

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE

VICTOR MASSAKI NAKAGUCHI

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DO
PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO EM FUNÇÃO DA OSCILAÇÃO
VERTICAL DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PIRACICABA

2019

VICTOR MASSAKI NAKAGUCHI

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DO
PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO EM FUNÇÃO DA OSCILAÇÃO
VERTICAL DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo, pela Universidade de
São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Casimiro Dias Gadanha
Junior

PIRACICABA

2019

RESUMO

NAKAGUCHI, Victor Massaki. **Desenvolvimento de metodologia para análise do perfil de distribuição em função da oscilação vertical da barra de pulverização. 2019.** Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Agrônômica - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2019.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de distribuição da pulverização em campo em função da oscilação da barra do pulverizador causada pela ondulação do terreno conforme o deslocamento do trator. Realizaram-se medições de altura na barra do pulverizador em um percurso determinado, calculando-se a oscilação da barra ao longo do trajeto. As oscilações foram causadas pelo relevo do terreno agrícola. A análise do perfil de distribuição foi realizada em laboratório com o auxílio de uma mesa de distribuição volumétrica transversal, nesta mesa realizou-se inclinações na barra de pulverização para coletar os volumes pulverizados das oscilações da barra em campo em seguida foram coletados os volumes de pulverizações e medindo-se na faixa de aplicação o coeficiente de variação (CV%). Os resultados mostraram que para o terreno avaliado a média das oscilações foi de 0,14 m e das análises em laboratório para uma oscilação da barra em até 0,25 m para cima ou para baixo, conclui-se que não há variação significativa na uniformidade de distribuição da pulverização em campo.

Palavras-chave: Tecnologia de Aplicação. Pulverização. Barra de pulverização. Perfil de distribuição. Sensor ultrassônico.

ABSTRACT

NAKAGUCHI, Victor Massaki. **Methodology development for analyzing the distribution profile as a function of the vertical oscillation of the boom sprayer**. 2019. Undergraduate thesis (Agricultural Engineering – University of São Paulo – Luiz de Queiroz College of agriculture. Piracicaba, 2019).

The aim of this work was to evaluate the field spray distribution profile as a function of boom sprayer oscillation caused by the ground undulation as the tractor movement. Height measurements were made on the boom sprayer over a given path, and the boom oscillation along the path was calculated. The oscillations were caused by the relief of the agricultural land. The analysis of the distribution profile was made in the laboratory with the aid of a horizontal volume distribution table, in this table inclinations were made to simulate the oscillations of the bar in the field and the spray volumes were collected and the coefficient of variation (CV%) was measured. The results showed that for the evaluated terrain the average oscillation was 0,14 m and from laboratory analysis it was concluded that there is no significant variation in the uniformity of application distribution from a range between 0,25 m up or down in a typical agricultural land under spray bar oscillation conditions.

Keywords: Sprayer boom. Spray distribution. Nozzles. Pulverization. Ultrasonic sensor.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
1.1.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	7
1.1.2 VARIABILIDADE ESPACIAL NA AGRICULTURA	8
2 MOTIVAÇÕES	8
3 OBJETIVOS	8
4 MATERIAIS E MÉTODOS	9
4.1 1ª PARTE	9
4.1.1 RTK	10
4.1.2 Arduino Mega 2560	11
4.1.3 Raspberry® Pi 3	11
4.1.4 Sensor ultrassônico HC-SR04	12
4.2 2ª PARTE	13
5 RESULTADOS	15
6 CONCLUSÕES	19
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
8 REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

De acordo com projeções da organização das nações unidas - ONU, em 2050 o planeta terra abrigará aproximadamente 9,6 bilhões de pessoas, e para suportar esse enorme contingente humano é necessário planejamento para suprir suas necessidades básicas de energia, abrigo e, sobretudo, alimento. Neste sentido, para a Organização das Nações Unidas para alimentação e agricultura (Food and agriculture organization of the United Nations – FAO), o maior desafio será aumentar em 70% a produtividade de alimentos preservando os recursos naturais e ao mesmo tempo, reduzindo a quantidade de lixo e emissões de gases de efeito estufa para o planeta.

