

**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS PARA CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS**

Rafael Sobroza Becker<sup>1\*</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>1</sup>, Tiago Rodrigo Francetto<sup>1</sup>, Henrique Eguilhor Rodrigues<sup>1</sup>, Rômulo Bock<sup>1</sup>,  
Mayara Torres Mendonça<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, Brasil.

\*E-mail: [rafaelsobrozabecker@hotmail.com](mailto:rafaelsobrozabecker@hotmail.com)

Recebido em: 04/08/2020

Aceito em: 22/12/2020

DOI: 10.17058/tecnolog.v25i1.15546

**RESUMO**

O objetivo deste estudo é caracterizar e identificar os principais avanços tecnológicos em sistemas mecanizados para controle de plantas daninhas. O desenvolvimento de técnicas de agricultura de precisão como automatização dos sistemas de direcionamento, taxa variável e telemetria, proporciona o aumento da eficácia no uso de dados para as tomadas de decisões na regulagem de máquinas para aplicação de produtos fitossanitários. É imprescindível a utilização de métodos de baixo custo e alta eficiência que minimizem o uso desses produtos, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente. Os estudos levantados na pesquisa demonstram que a grande parte das tecnologias desenvolvidas e eficientes são apenas para aplicações de produtos fitossanitários. Em situações específicas, é possível utilizar métodos elétricos, térmicos e sistemas mecânicos robotizados, os quais necessitam ainda de aprimoramento e estudos.

**Palavras-chave:** Modernização. Desenvolvimento. Agricultura de Precisão. Tratos culturais.

**1 Introdução**

A busca pela eficiência produtiva, que traz como consequência o aumento da produtividade, é uma das alternativas para suprir a demanda crescente por alimentos. Esse fato, atrelado aos altos custos de investimentos e custeio da lavoura, torna, a cada dia, o setor mais competitivo. Então, muito se investe, estuda

e trabalha em busca de qualidade, redução de custos e estratégias gerenciais e organizacionais para aumentar a eficiência de todas as atividades do setor agrícola.

No Brasil, tal avanço ocorreu a partir da década de 60, pela utilização da mecanização, de fertilizantes minerais e produtos fitossanitários. Também, mais tarde, decorrente da modernização e da revolução verde, muito se discutiram conceitos ligados à

necessidade de políticas que levassem à obtenção de ganhos de produtividade da terra, do capital, da mão de obra e ao aumento da eficiência econômica por meio da especialização das unidades produtivas. Com isso, surgiu um novo modelo agrícola por intermédio do melhoramento genético e do uso de novas técnicas de produção.

Dentre as opções, os tratos culturais são procedimentos que proporcionam as melhores condições de desenvolvimento da planta em todos os seus processos fisiológicos e possibilitam manter o solo como um meio adequado à produção. Essas técnicas visam, sobretudo, ao manejo de espécies invasoras que infestam as lavouras em todo o seu ciclo produtivo e podem ser efetuadas por métodos físicos, biológicos ou químicos. Este último, atualmente, é o mais utilizado, pela eficiência e agilidade no controle de invasoras pelos produtos fitossanitários disponíveis.

Para tal, houve uma evolução dos equipamentos de aplicação, entretanto pode-se observar que a transferência das tecnologias obtidas por pesquisa e desenvolvimento ocorre lentamente para o campo [1]. Ainda, é importante salientar que as aplicações podem exercer um efeito desejado, contudo, devido à falta de instrução sobre a correta utilização da tecnologia ou de equipamentos adequados, elas podem se tornar ineficientes [2].

Os avanços em novas tecnologias de aplicação têm proporcionado melhor deposição dos produtos nos alvos,

reduzindo a contaminação ambiental, aumentando a segurança dos colaboradores envolvidos e melhorando a qualidade do tratamento fitossanitário [3].

Além disso, as ferramentas de controle de plantas daninhas podem ser didaticamente divididas em manejo preventivo, controle cultural, mecânico, físico, biológico e químico [4]. A escolha do método de controle deverá levar em consideração o tipo de exploração agrícola, as espécies daninhas presentes na área, o relevo, a disponibilidade de mão de obra e equipamentos locais, além de aspectos ambientais e econômicos.

