



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CAMPUS SEDE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Deyziane Carla França de Souza

**Avaliação da vazão de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio**

Recife  
2024

Deyziane Carla França de Souza

**Avaliação da vazão de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Agrícola e Ambiental do Campus Recife da Universidade Federal rural de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientadora: Dra. Juliana Pinheiro Dadalto.

Recife

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S729a Souza, Deyziane Carla França  
Avaliação da vazão de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio / Deyziane Carla França  
Souza. - 2024.  
34 f. : il.

Orientadora: Juliana Pinheiro Dadalto.  
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, 2024.

1. ponta. 2. jato cônico vazio. 3. pulverização. I. Dadalto, Juliana Pinheiro, orient. II. Título

CDD 628

---



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

DOCUMENTO DE REGISTRO DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao 01 dia do mês de março de 2024 às 09 horas, realizou-se a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado: “**Avaliação da vazão de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio**”, pela aluna **Deyziane Carla França de Souza** de acordo com as Normas Gerais dos Cursos de Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco e complementadas pelas Normas Internas (PPC) do Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental aprovadas pelo Colegiado de Coordenação Didática do Curso.

A Comissão examinadora foi composta pelos professores:

Juliana Pinheiro Dadalto (Orientadora)

Daniella de Moura Amorim (Membro participante)

Marco Antônio Zanella (Membro participante)

Após a apresentação do TCC e efetuadas as arguições, a aluna recebeu da comissão examinadora os seguintes conceitos.

Membro

Juliana Pinheiro Dadalto

Daniella de Moura Amorim

Marco Antônio Zanella

Nota

Recife, 01 de março de 2024.

Dedico este trabalho aos meus queridos pais que são os meus maiores  
exemplos de perseverança.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus pela minha vida e por proporcionar a efetivação dos meus principais objetivos da carreira acadêmica.

Aos meus pais e irmã, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha necessidade de dedicação contínua no processo de aprendizagem.

Ao meu querido Marido, por ser meu alicerce no decorrer do processo de formação acadêmica.

À instituição de ensino Universidade Federal Rural de Pernambuco, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

A professora Juliana Pinheiro Dadalto, por ter sido minha orientadora e ter desempenhado tal função com dedicação, paciência, empatia e amizade.

Aos docentes da Banca examinadora, pela sua disponibilidade de tempo para contribuir com o meu processo de aprendizado.

A Fazenda Palmares que contribuiu e possibilitou a obtenção de dados para a realização deste trabalho.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.



“Conhecimento não tem valor a menos que você o coloque em prática.” (Anton Chekhov)

## RESUMO

Ao buscar distribuição uniforme na aplicação de fitossanitários, as escolhas e o monitoramento das pontas de pulverização tornam-se papel indispensável no que se refere a eficácia do tratamento e eficiência de operação. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de vazão e o seu perfil de distribuição de pulverização de três conjuntos de bico de jato cônico vazio com vazões nominais distintas da marca Teejet. Os bicos possuem corpo construído em polipropileno e inserto de cerâmica, foram submetidos aos parâmetros de espaçamento, pressão e velocidade de trabalho que são comumente utilizados em suas operações diárias. A aferição foi realizada com o auxílio de um fluxômetro digital, que realizou leituras unitárias de cada ponta em um período de 5 segundos. Foi possível obter para o conjunto de pontas TXA8001VK a constatação de 9 pontas irregulares, que correspondem a 12% da área de pulverização, já para o conjunto TXA8003VK foram identificadas 19 pontas irregulares, correspondendo a 26% da área de pulverização e, por fim, para o conjunto TXA80015 foram constatados 22 pontas irregulares, correspondendo a 30% da área de pulverização. As pontas irregulares foram responsáveis por causar uma variação de +1,8 %, - 5,67% e -3,13% na taxa de aplicação, respectivamente. O conjunto das pontas TXA8001VK e TXA80015 apresentaram menor desvio padrão e coeficientes de variação, indicando uma uniformidade maior quando comparado ao conjunto TXA8003VK que apresentou pior estado de conservação.

**Palavras-chave:** Eficiência; Fitossanitários; Uniformidade.



## ABSTRACT

In the search for uniform distribution in the application of plant protection products, the choice and monitoring of spray tips plays an indispensable role in terms of treatment effectiveness and operational efficiency. The aim of this study was to evaluate the flow uniformity and spray distribution profile of three sets of Teejet empty conical jet nozzles with different nominal flow rates. The nozzles have polypropylene bodies and ceramic inserts and were subjected to the spacing, pressure and working speed parameters that are commonly used in daily operations. Measurement was carried out using a digital flow meter, which took unit readings of each tip over a period of 5 seconds. For the TXA8001VK nozzle set, 9 irregular nozzles were found, corresponding to 12% of the spray area; for the TXA8003VK set, 19 irregular nozzles were identified, corresponding to 26% of the spray area; and finally, for the TXA80015 set, 22 irregular nozzles were found, corresponding to 30% of the spray area. The irregular tips were responsible for causing a variation of +1.8%, -5.67% and -3.13% in the application rate, respectively. The TXA8001VK and TXA80015 set of tips had lower standard deviations and coefficients of variation, indicating greater uniformity when compared to the TXA8003VK set, which had a lower standard deviation.