Entre os países com maiores extensões de terras agricultáveis vemos que o Brasil possui grande responsabilidade quanto ao aumento da produtividade, dados da NASA (2016) em parceria com o serviço geológico dos estados Unidos (USGS) mostram que a maioria dos países utiliza entre 20% e 30% do território com agricultura. Os da União Europeia ocupam entre 45% e 65%. Os Estados Unidos, 18,3%; a China, 17,7%; e a Índia, 60,5%. O Brasil utiliza em torno de 7,6% da área agricultável segundo o estudo, Entretanto, nosso país é o que mais preserva a mata nativa no mundo, dos 851 milhões de hectares que possuímos, preservamos intactas 61%.

A produção de alimentos no Brasil sofreu muitas modificações ao longo das últimas décadas, sobretudo devido aos avanços tecnológicos, investimento em pesquisa, na modernização da administração e na maneira em que se vê a agricultura, o conceito de incorporar as fazendas a um negócio financeiro fez nascer o chamado “agronegócio”, que atualmente é o setor que movimenta muitos recursos (financeiros, humanos e tecnológicos).

Apesar disso, a intensificação da produção e o aumento da área cultivada tem por consequência o aumento da pressão de pragas e doenças e com isso também o aumento no uso de defensivos químicos como principal método de controle.

O uso de defensivos químicos pode ser considerado o processo mais crítico da cadeia produtiva em campo, pois exige um conjunto de conhecimentos e técnicas para garantir um controle satisfatório. Atualmente, com a crescente demanda por alimentos de maior valor qualitativo, ao mesmo passo em que se aumenta a pressão sobre a preservação do meio ambiente, o que se busca são melhorias nas técnicas de aplicação de produtos fitossanitários que garantam maior eficiência e segurança ambiental.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise do perfil de distribuição de pulverização em campo medindo a oscilação da barra de pulverização ao longo da faixa de aplicação seguindo o deslocamento da máquina e determinar um intervalo de oscilação aonde não há variação no perfil de distribuição conforme análise do coeficiente de variação (CV%).

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia de aplicação é definida segundo Matuo (1990) como sendo um processo em que há a correta colocação de um ingrediente ativo sobre um determinado alvo, em quantidade ideal e com o mínimo de contaminação ambiental.

O sucesso na aplicação depende de vários fatores como o uso de um equipamento adequado, o defensivo utilizado de forma correta e também de outros quatro fatores: período adequado, boa cobertura, dosagem correta e segurança na aplicação (Lobo Júnior & Ozeki, 2002). Em plantas o ideal é que aquela colocação do ingrediente ativo ocorra sobre todo o dossel, o que na prática se torna algo difícil de realizar devido à sobreposição da folhagem fazendo com que pouco produto chegue até as partes mais baixas do dossel, isso contribui para a disseminação de pragas e doenças e obriga os produtores a aumentarem o número de aplicações na área, o que aumenta seu custo de produção (BAESSO et al., 2009).

A maioria das aplicações em campo se dá pelo processo de pulverização, que é definida como a fragmentação da calda líquida em gotas pequenas que têm por objetivo ampliar a área de cobertura sobre o alvo.

O sistema hidráulico é amplamente utilizado mundialmente, e neste tipo de sistema o bico de pulverização é o componente principal, que fica localizado no final do sistema. Já o componente principal do bico de pulverização é a ponta de pulverização, a qual define a vazão, o espectro de gotas, e o formato do jato emitido (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Matthews (2000), cada ponta de pulverização possui característica própria de distribuição volumétrica, fazendo com que necessite de uma sobreposição dos jatos com seus adjacentes para uma melhor uniformidade da pulverização.

A uniformidade de distribuição se dá, em pulverizações de campo pela combinação do espaçamento entre bicos, altura da barra de aplicação, ângulo de abertura dos jatos e pela pressão de trabalho (PERECIN et al., 1998). Existem diversos métodos para avaliação da uniformidade de distribuição, entre eles o mais utilizado é a análise do coeficiente de variação (CV%), que se obtém pelo cálculo da distribuição volumétrica transversal da barra de pulverização (VOLL et al., 2004 ; BAUER & RAETANO, 2004), quanto menor o valor do CV%, melhor a uniformidade da distribuição, quando o CV% for igual a zero significa que não há diferença na quantidade de líquido aplicada ao longo da barra (CHRISTOFOLETTI, 1997) Visacki (2015) considera um CV% adequado valores inferiores a 10% para condições de ensaios internos.

