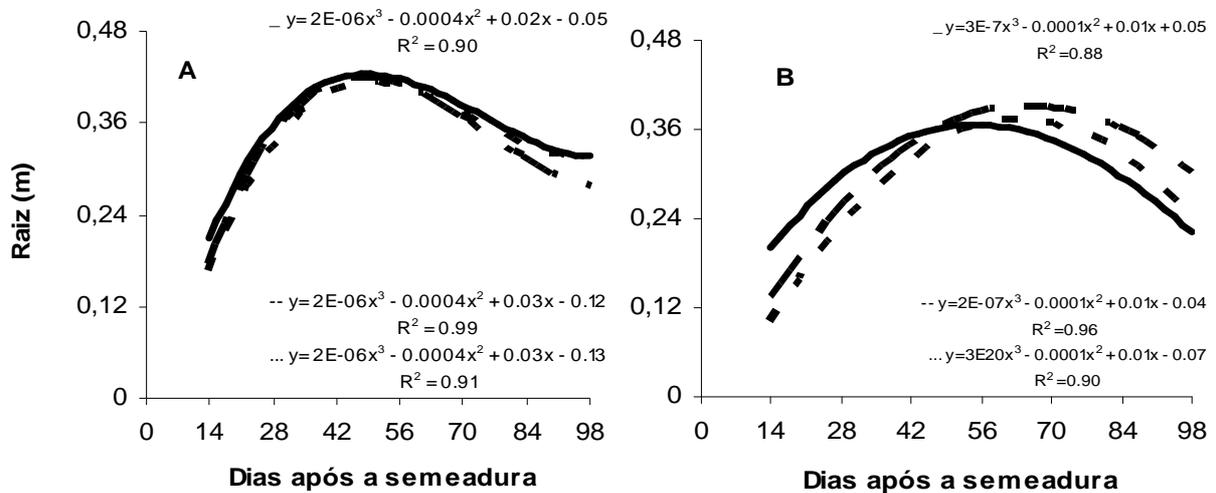


Figura 2. Comprimento de raiz de plantas de feijão, em função da ontogenia, crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimenthalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 mg i.a. (...).

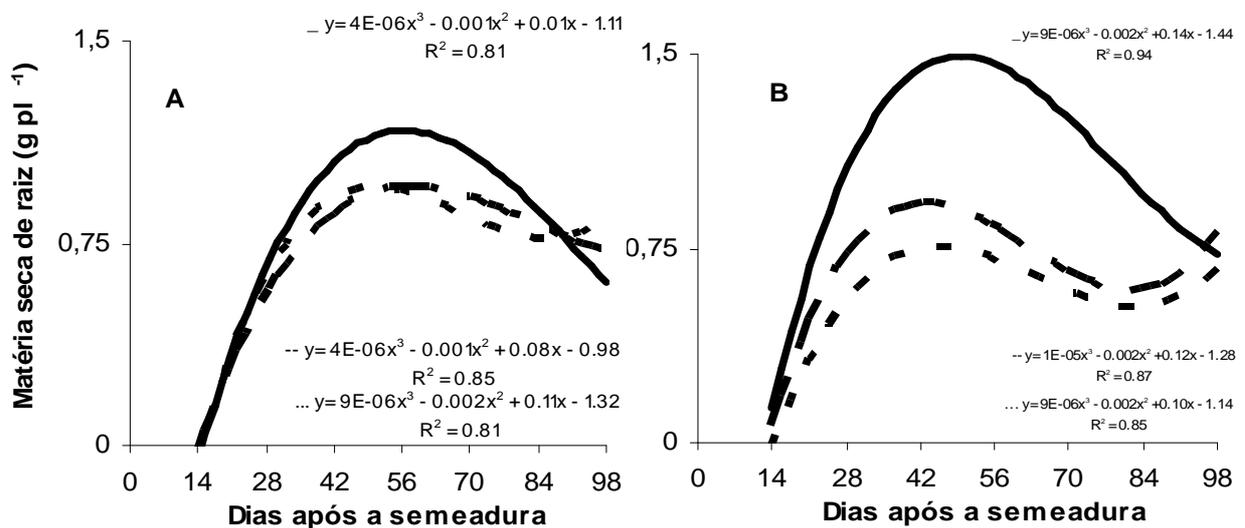


Figura 3. Matéria seca de raiz de plantas de feijão em função da ontogenia de plantas crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimenthalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 mg i.a. m⁻²(...).

