

MILHETO: Uso de herbicidas mimetizadores de auxina para controle de daninhas

Cláudio André Farias de Oliveira¹; Lucas Tomáz Alves Lopes¹; Débora Cristina de Oliveira Nogueira^{2,4}; Matheus Pereira de Brito Mateus^{3,4*}

¹ Graduando em Agronomia, Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS; ² Engenheira Agrônoma, Doutora em Sistemas de Produção – UNESP; ³ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Sistemas de Produção – UNESP; ⁴ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS;

* autor correspondente: matheus.cpcs@gmail.com

RESUMO

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma gramínea anual, cespitosa, robusta, e possui um crescimento ereto podendo chegar até 5 m de altura. Com aproximadamente 130 dias de ciclo, o milheto possui excelente capacidade de produção de grãos em condições de estresse hídrico e em solos com baixa fertilidade, aumentando de forma significativa a produção em solos corrigidos, com maior capacidade de retenção de água e disponibilidade de água. A interferência de plantas daninhas no Brasil, ocasiona em perda de 20-30% de toda produção, além da redução quantitativa e qualitativa, depreciando a comercialização, sendo mais observada em cereais, onde, a presença de daninhas aumenta seu teor de umidade. Herbicidas são agentes biológicos ou químicos que matam ou suprimem o crescimento de plantas daninhas. Os herbicidas mimetizadores de auxina possuem similaridade estrutural com a auxina natural das plantas, por esse fato, o grupo também é conhecido como herbicidas hormonais ou auxinas sintéticas. Os mimetizadores de auxinas são herbicidas sistêmicos absorvidos pelas folhas, ramos e raízes. Auxinas são hormônios reguladores de crescimento das plantas onde controlam a divisão e o crescimento celular durante o ciclo de vida da planta. Este grupo tem grande importância histórica, uma vez que o 2,4-D foi o primeiro composto orgânico sintetizado pela indústria utilizado como herbicida seletivo.

PALAVRAS-CHAVE: gramíneas; hormônios; mecanismo de ação *Pennisetum glaucum*.

1 INTRODUÇÃO

Com a expectativa de vida se superando década após década e o aumento estrondoso da população mundial, a necessidade por produção de alimentos tem se tornado cada vez maior, entretanto, os problemas relacionados a manutenção de lavouras acompanham esse crescimento, seja com pragas, doenças ou daninhas.

O milheto é uma das mais

importantes espécies vegetais em todo o mundo, por se desenvolver em áreas secas e de baixa fertilidade e ser fornecedora de alimento humano e animal (NETTO, 1998). O plantio pode ser em linha ou a lanço, mas em ambos há necessidade de definição ou estabelecimento da época, densidade de plantio, quantidade de sementes, espaçamento, sistema de semeadura, dentre outros fatores (FERREIRA et al., 2003). Apresenta excelente capacidade de rebrota e

forragem de boa qualidade e, como produtora de grãos. Os seus grãos, com elevado conteúdo proteico de alta qualidade, podem ser utilizados na composição de rações para suínos e bovinos (VIANA, 1982; DOVE; MYER, 1995).

O uso de práticas complementares se faz necessária para as grandes produções, já que não seria possível o manejo manual de grandes lavouras, o uso de herbicidas auxilia a redução da interferência de plantas daninhas (KISSMANN, 1996). No Brasil, a interferência de plantas daninhas ocasiona em perda de 20-30% de toda produção, além da redução quantitativa e qualitativa, depreciando a comercialização, sendo mais observada em cereais, onde, a presença de daninhas aumenta seu teor de umidade (LORENZI, 2014).

