

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**RITA DE PAULA LOPES**

**USO DO BIOCARVÃO NA AÇÃO RESIDUAL DO PICLORAM**

 **VIÇOSA – MINAS GERAIS**

 **2017**

**RITA DE PAULA LOPES**

**USO DO BIOCARVÃO NA AÇÃO RESIDUAL DO PICLORAM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Modalidade: Projeto.

Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas

Coorientadores: Yanna Karoline Santos da Costa

 **VIÇOSA – MINAS GERAIS**

 **2017**

**RITA DE PAULA LOPES**

 **USO DO BIOCARVÃO NA AÇÃO RESIDUAL DO PICLORAM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Modalidade: Projeto.

Aprovado: 30 de Junho de 2017

|  |
| --- |
| Prof. Dsc. Francisco Cláudio Lopes de Freitas(Orientador - UFV) |

**AGRADECIMENTOS**

 A Deus por esta sempre junto a mim, me proporcionando sabedoria e oportunidades.

 Em especial à minha família por todo carinho, incentivo, apoio incondicional e por ser a responsável pela minha formação.

 A Universidade Federal de Viçosa - UFV pela oportunidade da realização de um sonho, o curso de Engenharia Agronômica.

Aos Professores por todo aprendizado e exemplo profissional, em especial ao Professor Francisco Cláudio Lopes de Freitas pelo apoio, confiança e orientação.

A estudante da Pós-Graduação Yanna Karoline Santos da Costa pelo apoio e orientação no trabalho.

**RESUMO**

O picloram é um herbicida auxinico muito utilizado no controle de plantas daninhas dicotiledôneas em pastagens que possui elevada persistência no solo, podendo afetar culturas sensíveis cultivadas em sequência, como eucalipto e café. Recentemente, diversos trabalhos têm revelado o potencial de uso do carvão vegetal (biocarvão) adicionado ao solo como agente mitigador de resíduos de herbicidas no solo, devido à capacidade de retenção das moléculas de herbicida em sua estrutura, em razão das cargas e poros desenvolvidos em seu processo de carbonização, além de favorecer a microbiota do solo. Em face ao exposto, objetiva-se com a presente proposta avaliar o efeito da adição de biocarvão ao solo, sobre a ação residual do picloram em solos com diferentes atributos. O trabalho será conduzido no esquema fatorial 8 x 2 x 4, com oito doses de Picloram (0, 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 g ha-1), dois solos com diferentes atributos e dois níveis de biocarvão 0 e 3%. Será considerado como parcela útil um vaso de 300 ml. A ação residual do herbicida no solo será avaliada por meio de bioensaio, utilizando como planta teste o pepino (*Cucumis sativus*). Aos 7, 14 e 21 dias após o semeio (DAS) serão realizadas avaliações visuais de intoxicação e altura de plantas, também, aos 21 DAS, as plantas serão colhidas ao nível do solo para determinação da massa da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

 **Palavras–chave:** bioensaio, herbicida,mimetizador de auxína, pepino.

**ABSTRACT**

Picloram is an auxinic herbicide widely used in the control of dicotyledonous weeds in pastures, which has high persistence in the soil and can affect sensitive crops grown in sequence, such as eucalyptus and coffee. Recently, several studies have revealed the potential of using charcoal (biochar) added to the soil as a mitigating agent for herbicide residues in the soil due to the herbicide retention capacity of the herbicide molecules in its structure, due to the loads and pores developed in Its carbonization process, besides favoring the microbiota of the soil. In view of the above, it is objectified with the present proposal to evaluate the effect of the addition of bio-carbon on the residual action of picloram in soils with different attributes. The work will be conducted in the factorial scheme 8 x 2 x 2, with eight doses of Picloram (0, 25, 50, 100, 200, 400, 800 and 1600 g ha-1), two different soil attributes and two levels of biochar And 3%. A 300 ml pot will be considered a useful part. The residual action of the herbicide in the soil will be evaluated by means of bioassay, using as test plant the cucumber (Cucumis sativus). At 7, 14 and 21 days after sowing (DAS), visual assessments of intoxication and plant height will also be performed, also at 21 DAS, the plants will be harvested at ground level to determine the dry matter mass of the aerial part and the root system.