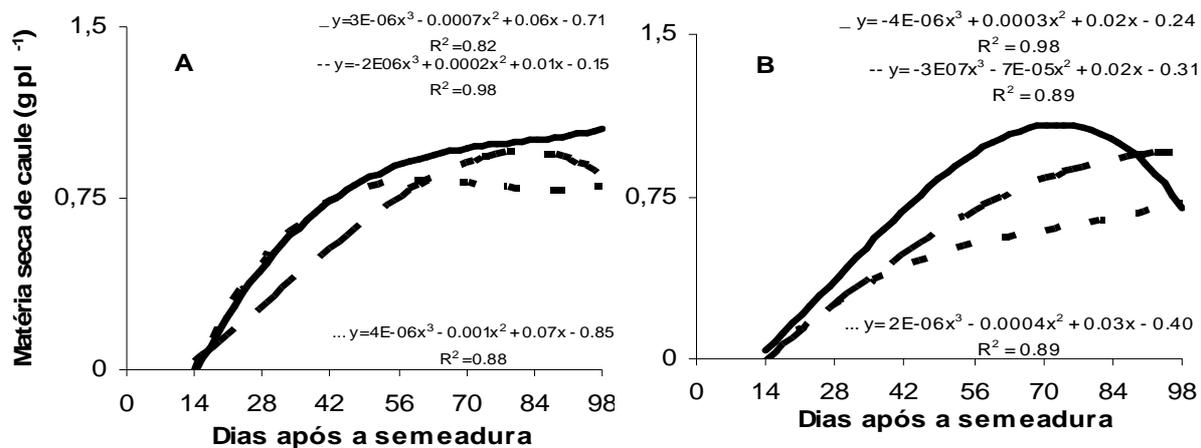


Figura 3. Matéria seca de caule de plantas de feijão em função da ontogenia de plantas crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (--) e 100 mg i.a. m⁻²(...).

O acúmulo de biomassa seca do caule (W_c) mostrou tendência cúbica durante o desenvolvimento das plantas de feijoeiro para ambos herbicidas (Figura 4). A biomassa do caule foi reduzida com incremento de doses de ambos herbicidas, no entanto, a diminuição em W_c foi mais acentuada para o herbicida metolachlor (Figura 4B) comparado com o pendimethalin.

O acúmulo de matéria seca foliar (W_f) também seguiu tendência cúbica ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura (Figura 5). A biomassa seca foliar (W_f) foi reduzida por ambos herbicidas, igualando-se ao controle no final do ciclo, ou seja, após a penúltima coleta (84 DAS). Houve inicialmente um crescimento no acúmulo de W_f máximo aos 42 DAS para o pendimethalin, independente da dose do herbicida (Figura 5A), enquanto os picos máximos do metolachlor foram atingidos em torno dos 56 DAS (Figura 5B). O decréscimo em W_f em ambos herbicidas é resultante da taxa de senescência foliar ter sobrepujado a taxa de emissão de novas folhas.