Os herbicidas são compostos que têm atividade biológica importante para a produção de alimentos (STEPHENSON et al., 2006). Os principais grupos de herbicidas são ACCase; ALS; EPSPs; mimetizadores de auxina; FS 1; Protox; FS 2; Caroteno e Tubulina. O grupo de herbicidas que possuem como mecanismo de ação a mimetização de auxinas, também são conhecidos como herbicidas hormonais, em função da similaridade estrutural com a auxina natural das plantas e promoverem o mesmo efeito, porém, de forma desregulado (VIDAL, 2014). Esses herbicidas impedem a atividade de uma enzima/proteína na célula que podem levar à morte ou inibição do desenvolvimento da célula e do organismo (VIDAL, 1997). O primeiro composto orgânico sintetizado, 2,4-D, pertence a esse grupo, tendo grande importância ao agronegócio, posteriormente sendo utilizado como herbicida seletivo (SENSEMAN, 2007).

O objetivo deste trabalho é abordar sobre o uso de herbicidas mimetizadores de auxina na cultura do milheto.

O presente trabalho foi elaborado por meio da revisão bibliográfica de artigos publicados no período de 1981 a

2018, indexados nas plataformas de dados Google Acadêmico, Scielo e Periódicos CAPES. As palavras-chave utilizadas foram gramíneas, herbicidas hormonais, mimetizadores, fitormônios.

2 MILHETO

O milheto (*Pennisetum glaucum*) pertence à grande família das gramíneas, tem origem no continente africano, com as primeiras informações de cultivo há 5000 anos. Os grãos são nutritivos, com níveis de proteínas e lisina mais altos do que os do milho e sorgo (ANDREWS; RAJEWSKI, 1995).

O fato do cultivo do milheto ter iniciado em regiões semiáridas da África contribui para a evolução de sua cultura em sobressair ao estresse hídrico, tolerância a solos pouco férteis com baixa retenção de água, pH ácido e altas temperaturas (DANTAS; NEGRÃO, 2010).

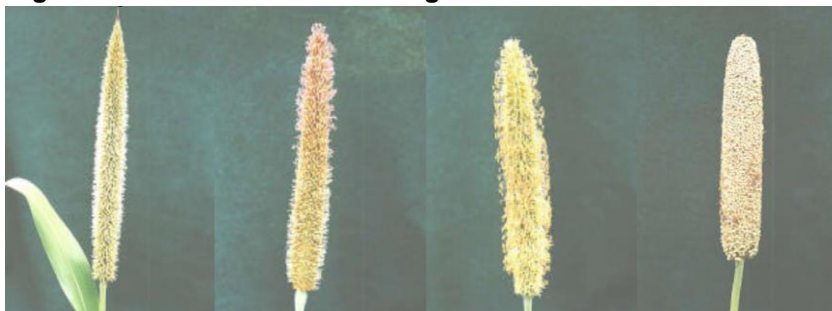
No Brasil, o milheto ganha notoriedade no início dos anos 2000, sendo que suas principais utilizações são como forrageiras, produção de sementes para ração, silagem e para plantio direto em forma de rotação de cultura. O fácil desenvolvimento em regiões com adversidades de clima e solo tem contribuído para expansão da cultura (FILHO, 2003).

No cerrado, o milheto é visto com bons olhos em razão da sua adaptação a resistência à seca, solos com baixos níveis de nutrientes, sistema radicular profundo e por ser uma excelente cultura para uso de cobertura.