**Keywords:** Bioassay, herbicide, auxin mimic, cucumber.

Sumário

[1. Introdução 8](#_Toc466627887)

[2. Objetivos 9](#_Toc466627888)

 [2.1.Objetivo geral 9](#_Toc466627889)

 [2.2.Objetivo específico 9](#_Toc466627890)

3. Revisão de Literatura.............................................................................................9

[4. Material e Métodos .......12](#_Toc466627891)

[5. Relevância da Pesquisa .](#_Toc466627895) 14

[6. Equipe .....1](#_Toc466627896)4

[7. Disponibilidade de infraestrutura e apoio técnico para o desenvolvimento do projeto 15](#_Toc466627897)

[8. Orçamento 15](#_Toc466627898)

[9. Cronograma de atividades: resumo das atividades 17](#_Toc466627899)

**10. Referências Bibliograficas .....................................................................................17**

1. **Introdução**

Os herbicidas são produtos químicos utilizados na agricultura para evitar ou reduzir a interferência de plantas daninhas sobre as culturas. No entanto, a elevada utilização de herbicidas nos cultivos sem o conhecimento prévio de suas interações com o solo pode levar à contaminação do meio ambiente (Silva,Vivian & D’Antonino, 2009).

Muitos desses herbicidas apresentam longo período residual no solo, e a permanência desses podem acarretar em sérios problemas como intoxicação de espécies cultivadas suscetíveis em sequência na mesma área e intoxicação de organismo não alvo, especialmente micro-organismos benéficos do solo, além de elevar os riscos de lixiviação e contaminação de águas superficiais e subterrâneas, o que gera grande preocupação ambiental.

Dentre os herbicidas mais utilizados em pastagens brasileiras, destaca-se o picloram, que é um herbicida mimetizador de auxina, que se caracteriza por apresentar elevada persistência no solo (Dornelas de Souza et al; Santos et al., 2006), além de baixa sorção, alta solubilidade em água, que resultam em elevado potencial de lixiviação. Ele pode causar sérios danos ambientais como contaminação de corpos de água, bem como águas subterrâneas e solos (Close et al., 2003; Berisford et al., 2006; Santos et al., 2007; D’Antonino et al., 2009; Fast et al., 2010), inviabilizando o plantio em sucessão de espécies sensíveis como algodão, feijão, café, soja, dentre outras dicotiledôneas (Barros et al., 2014; D’Antonino et al. 2009; Santos et al., 2013).

Visando amenizar os danos causados pela contaminação do solo e dos corpos de água por herbicidas auxínicos, várias pesquisas têm buscado alternativas para fitorremediar áreas contaminadas, com a utilização de plantas com elevado potencial de extrair e acumular produtos tóxicos em seus tecidos, reduzindo a concentração tóxica de herbicidas no solo (Pires et al., 2003; Procopio et al., 2008).

 Outra linha que vem sendo estudada é a utilização de biocarvão com o objetivo de reter as moléculas químicas, diminuindo sua disponibilidade para a absorção pelas culturas (Nag et al., 2011; Tatarková et al., 2013).

O biocarvão além de reter as moléculas de herbicida em sua estrutura, devido às cargas e os poros desenvolvidos em seu processo de carbonização, favorece a microbiota do solo (Lehmann et al., 2011), que é fundamental para a degradação de grande parcela dos herbicidas utilizados (Silva & Silva, 2007).

1. **Objetivos**
	1. **Objetivo geral**

Avaliar efeito da adição de biocarvão sobre a ação residual do herbicida picloram.

* 1. **Objetivo específico**

 Avaliar o efeito da adição do biocarvão sobre a ação residual do herbicida picloram por meio de bioensaio com plantas de pepino.