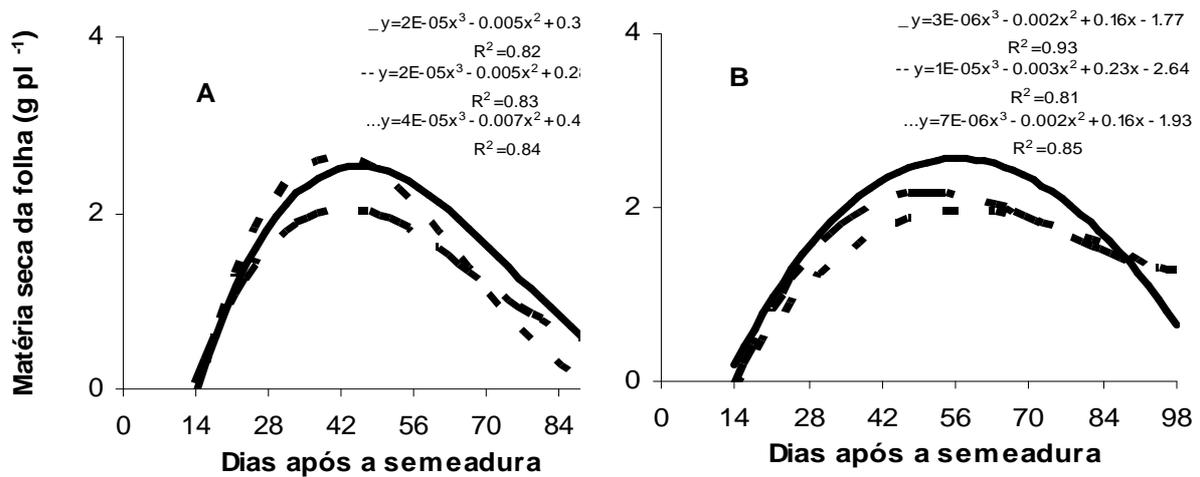


Figura 4. Matéria seca da folha de feijão em função de sua ontogenia de plantas crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero ($_$); 50 ($--$) e 100 mg i.a. m^{-2} (\dots).

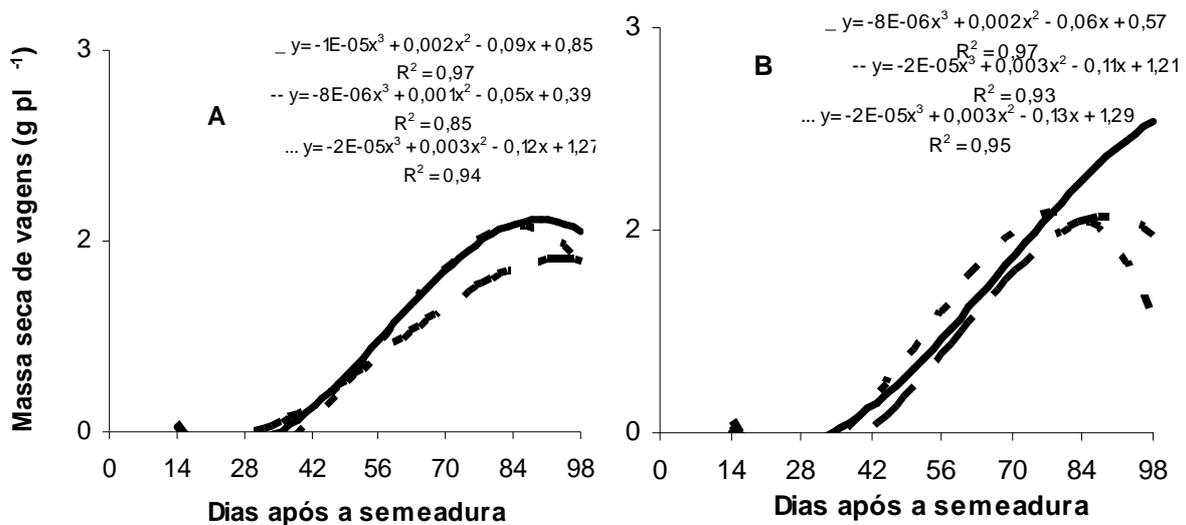


Figura 6. Matéria seca de vagens de feijão em função da ontogenia crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero ($_$); 50 ($--$) e 100 mg i.a. m^{-2} (\dots).

A massa seca de vagens (W_v) manteve-se crescente até os 84 DAS para todas doses dos herbicidas pendimethalin e apenas para a dose de 50 mg i.a. do metolachlor (Figura 6).