**Keywords:** Efficiency; Plant health; Uniformity.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados conjunto da ponta TXA8001VK.....	24
Quadro 2 – Dados conjunto da ponta TXA8003VK.....	26
Quadro 3 – Dados conjunto da ponta TXA80015VK.....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros ensaio da ponta <b>TXA8001VK</b> .....	21
Tabela 2 – Parâmetros ensaio da ponta <b>TXA80015VK</b> .....	21
Tabela 3 – Parâmetros ensaio da ponta <b>TXA8003VK</b> .....	21
Tabela 4 – Vazão das seções estudadas.....	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Fazenda Palmares. ....	18
Figura 2 – Pulverizador John Deere M4030 .....	18
Figura 3 –Torre de bicos .....	19
Figura 4 – Fluxômetro Digital .....	20
Figura 5 – Pontas ensaiadas.....	21
Figura 6 – Variação de vazão ponta TXA8001VK. ....	25
Figura 7 – Variação de vazão ponta TXA8003VK. ....	27
Figura 8 – Gráfico da variação de vazão ponta TXA80015VK. ....	29
Figura 9 – Perfil de deposição média por minuto da calda nas seções TXA8001VK..	31
Figura 10 – Perfil de deposição média por minuto da calda nas seções TXA8003VK	31
Figura 11 – Perfil de deposição média por minuto da calda nas seções TXA80015VK .....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

l/min	Litros por minuto
kPa	quilo pascal
l/ha	Litros por hectare
cm	Centímetros
m	Metros
km/h	Quilômetros por hora

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
2.1	LOCAL DE ESTUDO .....	17
2.2	PULVERIZADOR UTILIZADO NO ESTUDO .....	18
2.2.1	<b>Parâmetros de Ensaio</b> .....	<b>20</b>
2.2.2	<b>Taxa de aplicação</b> .....	<b>21</b>
2.2.3	<b>Comparativo de conjunto de pontas visando a uniformidade de aplicação</b> .....	<b>22</b>
2.2.4	<b>Faixa de Aplicação</b> .....	<b>22</b>
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	22
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A aplicação de produtos fitossanitários pode melhorar resistência aos danos causados por patologias e pragas. Essa aplicação é realizada, normalmente, utilizando pulverização hidráulica, que é definida como “processo mecânico de geração de gotas” (Cordeiro, 2001; Matuo et al., 2001). As pontas de pulverização estão relacionadas à precisão e à segurança na aplicação dos produtos fitossanitários.

A eficiência do tratamento fitossanitário, não depende somente da quantidade de ingrediente ativo depositado sobre o alvo, mas principalmente pela qualidade e uniformidade de distribuição sobre o mesmo. Dessa forma a correta seleção, regulagem e calibração dos pulverizadores e seus componentes são de suma importância para a adequada distribuição das gotas sobre o alvo (RODRIGUES, 2006).

Pontas desgastadas pela corrosão causada pelo acúmulo de produto químico incompatíveis ou em estado precário de conservação como a presença de filtro sujos, tubulação obstruída por dobras e desalinhamento dos suportes dos bicos podem causar perdas significativas e, conseqüentemente, o aumento do risco de contaminação do meio ambiente. É indispensável que o circuito hidráulico contenha mangueiras posicionadas adequadamente para evitar a ocorrência de rachaduras ou deposição de gotas em partes estruturais dos pulverizadores, tal como, evitar obstrução do fluxo da calda. Desta forma, Gandolfo (2001) destaca que, 48,7% dos pulverizadores apresentam ao menos uma mangueira danificada, observou também que, em 60,5% destas máquinas o posicionamento das mangueiras na barra de pulverização se encontrava de forma inadequada, formando um obstáculo entre a ponta de pulverização e o alvo a ser atingido. Com esta precariedade encontrada nas máquinas agrícolas voltadas para pulverização de agrotóxicos, há necessidade que sejam realizadas avaliações criteriosas nesses equipamentos e que haja padronização de quais itens serão considerados nas inspeções de pulverizadores (MÁRQUEZ, 2001).

Christofoletti (1999) define o bico de pulverização como o conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico, através do qual a calda é emitida para fora da máquina. Esse conjunto é composto de diversas partes, na qual a ponta de pulverização desempenha a função mais importante sendo responsável por regular a

vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido. As pontas de jato cônico vazio produzem, em geral, gotas finas, que apresentam trajetórias tangenciais, que facilitam a penetração das gotas no dossel das plantas (ZHU et al., 2004). Cross et al. (2001) relatam que, em condições ótimas, gotas de pequeno diâmetro proporcionam maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo. Pontas de pulverização de jato cônico vazio que tem por características a sua utilização em pressões mais elevadas do que as de jato plano, produzindo gotas menores e presença de furos exclusivamente nas laterais dos difusores, resultando na deposição de gotas concentradas somente na periferia do cone.

O conhecimento das condições de trabalho e o desempenho das pontas de pulverização, para Christofletti (1999), são fundamentais quando se busca uma aplicação adequada, eficiente e econômica. Entende-se que, para se realizar pulverizações precisas, os pulverizadores devem estar em boas condições de uso, sendo que, este fator está relacionado diretamente com a sua manutenção. Segundo Fernandes et al. (2010), é necessário que as pontas estejam conservadas ou novas. O uso de pontas desgastadas ou inadequados contribui para ineficiência das aplicações. (QUEIROZ, 2020).

Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a vazão das pontas de pulverização em função da velocidade e pressão, assim como determinar a aptidão para utilização baseado no seu estado de conservação.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 LOCAL DE ESTUDO**

O experimento foi realizado em uma fazenda produtora de Algodão, milho e soja. A Fazenda Palmares (Lat. 11°48'49,004" S e Long. 45°38'41,990" W) está localizada em Barreiras, Bahia (BA) na região do cerrado brasileiro no ano de 2023. Tendo por suas condições climáticas céu claro plenamente ensolarado com temperatura aproximada de 27° Celsius.



Figura 1– Fazenda Palmares.  
Fonte: Slc Agrícola.

