

VALTER VAZ

VOLUME DE CALDA E TAMANHO DE GOTAS NA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Francisco Cláudio L. de Freitas

Coorientadores: Marconi R. Furtado Júnior
Paulo Roberto Cecon

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

V393v Vaz, Valter, 1996-
2022 Volume de calda e tamanho de gotas na aplicação de
herbicidas / Valter Vaz. – Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (51 f.): il.

Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 46-51.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.510>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Herbicidas - Densidade. 2. Plantas - Efeito dos
herbicidas. 3. Ervas daninhas - Controle. 4. Fomesafen.
5. Atrazina. 6. Glifosato. I. Freitas, Francisco Cláudio Lopes de,
1968-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
III. Título.

CDD 22. ed. 632.954

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB-6/2523

VALTER VAZ

VOLUME DE CALDA E TAMANHO DE GOTAS NA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de agosto de 2022

Assentimento:



Documento assinado digitalmente
VALTER VAZ
Data: 06/12/2022 16:26:56-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Valter Vaz
Autor



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO CLAUDIO LOPES DE FREITAS
Data: 06/12/2022 18:00:15-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Francisco Cláudio Lopes de Freitas
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Maria Aurora Peixoto Vaz e Cristiano Vaz Neto, pela educação que me proporcionaram.

Ao professor e orientador Francisco Cláudio Lopes de Freitas pela paciência, dedicação e ensinamentos.

Aos professores e coorientadores Marconi Ribeiro Furtado Júnior e Paulo Roberto Cecon, pelo apoio, dedicação e ensinamentos.

Aos professores e toda equipe do grupo de pesquisa de Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), pela dedicação e conhecimentos compartilhados.

Aos funcionários do Vale da Agronomia pela ajuda na execução dos trabalhos em campo e pela amizade.

À Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia por todo apoio, estrutura e oportunidade de cursar o mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos que torceram por mim e que de alguma forma contribuiu para a conclusão de mais uma etapa em minha vida, muito obrigado!

RESUMO

VAZ, V. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2022. **Volume de calda e tamanho de gotas na aplicação de herbicidas**. Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas. Coorientadores: Marconi Furtado Ribeiro Júnior e Paulo Roberto Cecon.

Nos últimos anos houve grande evolução nos equipamentos utilizados na aplicação de herbicidas, possibilitando a utilização de volume de calda bem abaixo do praticado a alguns anos e recomendados em bula para a maioria dos herbicidas. Entretanto faltam informações confiáveis sobre a eficácia de aplicações em baixo volume e o espectro de gotas a ser utilizado para herbicidas sistêmicos e de contato. Objetivou-se com esta pesquisa gerar informações acerca do volume de calda e o espectro de gotas a ser adotado para aplicações dos herbicidas fomesafen, atrazine e glyphosate, em diferentes taxas de aplicação e espectros de gotas. Para tal, foram conduzidos quatro experimentos em laboratório, casa de vegetação e campo, avaliando o espectro de gotas produzidos pela ponta TT11002 e o controle de picão-preto (*Bidens pilosa*) e corda-de-viola (*Ipomoea triloba*) pelos herbicidas fomesafen e atrazine, além do controle de braquiária (*Urochloa brizantha*) pelo glyphosate. O espectro de gotas gerado pela ponta de pulverização TT11002 nas pressões de 1,0 e 4,0 bar foi determinado em laboratório, utilizando analisador de gotas em tempo real por meio da técnica de difração de raio laser. Os herbicidas foram aplicados utilizando pulverizador pressurizado por CO₂, com pontas TT11002 espaçadas de 0,50 m, operando nas pressões de 1,0 bar (muito grossas $\cong 460 \mu\text{m}$) e 4,0 bar (gotas médias $\cong 292 \mu\text{m}$) nos volumes de calda de 35, 70, 140 e 280 L ha⁻¹, obtidos por meio da variação na velocidade de aplicação. No momento da aplicação foram avaliados a porcentagem de área coberta e a densidade de gotas (gotas cm⁻²) em etiquetas de papel hidrossensível, utilizando o programa DropScope[®]. A aplicação dos herbicidas fomesafen e atrazine foi realizada em plantas de picão-preto com dois a três pares de folhas e corda-de-viola com duas a três folhas completamente expandidas. Para o fomesafen, melhores índices de controle do picão-preto foram obtidos quando a aplicação foi realizada com gotas muito grossas, na pressão de 1,0 bar, com volume de calda entre 65 e 280 L ha⁻¹, densidade de gotas superior a 60 gotas cm⁻² e cobertura maior que 10%. O fomesafen não controlou a corda-de-viola. O atrazine promoveu excelente controle de corda-de-viola e picão-preto, assim como o

glyphosate que proporcionou excelente controle de braquiária, em todos os volumes de calda avaliados (35 a 280 L ha⁻¹), independente do espectro de gotas (médias ou muito-grossas).

Palavras-chave: Baixo volume. Fomesafen. Atrazine. Glyphosate. Cobertura. Densidade de gotas.

ABSTRACT

VAZ, V. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2022. **Spray volume and droplet spectrum in herbicides application.** Adviser: Francisco Cláudio Lopes de Freitas. Co-advisers: Marconi Furtado Ribeiro Júnior and Paulo Roberto Cecon.

In the past years there was a great evolution in the herbicides application equipments, allowing the usage of spray volume well below the practiced a few years ago and recommended in the package insert for most herbicides. However, there is a lack of reliable information on the effectiveness of low-volume applications and the droplet spectrum to be used for systemic and contact herbicides. The objective of this research was to generate information about the spray volume and the droplet spectrum to be adopted for applications of fomesafen, atrazine and glyphosate herbicides, in different application rates and droplet spectra. For such, four experiments were carried out in laboratory, greenhouse and field, evaluating the spectrum of droplets produced by the TT11002 tip and the control of beggar-ticks (*Bidens pilosa*) and morning-glory (*Ipomoea triloba*) by the herbicides fomesafen and atrazine, in addition to the control of brachiaria (*Urochloa brizantha*) by glyphosate. The droplet spectrum generated by the TT11002 spray tip at pressures of 1.0 and 4.0 bar was determined in the laboratory, using a real-time droplet analyzer using the laser beam diffraction technique. The herbicides were applied using a CO₂ pressurized sprayer, with TT11002 nozzles spaced 0.50 m, operating at pressures of 1.0 bar (very thick drops \cong 460 μ m) and 4.0 bar (medium drops \cong 292 μ m) in spray volumes of 35, 70, 140 and 280 L ha⁻¹ obtained by varying the application speed. At the application time, the percentage of covered area and the density of droplets (drops cm⁻²) were evaluated on water-sensitive paper labels, using the DropScope® program. The application of the fomesafen and atrazine herbicides was carried out in plants of beggar-ticks with two to three pairs of leaves and morning-glory with two to three fully expanded leaves. For fomesafen, better control indices of beggar-ticks were obtained when the application was carried out with very thick drops, at a pressure of 1.0 bar, with a spray volume between 65 and 280 L ha⁻¹, droplet density greater than 60 drops cm⁻² and coverage greater than 10%. Fomesafen didn't control the morning-glory. Atrazine promoted excellent control of morning-glory and beggar-ticks, as well as brachiaria with glyphosate, in all evaluated

spray volumes (35 to 280 L ha⁻¹), regardless of droplet spectrum (medium and very thick).

Keywords: Low volume. Fomesafen. Atrazine. Glyphosate. Coverage. Droplet density.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
2.	MATERIAL E MÉTODOS	13
	Experimento I. Caracterização do espectro de gotas produzido pela ponta TT11002 a 1,0 e 4,0 bar	13
	Experimento II. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de <i>Bidens pilosa</i> e <i>Ipomoea triloba</i> com o herbicida fomesafen.....	15
	Experimento III. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de <i>Bidens pilosa</i> e <i>Ipomoea triloba</i> com o herbicida atrazine.....	19
	Experimento IV. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de <i>Urochloa brizantha</i> com o herbicida glyphosate	20
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
	Experimento I. Caracterização do espectro de gotas produzido pela ponta TT11002 nas pressões de 1,0 e 4,0 bar	23
	Experimento II. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de <i>Bidens pilosa</i> e <i>Ipomoea triloba</i> com o herbicida fomesafen.....	25
	Experimento III. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de <i>Bidens pilosa</i> e <i>Ipomoea triloba</i> com o herbicida atrazine.....	34
	Experimento IV. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de <i>Urochloa brizantha</i> com o herbicida glyphosate	38
4.	CONCLUSÕES.....	45
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas competem com as culturas pelos recursos do meio, como água, luz e nutrientes. Dessa maneira, as mesmas podem causar perdas quantitativas e qualitativas no produto final. As plantas daninhas também são capazes de hospedar insetos e patógenos, que podem inviabilizar a produção de diversas culturas (AGUIAR et al., 2018; PINHEIRO et al., 2019; SALES JÚNIOR et al., 2020), além de dificultar operações de práticas culturais e colheita. Há diversos métodos de controle de plantas daninhas, sendo o químico, por uso de herbicidas, o mais utilizado, devido a praticidade e eficiência.

O método de controle químico tem sua eficiência influenciada por diversos fatores que interagem entre si, como: característica do produto (formulação, translocação na planta, compatibilidade em misturas, toxicidade), planta alvo (características da planta, exposição, estágio de maior suscetibilidade), condições ambientais (temperatura, umidade relativa, ocorrência de chuvas, orvalho), equipamentos utilizados e suas condições operacionais (pressão de trabalho, pontas de pulverização, velocidade) e uso de adjuvantes (GRIESANG e FERREIRA, 2021).

Uma das formas de garantir a eficácia de controle, é aliar os conhecimentos das características do herbicida e das plantas daninhas à fatores relacionados à tecnologia de aplicação, como tamanho de gotas e volume de calda. Esses fatores têm grande influência sobre a densidade de gotas e cobertura, que por sua vez influenciará na ação do herbicida no alvo (FLECK et al., 1999). Gotas menores proporcionam maior cobertura, entretanto são mais propensas a deriva. Portanto, quando se deseja cobertura adequada, deve-se trabalhar com pontas que produzam gotas pequenas o suficiente para aumentar a porcentagem de área coberta, porém grandes o necessário para não serem evaporadas ou arrastadas pelo vento. O volume de calda interfere diretamente na cobertura do alvo, sendo que, quanto maior o volume de calda, maior será a cobertura. Entretanto, volumes muito altos, podem gerar perdas do produto por escorrimento e reduzir o rendimento operacional do equipamento de aplicação, devido à elevação do número de paradas para reabastecimento (FREITAS et al., 2022).

Na escolha do volume de calda, deve-se considerar vários fatores, todavia o mais importante é a cobertura ideal do alvo a ser pulverizado que varia em razão do tipo de produto a ser aplicado. Assim, para herbicidas sistêmicos, como o glyphosate

e o 2,4-D, que translocam na planta via xilema e floema, não há necessidade de cobertura elevada, devido à redistribuição dos mesmos nos diferentes órgãos da planta (MOTA et al., 2021), enquanto que herbicidas de contato como inibidores da PROTOX, como o fomesafen, que possui baixíssima mobilidade na planta, há necessidade de se elevar a cobertura (SILVA et al., 2009).

O volume de aplicação para culturas, no campo, tem cinco categorias: alto volume (maior que 600 L ha^{-1}); volume médio ($200 - 600 \text{ L ha}^{-1}$); volume baixo ($50 - 200 \text{ L ha}^{-1}$); volume muito baixo ($5 - 50 \text{ L ha}^{-1}$); e volume ultrabaixo ($< 5 \text{ L ha}^{-1}$) (MATTHEWS, 1979). Essa classificação envolve aplicações com características muito distintas, como aplicações de inseticidas e fungicidas em hortaliças e frutíferas arbóreas, cuja área foliar varia com o estágio de crescimento, podendo demandar volumes muito diferentes.

Considerando que houve uma evolução muito grande na tecnologia de aplicação, hoje é possível obter boa cobertura do alvo com volumes de aplicação bem menores do que os sugeridos por Matthews (1979). Nesse sentido, pesquisadores da área fitossanitária têm trabalhado para verificar a possibilidade de reduzir o volume de aplicação em pulverizações com herbicidas sem prejudicar o controle das plantas daninhas (RODRIGUES et al., 2011; BUENO et al., 2013; ALMEIDA et al., 2016; MORAES et al., 2021). Menores volumes de calda aumentam a autonomia dos pulverizadores, o que reduz consumo de combustíveis fósseis, água e também de adjuvantes, uma vez que a maioria desses produtos, são adicionados a calda em concentração proporcional ao volume de diluente aplicado (GARCIA et al., 2004). Entretanto, a aplicação com volume de calda muito baixo é limitada, por influenciar negativamente na adequação das condições para aplicações terrestres, como por exemplo maior velocidade de deslocamento, que a depender das condições topográficas e do equipamento, torna-se inviável.

Em situações em que a água usada na aplicação possui aspectos indesejáveis, como por exemplo elevada concentração de íons, os quais podem se ligar ao herbicida e reduzir sua atividade na planta (VARGAS e ROMAN, 2006), a redução do volume de calda consiste em uma estratégia interessante. Segundo Thelen et al. (1995), água com elevadas concentrações de cátions como Ferro (Fe^{+3}), Zinco (Zn^{+2}), Cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}) e Sódio (Na^{+}) associam ao ânion glyphosate, e prejudica ação do herbicida. Assim, quanto maior o volume de calda, maior a quantidade de íons para se ligar ao herbicida.

Nesse sentido é possível afirmar que o volume de calda ideal é o menor volume possível, que proporciona a cobertura necessária do alvo e uma aplicação segura do ponto de vista ambiental. Assim é preciso regular e calibrar o equipamento de aplicação, para definir o volume aplicado levando-se em conta a cobertura do alvo que se deseja obter e as condições climáticas no momento da aplicação (FREITAS et al., 2022).