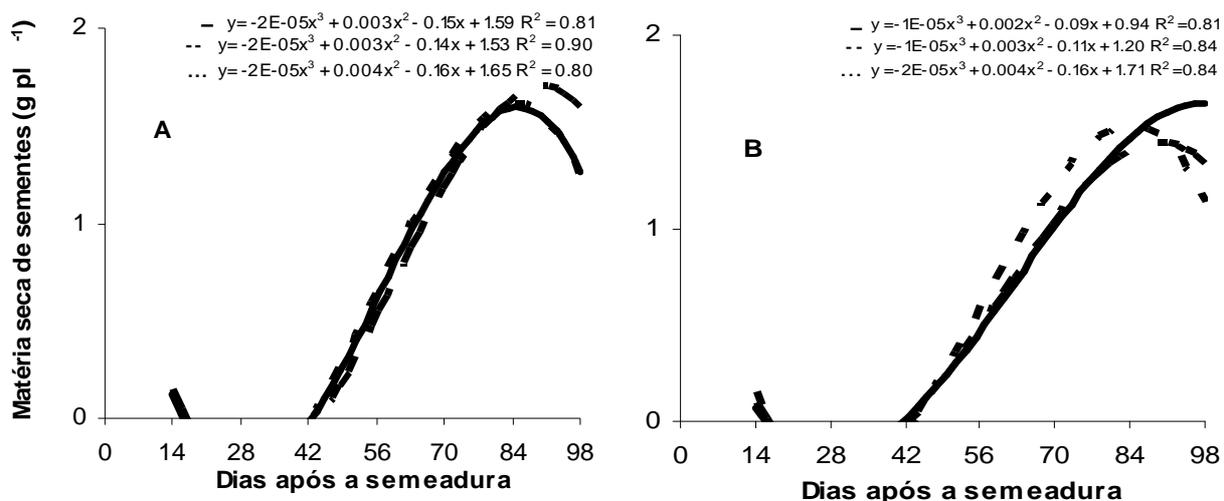


Figura 6. Matéria seca de sementes em função de sua ontogenia crescidas sob diferentes doses dos herbicidas pendimethalin (A) e metolachlor (B), sendo zero (—); 50 (---) e 100 mg i.a. m⁻²(...).

A matéria seca de sementes (W_s) apresentou valores crescentes até os 84 DAS para ambos herbicidas (Figura 7), sem apresentar diferença estatística significativa entre os tratamentos. Desta forma, foi possível deduzir que apesar das plantas terem apresentado redução estatística significativa nos estádios iniciais de crescimento, o rendimento final de sementes não apresentou divergência entre um e outro herbicida, quando comparado ao tratamento controle.

Assim, foi possível concluir que os herbicidas prejudicaram o crescimento inicial das plantas de feijão, sendo o herbicida metolachlor mais prejudicial. No entanto, o rendimento final de grãos não foi reduzido.

CONCLUSÃO GERAL

A qualidade fisiológica das sementes de feijão BRS Expedito são reduzidas com o incremento das doses dos herbicidas, com exceção do herbicida pendimethalin que é menos prejudicial à viabilidade e ao vigor das sementes de feijão.

O crescimento das plantas de feijoeiro cv. BRS Expedito na ausência de competição com plantas daninhas em casa de vegetação é influenciado pela ação dos herbicidas a partir da dose recomendada.

O herbicida metolachlor prejudica drasticamente os estágios iniciais do crescimento e o desenvolvimento das plantas de feijão.

Os herbicidas utilizados não reduzem o rendimento final de matéria seca de vagens e sementes, podendo ser recomendados para o controle de invasoras na cultura do feijoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H. (Ed.). **Cultivo do feijoeiro comum**. [Santo Antonio de Goiás]: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em: 4 ago. 2007.

ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N.; OLIVEIRA, V.F.I. **Controle de plantas daninhas na cultura do feijão no Estado do Paraná**. Londrina, IAPAR, 1983. 22p. (IAPAR. Circular, 32).

ANDRADE, M.J.B. de RAMALHO, M.A.P. **Cultura do feijoeiro**. Lavras: UFLA, 1995. 97p. (Apostila).

APPLEBY, A. P.; BRENCHLEY, R.G. Influence of paraquat on seed germination. **Weed Science**, Champaign, v.16, n.4. p. 484-485. 1968.

ARÊDES, A. F. et al. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.12, dez. 2007.