## 2.2 PULVERIZADOR UTILIZADO NO ESTUDO

Foram avaliadas 3 pontas de pulverização de jato cônico vazio. Todas as pontas utilizadas eram da marca Teejet, construídas em polipropileno e cerâmica, visando resistência química e ao desgaste. O Pulverizador do tipo barra em que estavam as pontas foi o John Deere M4030 (Figura 2), o tanque de solução de 3.000 litros com barra de 36 metros em fibra de carbono, equipado com o sistema inteligente de controle individual de bicos Pro, que visa reduções nos custos e menos sobreposições de aplicação. O pulverizador era composto por 72 torre com cinco bicos (Figura 3) e espaçamento entre as torres de 50 centímetros.

Para a aferição dos volumes foram escolhidas as pontas não testadas no ano de 2023, as 72 unidades de pontas TXA8001VK, 72 unidades de pontas TXA8003VK, 72 unidades de pontas TXA80015VK.



Figura 2 – Pulverizador John Deere M4030  
Fonte: Deyziane França.



Figura 3 –Torre de bicos  
Fonte: Catálogo JhonDeere.

A aferição foi iniciada pela calibração do fluxômetro digital feito para medir a vazão dos bicos do pulverizador. Segundo a ISO 16122 (2015), o equipamento utilizado para determinação da vazão das pontas não deve ser necessariamente eletrônico. No entanto, não deve apresentar erro superior a  $\pm 2\%$ , o que foi possível com a utilização de provetas de vidro com capacidade volumétrica de um litro.

Foi coletada a vazão de três torres, a fim de determinar a vazão média individual das pontas e comparar com os valores do fluxômetro digital. Com o auxílio do manômetro foi possível aferir também as pressões nas operações de coleta para cada jogo de ponta analisado, sendo que a vazão do bico varia com a pressão de pulverização. De maneira geral, para dobrar o fluxo que passa pelo bico, a pressão deve ser acrescida em quatro vezes.

Logo após a calibração, foi realizada a coleta da vazão com o equipamento “*Fluxin*” (Figura 4). Esse equipamento de medição de fluxo foi acoplado a saída das pontas de pulverização durante cinco segundos, realizando leituras da quantidade de calda está saindo pela ponta avaliada. Os dados coletados são enviados a um aplicativo de celular utilizando conexão bluetooth, onde é possível armazenar as coletas das leituras feitas em todo equipamento, também, foi inserido para cada ponta parâmetros diferentes para as suas devidas avaliações.



Figura 4 – Fluxômetro Digital  
Fonte: Aline Leal.

### 2.2.1 Parâmetros de Ensaio

O espaçamento foi definido baseado na (ISO 16122, 2015), que preconiza a distribuição entre bicos de acordo com as recomendações técnicas do fabricante da ponta utilizada, sendo que a distância máxima aceitável é de  $\pm 5\%$  da recomendação padrão. A faixa de velocidade de trabalho adotada levou em consideração a capacidade do trator, topografia e relevo da área a ser pulverizada. A vazão nominal foi calculada a partir da velocidade de operação, espaçamento entre pontas e a taxa de aplicação requerida para o trabalho. A determinação da vazão foi realizada, utilizando velocidade e pressão de trabalho adequados a cada tipo de ponta.

Para os conjuntos foram utilizados parâmetros que corresponde a necessidade de aplicação em relação a cultura e seu estágio sendo a tabela 1 e tabela 2 para o estágio R3 da soja que é dada pelo início do desenvolvimento das vagens, conhecido também como fase de canivetinho, onde as vagens apresentam até 5 mm de comprimento. Já na tabela 3 representa o parâmetro do combate à daninhas na cultura do milho.

Tabela 1 – Parâmetros ensaio da ponta **TXA8001VK**

Modelo	TXA8001VK - Conejet
Vazão nominal	0,47 L/min
Pressão	450,00 KPa
Velocidade do pulverizador	19,00 Km/h
Espaçamento entre bicos	50 Cm
Taxa de aplicação requerida	30L/ha

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 2 – Parâmetros ensaio da ponta **TXA80015VK**

Modelo	TXA80015VK - Conejet
Vazão nominal	0,75 L/min
Pressão	496,00 KPa
Velocidade do pulverizador	22,00 Km/h
Espaçamento entre bicos	50 Cm
Taxa de aplicação requerida	38 L/ha

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 3 – Parâmetros ensaio da ponta **TXA8003VK**

Modelo	TXA8003VK - Conejet
Vazão nominal	1,25 L/min
Pressão	348,00 KPa
Velocidade do pulverizador	22,00 Km/h
Espaçamento entre bicos	50 Cm
Taxa de aplicação requerida	75 L/ha

Fonte: elaborado pela autora



Figura 5 – Pontas ensaiadas

Fonte: spraytech

### 2.2.2 Taxa de aplicação

Foi necessário também avaliar a taxa de aplicação, tendo em vista a sua relação direta com a vazão das pontas de pulverização. Foi determinada a taxa de aplicação utilizando a equação (1).

$$Q = (q \cdot 60000) / V \cdot E \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

Q = Taxa de aplicação (l/ha)

q = Vazão média dos bicos (l/min )

V = velocidade de deslocamento (km/ h)

E = Espaçamento entre bico (cm)

### 2.2.3 Comparativo de conjunto de pontas visando a uniformidade de aplicação

Tal como foi avaliar qual conjunto de pontas de pulverização estava em condições mais adequadas de uso, isto foi possível realizando o a seccionamento da barra onde Seção: 1 (1-17), 2 (18-34), Centro (35,36,37,38), 3 (39-55) e 4 (56-72). Obtendo o valor médio da seção e avaliando a uniformidade com o seu desvio padrão da vazão nominal.