Considerando as aplicações com pulverizadores autopropelidos a tendência atual é utilizar volumes de calda inferiores a 70 L ha⁻¹, podendo chegar a volumes entre 30 a 40 L ha⁻¹. É importante salientar que volumes muito baixos tendem a aumentar problemas de incompatibilidade de misturas em tanque, que ainda são muito pouco conhecidos pela pesquisa, uma vez que as misturas em tanque foram regularizadas e permitidas recentemente (FREITAS et al., 2022).

Entretanto, apesar dos volumes de calda praticados, na casa dos 50 a 100 L ha⁻¹, a maioria das bulas de herbicidas ainda trazem informações sobre volume de calda na casa dos 150 a 300 L ha⁻¹ e não raramente, superiores a 400 L ha⁻¹. Na literatura também há uma carência de informações claras sobre o volume de calda e espectro de gotas que atendam as demandas em termos de densidades de gotas e índice de cobertura, visando aplicações em pós-emergência para as diferentes classes de herbicidas em termos de translocação na planta como: herbicidas com translocação via xilema e floema, como glyphosate e 2,4-D, que redistribuem na planta; herbicidas com translocação apenas via xilema, cuja movimentação ocorre apenas daquele ponto em diante na folha, como os inibidores do fotossistema II, a exemplo do atrazine; e herbicidas de contato, como inibidores do fotossistema I e PROTOX, a exemplo do diquat e fomesafen, respectivamente, que são absorvidos mas têm a ação limitada à região próxima onde a gota foi depositada.

Apesar de haver estudos que sugerem a influência do volume de calda sobre a eficácia do glyphosate (KOGAN E ZUNIGA 2001; CREECH et al., 2015), outros estudos indicam não haver efeito do volume sobre a eficiência na dessecação (ALMEIDA et al., 2014; ALMEIDA et al., 2015), admitindo-se a hipótese de que o volume de calda não interfere na ação do glyphosate. Entretanto, Creech et al. (2015), relataram maior eficácia dos produtos de contato quando administrado com volume de calda maior, o que proporciona maior cobertura do alvo. Neste estudo o lactofen herbicida inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX ou PPO), mesmo mecanismo de ação e grupo químico (Difeniléteres) do fomesafen, necessitou de

volume de calda 187 L ha⁻¹ e gotas médias, para proporcionar controle de *Kochia scoparia*, *Salsola tragus* L. e *Ambrosia trifida* L.

Em face à baixa disponibilidade de informações detalhadas sobre a tecnologia de aplicação nas bulas de herbicidas e da escassez de trabalhos na literatura que ofereçam informações precisas sobre o volume de calda e espectro de gotas ideal para aplicação de herbicidas. O presente trabalho tem por objetivo determinar o volume de calda e espectro de gotas para aplicação de herbicidas com translocação via xilema e floema (glyphosate), via xilema (atrazine) e de contato (fomesafen).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos no período de julho a dezembro de 2021. O primeiro, no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e os outros três em casa de vegetação na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão Diogo Alves de Melo, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (20°46'05" de latitude e 45°52'09" de longitude e altitude aproximada de 650 m), em Viçosa-MG.

O primeiro experimento consisti em um ensaio preliminar de avaliação do espectro de gotas produzido pela ponta TT11002, nas pressões de 1,0 e 4,0 bar. De posse desses dados, conduziu-se os demais ensaios em casa vegetação e campo, onde se avaliou o controle de picão-preto e corda-de-viola pelos herbicidas fomesafen (experimento II) e atrazine (experimento III) aplicados em quatro volumes de calda (35, 70, 140 e 280 L ha⁻¹) em dois espectros de gotas (gotas muito grossas e gotas médias determinadas no experimento I). No experimento IV avaliou-se o controle de braquiária com o herbicida glyphosate aplicado nos mesmos volumes de calda e espectros de gotas utilizado nos experimentos II e III.

Experimento I. Caracterização do espectro de gotas produzido pela ponta TT11002 a 1,0 e 4,0 bar

No presente ensaio foi realizada a caracterização do espectro de gotas da ponta TT11002 nas pressões de 1,0 e 4,0 bar, por meio do analisador de partículas a laser (Spraytech, Malvern Instruments Co.[®]). Para cada pressão realizou-se cinco leituras no equipamento, utilizando a mesma ponta de pulverização. Antes de iniciarem os testes as pressões foram aferidas no manômetro do equipamento e comparado com um manômetro de referências classe A3 conforme norma NBR-12446/1992, seguindo metodologia adotada por Alvarenga (2012).

O analisador de partículas em tempo real (Spraytech, Malvern Instruments Co.), é equipado com lente focal de 750 mm. A análise se baseia na difração da trajetória da luz ao chocar com as gotas, capaz de contabilizar gotas com diâmetro de 0,10 a 2.500 µm. Neste sistema o diâmetro das gotas é inversamente proporcional ao ângulo formado devido à difração sofrida pela luz.

Após a instalação da ponta TT11002 no equipamento, colocou-se o sistema hidráulico em funcionamento até que o fluxo do líquido se estabilizasse à pressão desejada. As leituras foram efetuadas com a ponta posicionada a 0,40 metros do feixe óptico, movendo-a no sentido transversal ao jato, de modo a permitir a leitura das gotas formadas ao longo do mesmo, utilizando-se água pura na temperatura ambiente, conforme Camara et al. (2008), Cunha et al. (2010) e Alvarenga (2012). Na ocasião da aplicação as condições ambientais eram: temperatura do ar de 25 °C ($\pm 1,0$ °C), e umidade relativa do ar entre 70 e 80%.

Em cada uma das pressões avaliadas, determinou-se DV0,1, Dv0,5 (DMV), DV0,9, que correspondem ao diâmetro da gota tal que 10%, 50% e 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, respectivamente. De posse desses dados determinou-se a amplitude relativa (Span), obtida por meio da equação (1).

$$Span = \frac{(Dv0,9 - Dv0,1)}{Dv0,5}$$

Equação 1

Onde:

Span - grau de uniformidade do diâmetro das gotas produzidas;

DV0,9 - diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor;

DV0,5 - diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor também conhecida por diâmetro da mediana volumétrica;

DV0,1 - diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

Determinou-se também, a porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm ($\% < 100 \mu\text{m}$) para cada pressão de trabalho avaliada, a qual é obtida no relatório gerado pelo analisador de partículas a laser.

Os dados experimentais foram analisados por meio de análise de variância. Os DMVs (DV0,5) obtidos neste trabalho, para as pressões de 1,0 e 4,0 bar, foram

classificados segundo a norma S-572 da Associação Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos (ASABE, 2020).

Experimento II. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de *Bidens pilosa* e *Ipomoea triloba* com o herbicida fomesafen

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4x2, distribuído em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições. Os fatores correspondem a quatro volumes de calda (280, 140, 70 e 35 L ha⁻¹) e dois espectros de gotas (gota muito grossa \cong 460 μ m e gota média \cong 290 μ m) utilizando a ponta de pulverização Turbo Teejet (TT11002). Os volumes de calda foram obtidos por meio da combinação das vazões geradas pela ponta de pulverização operando nas pressões de 1,0 bar (0,46 L min⁻¹) e 4,0 bar (0,91 L min⁻¹), combinadas com diferentes velocidades de trabalho, conforme especificado na Tabela 1. Em todas as situações as pontas estavam espaçadas de 0,50 m na barra do pulverizador.

Tabela 1: Volume de calda aproximado das pontas TT11002 espaçadas de 0,50 m, em função da pressão e velocidade de deslocamento do trator em km h⁻¹.

Pressão (Bar)	Vazão L min ⁻¹	Volume de calda L ha ⁻¹				
		2 km h ⁻¹	4 km h ⁻¹	8 km h ⁻¹	16 km h ⁻¹	32 km h ⁻¹
1 (VC)	0,46	280	140	70	35	
4 (M)	0,91		280	140	70	35

Gota muito grossa (VC), gota média (M).

As plantas de picão-preto (*B. pilosa*) e corda-de-viola (*I. triloba*) foram cultivadas em vasos contendo 4,0 dm³ de Latossolo Vermelho-Amarelo corrigido e adubado conforme análise do solo (Tabela 2) e 5ª Aproximação – Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). Portanto, realizou-se calagem no solo 30 dias antes da instalação do experimento, com 1,57 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, a fim de se elevar a saturação por base para 60% e, por ocasião da implantação do trabalho, foi realizada adubação com 10 mg dm⁻³ de N (sulfato de amônio), 40 mg dm⁻³ de P (superfosfato simples), 15 mg dm⁻³ de K (cloreto de potássio), 17 mg dm⁻³ de S (sulfato de amônio).

Tabela 2: Análise química e física da camada de 0-20 cm do solo.

¹ pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	T	V	m
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)		------(Cmolc dm ⁻³)-----								---(%)--
4,92	0,1	63,0	1,56	0,30	0,20	3,70	2,02	2,22	5,72	35,3	9,0
Areia		Silte		Argila		Classe textural			MO		
-----%-----											(Dag kg ⁻¹)
29		9		62		Muito-Argilosa			1,84		

¹pH: água, KCl e CaCl₂- relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: Extrator: KCl – 1 mol L⁻¹. H + Al – Acidez potencial – Extrator: acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; SB - Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m - Índice de saturação de alumínio; MO – Matéria orgânica

²Análises realizadas segundo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA 1997).

A semeadura das respectivas espécies de corda-de-viola e picão-preto foi realizada com 10 sementes por vaso. No caso da corda-de-viola, antes da semeadura foi realizada escarificação das sementes com lixa para superação da dormência (PAZUCH et al., 2015). Após emergidas e estabelecidas foi realizado desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso de picão-preto e 3 plantas por vaso de corda-de-viola.

Quando as plantas de picão-preto se encontravam com dois a três pares de folhas (quatro a seis folhas) completamente expandidas (Figura 1A) e as de corda-de-viola com duas a três folhas completamente expandidas (Figura 1B), foi realizada a aplicação do herbicida fomesafen (Flex[®]) na dose 0,25 kg ha⁻¹ do i.a., e 0,5% v/v de espalhante adesivo não iônico (Silwet L-77Ag[®]).

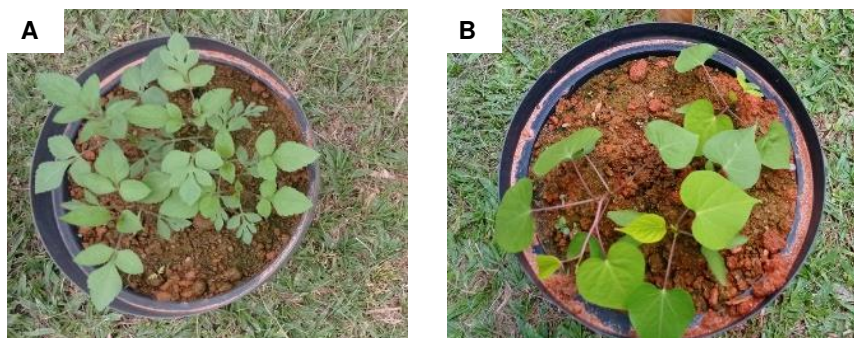


Figura 1: Planta de picão-preto com 2 a 3 pares de folhas (A), planta de corda-de-viola com 2 a 3 folhas completamente expandidas (B)

Para aplicação dos herbicidas utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de barra com três pontas de pulverização (TT11002) espaçadas de 0,5 m entre si e altura de 0,5 m em relação ao alvo. O pulverizador foi acoplado a um

trator e a barra foi disposta lateralmente à roda, de modo a realizar a aplicação nos vasos, os quais foram dispostos a cerca de 0,50 m da face externa da roda traseira do trator.

Para avaliação quantitativa dos depósitos da pulverização, foi utilizado como marcador o corante alimentício azul brilhante adicionado a calda do produto na proporção de 3 g L^{-1} (PALLADINI et al., 2005). Para cada tratamento foram colocadas quatro etiquetas de policloreto de vinila (PVC) (dimensionadas em $3 \times 3 \text{ cm}$), posicionadas horizontalmente na face superior de estacas de madeira, nas proximidades da planta (Figura 2B). Logo após aplicação as etiquetas foram coletadas e colocadas, individualmente, em sacos plásticos e acondicionadas em caixa de isopor.

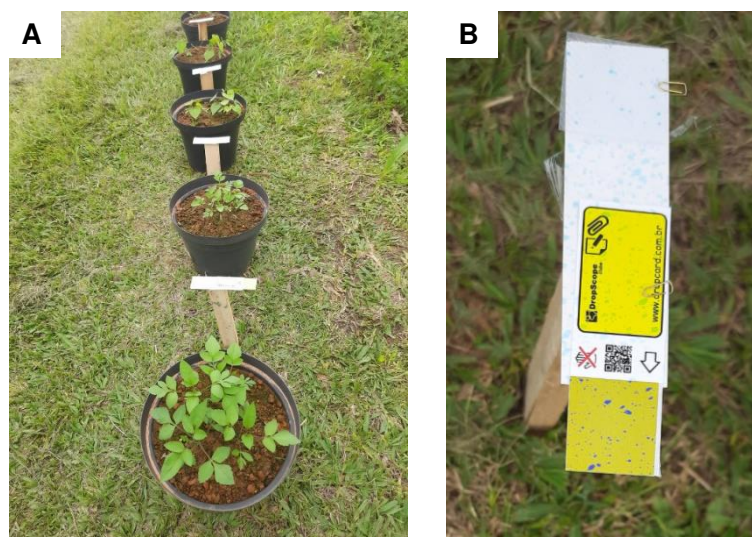


Figura 2: Vasos de picão-preto e corda-de-viola no momento da aplicação (A), etiqueta hidrossensível e PVC posicionada sobre estaca de madeira (B).

As amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Para cada saco plástico contendo a etiqueta foi colocado 20 mL de água destilada e procedeu a agitação por 20 segundos, visando a remoção do corante das etiquetas. A solução obtida na lavagem de cada etiqueta foi analisada através de espectrofotômetro no comprimento de onda de 630 nm (faixa de detecção do corante utilizado).