AREVALO, R. A.; ROZANSKI, A. Plantas daninhas na cultura do feijão. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 4., 1991, Campinas-SP. **Anais...** Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1991. p. 33-43.

ARRUDA, J.S.; LOPES, N.F.; BACARIN, M.A. Crescimento de plantas de soja (*Glycine Max* L. MERR) em função de doses de sulfentrazone. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina, v.11 (supl.), p.46, 1999.

BARNES, C. J.; LAVY, T.L.; TALBERT, R. E. Leaching, dissipation and efficacy of metolachlor applied by chemigation or conventional methods. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 2, p. 232 – 236. Apr. 1992.

BARRETO, P.D.; DYNIA, J.F. Sistemas de produção de caupi em monocultura no trópico semi-árido brasileiro. In: ARAÚJO, J.P.P.; WATT, E.E. (Orgs.). **O caupi no Brasil**. Brasília: IITA/Embrapa, 1988. p.387-404.

BAYER D.E., FOY C.L., MALLORY T.E., CUTTER E.G. Morphological & histological effects of trifluralin on root development. **American Journal of Botany**, Columbus, v.54, p. 945-952, 1967.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1988.

BETHKE, C.P.; DREW, C.M. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, Rockville, n.99, p.219-226, 1992.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; ARAÚJO, J.B.M. Competição de plantas daninhas com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **O Biológico**, São Paulo, v.35, n.12, p.304-308, 1969.

BOND D.J. Mechanisms of aneuploid induction. **Mutation Research**, Amsterdam v. 181, n. 2, p. 257-266, 1987.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref_pesquisa=169>. Acesso em 17 de abril de 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRIGGS, G.E.; KIDD, M.A.; WEST, A.R.C.S. A quantitative analysis of plant growth. **Annals of Applied Biology**, Warwuick, v.7, n. 2 p.202-223, 1920.

CHIARIELLO, N.R.; MOONEY, H.A.; WILLIAMS, K. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A. (Eds.). **Plant physiological ecology: fields and instrumentation**. New York : Chapman and Hall, 1991. p.328-365.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CORTEZ, M.G.; MONQUEIRO, P. A. Bases da Resistência de plantas de Plantas Daninhas aos Herbicidas. In: III Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 2001, **Resumos de Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2001. p. 39-53.

COBUCCI, T. **Avaliação agrônômica dos herbicidas fomesafen e bentazon e efeito de seus resíduos no ambiente, no sistema irrigado feijão-milho**. Viçosa: UFV, 1996. 106p. Tese Doutorado.

COBUCCI, T; DI STEFANO, J.G.; KLUTHCOUSKI, J. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e feijão, 1999. 56p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica).

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Indicadores da Agropecuária*. Ano XVI, n. 4. Brasília: [s. n.], abr. 2007

CRONQUIST, A. **Devolution and classification of flowering plants**. New York: New York Botanical Garden, 1988. 555 p.

DE POLLI, H.; SOUTO, S.M.; FRANCO, A.A. Compatibilidade de agrotóxicos com *Rhizobium* ssp. e a simbiose das leguminosas. In: EMBRAPA – UAPNPBS, DOCUMENTOS 3. Rio de Janeiro: Embrapa – UAPNPBS, 1986. 75p.

DEUBER, R. Ciência das plantas daninhas – fundamentos. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 431p.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: manejo**. Campinas: IAC, V. 2, 1997. 285p.

DIA DE CAMPO DE FEIJÃO (21.: 2005: Capão Bonito, SP) Anais dia de campo de feijão / Coordenadores Jairo Lopes de Castro; Margarida Fumiko Ito. - Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2006. 137 p.:il. (Documentos IAC; n. 76).

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. Manejo de plantas daninhas. In: DOURADO EGGLEY, G.H.; WILLIAMS, R.D. Glyphosate and paraquat effects on weed seed germination and seedling emergence. **Weed Science**, Champaign, v. 26, n 3. p. 249 – 251. 1978.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Produção de grão no Brasil. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia>. Acesso em: 25 ago. 2002.