Com isso, o objetivo deste estudo é caracterizar e identificar os principais avanços tecnológicos em sistemas agrícolas mecanizados para controle de plantas daninhas.

## 2 Metodologia

Este estudo consiste de uma revisão narrativa, realizada por meio de uma pesquisa qualitativa virtual em artigos científicos, periódicos, livros e boletins técnicos, a fim de realizar leitura, interpretação e análise crítica pessoal.

Outrossim, foi realizada a identificação dos fabricantes nacionais de pulverizadores agrícolas; em seguida, foram catalogados os modelos comercializados e realizou-se o levantamento das inovações tecnológicas presentes.

### 3 Desenvolvimento

#### 3.1 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão (AP) é a aplicação de decisões de gestão no espaço e no tempo com base na identificação, quantificação e resposta à variabilidade. A AP pode ser aplicada ao gerenciamento de insumos e produtos em termos de quantidade e qualidade, além de poder ser usada para gerenciar a produção e os riscos econômicos e ambientais, obtendo um uso mais apropriado e direcionado de recursos finitos [5].

Existem várias tecnologias disponíveis para a aplicação da taxa variável de fertilizantes, produtos fitossanitários, distribuição de sementes, as quais podem ser usadas com ou sem um sistema de posicionamento global (GPS) [6]. As duas tecnologias básicas são: as baseadas em mapas e as baseadas em sensores. Na primeira, a taxa de aplicação é de acordo com um mapa georreferenciado, que, em conjunto com um receptor GPS, altera a dose desejada conforme o deslocamento das máquinas. Já as baseadas em sensores aferem as propriedades do solo ou as características da cultura e, com base no fluxo contínuo de informação recebido, um sistema de controle calcula as necessidades em tempo real por algoritmos abastecidos pelos dados dos sensores [7].

Em diversas operações agrícolas, durante o cultivo, são necessárias diversas aplicações, operações ou atividades que

exigem algum tipo de orientação, principalmente na semeadura mecanizada e na pulverização [8]. Por essa razão, o direcionamento de máquinas agrícolas por meio de sistemas de navegação por satélite, como DGPS, GPS absoluto com correção por algoritmo e RTK, associado a mecanismos (piloto automático) acoplados ao sistema de direção hidráulica das máquinas reduziu os erros de controle e possibilitou melhor planejamento do movimento dos equipamentos. Tais circunstâncias melhoram a eficiência e o desempenho da máquina, reduzindo erros de deposição de produtos.

Essas técnicas permitiram a adoção do sistema a taxa variável, em que cada produto é aplicado no tempo e local exato na lavoura. Esse sistema inclui, principalmente, a coleta e a comunicação das informações, o projeto de máquinas e a implementação dos sistemas de controle; além disso, é fundamental que a coleta das informações seja precisa e que o tempo de resposta dos controladores seja o mínimo possível para se alcançar os resultados desejados [9].

Ademais, outras ferramentas também contribuem para melhorar a eficiência dos equipamentos de pulverização, como a tecnologia de telemetria, que pode coletar e compartilhar informações remotamente sobre máquinas, equipamentos, veículos, solo, e usar esses dados para tomadas de decisões na regulagem e otimização dos equipamentos.

### 3.2 Tecnologia em Pulverizadores Agrícolas de barras

A tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos em um determinado processo produtivo. Dessa forma, entende-se como tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas [10].

A fim de verificar as tecnologias presentes em pulverizadores agrícolas de barras, foram analisadas as marcas e modelos dos equipamentos existentes no mercado brasileiro, divididos em três categorias: Autopropelido (possui fonte de potência própria), Montado (acoplamento por três pontos) e Arrasto (acoplamento por barra de tração) (Figura 1).

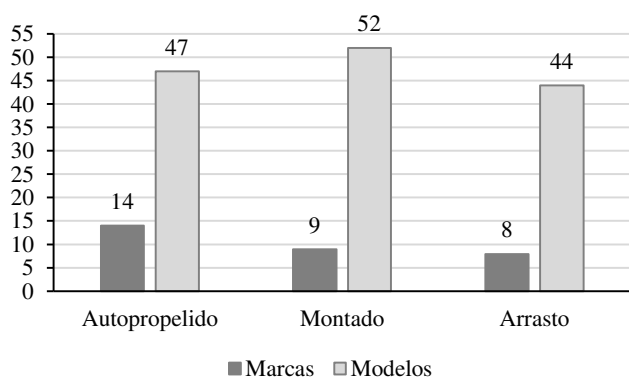


Figura 1- Distribuição de marcas e modelos de pulverizadores no Brasil. Fonte: autor.