A determinação da concentração dos depósitos (mg L^{-1}), foi realizada a partir da curva de calibração de linearidade obtida entre a leitura da absorbância no

espectrofotômetro e as concentrações do corante azul brilhante retirados nas etiquetas e obtidas a partir de diluições da solução aplicada a campo (Figura 3).

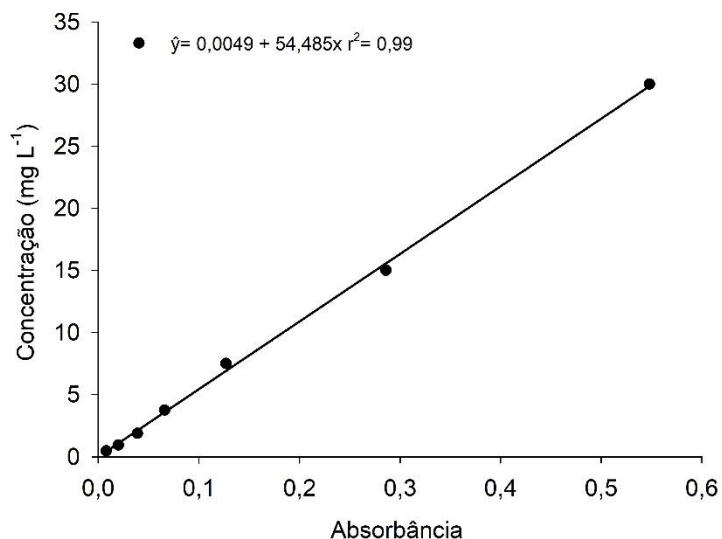


Figura 3: Padrão de linearidade obtida através da absorvância a partir da diluição da calda do herbicida fomesafen.

Considerando que a concentração de corante azul brilhante na calda pulverizada a campo foi de 3.000 mg L⁻¹, para a transformação dos depósitos em microlitros (μL), utilizou-se a equação 2:

$$C_i V_i = C_f V_f$$

Equação 2:

Onde:

C_i - concentração inicial do traçador na calda, (mg L⁻¹);

V_i - volume retido pelo alvo, (μL);

C_f - concentração detectada em densidade óptica, (mg L⁻¹);

V_f - volume de diluição da amostra de cada planta, (μL).

De posse da concentração do corante da calda aplicada no campo e do volume de diluição das amostras, determinou-se o volume retido no alvo. Com esses resultados, procedeu-se, então, à divisão do depósito total do volume retido na etiqueta pela área da etiqueta de 9 cm², obtendo-se, assim, a quantidade em μL cm⁻².

Para quantificar a densidade de gotas e porcentagem de cobertura, foram colocadas etiquetas de papel hidrossensível, posicionadas na altura do ápice das plantas, sob estacas de madeira (Figura 2B). Após aplicação os cartões foram coletados em envelopes de papel e armazenados em caixa de isopor contendo sílica, para evitar a exposição das etiquetas à umidade ambiente. A leitura das etiquetas e posterior avaliação dos dados se deu através do scanner e programa DropScope®.

Para análise de eficiência de controle das plantas daninhas, foram realizadas avaliações visuais aos 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA), utilizando-se uma escala percentual proposta pela Asociación Latino-americana de Malezas (ALAM, 1974), onde 0 corresponde a ausência de sintomas e 100 a morte das plantas.

Aos 21 DAA, foi determinado o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea das plantas, as quais foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em saco de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçado, na temperatura de 70 ± 1 °C, onde permaneceram por 72 horas. Posteriormente o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g para obtenção da massa de matéria seca por vaso.

Experimento III. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de *Bidens pilosa* e *Ipomoea triloba* com o herbicida atrazine

O experimento III foi instalado simultaneamente ao experimento II, e seguiu a mesma metodologia com exceção do tratamento herbicida, atrazine (Proof®) na dose de 2 kg ha^{-1} i.a. e 0,5% v/v de óleo vegetal (veget'Oil®). Para avaliação quantitativa dos depósitos de pulverização foi realizada curva de calibração de linearidade para o atrazine (Figura 4).

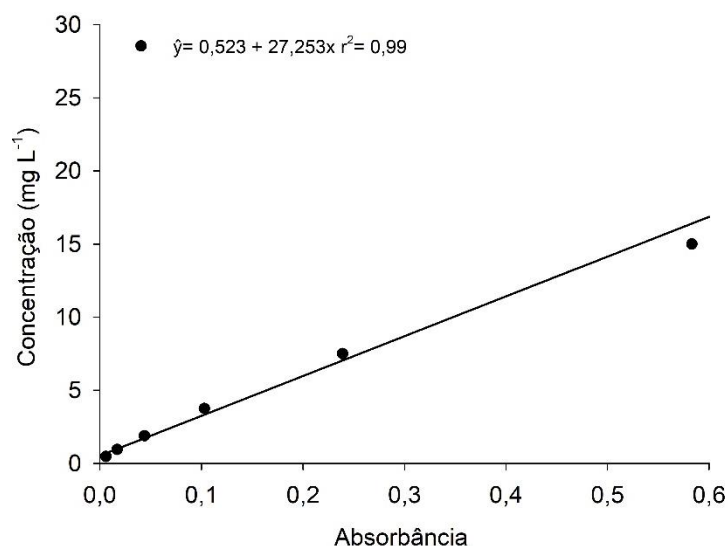


Figura 4: Padrão de linearidade obtida através da absorvância a partir da diluição da calda do herbicida atrazine.

Experimento IV. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de *Urochloa brizantha* com o herbicida glyphosate

O experimento IV foi conduzido em vasos mantidos a céu aberto, e seguiu metodologia similar aos experimentos II e III, com exceção do tratamento herbicida, da espécie trabalhada e as avaliações de controle que foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 DAA.

As plantas de braquiária (*U. brizantha*) foram cultivadas em vasos contendo 8,0 dm³ de Latossolo Vermelho-Amarelo corrigido e adubado conforme análise do solo (Tabela 2) e 5ª Aproximação – Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). A calagem foi realizada simultaneamente aos experimentos II e III, por ocasião do plantio, realizou-se adubação segundo recomendação para a *U. brizantha*, com 20 mg dm⁻³ de N (sulfato de amônio), 80 mg dm⁻³ de P (superfosfato simples) 30 mg dm⁻³ de K (cloreto de potássio), 34 mg dm⁻³ de S (sulfato de amônio).

A semeadura foi realizada com 20 sementes por vaso no dia três de agosto de 2021. Aos 30 dias após o semeio foi realizado desbaste, deixando-se três plântulas por vaso. Após o desbaste foi realizada uma adubação de cobertura com 100 mg dm⁻³ de N (Ureia) conforme 5ª Aproximação – Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). Aos 70 dias após semeadura, realizou-se uma poda da parte aérea das plantas a 10 cm, com auxílio de tesoura de poda manual, para estimular o crescimento radicular e o perfilhamento e uma segunda adubação em cobertura.

Aos 35 dias após a poda, quando as plantas de braquiária estavam com aproximadamente 30 a 40 cm e dez a doze perfilhos (Figura 5), foi realizada aplicação do herbicida glyphosate na dose de 1.480 kg ha⁻¹ de e.a. (Roundup original DI®). A aplicação foi realizada no período da manhã, do dia 18 de novembro e foi utilizado mesmo equipamento dos experimentos II e III. No momento da aplicação a temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento foram de 25 °C ($\pm 1,0$ °C), 80% e 6 a 8 km h⁻¹, respectivamente. No dia da aplicação o céu estava sem nuvens e não houve precipitação pluviométrica.



Figura 5: Planta de braquiária (40 cm de altura) no momento da aplicação.

Para avaliação quantitativa dos depósitos de pulverização foi realizada curva de calibração de linearidade para o glyphosate (Figura 6).

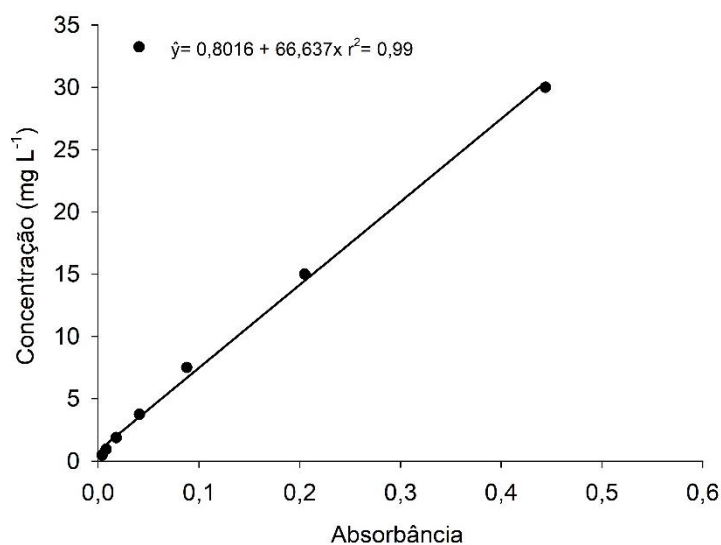


Figura 6: Padrão de linearidade obtida através da absorbância a partir da diluição da calda do herbicida glyphosate.

Análise estatística

Os dados experimentais dos experimentos II, III e IV foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para massa de matéria seca as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett adotando-se o nível de 5 % de probabilidade. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de “t” ao nível de 5 % de probabilidade, nos coeficientes de

determinação e na explicação biológica do fenômeno em estudo. Utilizou-se o Software Sigma Plot 12.5 para elaboração dos gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I. Caracterização do espectro de gotas produzido pela ponta TT11002 nas pressões de 1,0 e 4,0 bar

Os dados obtidos no analisador de partículas estão apresentados na Tabela 3, onde se observa que o $D_{v0,5}$, que corresponde ao diâmetro da mediana volumétrica (DMV), considerado como referência para a classificação do espectro de gotas, foi de 466,1 μm e 292,52 μm para as pressões de 1,0 e 4,0 bar, que correspondem à gotas muito grossas e médias, respectivamente, segundo a classificação da ASABE (2020), os quais estão de acordo com as informações contidas no catálogo do fabricante da ponta de pulverização (Spraying Systems Co, 2014). Segundo a ANDEF (2004), gotas muito grossas são indicadas para aplicação de herbicidas em pré-emergência e para herbicidas sistêmicos em pós-emergência das plantas daninhas, enquanto que gotas médias, são recomendadas para aplicação de herbicidas de contato em pós-emergência e inseticidas.

Tabela 3: Caracterização do espectro de gotas produzido pela ponta TT11002 para as pressões de 1,0 e 4,0 bar.

Pressão (bar)	$D_{v0,1}$	$D_{v0,5}$	$D_{v0,9}$	%<100 μm	Span
	μm				
1,0	185,08a	466,1a	970,14a	2,89b	1,69b
4,0	92,50b	292,52b	640,26b	11,78a	1,87a
CV (%)	18,23	4,63	4,92	4,45	14,6

médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de F. $D_{v0,1}$ - diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 10% do volume; $D_{v0,5}$ diâmetro mediano volumétrico (DMV); $D_{v0,9}$ - diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 90% do volume; %<100 μm - porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 micrômetros; Span - amplitude de dispersão.

O $D_{v0,1}$, que corresponde ao diâmetro de gotas tal que 10% do volume do líquido pulverizado foi de 185,08 e 92,5 μm para as pressões de 1,0 e 4,0 bar, respectivamente (Tabela 3).

Gotas com diâmetro inferior a 100 μm (%<100 μm) estão mais propensas à deriva, pelo fato do aumento da superfície específica favorecer a evaporação e também, pela maior possibilidade de arraste pela corrente de ar para áreas vizinhas, causando intoxicação de culturas sensíveis, além de reduzir a deposição no alvo dese-

jado. Segundo Ferguson et al. (2016) e Bueno et al. (2014) são considerados satisfatórios índices inferiores a 15% de gotas menores que 100 μm , o que demonstra que a ponta TT11002 nas duas pressões avaliadas apresentou valores satisfatórios. Entretanto, o risco de deriva na pressão de 1,0 bar foi menor que a ponta operando na pressão de 4,0 bar, cujo %<100 μm se aproxima de 12%. Segundo Freitas et al. (2022) alguns países europeus adotaram um padrão mínimo de 115 μm em termos de $D_{v0,1}$.

O $D_{v0,9}$ e o $D_{v0,1}$, empregados para a determinação da amplitude relativa (Span), são pouco discutidos, porém têm muita representatividade, pois a variação entre esses dois índices deve ser a menor possível para buscar maior homogeneidade no espectro de gotas (Alvarenga, 2012). Os índices SPAN obtidos neste trabalho foram inferiores a 2,0, considerados satisfatórios segundo Fontes (2015). Entretanto, na pressão de 1,0 bar o índice SPAN foi inferior ao obtido a 4,0 bar (Tabela 3), indicando maior uniformidade no espectro de gotas gerado na menor pressão de trabalho. Segundo Cunha et al. (2010), quanto mais próximo de zero for o valor de SPAN mais uniforme é o espectro de gotas.

Os dados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Fontes (2012), que avaliou o espectro de gotas produzido por diferentes pontas de pulverização. Segundo esse autor, a ponta defletora TT11002, apresenta, menor vazão e maior DMV, quando comparada com pontas do mesmo modelo e de maior vazão. Nessa ponta quando atua na faixa de pressão de 1,0 a 4,0 bar, se obtêm maior possibilidade de tamanho de gotas, de muito grossa (1,0 bar), grossa (2,0 bar) e média (4,0 bar). O que se deve ao fato de as gotas geradas pelas pontas defletoras serem formadas pelo impacto do jato em um plano inclinado, se abrindo em forma de leque. Essa é uma característica importante, pois permite que pontas de baixa vazão possam ser utilizadas, obtendo baixos volumes de calda com gotas de maior diâmetro, o que proporciona menor risco de deriva.