2.1 Características morfológicas

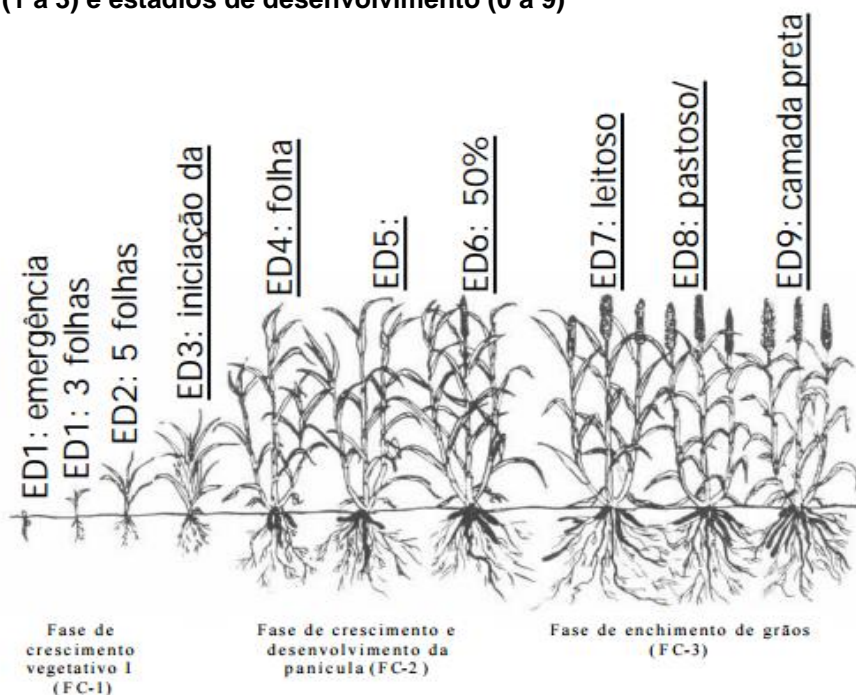
O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma monocotiledônea, anual, cespitosa, robusta, e possui um crescimento ereto podendo chegar até 5 m de altura. O colmo do milheto são lisos abaixo da panícula tendo um diâmetro de até 2 cm (Figura 1), por ser uma planta cespitosa pode apresentar ramificações secundárias e terciárias a partir das gemas laterais dos nós (DURÃES et al., 2003).

Figura 1. Características morfológicas do milho.



Fonte: Extraído de Durões, 2003.

Figura 2. Diagrama esquemático das principais fases de crescimento (1 a 3) e estádios de desenvolvimento (0 a 9)



Fonte: Extraído de Durães et al., 2003.

Tabela 1. Três principais fases de crescimento e nove estádios de desenvolvimento morfológicamente distintos do milho em relação ao colmo principal.

Estágios: FC – Fases de crescimento ED – Estádios de desenvolvimento	Identificação da característica	Dias após emergência
FC 1 – Fase de crescimento 1:	Vegetativa:	0-21
- ED0	Emergência	2-3
- ED1	Três folhas	3-7
- ED2	Cinco folhas	7-14
- ED3	Iniciação da panícula	14-21
FC 2 – Fase de crescimento 2:	Desenvolvimento da panícula:	21-42
- ED4	Folha bandeira	21-28
- ED5	Estádio de emborrachamento	28-35
- ED6	Estádio 50% florescimento	35-42
FC 3 – Fase de crescimento 3:	Fase de enchimento de grão:	42-77
- ED7	Estádio leitoso	42-49
- ED8	Estádio pastoso/farináceo	49-56
- ED9	Maturidade fisiológica	56-63

Fonte: Adaptado de Khairwal et al., 1990, Maiti e Bidinger, 1981 e de Durães e Magalhães, 2009.

A espécie apresenta folhas longas, lisas ou de superfícies pilosas, sua lâmina foliar é lanceolada podendo ter até 100 cm e largura variando até 10 cm, o milho perfilha constantemente, produzindo farta quantidades de folhagem, e sua nervura pode ser proeminente ou não, para cima ou tombada. As folhas e os colmos podem variar em cor verde a amarelado a púrpura (DURÃES; MAGALHÃES, 2009).

A inflorescência é uma película terminal, rígida e compacta, cilíndrica, cônica ou de forma espiralada, tendo-se até 50 cm de comprimento e até 10 cm de diâmetro. As raízes são muito volumosas, sendo que grande parte das raízes são encontradas nos primeiros 10 cm de profundidade. O florescimento do milho pode ser iniciado aos 50 dias de idade, e o ciclo da planta é entre 70-90 dias (SANTOS, 2016). A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam o diagrama das principais fases de crescimento do milho.