### 2.2.4 Faixa de Aplicação

Tendo a faixa de aplicação total de 36 metros de barra de pulverização, cada ponta corresponde a um espaçamento de aplicação, desta forma foi calculada a faixa afetada com a equação (2).

$$F = 0,5 \cdot Np \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

F= Faixa afetada, (M).

Np= Número de pontas fora da faixa aceitável.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o processo de avaliação da vazão dos conjuntos de ponta de forma individual foi definido a faixa de tolerância de  $\pm 10\%$  da vazão nominal. Sendo possível observar o comportamento de cada uma delas em relação a sua vazão nominal tal como a relação com às suas faixas aceitáveis de vazão.

Para a ponta TXA8001VK (Tabela 1) a vazão de trabalho é 0,47 l/min o que resulta numa vazão máxima aceitável de 0,51 l/min e a vazão mínima aceitável de 0,42 l/min, logo foi possível mensurar a porcentagem de pontas que estavam fora da faixa aceitável.

Comparando a vazão individual e os valores máximos e mínimos admitidos para o jogo de ponta de pulverização do tipo TXA8001VK foram constatados 9 pontas irregulares, correspondendo a 12% da área de pulverização, onde 11% da área estavam com pontas de vazão acima do permitido e 1% da área com pontas de vazão abaixo do permitido; Sendo as pontas de nível crítico apresentando vazão de 1,05 l/min correspondendo a 123,40% acima da vazão nominal (ponta 52) e 0,35 l/min, correspondendo a 25,53% abaixo da vazão nominal (ponta 50), responsáveis pelos maiores picos de variação na figura 6 que representa o comportamento das pontas em relação a vazão máxima, mínima e aceitável do conjunto TXA8001VK. Sendo litros por minuto coletado, a soma de todas as pontas do quadro 1 totalizando 34,81. Utilizando a fórmula da taxa de aplicação, taxa de aplicação real deste conjunto de pontas de 30,54 l/ha.

Quadro 1 – Dados conjunto da ponta TXA8001VK

Ponta	Vazão(l/min)	Erro	Ponta	Vazão(l/min)	Erro
1	0,43	8,51%	37	0,42	10,00%
2	0,45	4,25%	38	0,48	2,12%
3	0,45	4,25%	39	0,48	2,12%
4	0,48	2,12%	40	0,45	4,25%
5	0,43	8,51%	41	0,44	6,38%
6	0,46	2,12%	42	0,43	8,51%
7	0,44	6,38%	43	0,44	6,38%
8	0,45	4,25%	44	0,52	10,63%
9	0,46	2,12%	45	0,44	6,38%
10	0,44	6,38%	46	0,5	6,38%
11	0,47	0,00%	47	0,5	6,38%
12	0,43	8,51%	48	0,49	4,25%
13	0,43	8,51%	49	0,45	4,25%
14	0,51	10,00%	50	0,35	25,53%
15	0,42	10,00%	51	0,43	8,51%
16	0,51	10,00%	52	1,05	123,40%
17	0,46	2,12%	53	0,45	4,25%
18	0,44	6,38%	54	0,88	87,23%
19	0,43	8,51%	55	0,44	6,38%
20	0,43	8,51%	56	0,48	2,12%
21	0,43	8,51%	57	0,8	70,21%
22	0,45	4,25%	58	0,45	4,25%
23	0,45	4,25%	59	0,5	6,38%
24	0,43	8,51%	60	0,5	6,38%
25	0,46	2,12%	61	0,72	53,19%
26	0,46	2,12%	62	0,51	10,00%
27	0,55	17,02%	63	0,46	2,12%
28	0,51	10,00%	64	0,47	0,00%
29	0,51	10,00%	65	0,45	4,25%
30	0,52	10,63%	66	0,51	10,00%
31	0,47	0,00%	67	0,53	12,76%
32	0,44	6,38%	68	0,48	2,12%
33	0,44	6,38%	69	0,47	0,00%
34	0,43	8,51%	70	0,48	2,12%
35	0,45	4,25%	71	0,47	0,00%
36	0,44	6,38%	72	0,43	8,51%

Fonte: elaborado pela autora

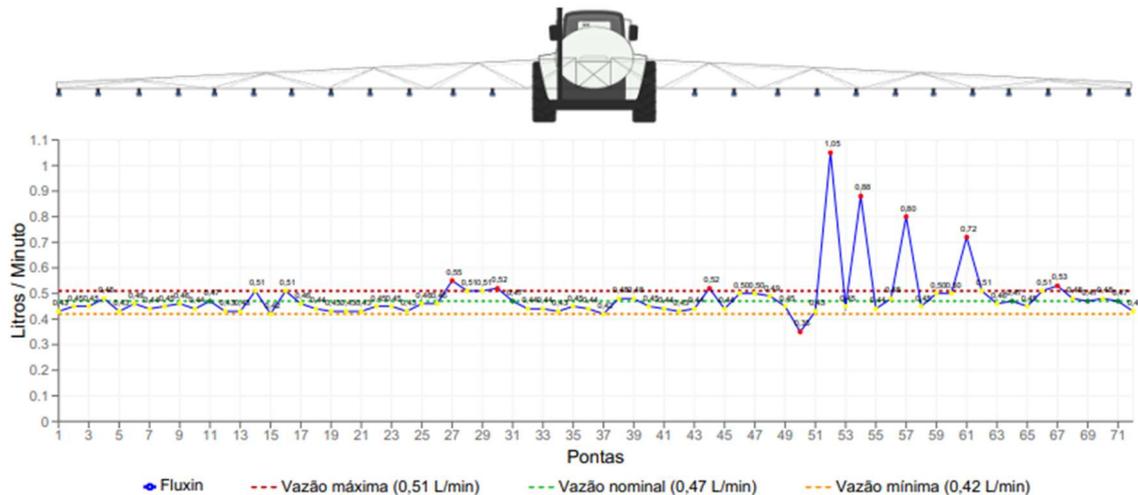


Figura 6 – Variação de vazão ponta TXA8001VK.