Pontas de pulverização TT11002 podem operar espaçadas de até 1,20 metros entre si a 0,50 metro de altura em relação ao alvo, gerando boa uniformidade de distribuição ao longo da barra de pulverização, o que se deve ao maior ângulo de abertura gerado por essa ponta de pulverização (Freitas et al., 2005). Com essa combinação, é possível realizar aplicações seguras de herbicidas e outros defensivos, com gotas muito grossas (462 μm) na pressão de 1,0 bar, com volume de calda inferior a 100 L ha^{-1} , mesmo em equipamentos que operam em baixa velocidade, como pulverizador costal ou acoplados ao sistema de engate de três pontos do trator.

Experimento II. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de *Bidens pilosa* e *Ipomoea triloba* com o herbicida fomesafen

Os dados de cobertura e densidade de gotas estão dispostos nas Figura 7A e 7B, onde se observa que o aumento no volume de calda eleva a densidade de gotas e a porcentagem de cobertura. A densidade de gotas foi maior quando se realizou a aplicação com gota média, na pressão de 4,0 bar, com incremento de 0,797 gotas cm^{-2} a cada unidade de volume de calda, enquanto que quando se realizou a aplicação com gotas muito grossas, o incremento foi de 0,3807 gotas cm^{-2} para cada litro de calda aplicado (Figura 7A).

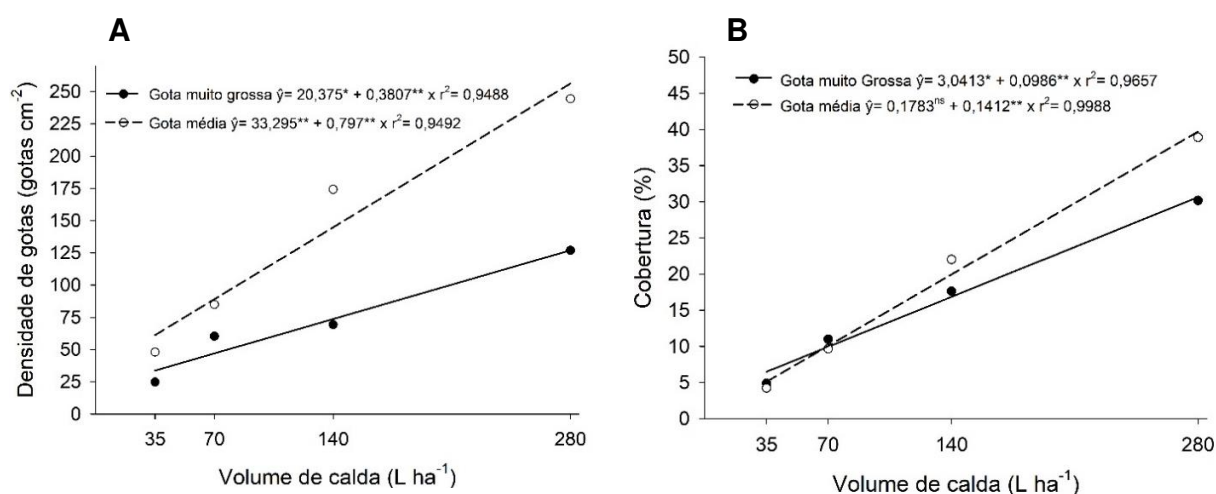


Figura 7: Densidade de gotas (gotas cm^{-2}) (A) e porcentagem de cobertura (B) em aplicação do herbicida fomesafen mais espalhante adesivo (Silwet L-77Ag[®]) utilizando pontas de pulverização TT11002 operando a 1,0 bar (gotas muito grossas) e 4,0 bar (gotas médias) em função do volume de calda.

Maior incremento na porcentagem de cobertura com a elevação do volume de calda foi obtido quando se realizou aplicação com gotas médias em relação às gotas muito grossas, evidenciado pela maior inclinação na reta para as gotas médias, com elevação de 0,1412% (β_1) para cada unidade de aumento no volume de calda, valor superior ao obtido para gotas muito grossas, que foi de 0,0986%.

Na tabela 4, estão representados os desdobramentos dos valores obtidos para densidade de gotas e porcentagem de cobertura dentro de cada volume de calda aplicado, onde observa-se que a densidade de gotas foi semelhante em aplicações com 35 e 70 L ha^{-1} , enquanto que para 140 e 280 L ha^{-1} , maiores taxas foram observadas com aplicações com gotas médias. No entanto, para a porcentagem de

cobertura, houve diferença apenas para o volume de 280 L ha⁻¹, com maiores taxas para a aplicação com gotas médias, a 4,0 bar.

Tabela 4: Desdobramento dos índices de densidade de gotas (gotas cm⁻²) e porcentagem de cobertura gerados pela ponta TT11002 operando nas pressões de 1,0 e 4,0 bar dentro de cada volume de calda.

		Densidade de Gotas (gotas cm ⁻²)				CV (%)
Pressão (bar)	Tamanho de gota	Volume de calda (L ha ⁻¹)				
		35	70	140	280	
1	VC	24,8a	60,33a	59,77b	126,95b	23,33
4	M	47,98a	84,93a	206,19a	244,47a	
		Cobertura (%)				17,57
1	VC	4,88a	10,98a	17,60a	30,18b	
4	M	4,23a	9,66a	22,02a	38,89a	

Para o mesmo volume de calda, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de F. VC – gota muito grossa; M – gota média.

Segundo Gandolfo (2016) e Cavalieri (2013) a técnica da avaliação da aplicação por meio de papel hidrossensível é eficiente, simples, rápida e viável e deve ser considerada como um parâmetro para avaliar a eficácia do defensivo agrícola. No entanto, gotas menores que 100 µm não são contabilizadas satisfatoriamente pelo software, e como para gotas médias o DV_{0,1} foi de 92,5 µm (Tabela 3), gerando a possibilidade da não detecção dessas gotas. Fato que pode levar a não contabilização de gotas que correspondem a 10% do volume pulverizado.

Na Figura 8 estão apresentadas fotografias das etiquetas de papel hidrossensível ilustrando a densidade de gotas e a cobertura proporcionada pela aplicação de fomesafen mais adjuvante com a ponta TT11002 nas diferentes combinações de pressão de trabalho e volume de calda.

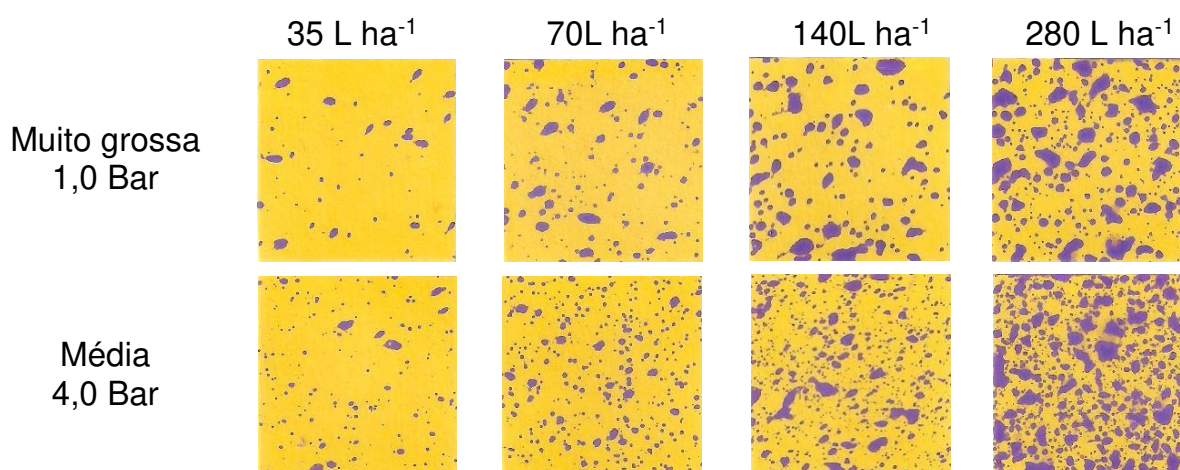


Figura 8: Ilustração do padrão de cobertura proporcionado pela aplicação de fomesafen em função dos volumes de calda e espectro de gotas.

Os dados de deposição da calda estão apresentados na Figura 9, onde observa-se aumento linear à medida que se aumenta o volume de calda para os dois espectros de gotas avaliados, haja vista que a concentração do marcador foi a mesma para todos os volumes de calda aplicados. Entretanto, constata-se que na aplicação utilizando a pressão de 4,0 bar, com gotas médias, há um incremento de $0,0061 \mu\text{L cm}^{-2}$ a cada unidade de volume de calda. Incremento esse menor do que observado na aplicação à 1,0 bar com gotas muito grossas, esse fato pode ser explicado pelo potencial de deriva gerado com a aplicação com gotas média, visto que maiores índices de gotas com diâmetro menor que $100 \mu\text{m}$ foi observado nessa classe de gotas em relação as gotas muito grossas (Tabela 3), o que está de acordo com a afirmação de Matuo et al. (2006), o qual relata que gotas com diâmetro inferior a $100 \mu\text{m}$ estão mais propensas à serem arrastadas pelo vento ou sofrerem evaporação antes de atingirem o alvo, reduzindo assim a taxa de deposição.

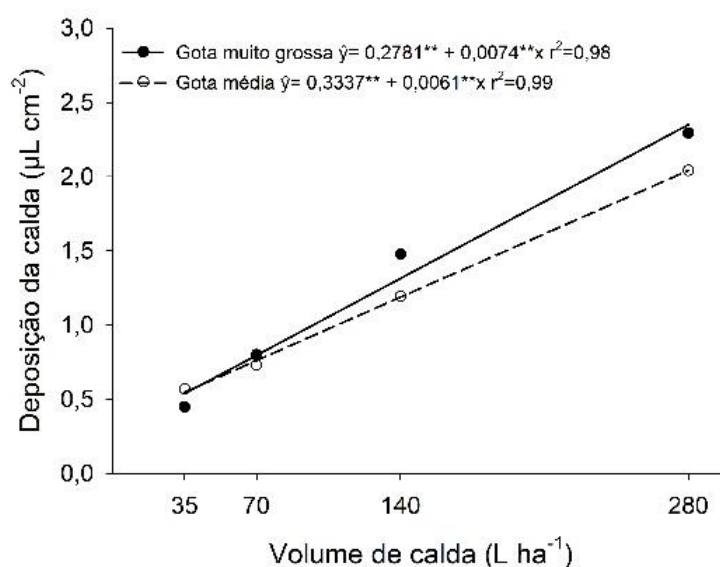


Figura 9: Depósitos de corante nas etiquetas de papel cartão em função do volume de calda e espectro de gotas.

Controle de picão-preto (*Bidens pilosa*)

Os dados de controle de picão-preto obtidos nas avaliações de 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) de fomesafen estão dispostos nas Figuras 10A, 10B e 10C, respectivamente. Para todas avaliações se observa um efeito platô, com incremento

no índice de controle em função do aumento do volume de calda e posterior estabilização para os dois espectros de gotas avaliados. A estabilização para os índices de controle com a aplicação com gotas muito grossas (466 μm), ocorre nos volumes de calda de 113, 76 e 65 L ha^{-1} com taxas de controle de 62,33, 77,5 e 79,19% nas avaliações de 7, 14 e 21 DAA, respectivamente.

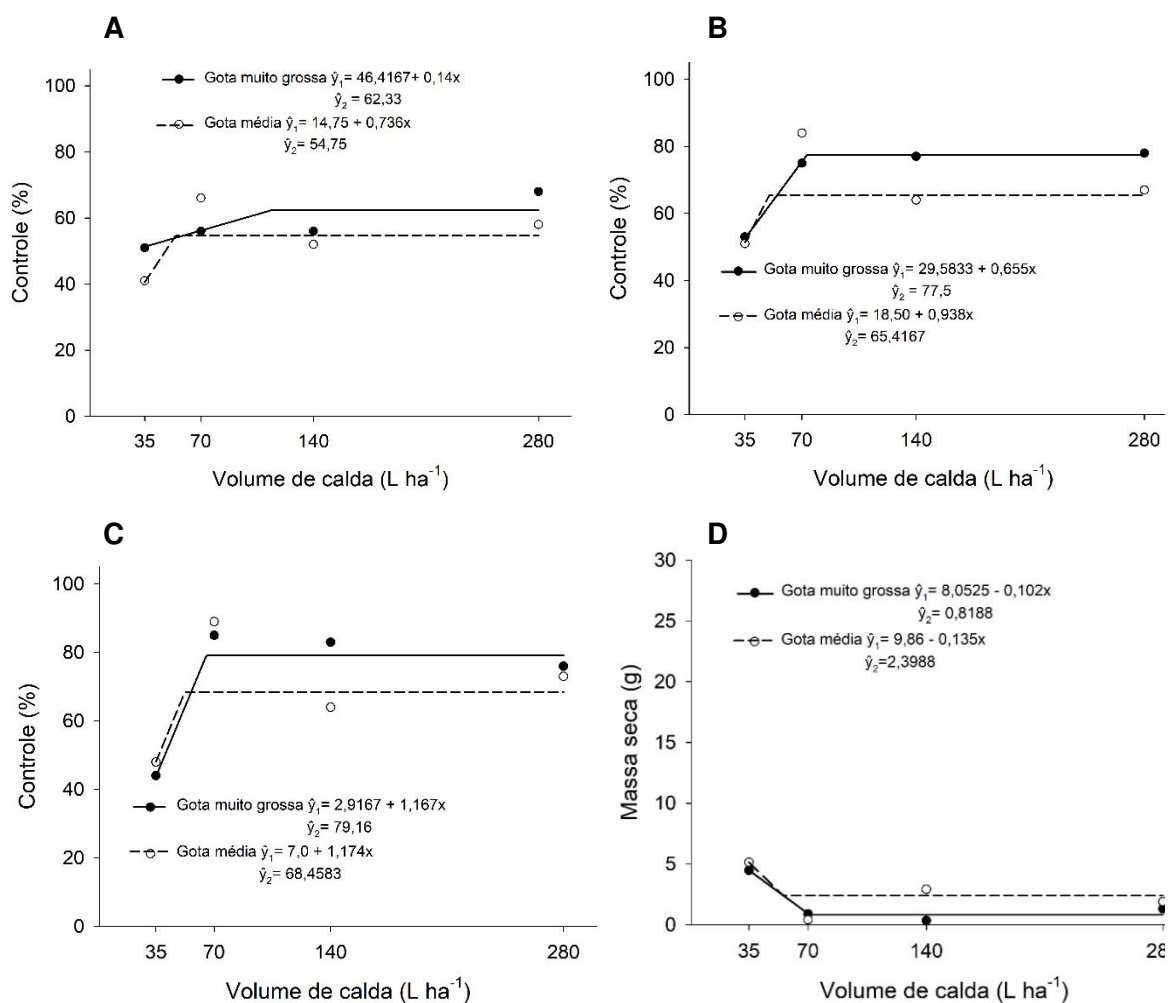


Figura 10: Porcentagem de controle de picão-preto aos 7 (A), 14 (B) e 21(C) dias após a aplicação (DAA) de fomesafen e massa de matéria seca de picão-preto (D) 21 DAA em função do volume de calda e espectro de gotas (médias – 292 μm e muito grossas – 466 μm).