2.2 Características agrônômicas

Com aproximadamente 130 dias de ciclo, o milho possui excelente capacidade de produção de grãos em condições de estresse hídrico e em solos com baixa fertilidade, aumentando de forma significativa a produção em solos corrigidos, com maior capacidade de retenção

de água e disponibilidade de água (DANTAS; NEGRÃO, 2010).

O milho, como outros cereais, tem três períodos bem definidos de crescimento e, através de estudos de vários autores, pode-se definir, dessas fases de crescimento, nove estádios de desenvolvimento. Seu sistema radicular vigoroso e sua alta capacidade de absorção de nutrientes são as principais características que fazem com que esta espécie se sobressaia em relação às outras plantas de cobertura (MARCANTE et al., 2011).

As principais características agrônômicas do cultivo de milho no país são: tolerância à seca, crescimento rápido, maior capacidade de ciclagem de nutrientes (especialmente N e K), alta produção de biomassa, grãos com alto valor nutritivo, boa adaptação a diferentes níveis de fertilidade, sistema radicular profundo e abundante, facilidade de mecanização, resistência a pragas e doenças, facilidade de produção de sementes, formação de palhada mais duradoura em relação às leguminosas e possibilidade de diminuir a incidência de nematoides (TEIXEIRA et al., 2005; BERNARDI et al., 2004). Além disso, o milho possui épocas de semeadura distintas para determinado uso final (Tabela 2) (FILHO, 2016).

Tabela 2. Época de semeadura da cultura do milho segundo a finalidade de uso.

Finalidade de uso	Época de semeadura
Formação de pastagem	Setembro a dezembro
Cobertura de solo	Agosto a dezembro
Safrinha	Após a colheita da cultura principal
Sobressemeio	Maturação fisiológica completa dos grãos da soja

Fonte: Adaptado de Filho et al., 2009.

Devido às diversas finalidades a que se aplica a planta de milho, a quantidade de semente a ser plantada, o espaçamento e a quantidade de semente por hectare são variáveis (Tabela 3) (TEIXEIRA et al., 2005).

2.3 Plantas daninhas no milho

A alta susceptibilidade da planta a

agentes herbicidas, em especial aos gramínicas, como também a indisponibilidade de produtos específicos no mercado, consolidam entraves ao controle químico de plantas daninhas nessa cultura (KARAM; OLIVEIRA, 2016).

Em relação às plantas daninhas a mais preocupante que tem se destacado é capim amargoso (*Digitaria insularis*) a

mesma possui ocorrências generalizada em todo o Brasil. Um fator importante na produção de milho para redução das plantas daninhas seria o espaçamento, pois propicia em melhor distribuição espacial de plantas e melhor produção de forragens, e contendo maior cobertura do solo, reduzindo o potencial desenvolvimento das plantas daninhas (Berglund,

1998; SANGOI et al., 2002).

Segundo Berglund, (1998) o não controle das plantas daninhas no período crítico de competição com o milho poderá reduzir a produtividade dos grãos em até 36%, ocorrendo grandes perdas em sua produção e qualidade, o milho tolera a competição a partir dos 15-20 cm de altura.

Tabela 3. Espaçamento quantidade de sementes e densidade de semeadura segundo a finalidade de uso.

Finalidade	Sementes (kg ha ⁻¹)	Espaçamento entre linhas (cm)	Densidade de semeadura (plantas ha ⁻¹)
Produção de sementes	8 a 12	40	150.000
Produção de grãos	8 a 12	40	150.000
Produção de forragem	15 a 20	70	180.000
Pastagens	15 a 20	15 a 35	200.000
Cobertura de solo	15 a 40	15 a 35	250.000
Reforma de pasto	20 a 25	A lanço	-

Fonte: Adaptado de Filho; Cruz; Albuquerque, 2009.