Fonte: Aplicativo Fluxin

Já para o conjunto de ponta TXA8003VK a vazão nominal informada de 1,25 l/min resulta-se uma vazão máxima aceitável de 1,37 l/min e a vazão mínima aceitável de 1,12 l/min. Para essa ponta foram constatados 19 pontas irregulares, correspondendo a 26% da área de pulverização, onde 19% da área estava com pontas de vazão acima do permitido e 6% da área com pontas de vazão abaixo do permitido. A maior vazão individual observada, nessa ponta, foi 2,30 l/min correspondendo a 83,99% acima da vazão nominal (ponta 37). A mínima vazão foi 1,01 l/min, correspondendo a 19,20% abaixo da vazão nominal (ponta 8), responsáveis pelos maiores picos de variação na figura 7 que representa o comportamento das pontas em relação a vazão máxima, mínima e aceitável do conjunto TXA8003VK. Tendo total de litros por minuto no quadro 2 de 93,39 coletado, apresentou taxa de aplicação de 70,75 l/ha.

Quadro 2 – Dados conjunto da ponta TXA8003VK

<b>Ponta</b>	<b>Vazão(l/min)</b>	<b>Erro</b>	<b>Ponta</b>	<b>Vazão(l/min)</b>	<b>Erro</b>
<b>1</b>	1,12	10,00%	<b>37</b>	2,3	83,99%
<b>2</b>	2,1	68,00%	<b>38</b>	1,19	4,79%
<b>3</b>	1,2	4,00%	<b>39</b>	1,13	9,60%
<b>4</b>	1,2	4,00%	<b>40</b>	1,19	4,79%
<b>5</b>	1,19	4,79%	<b>41</b>	1,32	5,59%
<b>6</b>	1,26	0,79%	<b>42</b>	1,23	1,59%
<b>7</b>	1,18	5,59%	<b>43</b>	1,13	9,60%
<b>8</b>	1,01	19,20%	<b>44</b>	1,21	3,20%
<b>9</b>	1,22	2,40%	<b>45</b>	1,47	17,59%
<b>10</b>	1,25	0,00%	<b>46</b>	1,05	16,00%
<b>11</b>	1,24	0,79%	<b>47</b>	1,21	3,20%
<b>12</b>	1,38	10,40%	<b>48</b>	1,13	9,60%
<b>13</b>	1,21	3,20%	<b>49</b>	1,27	1,59%
<b>14</b>	1,87	49,59%	<b>50</b>	1,23	1,59%
<b>15</b>	1,2	4,00%	<b>51</b>	1,13	9,60%
<b>16</b>	2,22	77,60%	<b>52</b>	1,4	12,00%
<b>17</b>	1,18	5,59%	<b>53</b>	1,26	0,79%
<b>18</b>	1,14	8,80%	<b>54</b>	1,3	4,00%
<b>19</b>	1,31	4,79%	<b>55</b>	1,22	2,40%
<b>20</b>	1,25	0,00%	<b>56</b>	1,2	4,00%
<b>21</b>	1,37	10,00%	<b>57</b>	1,41	12,79%
<b>22</b>	1,18	5,59%	<b>58</b>	1,31	4,79%
<b>23</b>	1,23	1,59%	<b>59</b>	1,28	2,40%
<b>24</b>	1,05	16,00%	<b>60</b>	1,21	3,20%
<b>25</b>	1,24	0,79%	<b>61</b>	1,23	1,59%
<b>26</b>	1,3	4,00%	<b>62</b>	1,33	6,40%
<b>27</b>	1,07	14,40%	<b>63</b>	1,31	4,79%
<b>28</b>	1,68	34,40%	<b>64</b>	1,31	4,79%
<b>29</b>	1,46	16,79%	<b>65</b>	1,23	1,59%
<b>30</b>	1,42	13,59%	<b>66</b>	1,33	6,40%
<b>31</b>	1,2	4,00%	<b>67</b>	1,41	12,79%
<b>32</b>	1,21	3,20%	<b>68</b>	1,08	13,59%
<b>33</b>	1,18	5,59%	<b>69</b>	1,32	5,59%
<b>34</b>	1,17	6,40%	<b>70</b>	1,44	15,20%
<b>35</b>	1,16	7,20%	<b>71</b>	1,27	1,59%
<b>36</b>	1,38	10,40%	<b>72</b>	1,32	5,59%