Quando a aplicação do fomesafen foi realizada na pressão de 4,0 bar, com gotas médias (292 μm), a estabilização ocorreu com 54, 50 e 52 L ha^{-1} , com taxas de controle inferiores às obtidas para gotas muito grossas, com 54,75, 65,42 e 68,46%, respectivamente, para as avaliações de 7, 14 e 21 DAA (Figuras 10A, 10B e 10C).

Os dados obtidos neste trabalho, como melhor índice de controle para o fomesafen, que é um herbicida de contato, com gotas muito grossas (DMV de 462 μm) em relação à aplicação com gotas médias, discordam da recomendação da ANDEF (2004) que sugere o uso de gotas médias para esse grupo de herbicidas. Entretanto, há que se considerar que o menor índice de controle obtido para pressão de 4,0 bar se deve, provavelmente à maior proporção de gotas com diâmetro inferior a 100 μm gerada nessa condição (Tabela 3) e que podem ter prejudicado a deposição do herbicida no alvo.

A porcentagem de cobertura observada no volume de 35 L ha⁻¹ para os dois espectros de gotas avaliados, com índices inferiores a 10% (Tabela 4), foi insuficiente para controle de picão-preto com o herbicida fomesafen, constatado pelo baixo índice de controle para o volume empregado (Figura 10C). Volumes de calda na casa dos 70 L ha⁻¹ proporcionaram estabilização da taxa de controle de picão-preto (Figura 10C), com densidade em torno de 70 gotas cm⁻² e cobertura próxima a 10% (Tabela 4). Esses dados corroboram com propostos por Magdalena et al. (2010) que classificou a densidade mínima de 50 gotas cm⁻² para eficiência no controle de produtos de contato.

Os índices de controle inferiores a 80% observados aos 21 DAA (Figura 10C), se devem ao estágio em que as plantas de picão preto se encontravam no momento da aplicação (2 a 3 pares de folhas completamente expandidas), pois o fomesafen é um herbicida de contato posicionado para aplicação na pós-emergência inicial das plantas daninhas e age inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), gerando acúmulo de protoporfirinogênio no cloroplasto que se difunde para o citoplasma, o qual conseqüentemente transforma-se em protoporfirina IX. A protoporfirina IX atua no citoplasma como um composto fotodinâmico, ou seja, em presença de luz reage rapidamente com o O₂, o levando ao estado *singlet*, o qual é responsável em última instância, pela peroxidação de lipídeos observada nas membranas celulares das plantas (OLIVEIRA JÚNIOR, et al., 2021).

Estes resultados corroboram com Ferreira Neto (2019) que avaliou a aplicação diurna e noturna do fomesafen e observou maior eficácia do herbicida na dose de 0,25 kg ha⁻¹ do i.a. quando a aplicação foi realizada com um par de folhas, independente do horário de aplicação. Enquanto que quando a aplicação foi realizada com três pares de folhas, o controle foi de 30% para aplicação diurna e 80% para aplicação noturna. Todavia, Marchioretto e Dal Magro (2017) observaram controle de 100% do picão-

preto com dois pares de folhas na dose 0,25 Kg ha⁻¹ i.a. Vale ressaltar que na bula do herbicida fomesafen, produto comercial Flex[®], recomenda-se a aplicação de 0,25 Kg ha⁻¹ i.a. em plantas com duas a seis folhas (um a três pares de folhas) (AGROFIT, 2022).

Embora neste trabalho não se tenha observado incremento no controle do picão-preto para volumes superiores a 70 L ha⁻¹, Creech et al. (2015), avaliando volumes de calda para aplicação do lactofen, que também é inibidor da PROTOX, constataram a necessidade de 187 L ha⁻¹, para proporcionar controle de *Kochia scoparia*, *Salsola tragus* L. e *Ambrosia trifida* L.

Os valores de massa de matéria seca aos 21 DAA (Figura 10D) foram coerentes com os dados de controle na mesma data de avaliação (Figura 10C), quando se observou menor acúmulo de matéria seca quando se utilizou gotas muito grossas, com estabilização a partir 70 L ha⁻¹, com 0,81 g vaso⁻¹, enquanto que quando a aplicação foi realizada com gotas médias, a estabilização do platô ocorreu com 2,40 g vaso⁻¹ e volume de calda a partir de 55 L ha⁻¹.

Com a aplicação do fomesafen no volume de calda de 35 L ha⁻¹ as taxas de controle não foram satisfatórias para nenhum dos espectros de gotas avaliados, com acúmulo de matéria seca superior à aplicação com maior volume de calda, evidenciado pelas equações lineares (\hat{y}_1) com valores de β_1 positivos para controle (Figuras 10C) e negativos para matéria seca (Figuras 10D), que indicam incremento e decréscimo, respectivamente.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de massa de matéria seca da parte aérea de plantas de picão-preto submetidas à aplicação do fomesafen em diferentes volumes de calda e espectros de gotas, comparados com a testemunha sem aplicação de herbicidas, a qual obteve média de 29,99 g vaso⁻¹, valor este bem superior aos obtidos em todos os tratamentos com aplicação do herbicida, cujo valor máximo foi 5,13 g vaso⁻¹.

Tabela 5: Valores de massa de matéria seca de picão-preto submetido à aplicação de fomesafen, em função do espectro de gotas e volume de calda, comparado com plantas sem aplicação de herbicida (testemunha), aos 21 dias após a aplicação.

Espectro de gotas	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Matéria seca (g vaso ⁻¹)
Muito grossas (1,0 bar)	35	4,47*
	70	0,88*
	140	0,34*
	280	1,30*
Médias (4,0 bar)	35	5,13*
	70	0,41*
	140	2,90*
	280	1,89*
Testemunha		29,99

As médias com asterisco na coluna diferem da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Apesar dos baixos valores de acúmulo de matéria seca do picão-preto quando comparado com a testemunha (Tabela 5), as plantas não controladas tendem a reestabelecer a taxa de crescimento e podem causar interferência no final de ciclo da cultura, prejudicando operações na colheita e a qualidade do produto final (MANABE et al., 2015). Fato comum em cultivos de feijão (*Phaseolus vulgaris*), onde a colheita manual fica comprometida, pois plantas de picão-preto mal controladas infestam a área no final do ciclo e dificulta a colheita manual (SILVEIRA JÚNIOR et al., 2015).

Controle de corda-de-viola (*Ipomoea triloba*)

Os dados de controle de corda-de-viola obtidos nas avaliações de 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) e de massa de matéria seca obtida aos 21 DAA de fomesafen estão dispostos nas Figuras 11A, 11B, 11C e 11D, respectivamente. Os índices de controle foram muito baixos, independente do volume de calda e espectro de gotas, embora, maiores valores tenham sido obtidos quando a aplicação foi realizada com gotas médias, na pressão de 4,0 bar. Todavia, aos 21 DAA, a porcentagem de controle foi inferior a 10% (Figura 11C).

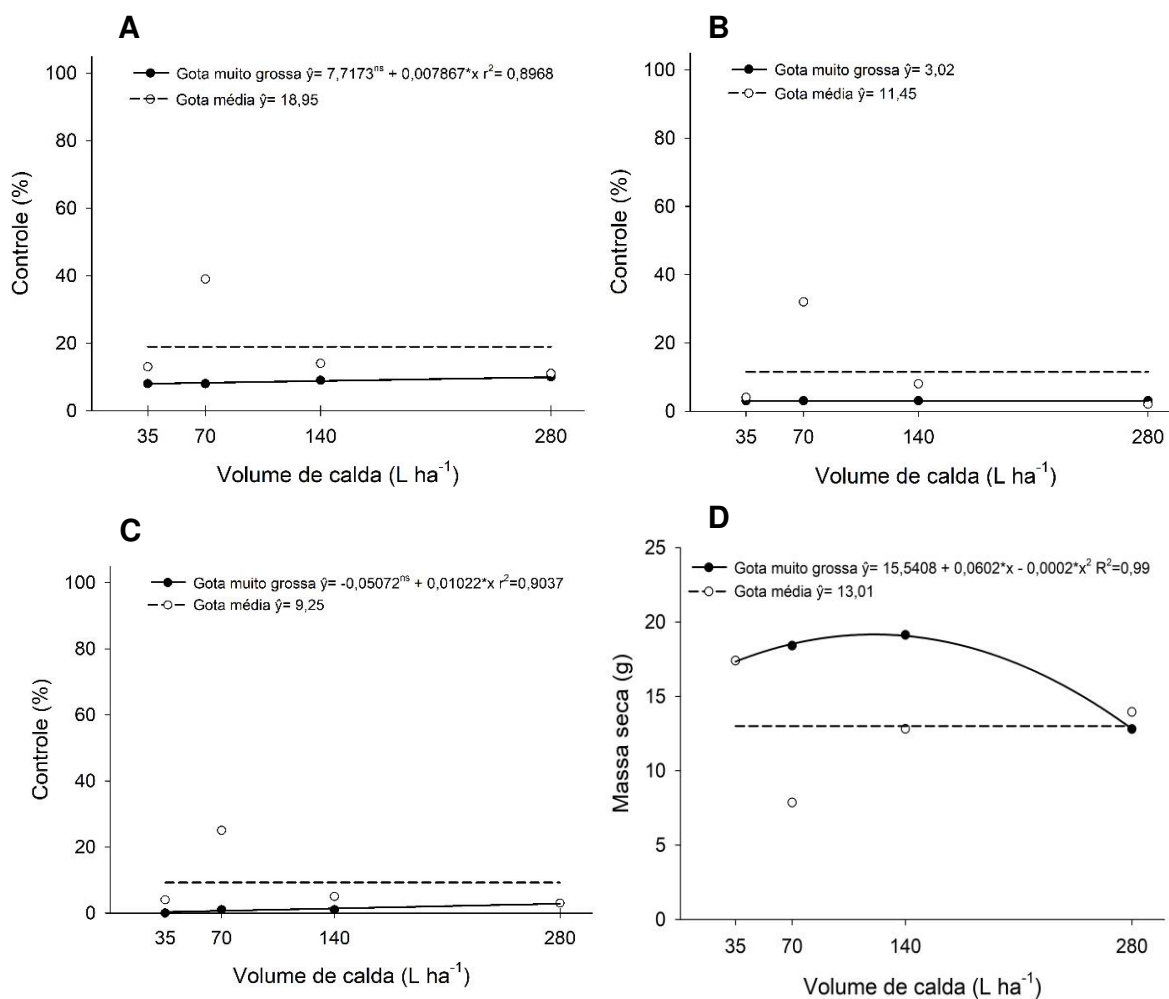


Figura 11: Porcentagem de controle de corda-de-viola aos 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias após a aplicação (DAA) de fomesafen e massa de matéria seca de corda-de-viola (D) aos 21 DAA em função do volume de calda e espectro de gotas.

O controle aos 7 DAA (Figura 11A) apresentou diferença significativa quanto ao volume de calda e espectro de gotas empregado, o que indica que com gotas médias e volume superior a 70 L ha⁻¹ obtém-se maior índice de controle. No entanto, o controle aos 14 DAA foi mais baixo, com índices de 3,02% e 11,45% para gotas muito grossas e médias, respectivamente. Aos 21 DAA a redução na taxa de controle para gotas médias foi de 9,25%, enquanto que para gotas muito grossas a taxa foi ainda menor, com índices inferiores a 5% (Figura 11C).

Os valores de massa de matéria seca (Figura 11D) foram coerentes com os dados de controle, tendo se observado efeito do espectro de gotas e volume de calda. Maior massa de matéria seca foi constatada mediante a aplicação em volumes de calda de aproximadamente 140 L ha⁻¹, que decresce até 280 L ha⁻¹, quando não há mais diferença em relação à aplicação com gotas médias, para as quais não houve variação no acúmulo de matéria seca em função do volume de calda.

Os dados de massa de matéria seca obtidas pelas combinações de volume de calda e espectro de gotas com a testemunha sem herbicidas estão dispostos na Tabela 6. Observa-se que só o tratamento com aplicação do fomesafen utilizando gotas médias no volume de calda de 70 L ha⁻¹ diferiu da testemunha. Entretanto, apesar da redução do acúmulo de matéria seca obtido, não se pode afirmar que o controle foi eficiente, pois considerando que a corda-de-viola é uma espécie muito agressiva, provavelmente as plantas irão reestabelecer a taxa de crescimento e competir com a cultura de interesse além de dificultar a colheita.

Tabela 6: Valores médios de massa de matéria seca de corda-de-viola submetida à aplicação de fomesafen, em função do espectro de gotas e volume de calda, comparado com plantas sem aplicação de herbicida (testemunha), aos 21 dias após a aplicação.

Espectro de gotas	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Matéria seca (g vaso ⁻¹)
Muito grossa (VC)	35	17,41 ^{ns}
	70	18,41 ^{ns}
	140	19,13 ^{ns}
	280	12,81 ^{ns}
Média (M)	35	17,41 ^{ns}
	70	6,41*
	140	19,13 ^{ns}
	280	13,95 ^{ns}
Testemunha		19,29

As médias com asterisco na coluna diferem da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Na prática o controle de corda-de-viola com fomesafen não foi eficiente, independentemente do volume de calda e espectro de gotas empregado, o que indica que o fomesafen não é eficiente para controle dessa espécie. Esses dados corroboram com os encontrados por Silva (2016), que avaliando a fitotoxicidade do herbicida fomesafen sobre diversas plantas daninhas, verificaram que plantas da espécie *Ipomoea nil* não foram controladas, mesmo com a aplicação do dobro da dose recomendada em bula.