3 HERBICIDAS

Herbicidas são agentes biológicos ou químicos que matam ou suprimem o crescimento de plantas daninhas. Entre os agentes biológicos estão os fungos e outros microrganismos, as substâncias químicas compreendem dois grupos, os orgânicos e inorgânicos; nos primeiros estão a esmagadora maioria dos herbicidas comercializados atualmente e no segundo estão os herbicidas utilizados no passado, com a presença de compostos químicos como o NaCl (ROMAN, 2005).

Os herbicidas geralmente inibem a atividade de uma enzima/proteína na célula e, como consequência, desencadeiam uma série de eventos que matam ou inibem o desenvolvimento da célula e do organismo (VIDAL, 1997).

3.1 Mimetizadores de auxina

Este grupo tem grande importância histórica, uma vez que o 2,4-D foi o primeiro composto orgânico sintetizado pela indústria utilizado como herbicida seletivo (OLIVEIRA; CONSTANTIN, 2011).

Os herbicidas mimetizadores de auxina possuem similaridade estrutural com a auxina natural das plantas, por esse fato, o grupo também é conhecido como herbicidas hormonais ou auxinas sintéticas. Em baixas doses, os herbicidas auxínicos possuem propriedades hormonais similares à auxina natural. Entretanto, quando a taxa de aplicação aumenta, eles causam várias anormalidades em dicotiledôneas sensíveis (KELLEY; RIECHERS, 2007).

Os herbicidas mimetizadores de auxina se classificam em quatro grupos químicos, ácido benzoico, ácido fenoxicarboxílico, ácido carboxílico e ácido quinolino carboxílico. O grupo é responsável por interferir na divisão e alongamento celular, devido ao desequilíbrio hormonal que promovem nas células com aumento da biossíntese de etileno, giberelinas, citocininas e ácido abscísico. Isso leva a um crescimento perturbado do tecido vegetal, especialmente tecidos maduros, que retornam à atividade meristemática com inibição da divisão celular nos meristemas primários (OLIVEIRA; CONSTANTIN, 2011).

3.2 Grupos de herbicidas sintéticos à auxina

Sendo um composto seletivo, os mimetizadores de auxina pertencem ao grupo O de herbicidas. Está entre os

herbicidas mais antigos utilizados na agricultura, sendo o primeiro a ser sintetizado com o 2,4-D e o mesmo foi o primeiro a ser registrado para uso no Brasil (ROMAN et al., 2005).

Tabela 4. Classes dos herbicidas mimetizadores de auxina.

Classe	Nome comum	Formulação	Nome comercial
Ácido ariloxi-alcanóico	2,4-D	Éster Amina	Deferon, Esteron 400, Aminol, Herbi D 480, Tento
Benzoicos	Dicamba	Sal	Banvel
Piconilícos	Picloram	Sal	Padron
	Fluoxipir – MHE Tri-clopyr	Amina Éster	Starane 200 Garlon 480 BR
Quinolinas	Quinclorac	Ácido	Facet

