

Avaliação da qualidade de aplicação e eficiência no controle de herbicida por drone em pastagens – Um Estudo de Caso

CARLOS EDUARDO VENANCIO OTOBONI¹; FELIPE AMORIM LEBRON DE LIMA¹;
GABRIEL COSTA GUERKE¹ SUSI MEIRE MAXIMINO LEITE²

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP, carlosvenancio88@hotmail.com

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP, felipelebron26@gmail.com

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP, gcguerke2000@hotmail.com

² Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP.

RESUMO

Sabendo-se da necessidade do controle de ervas daninhas nas culturas para um melhor desenvolvimento das plantas resultando em uma melhor produtividade, se vê a necessidade de realizá-lo também em locais de difícil acesso e, baseando-se nesta situação problema, o estudo de caso em questão visa analisar a eficiência da aplicação por drone de herbicida em um local delimitado de 0,41 hectares. Para o controle de *Vernonia polyanthes*, *Microgramma vacciniifolia* e *Sida rhombifolia*, através da análise dos mesmos em períodos de 15, 30, 45 e 60 dias, sendo que todas apresentaram-se em estágio avançado de desenvolvimento. A avaliação da cobertura e eficiência dos produtos tornou-se possível mediante a utilização dos papéis hidrossensíveis, posto que foram distribuídos nos diferentes terços da planta sendo estes, superior, mediano e inferior, totalizando 45 papéis hidrossensíveis que foram repartidos nas 5 linhas usufruídas pelo estudo. E, vale evidenciar que, para a obtenção dos valores de parâmetros técnicos da pulverização como volume depositado, Dv0.1, Dv0.5 e Dv0.9, houve a necessidade da utilização do software DropScope, possibilitando o cálculo referente ao SPAN. Ademais, vale pontuar que foi utilizado um bico eletrostático de energia centrífuga contudo, a mistura dos herbicidas planador XT e Palace Ultra, juntamente ao adjuvante Prime DL, apresentou ótimos resultados no que diz respeito ao controle das ervas daninhas, devido à mobilidade simplástica do 2,4-D e da apo-simplástica do picloran.

Palavras-chave: Drone. Plantas daninhas. Pulverização.

INTRODUÇÃO

Segundo Colmenarez e Corniani (2015), com o aumento populacional um dos maiores desafios é a produção de alimentos para atender a demanda mundial. Essa necessidade faz com que agricultores procurem métodos práticos e eficazes para solucionar os problemas na produção das culturas, sendo um deles o ataque de pragas e doenças, no qual o controle químico é o principal método empregado. Todavia, o mau uso de agrotóxicos tem causado impacto negativo ao meio ambiente e na saúde humana. Uma ferramenta que tem se mostrado bastante promissora neste e em outros sentidos para auxiliar na operação de controle fitossanitários das culturas é o VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado).

No Brasil, as primeiras utilizações de VANT's foram em meados da década de 80, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã, o qual apresentava fins militares. No entanto, este projeto foi desativado, retornando somente em 2007, por uma iniciativa do governo federal, com o intuito de incentivar o desenvolvimento de VANT no Brasil. Dentre as aplicações civis, surgiu o projeto ARARA (Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma), com foco na agricultura. Tal projeto tinha como principal objetivo substituir aeronaves convencionais por VANT's de pequeno porte na obtenção de fotografias aéreas para monitoramento de áreas agrícolas e áreas sujeita a problemas ambientais (JORGE; INAMASU, 2014).

Estes equipamentos têm ganhado cada vez mais funcionalidades na agricultura moderna e, segundo Luchetti (2019), os VANT's ou drones são capazes de realizar, entre outras atividades, a pulverização a partir do mapeamento, de maneira precisa, segura e econômica. Ele também afirma que é possível observar que podem possuir maior eficiência operacional (ha h^{-1}) quando comparado aos maquinários de aplicação convencional, resultando em rapidez do processo produtivo. Vale ressaltar que os drones são úteis em acesso às áreas remotas, ou seja, de difícil acesso para o produtor rural. Estas características fazem com que sejam cada vez mais atrativos, embora ainda apresentem um custo elevado.