Os dados desse trabalho deixam evidente que a aplicação de fomesafen deve ser realizada com plantas de picão-preto no estágio inicial de desenvolvimento com no máximo dois pares de folhas e que volumes de calda entre 70 e 100 L ha⁻¹ podem ser usados. O fomesafen não deve ser recomendado para controle de corda-de-viola.

Experimento III. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de *Bidens pilosa* e *Ipomoea triloba* com o herbicida atrazine

Os dados de cobertura e densidade de gotas com a aplicação do atrazine estão dispostos nas Figuras 12A e 12B, onde se observa que o aumento no volume de calda eleva a densidade de gotas e a cobertura, com maior taxa de incremento quando se realizou a aplicação com gotas médias, na pressão de 4,0 bar, com incremento de 0,8604 gotas cm^{-2} a cada unidade de volume de calda, em relação à aplicação com gotas muito grossas, quando se detectou elevação de 0,3756 gotas cm^{-2} a cada unidade de volume de calda (Figura 12A).

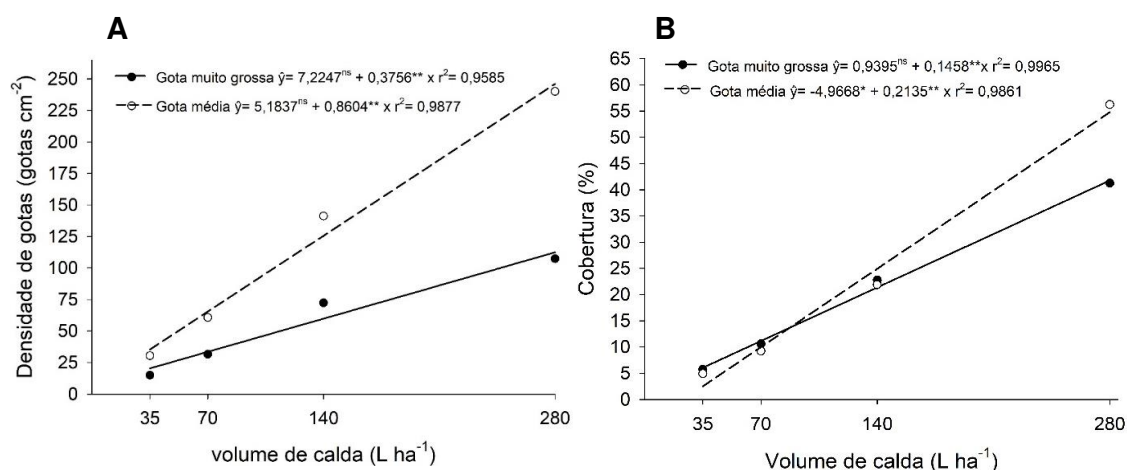


Figura 12: Densidade de gotas (gotas cm^{-2}) (A) e porcentagem de cobertura (B) em aplicação do herbicida atrazine mais óleo vegetal (veget'Oil®) utilizando a ponta de pulverização TT11002 operando a 1,0 bar (gotas muito grossas) e 4,0 bar (gotas médias) em função do volume de calda.

Para a variável porcentagem de cobertura (Figura 12B), observa-se maiores taxas quando se utiliza aplicação com gotas médias, que pode ser constatada pela maior inclinação da reta, onde o valor de β_1 é de 0,2135, em relação a aplicação utilizando com gotas muito grossas com valor de 0,1458.

Na Tabela 7, estão representados os desdobramentos dos valores obtidos para densidade de gotas e porcentagem de cobertura gerados pelas gotas muito grossas e médias dentro de cada volume de calda avaliado, onde se observa que não há variação na densidade de gotas na aplicação com volume de 35 L ha^{-1} , enquanto que para o volume de calda de 70, 140 e 280 L ha^{-1} , maiores taxas de densidade de gotas foram observadas com aplicações com gotas médias.

Tabela 7: Desdobramento dos índices de densidade de gotas (gotas cm^{-2}) e porcentagem de cobertura gerados pela ponta TT11002 operando nas pressões de 1,0 e 4,0 bar dentro de cada volume de calda.

		Densidade de Gotas (gotas cm^{-2})				CV (%)
Pressão (bar)	Tamanho de gota	Volume de calda (L ha^{-1})				
		35	70	140	280	
1	VC	14,91a	31,55b	72,3b	107,33b	15,83
4	M	30,40a	60,72a	141,24a	240,08a	
		Cobertura (%)				24,02
1	VC	5,72a	10,58a	22,74a	41,24b	
4	M	4,91a	9,20a	21,88a	56,23a	

Para o mesmo volume de calda, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de F. VC – gota muito grossa; M – gota média.

Assim como observado para o herbicida fomesafen (Tabela 4), a porcentagem de cobertura variou apenas para o volume de calda de 280 L ha^{-1} com maior índice para a pressão de 4,0 bar, o que se deve à elevação do número de gotas menores que $100 \mu\text{m}$ observado na Tabela 3.

Na Figura 13 estão apresentadas fotografias das etiquetas de papel hidrossensível com a aplicação do atrazine mais óleo vegetal utilizando a ponta de pulverização TT11002, para os diferentes espectros de gotas e volumes de calda, onde pode ser constatado as informações mencionadas anteriormente em relação às variáveis densidade de gotas e porcentagem de cobertura.

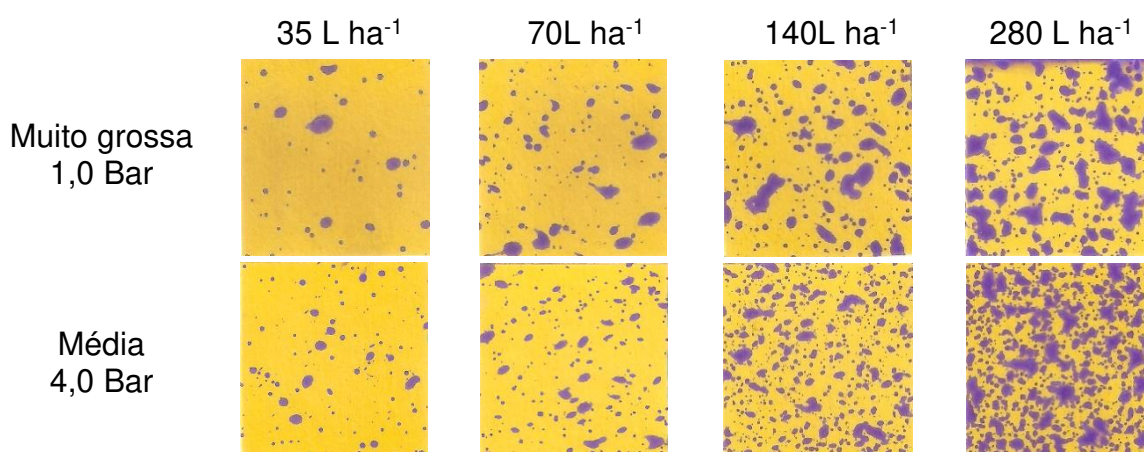


Figura 13: Ilustração do padrão de cobertura proporcionado pela aplicação de atrazine em função dos volumes de calda e espectro de gotas.

Os dados de deposição da calda estão apresentados na Figura 14, onde observa-se aumento linear à medida que se aumenta o volume de calda para os dois espectros de gotas avaliados. Entretanto, assim como observado para a aplicação do herbicida fomesafen, a aplicação utilizando a pressão de 4,0 bar, com gotas médias,

apresentou menor incremento por unidade de volume de calda, com valor de β_1 de 0,0054 $\mu\text{L cm}^{-2}$ em relação à aplicação com gotas médias.

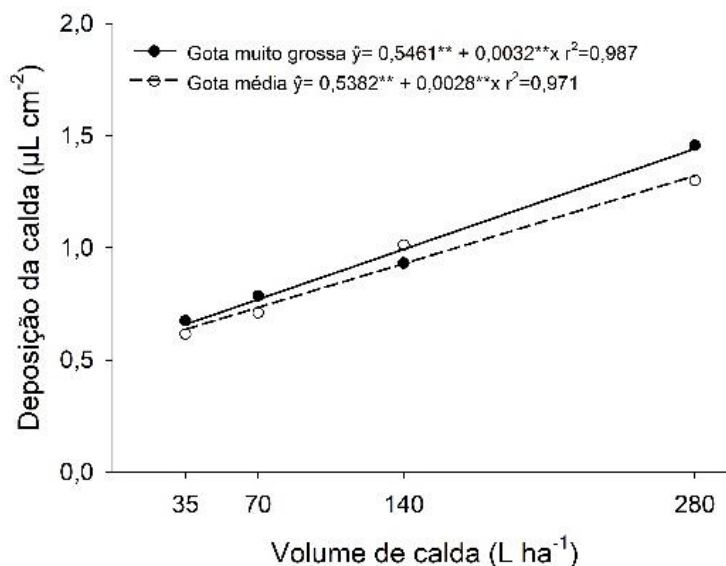


Figura 14: Depósitos de corante nas etiquetas de papel cartão em função do volume de calda e espectro de gotas.

Controle de picão-preto (*Bidens pilosa*)

Os dados de controle de picão-preto obtidos na avaliação de 7 DAA de atrazine estão dispostos na Figura 15, onde se observa efeito platô, para gotas muito grossas com pequena elevação de 98% para 100% no controle, entre os volumes de 35 e 250 L ha^{-1} , a partir daí o controle é 100%. Para gotas médias o aumento vai de 97% a 100%, de 35 a 80 L ha^{-1} , a partir daí o controle se estabiliza em 100%. As avaliações de controle de 14 e 21 DAA apresentaram 100% de controle das plantas, independente do volume de calda e espectro de gotas empregado.

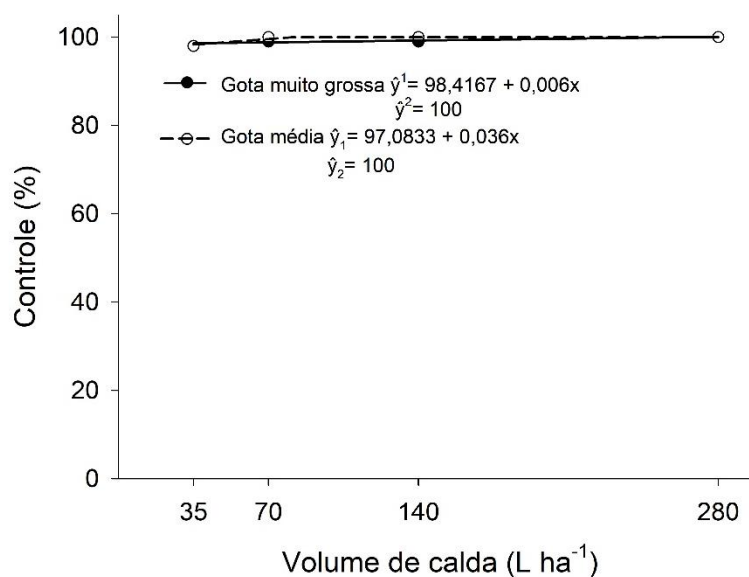


Figura 15: Controle de picão-preto aos 7 dias após a aplicação (DAA) de atrazine em função do volume de calda e espectro de gotas.

Controle de corda-de-viola (*Ipomoea triloba*)

Os dados de controle de corda-de-viola obtidos na avaliação de 7 dias após aplicação de atrazine estão dispostos na Figura 16, onde se observa ajuste de modelos matemáticos diferentes, com modelo logístico para gotas muito grossas. No entanto, os parâmetros da equação sugerem pouca variação no controle com aumento do volume de calda. Para aplicação na pressão de 4,0 bar o controle apresentou um efeito platô, onde se observa taxa de controle de 73% para o volume de 35 L ha⁻¹ e 77% para 70 L ha⁻¹. As avaliações de controle de 14 e 21 DAA apresentaram 100% de controle das plantas, independente do volume de calda e espectro de gotas empregado.

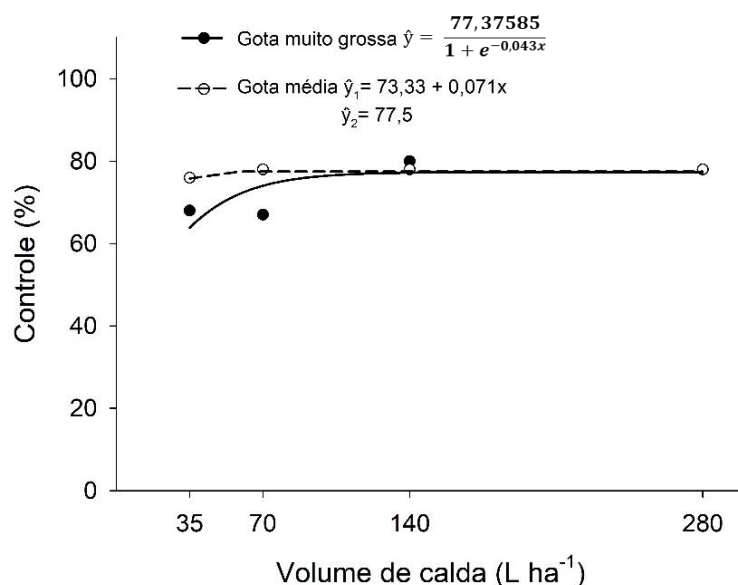


Figura 16: Controle de corda-de-viola aos 7 dias após a aplicação (DAA) de atrazine em função do volume de calda e espectro de gotas.