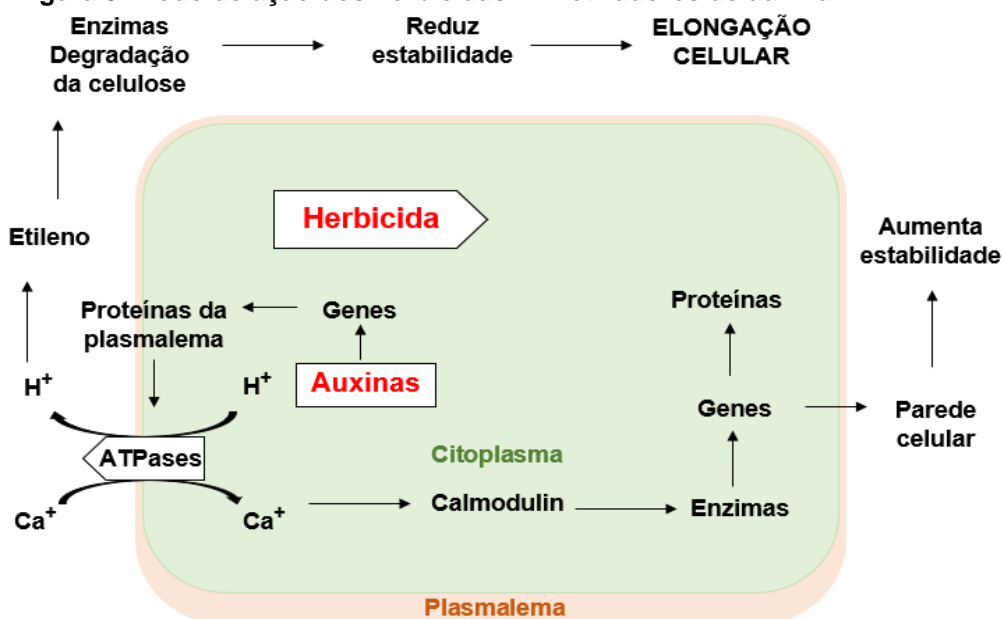
Fonte: Adaptado de Roman et al., 2005.

3.3 Mecanismo de ação

Os mimetizadores de auxinas são herbicidas sistêmicos absorvidos pelas folhas, ramos e raízes. Auxinas são hormônios reguladores de crescimento das plantas onde controlam a divisão e o

crescimento celular durante o ciclo de vida da planta. A maior vantagem desse grupo é a capacidade de transloucar-se de forma ascendente e descendente na planta, atingindo as raízes e demais estruturas (ROMAN et al., 2005).

Figura 3. Modo de ação dos herbicidas mimetizadores de auxina.



Fonte: Extraído de Presoto, 2018.

Os herbicidas do grupo O possui vários sítios de ação, causa sintomas e injúrias, distintos e variados. O aumento da plasticidade ocorre por causa da indução do movimento de prótons para fora da célula pelo estímulo da atividade da bomba de prótons da ATPase, ligada à membrana celular (Figura 3) (MARCHI

et al., 2008).

Outro fato é o aumento da produção da RNA polimerase, DNA e muitas proteínas. As auxinas e giberelinas passarão a ser produzidas de forma descontrolada onde a planta não possuirá mecanismos para evitar, as quais causará divisão e alongamento celular

acelerado e desordenado (OLIVEIRA JUNIOR; CONSTANTIN, 2001).

4 HERBICIDAS UTILIZADOS NO MILHETO

O manejo de plantas daninhas na cultura do milho dispõe de alternativas mais diminutas quando comparado a outras culturas, uma vez que esse cereal demonstra ainda ocupação atônica no panorama agrícola brasileiro (KARAM; OLIVEIRA, 2016).

Na cultura do milho não existem herbicidas registrados para o uso no controle de plantas daninhas (GROMANN, 2015). Pelo fato de não haver registros, os herbicidas utilizados são registrados em outras culturas, pertencente a mesma família como o milho e sorgo. Com exceção para o herbicida 2,4-D de propriedade da empresa Prentiss Química Ltda, que está registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento apenas para o controle de *Ipomoea grandifolia* nesta cultura (KARAM; OLIVEIRA, 2016).

Estudos relacionam o uso de alguns herbicidas mesmo sem a seu registro oficializado. Na pré-emergência das plantas daninhas e da cultura, tem potencial de uso o pendimentalin (PEREIRA FILHO et al., 2003) e em pós emergência das plantas daninhas e da cultura, o tembotrione e o mesotrione (RODRIGUES et al., 2012). Doses inferiores a 1,5 kg ha⁻¹ de atrazina podem ser usadas de forma segura na cultura do milho, quando as plantas apresentarem quatro ou mais folhas no momento da aplicação (DAN, 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os herbicidas mimetizadores de auxina registrados no Brasil, apenas o 2,4-D apresenta de fato eficiência comprovada para o uso na cultura do milho. O incentivo quase nulo para pesquisas tem dificultado o registro de

herbicidas específicos para a cultura, entretanto, estudos tem buscado alternativas já presente no mercado. Hoje os herbicidas utilizados no plantio possuem registro apenas em outras culturas da família como o milho e sorgo.