A aplicação localizada de herbicidas se tornou possível com a implantação de ferramentas de agricultura de precisão resultando em consideráveis economias de

produtos químicos, elevando a eficiência de aplicação e reduzindo o impacto ambiental. Os equipamentos utilizados nas pulverizações localizadas podem ser úteis em outras operações dentro do sistema produtivo, o que certamente ocorre com os drones (SHIRATSUCHI; CHRISTOFFOLETI; FONTES, 2003).

Aplicações aéreas podem utilizar pontas atomizadores rotativas, sendo estas que giram em alta velocidade, com tamanho de gotas pequeno, entre 100 e 200 μm , possibilitando trabalhar com baixos volumes de calda, entre 10 e 20 L ha^{-1} . Segundo Monteiro (2007), este sistema com uso de atomizadores rotativos tem como base a tecnologia conhecida como Sistema BVO® - Baixo Volume Oleoso, desenvolvido pelo CBB em 1998. Este sistema trabalha com aplicações de baixos volumes de calda, com adição obrigatória de óleos vegetais ou outros adjuvantes e permitindo a aplicação de gotas finas com maior eficiência biológica. A utilização de bicos de energia centrífuga, mais conhecidos como bicos rotativos são os equipamentos mais indicados, principalmente porque são caracterizados por trabalharem com volumes abaixo de 50 L ha^{-1} e com espectro de gotas uniformes (WALTON; PREWETT, 1949).

O Brasil apresenta a segunda maior frota de aeronaves agrícolas e, segundo Jones (2019), especialistas sugerem que os VANT's podem ser uma alternativa para minimizar o principal problema neste tipo de aplicação, a deriva. Ainda segundo o mesmo artigo, o pesquisador da Embrapa Castro Jorge afirma que a qualidade de aplicação do drone é superior se comparada a pulverização feita por avião ou helicóptero. Isto se daria pelas condições de voo do mesmo e a possibilidade de aplicar uma calda mais concentrada, que resulta na redução do produto que não atinge o alvo em cerca de cinco vezes. No entanto, Jones também cita que segundo o diretor-executivo do Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola (Sindag), Gabriel Colle, o drone será apenas um complemento, ou seja, não irá substituir os aviões agrícolas nas grandes áreas, tendo em vista que este último é uma opção mais econômica.

Considerando os desafios da aplicação de defensivos agrícolas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da aplicação e eficiência de controle proporcionado na aplicação de herbicidas no controle tardio de plantas daninhas de folhas largas com uso de um drone.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado na Fazenda Maristela, situada no distrito de Álvaro de Carvalho no município de Garça em de 1 de abril de 2021. Esta aplicação foi realizada por integrantes de um projeto chamado LandVisor AplicAr-S, sendo este uma parceria entre a Corteva (Empresas de produtos químicos agrícolas e sementes) e Arpac (Empresa de pulverização agrícola com drones), resultando no primeiro programa completo de aplicação de herbicidas com drones em pastagens no país.

No momento da aplicação foram determinados alguns parâmetros climáticos, sendo estes: a temperatura que estava em 27°C, a velocidade do vento em 5 km h⁻¹ e umidade relativa de 50%. A operação se iniciou às 09:30h e durou 10 minutos.

A aplicação utilizada para análise no presente artigo foi feita com os herbicidas Planador XT e Palace Ultra, juntamente com o adjuvante surfactante multifuncional Prime DL (redutor de deriva, espalhante, penetrante e condicionador de calda), nas doses apresentadas na Tabela 1, com um volume de aplicação de 10 L ha⁻¹ à base de água.

Tabela 1. Produtos que compuseram a calda de pulverização utilizada neste estudo de caso.

		Ingrediente Ativo (i.a.) e percentual na formulação	Dosagem de p.c. (L ha ⁻¹)
Herbicidas	Planador XT	Aminopiralde (5,91%)	1,5
		Triclopyr (20,9%)	
		Picloran (11,6%)	
	Palace Ultra	Aminopiralde (6,0%) 2-4-D (48,2%)	1,5
Adjuvante	Prime DL	-	0,25

O uso de drone para esta aplicação se deu por se tratar de um controle tardio e em área de difícil acesso para a pulverização terrestre e o equipamento utilizado foi um drone de pulverização, apelidado de “Drone Trator” (Figura 1). Possui uma capacidade de 10 litros de calda, é movido a bateria de duração de até 15 minutos, com uma CCO (Capacidade de Campo Operacional) de 4 a 6 ha h⁻¹ em uma

velocidade de 5 m s^{-1} . O drone realizou o voo a uma altura de 4 a 5 metros com uma faixa de aplicação de 6 metros por passada.