A atrazine é um herbicida translocado via xilema, ou seja, sua translocação é unidirecional, quando aplicado em pós-emergência inicial das plantas daninhas, as gotas absorvidas se translocam no sentido do fluxo transpiratório, portanto, maior cobertura do alvo e uso de adjuvante são necessários para aumentar a ação foliar (OLIVEIRA JÚNIOR, et al., 2021). Para o estágio de desenvolvimento que se encontrava o picão-preto (dois a três pares de folhas) e a corda-de-viola (duas a três folhas completamente expandidas) o controle foi eficiente em todos os volumes de calda e espectros de gotas avaliados.

No menor volume de calda, de 35 L ha⁻¹, a densidade de gotas foi de 15 gotas cm⁻² e cobertura de 5,73 % para a pressão de 1,0 bar com gotas muito grossas (Tabela 7), o que deixa evidente que esses índices atendem à demanda para o controle eficiente de picão-preto e corda-de-viola com o herbicida atrazine aplicado em pós-emergência.

Experimento IV. Volume de calda e tamanho de gotas para o controle de *Urochloa brizantha* com o herbicida glyphosate

Os dados de cobertura e densidade de gotas obtidos na aplicação do glyphosate estão dispostos na Figura 17A e 17B, onde se observa que o aumento no volume de calda eleva a densidade de gotas e a cobertura, corroborando com os

resultados verificados nos experimentos com fomesafen (Figura 7A e 7B) e atrazine (Figura 12A e 12B), relatados anteriormente.

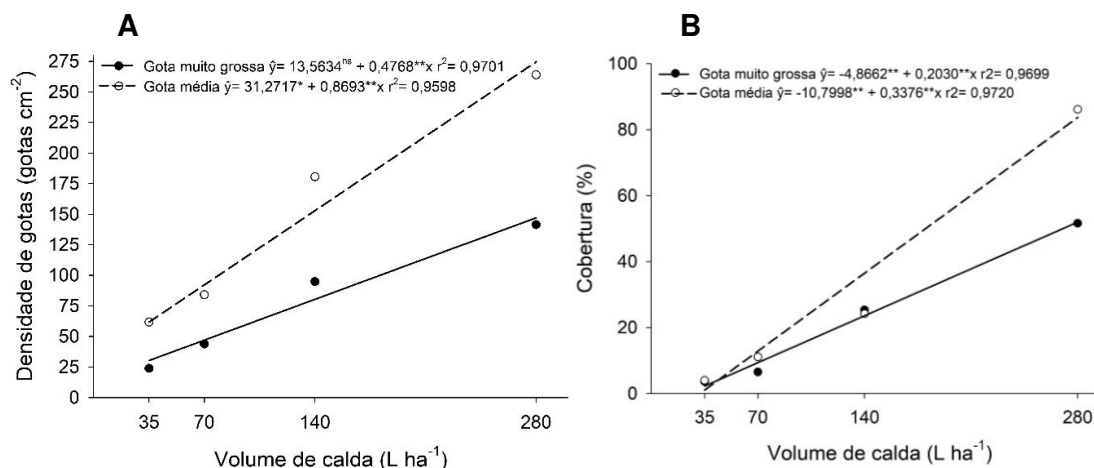


Figura 17: Densidade de gotas (gotas cm⁻²) (A) e porcentagem de cobertura (B) em aplicação de glyphosate utilizando a ponta de pulverização TT11002 operando a 1,0 bar (gotas muito grossas) e 4,0 bar (gotas médias) em função do volume de calda.

Na Tabela 8, estão representados os desdobramentos dos valores obtidos para densidade de gotas e porcentagem de cobertura gerados pelas gotas muito grossas e médias dentro de cada volume de calda avaliado, onde se observa diferença no número de gotas cm⁻² apenas para os volumes de calda de 140 e 280 L ha⁻¹, com maiores taxas com aplicação com gotas médias e variação na taxa de cobertura apenas para o volume de calda de 280 L ha⁻¹, conforme verificado no experimento II, para o herbicida fomesafen (Tabela 4).

Tabela 8: Desdobramento dos índices de densidade de gotas (gotas cm⁻²) e porcentagem de cobertura gerados pela ponta TT11002 operando nas pressões de 1,0 e 4,0 bar dentro de cada volume de calda.

Densidade de Gotas (gotas cm ⁻²)						
Pressão (bar)	Tamanho de gota	Volume de calda (L ha ⁻¹)				CV (%)
		35	70	140	280	
1	VC	22,92a	43,73a	94,75b	141,34b	30,11
4	M	54,65a	83,99a	180,59a	264,00a	
Cobertura (%)						
1	VC	4,13a	6,5a	25,34a	51,61b	11,09
4	M	3,58a	11,04a	24,18a	86,12a	

Para o mesmo volume de calda, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de F. VC – gota muito grossa; M – gota média.

Na Figura 18 estão apresentadas fotografias das etiquetas de papel hidrossensível, onde pode ser constatado as informações mencionadas anteriormente para diferentes combinações de pressão de trabalho e volume de calda, em relação às variáveis densidade de gotas e índice de cobertura, com aplicação de glyphosate com a ponta de pulverização TT11002.

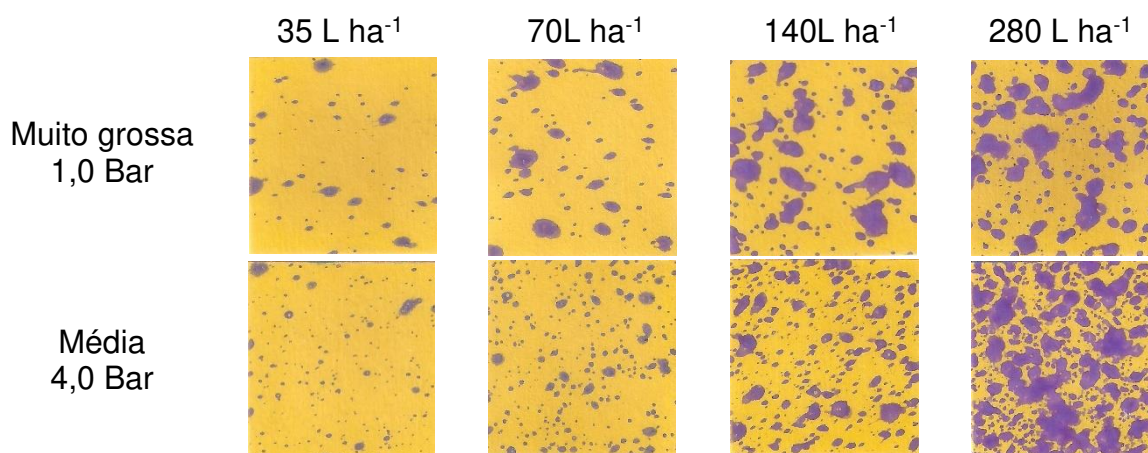


Figura 18: Ilustração do padrão de cobertura proporcionado pela aplicação de glyphosate em função dos volumes de calda e espectro de gotas.

Os dados de deposição da calda estão dispostos na Figura 19, onde se observa o aumento na taxa de depósito do marcador com aumento do volume de calda para os dois espectros de gotas avaliados, haja vista que a concentração do marcador foi a mesma para todos os volumes de calda aplicados. Entretanto, os valores de deposição seguem padrão inverso dos apresentados nos experimentos II e III, para fomesafen (Figura 9) e atrazine (Figura 14), respectivamente. Possivelmente, devido às condições ambientais no dia da aplicação, com maior velocidade do vento (6 a 8 km h⁻¹) em relação aos experimentos II e III, com fomesafen e atrazine, respectivamente. O decréscimo no índice de deposição com gotas muito grossas para o volume de calda de 280 L ha⁻¹ pode ser consequência de uma possível rajada de vento no momento da aplicação.

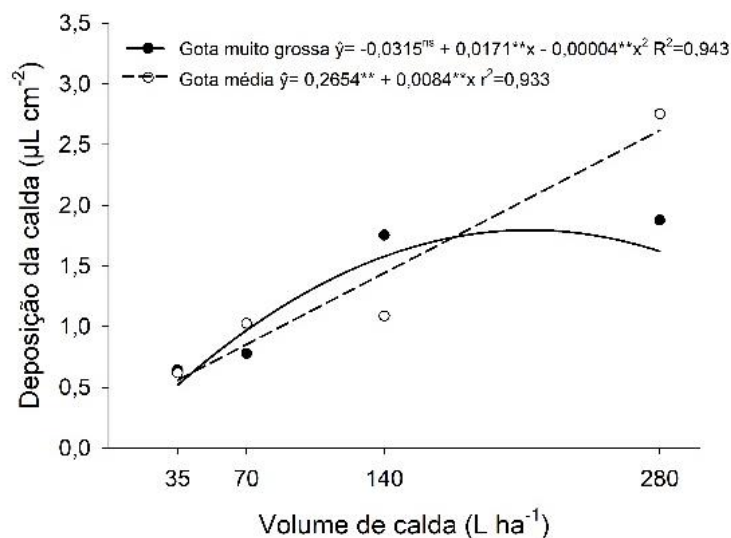


Figura 19: Depósitos de corante nas etiquetas de papel cartão em função do volume de calda e espectro de gotas.

Os dados de controle de braquiária obtidos nas avaliações de 7, 14, 21 e 28 DAA de glyphosate estão dispostos nas Figuras 20A, 20B, 20C e 20D, respectivamente. O controle da braquiária não apresentou efeito quanto ao volume de calda e espectro de gotas. As avaliações de controle apresentaram índices crescentes, por se tratar de um herbicida com ação lenta, com média de 35% aos 7 DAA, 82 e 83% para gota muito grossa e média aos 14 DAA, 99% aos 21 DAA e 100 e 99 para gota muito grossa e média aos 28 DAA. Estes índices de controle, superiores a 99%, é considerado satisfatório, conforme critérios da SBCPD (1995).

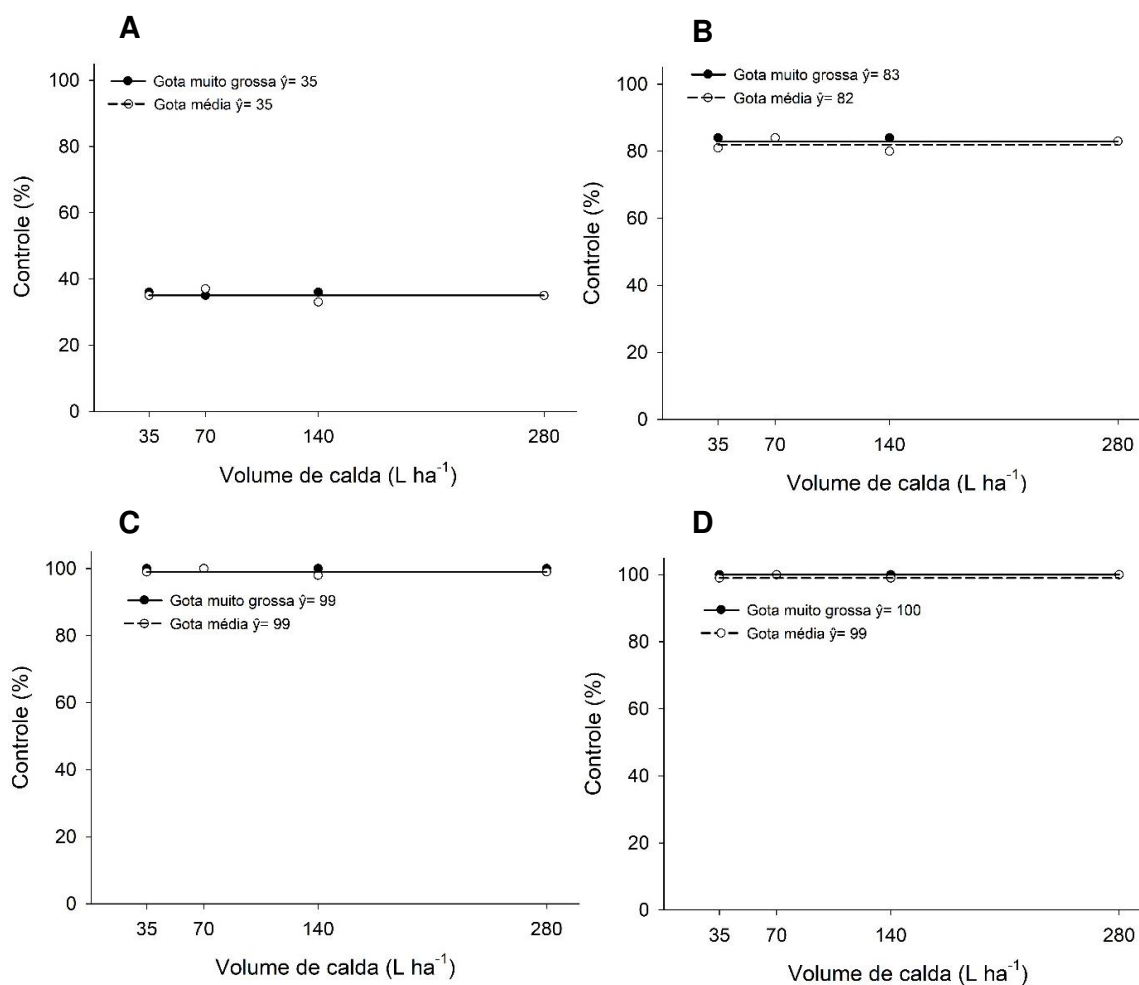


Figura 20: Controle de braquiária aos 7 (A), 14 (B), 21 (C) e 28 (D) dias após aplicação (DAA) de glyphosate em função do volume de calda e espectro de gotas.

Os dados de massa de matéria seca da parte aérea estão dispostos na Figura 21, onde não se observa efeito do volume de calda e espectro de gotas para índice de controle, com médias de 0 e 1 g de massa seca para gotas muito grossas e médias, respectivamente.