É possível verificar a grande quantidade de modelos de pulverizadores disponíveis no mercado agrícola, cada um com sua peculiaridade.

O uso da tecnologia sempre esteve associado a grandes máquinas, mas a popularização e a redução do custo de aquisição de componentes elétricos, hidráulicos e pneumáticos despertaram sua utilização em pulverizadores de diversos tamanhos. Para isso, os fabricantes optam por disponibilizar modelos com ou sem a incorporação de pacotes tecnológicos.

Dentre as inovações, é possível verificar a inserção de controladores e atuadores elétricos para a maioria dos modelos avaliados. Tais sistemas possuem maior precisão e controle das partes móveis, além de serem mais simples e não possuírem riscos de vazamentos, como no caso dos pneumáticos ou hidráulicos. Eles são utilizados para desligamento ou regulagem de vazão da ponta de pulverização, possibilitando aplicações a taxa variada e redução da sobreposição.

Para pulverizadores autopropelidos, alguns modelos possuem sistema de troca automática de pontas de pulverização, com o objetivo de possibilitar variar a velocidade de aplicação, mantendo constante a pressão e o tamanho da gota.

Ainda, encontram-se pulverizadores autopropelidos, de arrasto e montado, que possuem o sistema eletrostático, cujo componente gera a eletrificação de alta intensidade de carga

elétrica estática na gota de pulverização. Essas cargas, ao se aproximarem de qualquer tipo de objeto, formam um campo eletrostático, induzindo o aparecimento de forças de atração entre as partículas em voo e o alvo, reduzindo evaporação e deriva. No caso das plantas, a força de atração das partículas eletrificadas é maior que a força da gravidade, as gotas conseguem se depositar na face abaxial das folhas, local propício a muitos problemas fitossanitários [11]. Juntamente a essa tecnologia, alguns modelos possuem assistência de ar, em que um ventilador centrífugo de pressão positiva distribui o ar acima das pontas de pulverização, forçando as gotas a um movimento descendente até o alvo de aplicação, favorecendo a penetração delas no dossel vegetativo.

Além disso, diversos pulverizadores autopropelidos possuem inovação em suas cabinas, promovendo maior conforto, facilidade de acesso e movimentação dos comandos, bem como monitores e painéis luminosos, que alertam falhas e disponibilizam informações inerentes à máquina e/ou ao ambiente, visando auxiliar o operador na tomada de decisão. Ademais, apresentam sistemas de comunicação remota (telemetria), com outros equipamentos ou locais de gerenciamento.

Pulverizadores de arrasto e montados possuem locais de armazenagem de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), engates rápidos, de fácil acesso, e utilização de comandos elétricos

e hidráulicos, que proporcionam um controle mais eficiente da operação.

O entendimento da tecnologia de aplicação depende da articulação de diversos setores do conhecimento, como os produtos fitossanitários, as formulações, os adjuvantes, o processo de pulverização, os alvos, os recursos humanos, a tecnologia de informação e o ambiente [12].

A determinação do posicionamento dos alvos é uma das etapas mais importantes dos sistemas de aplicação localizada [13]. Conceitualmente, duas metodologias podem ser utilizadas para esse propósito. A primeira opção considera a detecção do alvo e o controle da aplicação em um sistema *on-line*, em que o equipamento se desloca sobre o campo de aplicação, os alvos são identificados por meio de sensores e a aplicação é realizada somente sobre as áreas desejadas, tudo em uma única operação (Figura 2).

Uma dessas tecnologias, nascida em uma universidade da Holanda e já disponível no Brasil, é composta por sensores LED, detectando em um milissegundo as plantas daninhas pela fluorescência de clorofila e, emitindo sinal aos controladores de ativação da ponta de pulverização.