REFERÊNCIAS

ANDREWS, D. J.; RAJEWSKI, J. F. Origin, characteristics, and use of pearl millet. In: National grain pearl millets 1., Tifton, Georgia, 1995.

BERGLUND, D. R. Proso millet em North Dakota. Fargo: North Dakota State University, 1998.

CARVALHO, L. B. D. Herbicidas. 1ª Edição. Edição do autor: Lages, 2013.

DAN, H. A. et al. Seletividade de herbicidas aplicados na pós-emergência da cultura do milho (*Pennisetum glaucum*). R. Bras. Milho e Sorgo, 2009.

DANTAS, C. C. O.; NEGRÃO, F. M. Características agrônômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). PUBVET, Londrina, 2010.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, F. G. D. Fisiologia da planta de milho. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento, dez. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Perguntas sobre o milho. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/perguntas/milheto2.html>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

FILHO, I. A. P.; CRUZ, J. C.; FILHO, M. R. D. A. A cultura do milho. EMBRAPA milho e sorgo, set. 2009.

GEBLER, L.; SPADOTTO, C.A. Comportamento ambiental dos herbicidas. Empresa Brasileira de pesquisa

agropecuária. [S.l.: s.n], 2001.

GROMANN, M. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas e seletividade de herbicidas em sorgo e milho. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, 2015.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. O cultivo do milho. EMBRAPA milho e sorgo, sistema de produção, abr. 2016.

KELLEY, K. B.; RIECHERS, D. E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 89, p. 1-11, 2007.

KISSMANN, K. G. Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: BASF, 1997.

MAITI, R. K.; BIDINGER, F. R. Growth and development of the pearl millet plant. Patancheru: ICRISAT, 1981.

MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES, F. P. J. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. *Bioscience journal*. Uberlândia, 2011.

NETTO, D. A. M.; DURÃES, F. O. M. Milho: tecnologias de produção e agronegócio. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica/Milho e Sorgo, 2005.

NETTO, D. A. M. A cultura do milho. Comunicado técnico - EMBRAPA milho e sorgo. Sete Lagoas, ago. 1998.
OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001.

PACHECO, L. P. et al.; Tolerância do milho (*Pennisetum americanum*) ao 2,4-

D. Monografia – Universidade de Rio Verde – FESURV, Rio Verde, GO, 2007.

PRESOTO, J. C. Herbicidas mimetizadores de auxinas. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/4478278/mod_resource/content/1/Revisão%20Herbicidas%20Mimetizadores%20de%20Auxinas.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2022.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. Edição dos autores: Londrina, 2012.

ROMAN, E. S. et al. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Berthier: Passo Fundo, 2005.

SANGOI, L. et al. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, 2002.

SCALÉA, M. J. Perguntas e respostas sobre o plantio direto. *Informações Agromônicas*. [S.l.: s.n]. Piracicaba, 1998.

MARCHI, G. et al. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. Documentos – EMBRAPA Cerrado. Planaltina, out. 2008.

TEIXEIRA, R. A. et al. Grasses and legumes as covers crop in no-tillage system in northeastern Pará Brasil. *Acta Amazônica*, 2014.

VIDAL, R. A. Herbicidas: mecanismo de ação e resistência de plantas. Porto Alegre, 1997.

VIDAL, R. A. Ação dos herbicidas: absorção, translocação e metabolização. Edição do autor: Porto Alegre, 2002.