1. **Revisão de Literatura**

**Herbicidas Auxinícos**

Os herbicidas auxínicos, ou mimetizadores de auxinas, foram introduzidos na agricultura no final da década de 1940, tendo importância em todo o mundo. São extensivamente utilizados nas culturas de arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar, pastagens e, também, em mistura com glyphosate em aplicações dirigidas para dessecação da vegetação, visando o plantio direto (SILVA et al., 2013). Esses herbicidas foram os primeiros compostos orgânicos com atividade herbicida seletiva sintetizados pela indústria (VIDAL et al., 2001). São conhecidos como herbicidas hormonais ou reguladores de crescimento, pois provocam mudanças metabólicas e bioquímicas nas plantas em virtude de sua ação sobre o crescimento das mesmas (Senseman,2007). Acredita-se que esses produtos interfiram na ação da enzima RNA-polimerase e, consequentemente, na síntese de ácidos nucleicos e proteínas (Thill, 2003). Como consequência disso, as espécies dicotiledôneas, quando tratadas com esses herbicidas, passam a apresentar crescimento desordenado dos tecidos vegetais (Oliveira & Constantin, 2011).

Os primeiros sintomas observados nas plantas tratadas com os herbicidas auxínicos são epinastia das folhas, pecíolo, ramos e caules, alteração na venação das folhas e encarquilhamento. A seguir, o caule fica quebradiço e ocorrem obstrução do floema, a clorose, murchamento, necrose das folhas e alterações no crescimento e atrofia das raízes. Esses sintomas são também descritos por Vidal et al., (2002).

 A utilização dos herbicidas mimetizadores de auxinas no manejo de plantas daninhas, em função do elevado período residual e mobilidade em solos, pode causar sérios danos ambientais como contaminação de corpos de água, bem como águas subterrâneas e solos (Close et al., 2003; Berisford et al., 2006; Santos et al., 2007; D’Antonino et al., 2009; Fast et al., 2010), inviabilizando o plantio em sucessão de espécies sensíveis como café, eucalipto, soja, dentre outras dicotiledôneas (Barros et al., 2014; D’Antonino et al., 2009; Mikkelson & Lym, 2011), que pode variar em função da meia vida do produto, mineralogia do solo, teor de matéria orgânica, pH, etc. (D’Antonino et al., 2009; Fast et al., 2010; Barros et al., 2014).

Santos et al., (2006), avaliando herbicidas auxínicos no controle de plantas daninhas em pastagens, verificaram eficácia no controle de plantas daninhas dicotiledônes anuais e perenes com a aplicação de triclopyr e às misturas de picloram + 2,4-D e picloram + fluroxypyr. Porém, aos 40 dias após a aplicação, não se verificou ação residual do triclopyr, enquanto que para as misturas com picloram, detectou-se resíduo no solo, por meio de ensaio biológico, por mais de um ano após a aplicação, fazendo-se necessário a busca por alternativa para mitigar este impacto ao meio ambiente.

De acordo com Procópio et al., (2008), herbicidas que apresentam atividade residual no solo são importantes insumos para a garantia da produtividade das culturas comerciais, principalmente para aquelas que apresentam extenso período total de prevenção da interferência das plantas daninhas. Contudo, após o término desse período, que muitas vezes coincide com o fechamento do dossel do cultivo agrícola, a presença do herbicida no solo pode se tornar indesejável, podendo resultar em *carryover* (Belo *et al.*, 2007).

 **Uso do Biocarvão**

É crescente o número de trabalhos que investigam a hipótese do carvão vegetal ser utilizado como um condicionador do solo e esses estudos sugerem que a incorporação de carvão vegetal melhora a fertilidade do solo (Asai et al., 2009; Enders et al., 2012; Jeffery et al., 2011; Laird et al., 2010; Oguntunde et al., 2004; Yuan et al., 2011). Mas os dados obtidos até o momento não são suficientes para viabilizar a utilização do carvão vegetal em maior escala nas lavouras. Há muito que estudar sobre a influência do mesmo nas propriedades física, química e sortiva do solo.