Fonte: elaborado pela autora

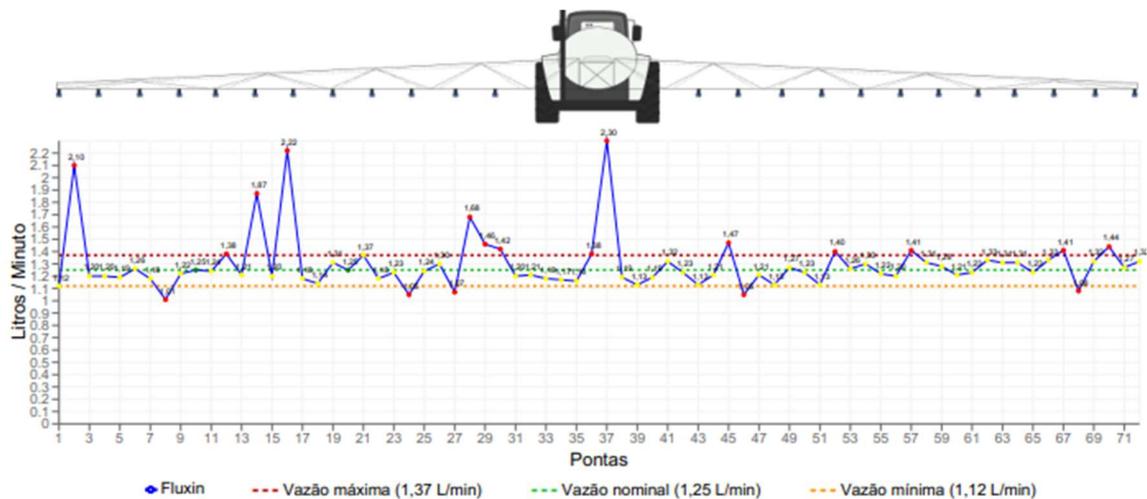


Figura 7 – Variação de vazão ponta TXA8003VK.

Fonte: Aplicativo Fluxin

E para o conjunto de pontas TXA80015VK com vazão de trabalho informada 0,75 l/min resulta-se uma vazão máxima aceitável de 0,82 l/min e a vazão mínima aceitável de 0,75 l/min. Para essa ponta foram constatados 22 pontas irregulares, correspondendo a 30% da área de pulverização, onde 2% da área estavam com pontas de vazão acima do permitido e 28% da área com pontas de vazão abaixo do permitido; Sendo as pontas de nível crítico apresentando vazão de 0,85 l/min correspondendo a 13,33% acima da vazão nominal (ponta 65) e 0,39 l/min, correspondendo a 48% abaixo da vazão nominal (ponta 15), responsáveis pelos maiores picos de variação na figura 8 que representa o comportamento das pontas em relação a vazão máxima, mínima e aceitável do conjunto TXA80015VK .

Com volume total coletado (quadro 3) de 48,59 l/min a taxa de aplicação, calculada, para esse conjunto foi de 36,81 l/ha.

Quadro 3 – Dados conjunto da ponta TXA80015VK

<b>Ponta</b>	<b>Vazão(l/min)</b>	<b>Erro</b>	<b>Ponta</b>	<b>Vazão(l/min)</b>	<b>Erro</b>
<b>1</b>	0,76	1,33%	<b>37</b>	0,72	4,00%
<b>2</b>	0,73	2,66%	<b>38</b>	0,68	9,33%
<b>3</b>	0,67	10,00%	<b>39</b>	0,72	4,00%
<b>4</b>	0,69	8,00%	<b>40</b>	0,71	5,33%
<b>5</b>	0,67	10,00%	<b>41</b>	0,44	41,33%
<b>6</b>	0,62	17,33%	<b>42</b>	0,72	4,00%
<b>7</b>	0,71	5,33%	<b>43</b>	0,71	5,33%
<b>8</b>	0,65	13,33%	<b>44</b>	0,65	13,33%
<b>9</b>	0,67	10,00%	<b>45</b>	0,57	24,00%
<b>10</b>	0,71	5,33%	<b>46</b>	0,63	16,00%
<b>11</b>	0,66	12,00%	<b>47</b>	0,72	4,00%
<b>12</b>	0,59	21,33%	<b>48</b>	0,69	8,00%
<b>13</b>	0,52	30,66%	<b>49</b>	0,72	4,00%
<b>14</b>	0,68	9,33%	<b>50</b>	0,68	9,33%
<b>15</b>	0,39	48,00%	<b>51</b>	0,7	6,66%
<b>16</b>	0,68	9,33%	<b>52</b>	0,72	4,00%
<b>17</b>	0,68	9,33%	<b>53</b>	0,72	4,00%
<b>18</b>	0,68	9,33%	<b>54</b>	0,67	10,00%
<b>19</b>	0,72	4,00%	<b>55</b>	0,67	10,00%
<b>20</b>	0,76	1,33%	<b>56</b>	0,69	8,00%
<b>21</b>	0,61	18,66%	<b>57</b>	0,69	8,00%
<b>22</b>	0,7	6,66%	<b>58</b>	0,69	8,00%
<b>23</b>	0,69	8,00%	<b>59</b>	0,67	10,00%
<b>24</b>	0,66	12,00%	<b>60</b>	0,67	10,00%
<b>25</b>	0,54	28,00%	<b>61</b>	0,67	10,00%
<b>26</b>	0,65	13,33%	<b>62</b>	0,68	9,33%
<b>27</b>	0,64	14,66%	<b>63</b>	0,83	10,66%
<b>28</b>	0,71	5,33%	<b>64</b>	0,76	1,33%
<b>29</b>	0,69	8,00%	<b>65</b>	0,85	13,33%
<b>30</b>	0,68	9,33%	<b>66</b>	0,69	8,00%
<b>31</b>	0,64	14,66%	<b>67</b>	0,63	16,00%
<b>32</b>	0,68	9,33%	<b>68</b>	0,7	6,66%
<b>33</b>	0,66	12,00%	<b>69</b>	0,7	6,66%
<b>34</b>	0,65	13,33%	<b>70</b>	0,69	8,00%
<b>35</b>	0,68	9,33%	<b>71</b>	0,64	14,66%
<b>36</b>	0,67	10,00%	<b>72</b>	0,71	5,33%