1.1.2 VARIABILIDADE ESPACIAL NA AGRICULTURA

A agricultura do século XXI tem se transformado em um ambiente altamente tecnológico com o uso de técnicas avançadas para produção em larga escala dos produtos agrícolas e no sentido de aumentar a eficiência produtiva surgiu a agricultura de precisão (AP), que pode ser definida como um método de gestão que leva em consideração a variabilidade espacial da lavoura (MOLIN et al., 2015).

Balastreire (1998) afirma que todo agricultor tem conhecimento da variabilidade espacial em relação aos nutrientes e dos aspectos físicos do solo como áreas com manchas de solo diferentes, compactação, plantas invasoras, drenagem e umidade de solo.

Entre as principais tecnologias que permitem a gestão considerando a variabilidade das áreas estão o uso de Global Navigation Satellite System, o GNSS, que de acordo com Colvin et al., (1996) foram uma das principais técnicas que impulsionaram a prática da agricultura de precisão.

A amostragem georreferenciada dos parâmetros de solo e da planta, mapeamento de produtividade e aplicação de insumos de forma localizada e a taxas variadas são algumas das praticas mais usuais em termos de AP (KOCH; KHOSLA, 2003). Junto destas tecnologias o uso de softwares e métodos computacionais, principalmente os Sistemas de Informação Geográficas (SIG), permitem o estudo e a representação da variabilidade dentro das áreas (COLAÇO, 2012).

2 MOTIVAÇÕES

A motivação que levou a este estudo foi a observação de ensaios e aplicações de produtos fitossanitários em campo utilizando-se pulverizadores tanto de arrasto como autopropelidos aonde se percebe com frequência a oscilação da barra de pulverização, a partir disso levantamos a hipótese de que a oscilação da barra de pulverização pode causar uma variabilidade na distribuição da aplicação podendo gerar problemas de ineficácia biológica e danos econômicos.

3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise do perfil de distribuição de pulverização em campo medindo a oscilação da barra de pulverização ao longo da faixa de aplicação seguindo o deslocamento da máquina e determinar um intervalo de oscilação aonde não há variação no perfil de distribuição conforme análise do coeficiente de variação (CV%).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas etapas, na primeira parte a barra de pulverização foi instrumentada para aferição da oscilação em campo e na segunda parte foi realizada avaliação do perfil de distribuição em laboratório em mesa de distribuição volumétrica transversal com inclinação da barra de pulverização para coleta de aplicação sob condições de oscilação da barra em campo.

O ensaio de campo foi realizado na área experimental do departamento de engenharia de biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Algumas configurações do ensaio foram aproveitadas de outros ensaios realizados previamente no laboratório de tecnologia de aplicação do departamento, entre elas, a escolha da ponta de pulverização utilizada, o trator e o pulverizador, a calibração do segundo e o circuito de rotação.

A pressão de trabalho adotada foi de 400 kPa e a altura de barra recomendada pelo fabricante de 0,5 m, a ponta de pulverização escolhida foi da marca Magnojet® modelo STIA-D com vazão nominal de 0,3gal/min e ângulo de abertura de 130°. A ponta escolhida apresenta dois orifícios para indução de ar, responsável pelo aumento no tamanho das gotas causando, conseqüentemente menos deriva. A vazão das 5 pontas utilizadas foi em média 1,42 l/min.

O trator utilizado se deslocou a 10 km/h.

Todos os ensaios foram repetidos três vezes como padrão de laboratório, sempre medindo-se o CV% entre repetições para garantia de uniformidade entre repetições e qualidade dos dados.

4.1 1ª PARTE

Na primeira parte do estudo foram realizadas as aferições da oscilação na barra de pulverização sob as condições anteriores.

Nesta fase uma sessão da barra de pulverização foi instrumentada com dois sensores ultrassônicos, e um receptor GNSS para georreferenciamento do percurso. Foi utilizado um receptor RTK para transmissão de dados espaciais com alta acurácia, sendo o erro de posicionamento inferior a 0,08 m.



Figura 1. Vista geral da barra de pulverização instrumentada.