O carvão vegetal (biocarvão) é produto da carbonização (pirólise) de materiais orgânicos como madeiras e resíduos agrícolas. É um material com alta capacidade sortiva por ser rico em carbono, poroso e ter grande área superficial interna. Em estudos recentes (Zhao et al., 2013; Zheng et al., 2010) é demonstrado que o carvão seria, em potencial, uma solução para contornar os problemas de contaminação de solos por herbicidas de longo efeito residual e evitar a lixiviação dos mesmos ou de seus metabólitos para camadas mais profundas do solo, ou até mesmo para os lençóis de água subterrâneos.

As propriedades físico-químicas do carvão influenciam o processo de sorção de alguns agrotóxicos. Foi verificado que carvões com área específica menor não apresentaram bons resultados na sorção de alguns herbicidas (Cabrera et al., 2011; Zheng et al., 2010).

No Brasil, 75% dos carvões são produzidos artesanalmente, utilizando-se madeira de mata nativa ou de reflorestamento (Santos & Hatakeyama, 2012). Nesse processo são obtidos carvões com características físico-químicas heterogêneas. Essa heterogeneidade justifica a necessidade de estudar o comportamento deste tipo de carvão como condicionador de solo e agente mitigador da lixiviação de pesticidas.

A adição do carvão ao solo altera o comportamento das moléculas de agrotóxicos, sendo observado o aumento da adsorção destes compostos nos solos condicionados (Cabrera et al., 2014; Cabrera et al., 2011; Yao et al., 2012). A ação do carvão condicionadora no solo pode ser atribuída à sua ação mitigadora evitando a lixiviação de agrotóxicos através do perfil de solo e com isso diminuindo a contaminação de águas subterrâneas (Delwiche, Lehmann & Walter 2014; Larsbo, et al., 2013; Si, et al., 2011).

 **Bioensaio**

 Bioensaio é uma das técnicas mais comuns para identificar e quantificar um herbicida no solo ou na água, utilizando-se plantas indicadoras que apresentam fácil cultivo, rápido desenvolvimento e alta sensibilidade aos herbicidas avaliados (Nyffeler et al., 1982; Souza, 1999). Segundo Thill (2003), sintomas de intoxicação produzidos nas folhas de várias dicotiledôneas, por herbicidas auxínicos, são facilmente caracterizados e, por isso, são muito usados para detectar resíduos desses herbicidas no solo.

 A técnica do bioensaio tem sido questionada para aplicação em ambientes com resíduo de herbicidas hormonais. Como esses produtos interferem na síntese de proteínas e enzimas, a variação da concentração na solução do solo produz diferentes efeitos no desenvolvimento da planta bioindicadora, dificultando a correlação entre aumento de doses e de injúria (Santos et al., 2007).

 Os herbicidas auxínicos causam, em espécies sensíveis, intensa divisão celular no câmbio vascular, endoderme, periciclo e floema, com consequente formação de tumores no meristema intercalar, aparecimento de raízes aéreas, multiplicação e engrossamento de raízes e caule. Há formação de gemas múltiplas e hipertrofia das raízes laterais, sendo o encurtamento do tecido internerval e a epinastia os sintomas mais evidentes nas espécies dicotiledôneas (Silva et al., 2005).

1. **Material e Métodos**

O experimento será conduzido em casa de vegetação no município de Viçosa, Minas Gerais, no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), visando avaliar a redução de resíduo de picloram por meio da adição de biocarvão.

 Dois solos contrastantes serão utilizados neste trabalho sendo, um de textura arenosa e outro argiloso, proveniente da camada arável (0 – 20 cm de profundidade), em áreas sem histórico de aplicação de herbicidas auxínicos. Os solos coletados serão amostrados e encaminhados para a realização de analises física e química, para posterior correção e adubação, sendo em seguida alocados em recipientes de 300 mL.

O arranjo experimental será em esquema fatorial 8 x 2 x 4, oito doses de picloram (0, 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 gha-1), dois solos com diferentes atributos, dois níveis de biocarvão 0 e 3% (volume/volume) e quatro épocas de avaliação de resíduo do herbicida (30, 90, 180 e 360 DAA), seguindo o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Será considerado como unidade experimental um vaso vedado com capacidade de 300 mL preenchido com os respectivos solos com a fertilidade e o pH corrigido para valores entre 5,5 e 6,0, de modo a propiciar condições adequadas para o crescimento da planta indicadora na presença do herbicida.