Fonte: elaborado pela autora

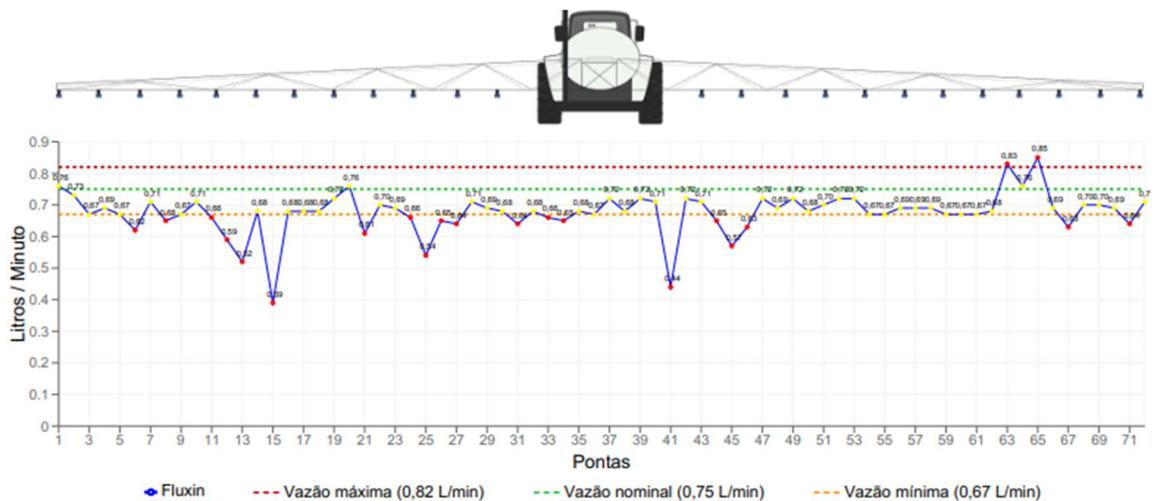


Figura 8 – Gráfico da variação de vazão ponta TXA80015VK.  
Fonte: Aplicativo Fluxin

As vazões determinadas para todas as pontas avaliadas em cada seção definida podem ser observadas na tabela 4. É possível notar que apesar do perfil de deposição das pontas TXA8003VK apresenta maior desvio padrão, devido a variação ao longo de todas as seções da barra enquanto os conjuntos TXA8001VK e TXA80015VK apresentaram menor desvio padrão e coeficientes de variação, dado a variação em apenas duas seções da barra de pulverização, indicando uma uniformidade maior em relação a ponta TXA8003VK que apresenta pior estado de conservação, maior desgaste e/ou obstrução em suas pontas.

Tabela 4 – Vazão coletadas nas seções estudadas.

Seções	Vazão coletada (L/min)		
	TXA8001VK	TXA8003VK	TXA80015VK
1	0,45	1,35	0,65
2	0,46	1,26	0,67
Centro	0,45	1,51	0,69
3	0,51	1,23	0,67
4	0,51	1,29	0,70
Média	0,48	1,33	0,68
Desvio Padrão	0,03	0,11	0,02
Coefficiente de Variação (%)	6,25	8,27	2,9

Fonte: elaborado pela autora

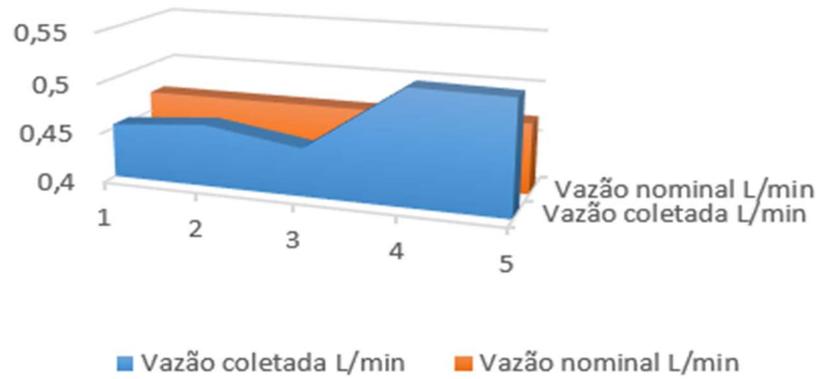
Siqueira e Antuniassi (2011), trabalhando com inspeção de pulverizadores, observaram que as falhas no processo de pulverização de maior frequência ocorreram

principalmente no estado e na conservação das pontas de pulverização e calibração com erros maiores de 50% da taxa de aplicação desejada. Dados encontrados também por Silveira et al. (2006), que constataram desgaste de 34% das pontas, refletindo negativamente na vazão. Na procura da causa para o alto índice de pontas operando com vazão acima da média, destacam-se a limpeza incorreta das pontas com material abrasivo que causam rompimentos ao orifício de saída de calda, provocando um maior erro na aplicação de defensivos. Resultados semelhantes foram encontrados por Magdalena & Di Prinzio (1992), que constataram 70% das máquinas avaliadas com pontas desgastadas. Ramos & Cortés (2006) encontraram 94% dos equipamentos com variação de vazão nas pontas, em relação à vazão nominal, superior a 15%. Segundo Ramos & Pio (2003), quando três ou mais pontas, num conjunto de 12, apresentam a vazão alterada em 10% ou mais, recomenda-se a troca de todo o conjunto.

O perfil de deposição volumétrica exposta nas figuras 9,10 e 11 foi determinado com base nos volumes de seção coletados por minuto, entendendo que uma das formas mais eficazes de quantificar a uniformidade de distribuição numa pulverização é por meio da análise da deposição do produto, expressa pelo coeficiente de variação (CV), a ponta TXA8001VK na figura 9 apresenta menor volume no centro com crescimento brusco nas extremidades finais (pontos 4, 5) sinalizando a presença de duas pontas (52,57) com alto índice de desgaste mudando o comportamento da seção de forma abrupta.