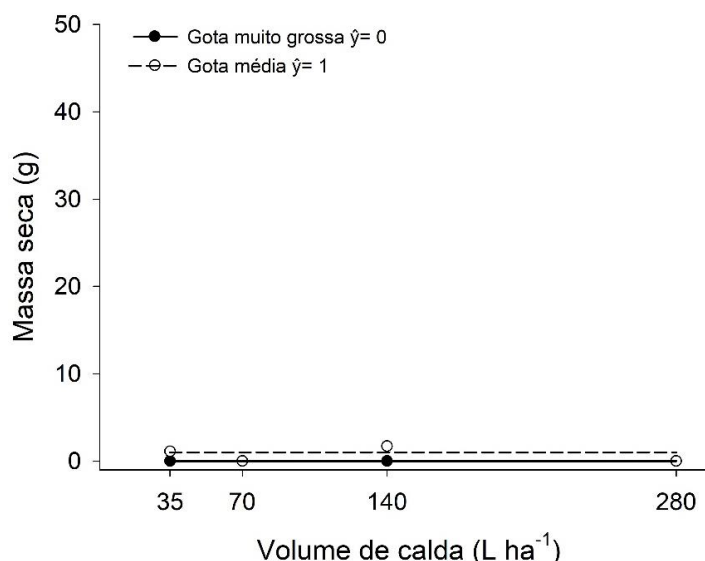


Figura 21: Massa de matéria seca de braquiária aos 21 dias após a aplicação de glyphosate em função do volume de calda e espectro de gotas.

Os valores de massa de matéria seca obtidos pelas combinações de volume de calda e espectro de gotas com a testemunha sem herbicidas estão dispostos na Tabela 9, onde se verifica que todos os tratamentos com herbicida diferiram da testemunha pelo teste de Dunnett.

Tabela 9: Valores de massa de matéria seca de braquiária aos 28 dias após aplicação de glyphosate em função do espectro de gotas e volume de calda.

Espectro de gotas	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Matéria seca (g vaso ⁻¹)
VC	35	0*
	70	0*
	140	0*
	280	0*
M	35	1,11*
	70	0*
	140	1,70*
	280	0*
Testemunha		98,73

As médias com asterisco na coluna diferem da testemunha ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett.

O glyphosate é um herbicida sistêmico com translocação via xilema e floema, que é facilmente absorvido pelas folhas e outras partes aéreas das plantas, portanto demanda baixa taxa de cobertura (OLIVEIRA JÚNIOR, et al., 2021), com controle eficiente em todos os volumes de calda e espectros de gotas avaliados, inclusive, no menor volume de 35 L ha⁻¹, com densidade de gotas de 23,8 gotas cm⁻² e 3,6 % de cobertura para gotas muito grossas. Resultado esse, inferior ao proposto por

Magdalena et al. (2010), que recomenda densidade de 30 a 40 gota cm^{-2} para eficácia de herbicidas sistêmicos.

Outros trabalhos também não constataram diferenças no volume de calda para aplicação de glyphosate sobre o controle de *U. ruziziensis* (ALMEIDA et al., 2014 e 2015; MORAES et al., 2021). Por outro lado, Creech et al. (2015) avaliando diferentes volumes de calda (47; 70; 94; 140; 187 e 281 L ha^{-1}) na aplicação de glyphosate, obtiveram melhores resultados quando foram utilizados os volumes de 70 e 94 L ha^{-1} .

Segundo Fontes (2012), gotas com diâmetro acima 400 μm classificadas como gotas muito grossas (ASABE, 2020), apresentam baixo risco de deriva e são indicadas para aplicação de produtos que demandam baixa taxa de cobertura, como aplicação de herbicidas em pré-emergência e aplicação de herbicidas sistêmicos. No entanto os dados desse trabalho propõem uma nova concepção, indicando que gotas muito grossas também podem ser utilizadas para aplicação de herbicidas translocados via xilema como a atrazine, bem como de herbicidas de contato como é o caso do fomesafen. Para o fomesafen deve-se atentar ao estágio de desenvolvimento das plantas daninhas e volume de calda empregado, volumes de calda inferiores a 65 L ha^{-1} podem proporcionar baixo índice de controle.

4. CONCLUSÕES

- A ponta TT11002 gera gotas com diâmetro da mediana volumétrica (DMV) de 466,1 μm na pressão de 1,0 bar e 292,5 μm na pressão de 4,0 bar, que são classificadas como muito grossas e médias, respectivamente.
- Máximos índices de controle de picão-preto com aplicação de fomesafen foram alcançados com volumes de calda superiores a 65 L ha⁻¹ e 52 L ha⁻¹ para gotas muito grossas e médias, respectivamente.
- O fomesafen não controlou plantas de corda-de-viola independente do volume de calda e espectro de gotas empregado.
- O atrazine proporcionou controle eficiente do picão-preto e corda-de-viola desde o menor volume de calda testado 35 L ha⁻¹ independente do espectro de gotas.
- O glyphosate proporcionou controle eficiente da braquiária desde o menor volume de calda testado 35 L ha⁻¹ independente do espectro de gotas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em <https://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10 julho. 2022.

AGUIAR, R.W.S.; ALVES, G.B.; QUEIROZ, A.P.; NASCIMENTO, I.R.; LIMA, M.F. Evaluation of Weeds as Virus Reservoirs in Watermelon Crops. **Planta Daninha**, v. 36. p. e 018171593, 2018.

ALMEIDA, D.P.; TIMOSSI, P.C.; LIMA, S.F.; SILVA, U.R. DA; REIS, E.F. Condições atmosféricas e volumes de aplicação na dessecação de *Urochloa ruziziensis* e vegetação espontânea. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.3, p. 245–251, 2014.

ALMEIDA, D.P.; TIMOSSI, P.C.; LIMA, S.F.; SILVA, U.R.; REIS, É.F. Classes de gotas e volumes de aplicação na dessecação de coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, n.1, p.73, 2015.

ALMEIDA, D.P.; AGOSTINI, A.R.; YAMAUCHI, A.K.; DECARO, S.T.; FERREIRA, M. C. Application Volumes and Sizes of Droplets for the Application of Diquat Herbicide in the Control of *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, v. 34, n.1, p. 171–179, 2016.

ALVARENGA, C.B. **Automatização de um pulverizador hidropneumático visando o controle de espectro em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar**. 2012. 119f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa - MG, 2012.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASABE Standard S-572.3**: Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, Michigan. 2020.

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

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL - ANDEF. "Manual de Tecnologia

de Aplicação de Produtos Fitossanitários". São Paulo: ANDEF, 2004. 50p.

BUENO, M.R.; ALVES, G.S.; PAULA, A.D.M.; CUNHA, J.P.A.R. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. **Planta Daninha**, v.31, n.3, p. 705–713, 2013.

BUENO, M.R.; CUNHA, J.P.A.R.; NAVES, M.G.; TAVARES, R.M. Deposição de calda e controle de plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. **Planta Daninha**, v.32, n.2, p. 447–454, 2014.

CAMARA, F.T.; SANTOS, J.L.; SILVA, E.A.; FERREIRA, M.D.C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.4, p. 740–749, 2008.

CAVALIERI, J. D. **Pontas e velocidade de deslocamento na deposição de gotas da pulverização na cultura do algodão**. 2013. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu - SP, 2013.

CREECH, C.F.; HENRY, R.S.; WERLE, R. SANDELL, L.D.; HEWITT, A.J.; KRUGER, G.R. Performance of Postemergence Herbicides Applied at Different Carrier Volume Rates. **Weed Technology**, v.29, n.3, p. 611–624, 2015.

CUNHA, J.P.A.R.; BUENO, M.R.; FERREIRA, M.C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v.28, p. 1153–1158, 2010.

FERGUSON, J.C.; HEWITT, A.J.; O'DONNELL, C.C. Pressure, droplet size classification, and nozzle arrangement effects on coverage and droplet number density using air-inclusion dual fan nozzles for pesticide applications. **Crop Protection**, v.89, p. 231-238, 2016.

FERREIRA NETO, A. **Controle do picão-preto (*Bidens pilosa*) em diferentes estádios de crescimento com aplicação noturna e diurna do herbicida Fomesafen**. 2019. 24p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2019.

FLECK, N.G.; VARGAS, L.; CUNHA, M.M.; ANDRES, A. Efeitos de parâmetros de aplicação na ação dessecante do herbicida sulfosate sobre plantas de arroz. **Planta Daninha**, v.17, n.1, p. 139-149, 1999.

FONTES, L.O. **Desempenho operacional de pontas de pulverização para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do melão**. 2012. 88f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Mossoró – RN, 2012.

FREITAS, F.C.L.; TEIXEIRA, M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p. 161-167, 2005.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; SOUZA, W.M.; MORAES, H.M.F.; PAIVA, A.C.G. Desafios e avanços na tecnologia de aplicação de herbicidas. *in*: MENDES, K.F.; SILVA, A.A. (Org.). **Plantas daninhas, herbicidas**. 2ª ed. São Paulo - SP: Oficina de textos, p. 155-200, 2022.

GARCIA, L.C.; RAETANO, C.G.; JUSTINO, A.; PURÍSSIMO, C. Dessecação da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) com herbicida de contato, em presença ou não de assistência de ar junto à barra do pulverizador, em diferentes volumes de calda. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p. 758-763, 2004.

GANDOLFO, U. D. **Influência de diferentes misturas em tanque contendo o herbicida 2,4-D no espectro de gotas da aplicação**. 2016. 44 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu - SP, 2016.

GRIESANG, F.; FERREIRA, M.C. Tecnologia de aplicação para herbicidas. *In*: BARROSO, A.A.M.; MURATA, A.T. (Org.). **Matologia: Estudos sobre plantas daninhas**. 1ª ed. Jaboticabal – SP: Fábrica da Palavra, p.428-449, 2021.

KOGAN, M.; ZUNIGA, M. Dew and Spray Volume Effect on Glyphosate Efficacy on JSTOR. **Weed Technology**, v.15, n.3, p. 590-593, 2001.

MAGDALENA, C.J.; CASTILLO, B.H.; DI PRINZIO, A.; HOMER, I. B.; VILLALBA, J.

Tecnología de aplicación de agroquímico. 1º ed. Argentina , 2010.

MANABE, P.M.S.; MATOS, C.C.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.F. da; SILVA, A.A. da; SEDIYAMA, T.; MANABE, A.; ROCHA, P.R.R.; SILVA, C.T. Efeito da competição de plantas daninhas na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal**, v.31, n.2, p. 333-343, 2015.

MARCHIORETTO, L. DE R.; DAL MAGRO, T. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas pós-emergentes na cultura do feijão. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, 2017.

MATUO, T.; PIO, L.C.; RAMOS, H.H.; FERREIRA, L.R. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos de aplicação. *In: ABEAS - Curso de proteção de plantas.* Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2006, 100 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods.** London, Longman, 1979. 334 p.

MORAES, H.M.F.E.; FERREIRA, L.R.; SOUZA, W.M.; FARIA, R.M.; FREITAS, M.A.M.; CECON, P.R. Spray volume, dose and time of day of glyphosate application in the control of *Urochloa brizantha*. **Bioagro**, v.33, n.3, p. 151-160, 2021.

MOTA, L.M.; BROCHADO, M.G. S.; AGUIAR, A.C.M.; SILVA, S.M.X.; MATIAS, S.R.S.; FREITAS, F.C.L. Controle de *Urochloa brizantha* cv. Marandu por Glifosato e sua interação com a disponibilidade de luz. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.6, p. 130-139, 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; BIFFE, D.F.; MACHADO, F.G.; SILVA, V.F.V. Mecanismos de Ação de Herbicidas. *In: BARROSO, A.A.M.; MURATA, A.T. (Org.). Matologia: Estudos sobre plantas daninhas.* 1ª ed. Jaboticabal – SP: Fábrica da Palavra, p.170-204, 2021.

PALLADINI, L.A.; RAETANO, C.G.; VELINI, E.D. Escolha de traçadores para a avaliação dos depósitos de pulverização. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p. 440-500, 2005.

PAZUCH, D.; TREZZI, M. M.; DIESEL, F.; BARANCELLI, M.V.J. BATISTEL, S.C.; PASINI, R. Superação de dormência em sementes de três espécies de *Ipomoea*.

Ciência Rural, v.45, n.2, p. 192-199, 2015.

PINHEIRO, J.B.; SILVA, G.O.; BISCAIA, D.; MACEDO, A.G.; CORREIA, N.M. Reaction of weeds, found in vegetable production areas, to root-knot nematodes *Meloidogyne incognita* and *M. enterolobii*. **Horticultura Brasileira**, v.37, n.4, p. 445-450, 2019.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.; V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

RODRIGUES, E.B.; ABI SAAB, O.J.G.; GANDOLFO, M.A. Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glifosato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p. 90-95, 2011.

SALES JÚNIOR, R. S.; SILVA NETO, A. N.; NEGREIROS, A. M. P.; GOMES, T.R.R.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; ARMENGOL, J. Patogenicidade de espécies de macrofomina coletadas de plantas daninhas em feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v.33, n.2, p. 395-401, 2020.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42 p.

SILVA, J.F.; SILVA, J.F.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A. Herbicidas: Absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. *In*: SILVA A.A.; SILVA JF, **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1ª ed. Viçosa, MG, UFV, p.149-188, 2009.

SILVA, L.O. **Doses de fomesafen e populações de plantas no controle de plantas daninhas e nas culturas do feijão e sorgo em sucessão**. 2016. 118f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras - MG, 2016.

SILVEIRA JÚNIOR, M.A. **Crescimento das culturas de feijão, milho e mandioca em competição com as plantas daninhas picão-preto e capim marmelada em função de densidade de plantas**. 2015. 88f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina – MG, 2015.

SPRAYING SYSTEMS CO. Teejet Technologies. **Catálogo 51A-PT**. Sede Wheaton, Illinois, EUA. 160p. 2014. Disponível em: https://www.teejet.com/CMSImages/TEEJET_PT/documents/catalogs/cat51a-pt.pdf
Acesso em: 20 de julho de 2021.

THELEN, K.D.; JACSON, E.P., PENNER, D. The bases for the hard antagonism of glyphosate activity. **Weed Science**, v.43, p. 541-548, 1995.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Herbicidas e a qualidade química da água usada como diluente**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 8 p.