Figura 2 – Sistema WEEDIT. Fonte: Staragro, 2020.

Outra tendência compreende a elaboração de mapas georreferenciados a partir da coleta das informações *in loco*, gerando os mapas de tratamento ou aplicação. Depois, tais mapas são inseridos nos sistemas de controle do equipamento aplicador para comandar a distribuição localizada dos produtos.

A aplicação localizada de insumos compreende três etapas: coleta de dados (mapeamento), interpretação dos mapas (sistemas para suporte a decisão) e aplicação localizada. Durante a aplicação, o DGPS fornece a posição das máquinas no campo e, de acordo com os mapas de aplicação, elas aplicam somente a quantidade necessária nos locais planejados [12].

No momento da aplicação, os monitores e os sistemas de controle identificam o posicionamento do equipamento e o associam aos mapas que possuem os dados de recomendação da dose para a posição em questão. Na sequência, controlam e variam a quantidade de produto ao longo do deslocamento do pulverizador.

### 3.3 Método a fogo

Dentre os métodos de controle físico de plantas daninhas, destacam-se o mecânico (arranquio, capina manual e cultivo mecânico), a ação das temperaturas baixas (congelamento), temperaturas elevadas (chama, radiação infravermelha, a água quente, ar quente e vapor) e os diferentes métodos eletrotérmicos (descarga elétrica) [14]. Entretanto, o principal método de uso prático, além do método mecânico que é largamente aplicado, é o que utiliza altas temperaturas.

O fogo controla as plantas daninhas por ocasionar a coagulação e a desnaturação de proteínas, o aumento da permeabilidade de membrana e a inativação de enzimas. A temperatura da chama, geralmente, alcança mais de 1.000 °C. Os equipamentos utilizados para aplicação térmica são denominados de flamejadores (Figura 3). Essas máquinas possuem várias configurações a depender da aplicação. Os flamejadores com queimadores cobertos são mais eficientes do ponto de vista energético e oferecem grande segurança operacional, embora possam apresentar algumas diferenças em termos de dose efetiva de combustível e de velocidade efetiva de deslocamento [15].

Contudo, a pouca expansão desse sistema está atrelado a suas diversas limitações, como a baixa velocidade de deslocamento, alto custo com o insumo de queima (gás ou

combustível), alta periculosidade, possível dano ao sistema biológico do solo e risco de incêndios em locais com matéria seca.



Figura 3 – Método a fogo. Fonte: IVIAGORA, 2020.

A procura pelos queimadores ou lança-chamas ocorre, principalmente, por agricultores orgânicos de cana-de-açúcar, visando o controle de plantas daninhas para a produção de açúcar orgânico, citros, café, soja, milho e algodão e para dessecação das ramas de batata [16].

O fogo é uma opção atrativa de controle por não deixar resíduos na cultura, no solo e na água, por controlar espécies tolerantes ou resistentes a herbicidas, e ainda pode ser usado em culturas para as quais não existem herbicidas registrados [17]. Outra vantagem em relação ao controle químico é que, exceto por chuvas intensas, a utilização das chamas não é afetada pelas condições ambientais prevalentes. Como desvantagens, os autores citam o alto custo da mão de obra, do combustível e do

equipamento, quando comparado com a aplicação de herbicidas, a baixa seletividade e a falta de efeito residual, com a necessidade de repetir queimas.

### 3.4 Método com eletricidade e micro-ondas

As micro-ondas podem ocasionar efeitos tóxicos seletivos às plantas e sementes. O primeiro equipamento patenteado com essa tecnologia para o controle de plantas daninhas é datado de 1895 [18]. Elas podem produzir efeitos térmicos e não térmicos. Os efeitos térmicos são a principal fonte de toxicidade.

Vários equipamentos de controle de plantas daninhas com micro-ondas vêm sendo desenvolvidos, patenteados e comercializados ao redor do mundo, mas sem muito sucesso [4]. Eles demandam grande quantidade de energia e podem ser utilizados em pré e/ou pós-emergência. Quando a aplicação é realizada na pós-emergência, em razão do grande conteúdo de água dos seus tecidos, a energia é conduzida por toda a planta. O acúmulo de energia faz com que o conteúdo aquoso da planta alcance altas temperaturas e, conseqüentemente, ocasione sua morte devido ao rompimento das paredes celulares e desnaturaçã de proteínas. De acordo com os autores, não há relato de utilização em escala comercial do controle de plantas daninhas por corrente elétrica convencional (Figura 4) ou por micro-ondas no Brasil,

embora diversas experiências em pequena escala estejam sendo realizadas.