O equipamento era equipado com dois bicos rotativos eletrostáticos, calibrados para a vazão de $1.800 \text{ mL min}^{-1}$ (vazão de 900 mL min^{-1} por bico) com uma rotação de 12.500 rpm (Figura 1).

Para o levantamento populacional das plantas daninhas, foi utilizado um método de amostragem não probabilístico básico de tipo intencional, no qual estipulou-se cinco linhas, sendo que em cada linha foi feito uma demarcação de 1m^2 .

A avaliação da pulverização foi feita a partir do uso de papéis hidrossensíveis que foram colocados nos três terços de plantas (superior, mediano e inferior) nas linhas demarcadas para o levantamento populacional. Entre as espécies de ocorrência natural na área, avaliou-se o depósito e a eficiência de controle com 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) em 3 exemplares das espécies: Assa-peixe branco (*Vernonia polyanthes*), Cipó-cabeludo (*Microgramma vacciniifolia*) e Guanxuma (*Sida rhombifolia*), todas em estágio avançado de desenvolvimento (Figura 1) em cada uma das 5 linhas avaliadas, totalizando 45 papéis hidrossensíveis. A área utilizada para esta avaliação foi de 0,41 hectares e a análise dos papéis se deu através do software de análise de gotas DropScope® (versão 2017.901.1, 2017).

Figura 1. Foto ilustrando a condição local de infestação da área (a.), o equipamento utilizado para pulverização (b.) e o bico centrífugo eletrostático utilizado no equipamento (c.).



a. Área do experimento



b. Drone de pulverização



c. Bico eletrostático com energia centrífuga

Fonte: Autores, (2021).

Este software permitiu a análise dos seguintes parâmetros: estimativa de volume depositado ($L\ ha^{-1}$), densidade de gotas por centímetro quadrado, $D_{v0,1}$ (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), $D_{v0,5}$ (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro da mediano volumétrico – DMV), $D_{v0,9}$ (diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor). Essas informações são importantes para a determinação da Amplitude Relativa (SPAN) calculada através da Equação 1, onde quanto menor o valor, mais homogênea estão as gotas, sendo valores menores que 1 consideráveis baixo.

Equação 1

$$SPAN = \frac{D_{v0,9} - D_{v0,1}}{D_{v0,5}}$$

Para caracterizar o controle realizado pelos herbicidas, foi avaliada também a taxa de mortalidade das plantas daninhas das espécies citadas acima, calculada na forma de percentual de plantas mortas e este percentual aplicado à escala de ALAM (1974) (Tabela 2).

Tabela 2- Escala para avaliação visual do controle de plantas daninhas através de herbicidas desenvolvida pela Asociación Latinoamericana de Malezas – ALAM (1974).

Nota	% de controle	Denominação
1	0 – 40	Nenhum/pobre
2	41 – 60	Regular
3	61 – 70	Suficiente
4	71 – 80	Bom
5	81 – 90	Muito bom
6	91 - 100	Excelente

Os dados de percentual de controle foram submetidos a transformação pela equação $\arcsen\sqrt{x}$, sendo estes e outros submetidos à análise de variância e teste de médias Scott Knott à 5% de probabilidade utilizando-se o software SISVAR versão 5.7 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração o levantamento populacional através da demarcação das cinco amostras de 1 m², estipulou-se um nível de infestação de 64.000 plantas por hectare.

Avaliando-se os dados obtidos pelo DropScope através da análise dos papéis hidrossensíveis, não foi encontrado diferença significativa entre os três terços das plantas para nenhum dos parâmetros analisados (Tabela 3).