EMBRAPA. **Agência de informação – Feijão**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/agencia4/AG01/Abertura.html>. Acesso em: 03 de maio 2006.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Sistemas de produção de feijão irrigado. Piracicaba, LPV/ESALQ/USP. 211p. 2001.

FARINELLI, R. ; PENARIOL, F. G. ; ALVAREZ, A. C. C. ; SOUZA, S. A. de ; ROSSI, C. V. S. ; SILVA, M. M. da ; RODRIGUES, J. D. . Efeito da aplicação de diferentes doses de metolachlor no desenvolvimento do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.).. Revista brasileira de herbicidas, Passo Fundo-RS, v. 2, p. 1-7, 2005.

FERNANDES, T.C.C. Uso do teste de *Allium cepa* na detecção da toxicidade e genotoxicidade do herbicida trifluralina. Monografia (Bacharel), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 2002.

FLOWER, T.J.; HAJIBAGHERI, M.A.; CHIPSON, N.J.W. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p.89-121, 1986.

FONTES, J.R.A. **Desafios ao manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.**

2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/pl1/index.htm>. Acesso em: 27/1/2008.

FONTES, J.R.A.; SILVA, A.A. da; VIEIRA, R.F.; RAMOS, M.M. Metolachlor e fomesafen aplicados via irrigação por aspersão em plantio direto e convencional. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 99-106, 2006.

FUEST, E. P.; CRONWALD, J.W. Induction of rapid metabolism of metolachlor in sorghum (*Sorghum bicolor*) shoots by CGA-92194 and other antidotes. **Weed Science**, Champaign, n. 2 v.34, p. 354-361, 1986.

GUIMARÃES, R. J. **Análise do crescimento e da quantificação de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), durante seus estádios de desenvolvimento em substrato padrão.** Lavras: UFLA, 1994. 113p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

HACSKAYLO J., AMATO V.A. Effect of trifluralin on roots of corn & cotton. **Weed Science**. Champaign, v.16, n. 4 p. 513-515 1968.

HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis.** London: E. Arnold, 1982. 248 p.

IBARRA, R.W.E. **Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar em ocho cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** 1985. 112f. Tesis de grado – Facultad de Agronomía, U.C.V., Maracay, 1985.

JORGE, Y.; GONZALES, F. Estimación del área foliar em los cultivos de ají y tomate. **Agrotecnia de Cuba**, Havana, v. 27, n. 1, p. 123-126, 1997.

KLIMONT, K. The effect of herbicides on soybean seed quality. **Biuletyn Instytutu Hodowli Aklimatyzacji**, Roslin, n.198, p.127-132, 1996.

KOZLOWSKI, L. A. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, MG v. 20, n. 2, p. 213-220, 2002.

LAING, D.R.; KRETCHMER, P.J.; ZULUAGA, S.; JONES, P.G. Field bean. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Filipinas). **Potential productivity of field crops under different environments**. Los Baños, 1983. p.227-248.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Maximum crop productivity: a estimate. **Crop Science**, Madison, v.3, n.1, p. 67-72, 1963.

LOPES, N.F. Adaptabilidade fisiológica ao consórcio. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T., ed. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.375-395.

LOPES, N.F; MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em populações de milho (*Zea mays* L.) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 33, n. 183, p. 142-164, 1973.

LUNKES, J.A. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. 2. ed. rev./aum. Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 9-21.

MACHADO, E.C.; SILVEIRA, J.A.G. da; BASTOS, C.R. Trocas de CO₂, acúmulo de fitomassa e remobilização de reservas durante o crescimento de panículas de duas cultivares de arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.2, p.63-70, 1990.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. EPU/EDUSP, São Paulo. 1979. v 1, p.331-350.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.

MELGES, E.; LOPES, N. F.; OLIVA, M.A. Crescimento, produção de matéria seca e produtividade de soja submetida a quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 97-100, 1989.

MONTEITH, J. L. Light interception and radiative exchange in crop stands. In: EASTIN, J. D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C. T. et al. (eds.). **Physiological aspects of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy, 1969. p. 89-111.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2001.

NEVES, L.A.S.; MORAES, D. M. Análise do vigor e da atividade da α -amilase em sementes de cultivares de arroz submetidas a diferentes tratamentos com ácido acético. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p.35- 43, 2005.