Atualmente, existem dois tipos principais de tratamento elétrico para controle de plantas daninhas. O primeiro é por descargas de faísca, sendo utilizados pulsos de alta tensão e curta duração para controle de plantas daninhas, desbaste da planta e aceleração do amadurecimento. O segundo é por contato contínuo, que usa um eletrodo conectado a uma fonte de alta tensão.



Figura 4 – Sistema elétrico de eliminação de plantas daninhas. Fonte: Agriland, 2020.

Os métodos elétricos e a fogo apresentam resultados eficazes na eliminação de plantas daninhas, porém, o rendimento operacional, o tamanho do equipamento e o custo de aquisição são fatores que limitam a sua expansão de utilização.

### 3.5 Outros métodos

Além das tecnologias apresentadas, ainda é possível visualizar diversas outras ferramentas de combate a plantas

daninhas, utilizando métodos químicos, como: o uso de aviões e drones de pulverização. Contudo, aspectos como o rendimento operacional, a eficiência e o custo de utilização devem ser levados em consideração na hora da escolha do método.

Outras alternativas tecnológicas também surgem para suprir essas lacunas, visando à redução do uso de produtos químicos para uma agricultura mais sustentável, ou realizando o controle de invasores que apresentaram resistência de moléculas de herbicidas.

Uma empresa de robótica, por exemplo, criou um robô capaz de identificar plantas saudáveis, com doenças e plantas daninhas para eliminar as invasoras sem o uso de herbicidas. A tecnologia, chamada de BoniRob, utiliza redes neurais, algoritmos e inteligência artificial para acumular dados e “aprender”, o que a possibilita tomar outras decisões na lavoura.

O projeto foi desenvolvido em parceria com uma empresa privada com uma Universidade na Alemanha. O equipamento possui quatro rodas articuladas individuais e pode se locomover até sem controle remoto. O robô (Figura 5) é embarcado com scanner a laser 3D, para navegar e verificar as características de cada planta, como a nutrição, o estresse hídrico ou indicativos de doenças.

Ao identificar uma planta invasora, o equipamento aciona um dispositivo que destrói o vegetal não desejado de maneira



definitiva, arrancando-o pela estrutura. Ele possui o tamanho de um carro popular e pesa quase meia tonelada, contudo é ágil, sendo capaz de eliminar quase duas plantas daninhas por segundo.



Figura 5 – BoniRob [19].

Outra empresa, com sede na Argentina, desenvolveu um robô (Figura 6) equipado com sensores que fazem a identificação do solo e das culturas, coletando dados a campo, como: umidade e compactação do solo, pressão atmosférica, ph, salinidade temperatura. A partir dessas informações, são gerados mapas com aplicação na agricultura de precisão, com o uso de raios laser e vapor de água. Além da eliminação das plantas daninhas, o robô embarca uma placa fotovoltaica, sendo movido por energia solar.



Figura 6 – Dispositivo robótico, G bot. Fonte: Agrolink, 2020.

#### 4 Conclusões

A tecnologia está cada vez mais presente em máquinas e implementos agrícolas, proporcionando o aumento da eficiência do processo produtivo, devido à maior precisão na execução das tarefas. É imprescindível a utilização de métodos de baixo custo e alta eficiência, os quais minimizem o uso de produtos químicos que possam ser prejudiciais ao meio ambiente.

Dessa maneira, os estudos levantados na pesquisa demonstram que a grande parte das tecnologias desenvolvidas e usuais ainda são para as aplicações de produtos químicos. Em situações específicas é possível utilizar métodos elétricos, fogo e sistemas robóticos, os quais necessitam ainda de aprimoramento e estudos.