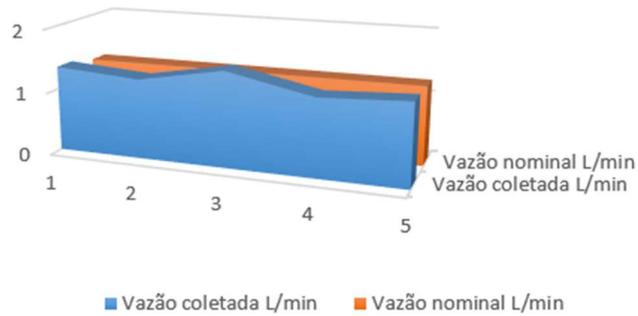
Ao contrário na figura 10 a ponta TXA8003VK apresenta maior volume no centro, com quedas nas mediações e crescimento gradativo nas extremidades, o que demonstra grandes variações, ou seja maior CV. Já o perfil volumétrico da figura 11 representando a ponta TXA80015 apresenta menor coeficiente de variação devido a presença de mais pontas abaixo do volume do que as anteriores.

Figura 9 – Perfil de deposição média por minuto da calda nas seções TXA8001VK



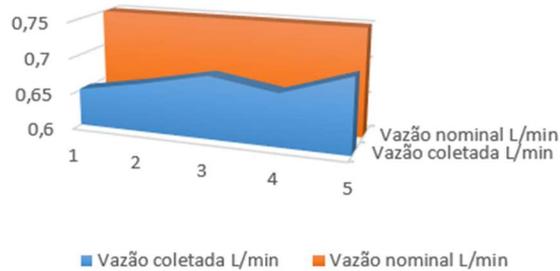
Fonte: elaborado pela autora

Figura 10 – Perfil de deposição média por minuto da calda nas seções TXA8003VK



Fonte: elaborado pela autora

Figura 11 – Perfil de deposição média por minuto da calda nas seções TXA80015VK



Fonte: elaborado pela autora

### 3 CONCLUSÃO

- A vazão coleta das pontas de jato cônico analisadas refletem em uma variação pouco significativa na taxa de aplicação.
- Quanto a deposição no alvo, os conjuntos das pontas de pulverização analisados impactam negativamente na eficácia de controle e no custo da operação agrícola, tendo em vista que todos os conjuntos avaliados apresentaram vazões inadequadas entre 12% a 30% da área de operação
- A aplicação de defensivos agrícolas tem influência direta na desestruturação da biodiversidade, podendo contaminar águas de rios e mares devido a rápida dissipação dos fitossanitários nos solos, nas águas dado pela sua capacidade de escoamento, tal como a elevação de intoxicações à saúde humana tanto a exposição ação direta dos agricultores, quanto no consumo do alimento com índices impróprios de compostos químicos com alto poder contaminante.
  - Visando boa eficiência na aplicação o que poderá reduzir danos ambientais é importante trocar, imediatamente os bicos de nível crítico sinalizados, atuar na capacitação contínua dos aplicadores, manter a manutenção e inspeção dos constituintes do pulverizador a cada início e fim de safra, tendo em vista que o desgaste também pode ser proveniente de falha na fabricação dos equipamentos.

#### 4 REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, J. C. Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle. São Paulo: Teejet South América, 1999.

CROSS, J. V. et al. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. *Crop Protec.*, v. 20, n. 2, p. 333343, 2001.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 54, n. 1, p. 130- 135, 2010.

GANDOLFO, M. A. Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas. 2001. 92 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2001.

ISO. International Organization for Standardization. ISO 16122: Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use. Geneva, 2015. 88p.

MAGDALENA, J.C., DI PRINZIO, A.P. 1993 Servicio de calibración de pulverizadoras frutícolas en Rio Negro y Neuquén. In: Congreso Argentino de Ingeniería Rural, 2, 1992, Córdoba. Anais... Córdoba: Máquinas y Tractores, p. 91-94.

MATUO, T.; PIO, L. C; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: ABEAS - Curso de proteção de plantas. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001. 85 p.

MÁRQUEZ, L. Procedimiento normalizado para la auditoría de seguridad en los equipos de pulverización. *Agrotécnica*. Madrid, p. 28-34. 2001.

QUEIROZ, Pedro Afonso de Melo. Avaliação da integridade e eficiência de pulverizadores na região de Cristalina-GO. 2020. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de

Agronomia, lfg, Urutaí, 2020.

RAMOS, F.J.G.; CORTÉS, M.V.2006 Inspección técnica de equipos para la aplicación de fitosanitarios. Vida Rural, Zaragoza, v. 227, p. 38-42.

RAMOS, H.H.; PIO, L.C.2003 Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários. In: Zambolin, L.; Conceição, M. Z.; Santiago, T. O Que Os Engenheiros Agrónomos Devem Saber Para Orientar o Uso de Produtos Fitossanitários. 1. ed. Viçosa: Ed. UFV, cap. 5, p. 133-202.

RODRIGUES, A. C. P. Efeito de pontas e volumes de aplicação sobre os depósitos da pulverização em plantas de feijoeiro, *Bidens pilosa* L. e *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SCHLOSSER, José Fernando et al. Regulagem, calibração, estado de conservação e uso de pulverizadores agrícolas no estado do Rio Grande do Sul. 2017.

SILVEIRA, J. C. M.; GABRIEL FILHO, A.; PEREIRA, J. O.; Silva, S. L.; MODOLO A. J. Avaliação qualitativa de pulverizadores da região de Cascavel, Estado do Paraná. Revista Acta Scientiarum Agronomy, v. 28, n. 4, p. 569-573, 2006.

SIQUEIRA, J. L.; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. Revista Energia na Agricultura, v.26, n.4, p.92-100, 2011

ZHU, H.; DORNER, J.W.; ROWLAND, D.L.; DERKSEN, R.C.; OZKAN, H.E. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. Biosystems Engineering, Silsoe, v. 87, n. 3, p. 275– 283, 20