NILWIK, H.J.M. Growth analysis of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.): 2. Interacting effects of irradiance, temperature and plant age in controlled conditions. **Annals of Botany**, London, v.49, p.137-145, 1981.

PEREIRA, A.R., MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114).

PILLAI, P., DAVIS, D. E., TRUELOVE, B. Effects of metolachlor on germination, growth, leucine uptake, and protein synthesis. **Weed Science**, Champaign, v. 27, n. 6, p. 634-637, 1979.

POPIGINIS, F. **Fisiologia da semente**. 2 ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PORTELA, C.M.O.; COBUCCI, T. Praticabilidade agrônômica da dessecação em précolheita do feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6. Goiás, GO, 1999. **Anais...**Salvador: EBDA/Embrapa, 1999. p.507-510.

PORTES, T. de A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T., ed. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.125-156.

PROCÓPIO, S.O. de.; SILVA, A.A. da.; SANTOS, J.B. dos.; ARAÚJO, E.F.; JÚNIOR, J.I.R.; FERREIRA, L.R. **Revista Brasileira de Herbicidas**. Brasília, v.2, n.3, p.133-141, 2001.

RADFORD, P.J. Growth analysis formula their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, n.42, p.171-175, 1967.

RIBEIRO, N.D., STORCK, L. Genitores potenciais para hibridações identificados por divergência genética em feijão carioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2003.

RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F.C. (Ed.). **Plant Physiology**. New York: Academic Press, 1969. p.3-76.

RIZZARDI, M. A.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; KISSMAN, K. Aspectos gerais do controle de plantas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 105-144.

RODRIGUES, B. N., ALMEIDA, F. S. de **Guia de herbicidas**. 4. ed. Londrina, [s.n.],1998. 648 p.

RODRIGUES, B. N., ALMEIDA, F. S., OLIVEIRA, V. F. Utilização de trifluralin em pré-emergência e de novas formulações de alachlor e metolachlor na cultura do feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15.; CONGRESSO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 7., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHED, 1984. p. 57 -58.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5 ed. Londrina: autores, 2005. 591 p.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Emergência a campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.2, p.97-101, 2000.

SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. L.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. Sintomas de fitotoxicidade causada pelo herbicida 2,4-D em plântulas de mamoneira. Campina Grande, **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 1, p. 785-787, 2004.

SHARMA, B.D.; KAUL, H.N.; SINGH, M. Growth analysis of potato varieties in autumn in subtropical conditions. **New Botanist**, Lucknow, v.20, n. 54, p.55-64, 1993.

SILVA, J.F.; SILVA, J.F.; SILVA, R.F.; CONDÉ, A.R. Tolerância do tamanho da semente de soja (*Glycine max* L. Merr). ao metribuzin. **Planta Daninha**. Viçosa, v.4. p.92-96, 1981.

SILVEIRA, J. A. G. da, MACHADO, E. C. Mobilização de nitrogênio e de carboidratos durante o desenvolvimento de panículas de duas cultivares de arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 2, p. 37-46, 1990.

URCHEI, M.A. et al. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506 2000.

VELLINI, E.D.; FREDERICO, L.A.M.; MORELLI, J.L.; MARUBAUYASA, O.M. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazoni, aplicado em pós-ermergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) cv. SP 71-1406. **STAB**, Piracicaba, v.10, n.4, p.13-16, 1992.

VIDAL, R.A. **Herbicidas**: mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: R.A. Vidal, 1997. 165p.

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Inibidores de polimerização de tubulina. **Herbicidologia/ Vidal, R. A., Merotto Jr, A. (Editores)- Porto Alegre: p. 131-137, 2001.**

VIEIRA, C. **O feijão em cultivos consorciados**. Viçosa, UFV. 1985. 134 p.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J.A.O. **Produção de sementes de feijão**. Viçosa: EPAMIG/EMBRAPA, 1993. 131p.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37 n. 2, p. 7-21, fev. 2007.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advance in Agronomy**, New York, v.4, p.101-145, 1952.