Em geral, para herbicidas aplicados em pós-emergência de ação sistêmica, são recomendadas gotas maiores de 200 µm (para maior controle de deriva) na densidade de 20 a 30 gotas cm⁻² (VOLL et al., 2005). No entanto, mesmo com um DMV médio de aproximadamente 145 µm, esse controle de deriva foi possível ser obtido devido ao chamado efeito “downwash” proporcionado pelas hélices do drone. Segundo Andreis (2020), esse efeito empurra o ar para baixo e permite pulverizar com gotas menores sem perdas durante uma aplicação. Sendo assim, possibilita maior controle na deriva do produto, tornando ainda mais precisa sua aplicação, aumentando a eficácia e reduzindo as chances de provocar danos em campos vizinhos. Além disso, como observado na Tabela 3, a densidade de gotas foi maior que a recomendação,

resultando em uma média de 42,39 gotas cm^{-2} com ênfase no terço médio, que comprova a eficácia de cobertura mediante a pulverização com drone.

Tabela 3. Volume depositado, densidade de gotas, distribuição volumétrica por classe de tamanho de gota e amplitude relativa de gotas depositadas nos diferentes terços da planta.

	Médias					
	VD (L ha^{-1})	DG (N cm^{-2})	DMV (μm)	Dv0.1 (μm)	Dv0.9 (μm)	SPAN
Terço inferior	2,47	26,56	145,78	93,84	236,25	0,95
Terço Médio	5,50	56,66	153,46	90,41	250,81	1,04
Terço Superior	3,47	43,94	136,29	84,49	201,50	0,86
CV%	40	36	6	5	11	10

Fonte: Autores, (2021).

Legenda: VD – estimativa de volume depositado; DG - densidade de gotas (número de gotas cm^{-2}); Dv0,1 - diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor; Dv0,5 - diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (DMV); Dv0,9 - diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor; SPAN - amplitude relativa, e CV – coeficiente de variação.

Ademais, segundo Matthews (1979) para aumentar a uniformidade no diâmetro de gotas numa pulverização, existe a tecnologia CDA (Controlled Droplet Application), sendo os bicos rotativos os mais utilizados para isto. A maior uniformidade do tamanho das gotas, avaliada através do parâmetro amplitude relativa (SPAN), pode proporcionar maior controle de perdas por exo e endoderiva, o que possibilita o uso de gotas de menor tamanho de forma mais segura. Pode-se notar na Tabela 3 que o SPAN é bastante baixo nesta pulverização, característica dos bicos rotativos, corroborando o observado por Oliveira et al. (2010) que compararam pulverização realizada com bicos hidráulicos (SPAN de 1,34) e rotativos (SPAN de 0,73).