O biocarvão será obtido por meio da pirólise de pedaços de tronco de eucalipto, e estes acondicionados em estufa de circulação forçada a 60 ºC por 24 h. Posteriormente serão acondicionadas em cilindros metálicos fechados para realizar a pirolise em forno tipo Mufla. Para a pirolise o cilindro deve ser vedado para evitar a entrada de ar atmosférico, colocados na mufla que será aquecida na razão de 10 ºC min-1, até a temperatura final de carbonização de 400 ºC. Na temperatura 400 ºC o cilindro deverá ser mantido por uma hora, sendo posteriormente resfriado até a temperatura ambiente. Após o resfriamento do material pirolisado (biocarvão) este deve ser peneirado em peneira de 0,5 mm, e será caracterizado quanto a suas características físicas e químicas.

As doses dos herbicidas serão aplicadas com o auxílio de um pulverizador pressurizado por CO2, operando na pressão constante de 250 kPa, munido de barra com duas pontas de pulverização TT110.02, espaçadas de 0,50 m entre si, com volume de calda de 150 L ha-1.

Aos cinco dias após a aplicação do herbicida, o biocarvão será adicionado e homogenizado ao solo contido nos vasos. Após a homogeneização, os solos serão mantidos incubados com umidade próxima à capacidade de campo por 30, 90, 180 e 360 dias para a interação entre o carvão, solo e solução do solo.

Após os períodos de incubação será realizado o plantio de sementes de pepino (*C. sativus*) que é uma espécie bioindicadora para herbicidas auxínicos (Santos et al., 2006). Aos 7, 14 e 21 dias após o semeio (DAS) serão realizadas avaliações de altura(cm), bem como a de intoxicação de plantas conforme metodologia proposta por FRANS(1972), onde 0 corresponde à ausência de injuria e 100 a morte da planta, em relação a testemunha(dose 0 de picloram ). Aos 21 DAS, as plantas serão colhidas para determinação da massa da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, por 72 h e posteriormente pesados em balanças de precisão de 0,01g.

 Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F, para determinação dos efeitos dos fatores doses de herbicida com e sem carvão, bem como as suas respectivas interações. Em caso de significância, as médias dos dados quantitativos (doses de herbicidas) serão ajustadas a equações de regressão, na escolha do modelo, será levado em conta explicação biológico do fenômeno, coeficiente de determinação da equação e a significância dos parâmetros.

 Será utilizado o software SISVAR® para a análise de variância e testes de médias o software SigmaPlot® 12.0 para as regressões.

**5. Relevância da Pesquisa**

 Os resultados obtidos nessa pesquisa permitirão avaliar a eficácia do biocarvão na imobilização da seletividade do herbicida picloram em dois solos distintos, visando a recomendação deste herbicida para o manejo de plantas daninhas dicotiledôneas anuais e perenes em dessecações em pré-plantio. Ainda, espera-se a publicação de um artigo em periódico especializado, além de resumo em congresso (Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas). A aprovação dessa proposta dará suporte a futuras orientações a nível de iniciação científica, além de subsidiar importantes informações para a agricultura da região.

**6. Equipe**

|  |  |
| --- | --- |
| **Nome** |  **Função** |
| Francisco Cláudio Lopes de Freitas |   Prof. Adjunto – DFT UFV |
| Yanna Karoline Santos da Costa |  Mestranda em Fitotecnia – UFV |
| Rita de Paula Lopes |  Graduanda em Agronomia – UFV |
|  |  |

1. **Disponibilidade de infraestrutura e apoio técnico para o desenvolvimento do projeto**

 O Setor de Manejo Integrado de Plantas Daninhas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa UFV, conta com toda a infra-estrutura necessária para a montagem e condução do trabalho como: laboratórios, casa de vegetação, sistema de irrigação, pulverizador pressurizado por CO2, balanças, estufas de circulação forçada, aparelhos de medição e mão-de-obra especializada, além de estudantes de Graduação e Pós-Graduação e Professores.