---

**TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN WEED**
**CONTROL MACHINES**

**ABSTRACT:** This study aims to characterize and identify the main technological advances in mechanized systems for weed control. The development of precision farming techniques such as automation of targeting systems, variable rate and telemetry provide increased efficiency in the use of data for decision making in the regulation of machinery for the application of pesticides. It is essential to use low cost and high efficiency methods, which minimize the use of chemicals that can be harmful to the environment. The studies raised in this research demonstrate that most of the developed and efficient technologies are only for chemical applications. In specific situations, it is possible to use electrical methods, fire and robotic systems, which still need improvement and studies.

**Keywords:** Modernization. Development. Precision agriculture. Cultural practices.

---

**Referências**

[1] FRIEDRICH, T. La actualización de la FAO com respecto a la tecnologia de aplicación para Agroquímicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, 1, 1996, Jaboticabal, Anais... Jaboticabal: IAC, 1996. 15p.

[2] CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H.C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 10, p. 977-985, 2004.

[3] BAESSO, M. M., TEIXEIRA, M. M., RUAS, R. A. A., BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. Revista Ceres, v. 61, p. 780-785, 2014.

[4] SILVA, A. F. et al. Métodos de controle de planta daninhas. In: OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Ed(s). Controle de Plantas Daninhas: Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. Brasília, DF: Embrapa, 196 p., 2018.

[5] LEONARD, E.C. Precision Agriculture, Jon Faubion, Encyclopedia of Food Grains (Second Edition), Academic Press, p. 162-167, 2016.

[6] GRISSO, R.; ALLEY, M.; THOMASON, W.; HOLSHOUSER, D.; ROBERSON, G. T. Precision farming tools - Variable-Rate Application (VRA). VCE Publication. p. 442-505, 2011.

[7] YUAN, J.; LIU, C. L.; LI, Y. M.; ZENG, Q.; ZHA, X. F. Gaussian processes based bivariate control parameters optimization of variable-rate granular fertilizer applicator. Computers and Electronics in Agriculture. v.70, p.33-41, 2010.

[8] BAIO, F.H.R. Metodologia para ensaios de sistemas de direcionamento via satélite em percursos retos e curvos. Botucatu: FCA/UNESP, 2005, 100p. (Tese de Doutorado).

[9] CAI, K., XU, X., YU, L., YUE, X.J. Design of soil moisture sensor based on detection of propagation delay in LVDS differential transmission lines. Trans. Chin. Soc. Agri. Mach., p. 315-322, 2016.

[10] MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 139p.

[11] EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soluções Tecnológicas. Pulverização Eletrostática por eletrificação Direta. 2005. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2788/pulverizacao-eletrificacao-direta>>. Acesso em 23/05/2020.

[12] ANTUNIASI, U. R.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; MOTA, A. A. B. Entendendo a tecnologia de aplicação. Botucatu: FEPAF, 09p, 2017.

[13] ANTUNIASI, Ulisses Rocha. Tecnologia de aplicação em taxas variáveis. In: RAETANO, Carlos Gilberto; ANTUNIASI, Ulisses Rocha. (Org.). Qualidade em tecnologia de aplicação. Botucatu/SP, 2004, v. 1, p. 158-166.

[14] ASCARD, J. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. Weed Research: An international journal of weed biology, ecology and vegetation management, Edinburgh, v. 35, n. 5, p. 397-411, 1995.

[15] BELTRÃO, N. E. M. Manejo e controle de plantas daninhas em algodão. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Embrapa Uva e Vinho, p. 215-250. 2004.

[16] MARCHI, G.; SILVA, M. R.; MARCHI, E. C. Uso de lança-chamas e radiação infravermelha no controle de plantas daninhas. Embrapa Cerrados. 21 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 225). 2008.

[17] ASCARD, J.; HATCHER, P. E.; MELANDER, B.; UPADHYAYA, M. K. Thermal weed control. In: UPADHYAYA, M. K.; BLACKSHAW, R. E. Non-chemical weed management. CABI. p. 155- 176. 2007.

[18] ZIMDAHL, R. L. Fundamentals of weed science. San Diego: Academic Press, 1993. 450 p.

[19] BANGERT, W., et al. Field-Robot-Based Agriculture: "RemoteFarming.1" and "BoniRob-Apps". 71. Tagung LAND. TECHNIK - AgEng, pp. 439-446. 2013.