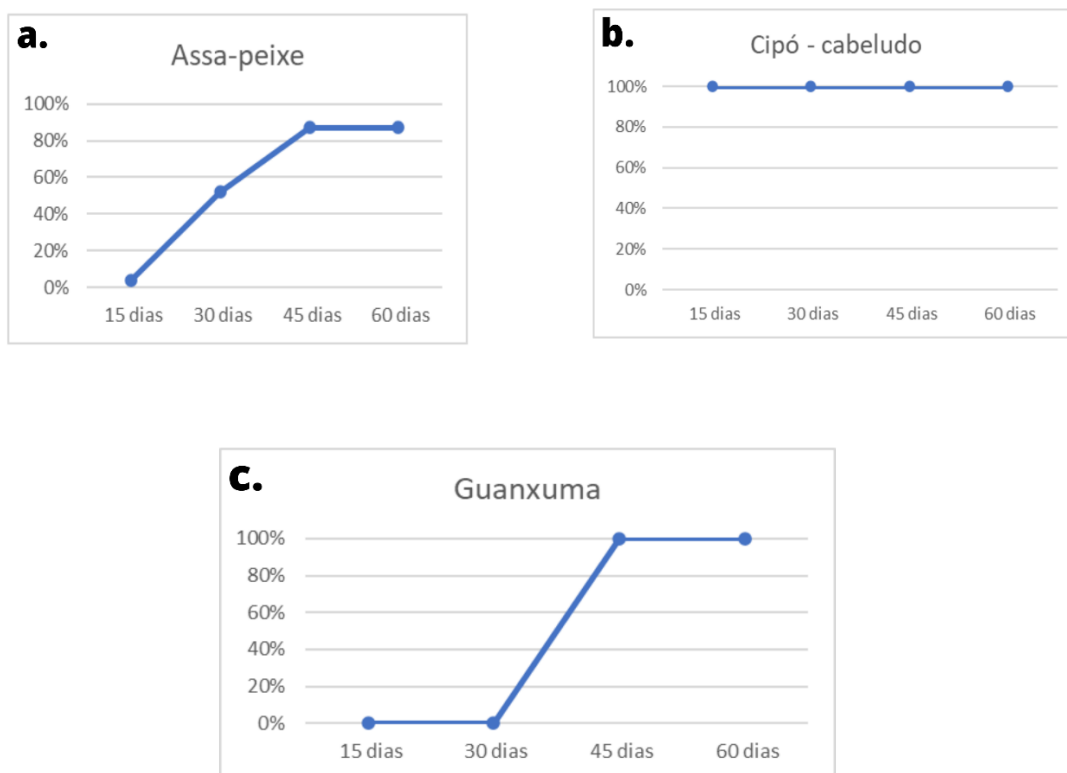
De acordo com Shiratsuchi e Fontes (2002), quanto maior o volume da calda, o ingrediente ativo fica menos concentrado e menor sua probabilidade de alcançar o alvo, além de se tornar maior seu custo de transporte. Contudo, há necessidade de utilizar produtos de aplicação sistêmicos, que possibilitam seu uso à baixo volume. Na aplicação foi utilizado o volume de 10 L ha^{-1} , considerado aplicação à baixo volume (BV), sendo este distribuído estatisticamente de forma igual entre os terços e na seguinte proporção: 21,59% no terço superior; 48,08% no terço médio e 30,33% no terço inferior. Isso corrobora o benefício do efeito downwash, mesmo em plantas daninhas em estágio de desenvolvimento avançado. Vale ressaltar que com apenas

14 papéis hidrossensíveis por terço amostrado, verificou-se apenas um desvio de 14,4% entre o volume depositado estimado (11,44 L ha⁻¹) e o volume real aplicado.

Segundo Carvalho et al. (2021), as aplicações com drone devem seguir alguns parâmetros climáticos para atingir um bom resultado da pulverização, como ser realizada à umidade relativa superior a 50% e temperatura inferior a 30°, além de ser importante que as aplicações sejam realizadas com uma velocidade média do vento entre 3 e 10 km h⁻¹, sendo prejudicial a ausência do favor vento. Antuniassi (2005) atrela essas condições climáticas a classe de tamanho das gotas de maneira que para utilizar gotas Finas, como as proporcionadas pela aplicação aqui em estudo, a temperatura não deveria ser maior que 28°C e a umidade relativa deveria ser menor que 70%. Apesar de não atender aos requisitos recomendados, a aplicação em estudo teve bons resultados, provavelmente devido a redução da deriva causada pelo direcionamento das gotas para as plantas, dado pelo deslocamento de ar pelas hélices do drone, assim como a redução da velocidade de evaporação proporcionada pela ação umectante do adjuvante.

Na avaliação do controle, observou-se uma velocidade de resposta diferenciada entre as três espécies de plantas daninhas avaliadas (Figura 2). A planta daninha que mais rápido respondeu à aplicação foi o cipó-cabeludo, atingindo 100% de controle já aos 15 DAA, um controle *excelente* segundo a escala de ALAM, e este percentual se mantendo até a avaliação final aos 60 DAA. O assa-peixe respondeu de forma mais gradual, iniciando algum controle apenas aos 30 DAA, mas um controle ainda considerado *regular*, que evoluiu para *muito bom* aos 45 DAA e se manteve até a avaliação final. Já a guanxuma não apresentou resposta significativa até os 45 DAA, quando atingiu 100% de controle (*excelente*) e este se manteve também até os 60 DAA. Vale ressaltar que, consultando as bulas dos produtos, as plantas determinadas como alvo nesta aplicação não constam na lista de plantas daninhas controladas pelos herbicidas utilizados.

Figura 2. Percentual de controle das plantas daninhas com 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação de herbicida sistêmico. **a.** Assa-peixe branco (*Vernonia polyanthes*); **b.** Cipó cabeludo (*Microgramma vacciniifolia*); **c.** Guanxuma (*Sida rhombifolia*).