1. **Orçamento**

Trata-se de um projeto de baixo custo, e ainda o Setor de Manejo Integrado de Plantas Daninhas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – UFV conta com todo o material necessário para a condução do experimento, como estufas, pulverizador pressurizado a CO² e ultensílios necessários.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Especificação** | **Unid.** | **Quant.** | **Valor Unit.** | **Total (R$)** |
| Sementes de Pepino | Un. | 5 | 4,00 | 20,00 |
| Herbicida picloram | L | 1 | 160,00 | 160,00 |
| Biocarvão | Kg | 4 | 15,00 | 60,00 |
| Vasos 300 ml | Un. | 260 | 7,60 | 1.976,00 |
| Impressão de Pôster | Un. | 02 | 40,00 | 80,00 |
| Inscrição Congresso | Un. | 01 | 450,00 | 450,00 |
| Diárias Participaçãoem Congresso | Diárias | 04 | 320,00 | 1280,00 |
| Publicação Artigoem Revista | Artigo | 01 | 700,00 | 700,00 |
| Fertilizante Superfosfato Simples | SC | 1 | 70,00 | 70,00 |
| Bolsa de Iniciação Científica | Meses | 12 | 400,00 | 4.800,00 |
| **Total** | **R$** | **-** | **-** | **9.597,00** |

1. **Cronograma de atividades: resumo das atividades**

A- Revisão de literatura;

1. Obtenção e análise do solo e do biocarvão;
2. Preparo do substrato (calagem e adubação se necessário);
3. Enchimentos dos vasos;
4. Aplicação do herbicida;
5. Correção e plantio das sementes;
6. Avaliações e coleta de dados;
7. Tabulação e análise dos dados;
8. Preparo e submissão de trabalho para congresso;
9. Preparo e submissão do artigo científico;
10. Confecção do relatório final

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Atividades** | **2018** | **2018** |
| **1º trimestre** | **2º trimestre** | **3º trimestre** | **4º trimestre** |
| Revisão de literatura | x | x | x | x |
| Coleta dos solos | x |  |  |  |
| Análise de solo e do biocarvão | x |  |  |  |
| Aplicação do herbicida | x |  |  |  |
| Plantio da semente de pepino | x | x | x | x |
| Avaliações e coleta de dados |  | x | x | x |
| Tabulação e análise dos dados |  | x | x | x |
| Preparo de trabalho para congresso |  |  | X | x |
| Preparo do artigo científico |  |  | x | x |
| Confecção do relatório final |  |  |  | x |
| Submissão de artigo científico |  |  |  | x |

1. **Referências Bibliográficas**

AHMAD, M., RAJAPAKSHA, A.U., LIM, J.E., ZHANG, M., BOLAN, N., MOHAN, D., VITHANAGE, M., LEE, S.S., OK, Y.S.,. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. Chemosphere, v.99, p.19-33, 2013.

ASAI, H., SAMSON, B.K., STEPHAN, H.M., SONGYIKHANGSUTHOR, K., HOMMA, K., KIYONO, Y., INOUE, Y., SHIRAIWA, T., HORIE, T.,. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos. Field Crops Research. v.111, p.81-84, 2009.

BERISFORD Y.C. et al. Leaching and persistence of herbicides for kudzu (*Pueraria montana*) control on pine regeneration sites. Weed Science. v.54, p.391-400, 2006.

BARROS, R. E.; TUFFI SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R.; FARIA, R. M.; COSTA, C. A.; FELIX, R. C. Physiological response of eucalyptus species grown in soil treated with auxin-mimetic herbicides. Planta Daninha, v.32, n.3, p.629-638, 2014.