Fonte: Autores, (2021).

O comportamento diferenciado de herbicidas sistêmicos no controle de invasoras deve-se a fatores fisiológicos desses produtos na planta, como a mobilidade, por exemplo. A mistura de 2,4-D + picloran teve excelente controle químico do assa-peixe em todas as modalidades de aplicação, em razão da mobilidade simplástica do 2,4-D e da aposimplástica do picloran em experimentos realizados por Rassini e Coelho (1994).

Os herbicidas auxínicos, como o picloran, aminopiralde, triclopyr e o 2,4-D, são a principal alternativa para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas tolerantes ao glifosato (ROBINSON et al., 2012; WALKER et al., 2012), especialmente, as espécies arbóreas e arbustivas perenizadas. No entanto, alguns herbicidas como picloran e aminopiralde possuem elevado período residual, inviabilizando o plantio de espécies sensíveis em rotação de cultura (SANTOS et al., 2007).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos da aplicação por drone, utilizada para o presente estudo, pode-se concluir que:

- Quanto a qualidade de aplicação, não foi observada diferença significativa nos parâmetros de pulverização analisados entre os três terços das plantas avaliadas, mostrando que a deposição das gotas foi uniforme no perfil das plantas;
- Quanto a eficiência no controle, a aplicação mostrou-se eficiente no controle das três plantas daninhas alvo, proporcionando controle *muito bom* para a planta assa-peixe e *excelente* para o cipó-cabeludo e guanxuma.

REFERÊNCIAS

ANDREIS, M. P. **Vantagens no uso de helicóptero na aviação agrícola**. Unisul – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça – SC, 2020.

ASOCIACIÓN LATINO-AMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de controle de malezas. **Alam**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

CARVALHO, F. K. et al. **Entendendo a tecnologia de aplicação: aviões, helicópteros e drones de pulverização**. Fundação de estudos e pesquisas agrícolas e florestais (FEPAF), v. 3, p. 45, 2021.

COLMENAREZ, Y. C.; CORNIANI, N. **Controle fitossanitário em agrossistemas tropicais: desafios e potencial**. FEPAF – CABI América do Sul, 2015.

JONES, F. **Pulverização por drones**. Revista Pesquisa FAPESP. Edição 283, set. 2019.

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão**. Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico, 2014.

LUCHETTI, ALEXANDRE. **Utilização de drones na agricultura: impactos no setor sucroalcooleiro**. Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual, 2019.

MATTHEWS, G.A., 1979. **Pesticide application methods**, Londres, Longman, 344p.

MONTEIRO, M. V. de M. **Compêndio de aviação agrícola**. Gráfica e Editora Cidade: Sorocaba-SP, 2006. 298p.

OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. **Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens***. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.92-99, jan./fev. 2010.

RASSINI, J. B.; Coelho, R. R.; **CONTROLE QUÍMICO DE ASSA-PEIXE (*Vernonia polyanthes*) EM PASTAGENS**. Embrapa, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (CPPSE). São Carlos – SP, 1994.

ROBINSON A.P. et al. Summer annual weed control with 2,4-D and glyphosate. **Weed Technology**. 2012; 26: 657-60.

SANTOS M.V. et al. Eficácia e persistência no solo de herbicidas utilizados em pastagem. **Planta Daninha**. 2006; 24: 391-8.

SHIRATSUCHI, L. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; FONTES, J. R. A. **Aplicação localizada de Herbicidas**. Embrapa Cerrados, 2003.

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A. **Aplicação localizada de Herbicidas**. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 2002.

SILVA, B.M. **Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de Jacto plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*)**. Engenharia na Agricultura, Viçosa – MG, 2014.

VOLL, E. et al. **A dinâmica das plantas daninhas e práticas de manejo**. Embrapa – empresa brasileira de pesquisa agropecuária, Londrina – PR, 2005.

WALKER S. et al. Weed age affects chemical control of *Conyza bonariensis* in fallows. **Crop Protection**. 2012; 38: 15-20.

WALTON, W.H.; PREWETT, W.C. Atomization by spinning discs. **Proceedings of Physical Society**, v. 62, p. 341-350, 1949.