CABRERA, A., COX, L., SPOKAS, K. a, CELIS, R., HERMOSIN, M.C., CORJEJO, J., KOSKIEN, W.C., 2011. Comparative sorption and leaching study of the herbicides fluometuron and 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid (MCPA) in a soil amended with biochars and other sorbents. Journal of agricultural and food chemistry. v.59, p.12550-60.

CLOSE M.E. et al. Field study of pesticide leaching in anallophonic soil in New Zealand. 1: Experimental results. Australian journal of soil research. v.41, p. 809-24, 2003.

D` ANTONINO, L. et al. Lixiviação do picloram em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes valores de pH. Plantas Daninhas, v. 27, n.3, p 589-600,2009.

DELWICHE , K.B., LEHMANN, J., WALTER, M.T., 2014. Atrazine leaching from biochar-amended soils. Chemosphere 95, 346–52.

DORNELAS DE SOUZA, M. et al. Adsorção e lixiviação de Tebuthiuron em três tipos de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.25, p.1053-1061, 2001.

ENDERS, A., HANLEY, K., WHITMAN, T., JOSEPH, S., LEHMANN, J. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. Bioresource technology. v.114, p.644-53, 2012.

FREITAS, F. C. L. et al. Controle de Plantas Daninhas na Produção de Mudas de Plantas Ornamentais. Planta Daninha, Viçosa - MG, v.25, n.3, p.595-601, 2007.

JEFFERY, S., VERHEIJEN, F.G. a., van der VELDE, M., BASTOS, A. C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment. v.144, p.175-187, 2011.

LAIRD, D. A., FLEMING, P., DAVIS, D.D., HORTON, R., WANG, B., KARLEN, D.L.. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. Geoderma. v.158, p.443-449, 2010.

NAG, S. K.; KOOKANA, R.; SMITH, L.; KRULL, E.; MACDONALD, L. M.; GILL, G. Poor efficacy of herbicides in biochar-amended soils as affected by their chemistry and mode of action. Chemosphere, v. 84, p.1572-1577, 2011.

OGUNTUNDE, P.G., FOSU, M., AJAVI, A.E., van de GIESEN, N.. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. Biology and Fertility of Soils. v.39, p.295-299, 2004.

OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTINE, J. Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 2011, 362 p.

PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. Planta Daninha, v.21, n.2, p.335-341, 2003.

PROCÓPIO, S. O. et al. Fitorremediação de solo contaminado com picloram por capim-pé-degalinha-gigante (*Eleusine coracana*). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.6, p.2517-2524, 2008.

SANTOS J.B. et al. Fitorremediação de áreas contaminadas por herbicidas. In: SILVA A.A., SILVA J.F. editores. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: UFV, p.83-148,2007.

SANTOS, S. de F.M. de O., HATAKEYAMA, K.. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico social e cultural. Produção. v.22, p.309-321, 2012.

SENSEMAN, S. A. Herbicide handbock. 9th Edition, Lawrence: Weed Science Society of America. 2007. 485 p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A; FERREIRA, L. R; SILVA, J. F. Controle de plantas daninhas. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, Brasília, DF: ABEAS, Viçosa, MG: UFV. 260 p,2009.

SILVA, A. A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Ed. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: UFV, Cap. 3, p. 58-117, 2007.

SILVA, A. A.; d'ANTONINO, L.; FERREIRA, F. A. Classificação e mecanismos de ação de herbicidas. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; PICANÇO, M. C. (4.ed). O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa, MG: UFV, Cap. 6, p. 153-212. 2014.

THILL, D. Growth regulator herbicides. In: Herbicide action course. West Lafayette: Purdue University, p. 267-291, 2003.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. Herbicidologia. Porto Alegre: Evangraf, 2001. 152.

YUAN, J.-H., XU, R.-K., WANG, N., LI, J.-Y. Amendment of Acid Soils with Crop Residues and Biochars. Pedosphere. v.21, p.302-308, 2011.

ZHENG, W., GUO, M., CHOW, T., BENNETT, D.N., RAJAIAGOPALAN, N.. Sorption properties of greenwaste biochar for two triazine pesticides. Journal of Hazardous Materials. v.181, p.121-126, 2010.