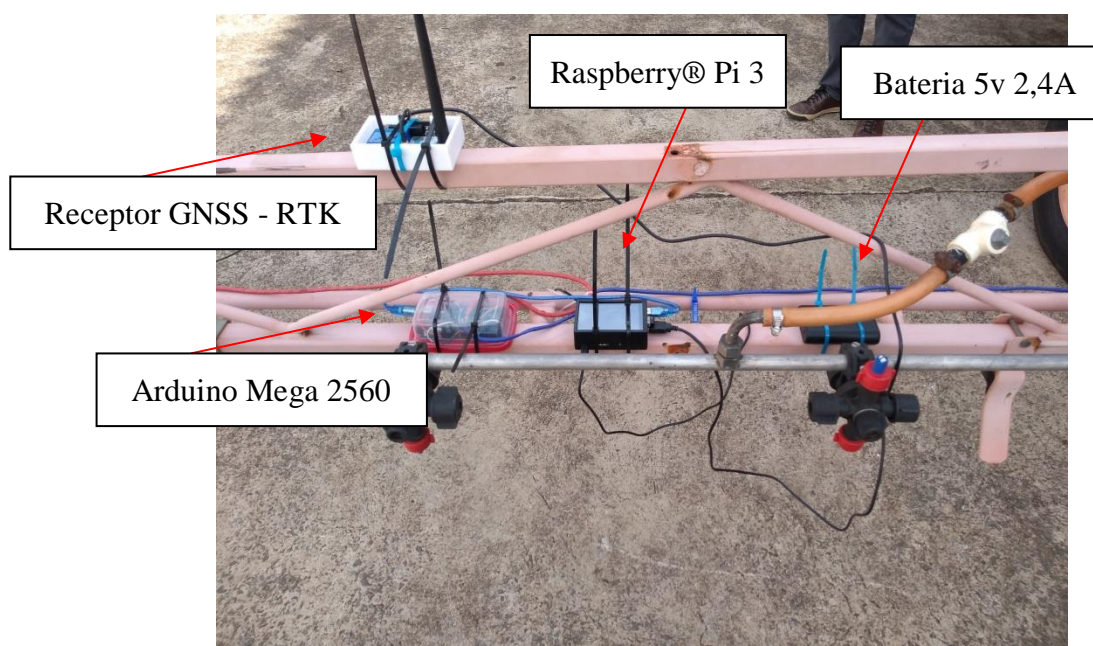


Figura 2. Detalhes da instrumentação utilizada para aferição da oscilação.

4.1.1 RTK

O transmissor (base) RTK – Real Time Kinematic foi estacionado aproximadamente a 50 m na lateral do ponto de partida do trator. A base foi deixada para fixação das coordenadas por um período de tempo de pelo menos 30 minutos antes da transmissão do sinal, o dispositivo foi configurado pelo software U-Center Ver. 19.08.01 da fabricante do chip U-

blox®. A correção do posicionamento da base foi realizada por conexão ao servidor NTRIP da base de Campinas, distante aproximadamente 59 km.

O receptor RTK foi preso diretamente na barra de pulverização para facilitar o acesso à fonte compartilhada de energia.

A antena GNSS do receptor foi posicionada no centro da barra, marcando exatamente o centro do pulverizador, a uma frequência de aquisição de posicionamento de 100 Hz.

4.1.2 Arduino Mega 2560

O projeto Arduino é uma plataforma de desenvolvimento “Open Source” para prototipagem de projetos eletrônicos de automação. O Arduino Mega 2560 é um modelo de placa de prototipagem do projeto que foi utilizado para decodificar os dados do sensor ultrassônico e transmitir esses dados na forma de informação de altura em cm. Os dois sensores ultrassônicos utilizados transmitiram os sinais (a uma taxa 10 Hz) de saída para o Arduino, que por sua vez convertia os sinais para saída digital, os dados eram repassados por via serial para serem salvos em planilha eletrônica no Raspberry® Pi 3.

4.1.3 Raspberry® Pi 3

O Raspberry® Pi 3 é um nano computador de desenvolvimento baseado em sistema operacional Linux. A placa de desenvolvimento funcionou como uma célula de comando principal, responsável por transmitir a energia aos demais componentes e também receber os sinais de saída e armazená-los na forma de planilha eletrônica.

O nano computador foi alimentado por uma bateria de 10AH com saída de tensão de 5V e 2,4A de corrente elétrica.

Foi desenvolvido um programa na linguagem de programação Python para decodificação dos dados GNSS e armazenamento dos mesmos, este programa foi responsável por associar a posição geográfica com as leituras de altura dos sensores ultrassônicos.

4.1.4 Sensor ultrassônico HC-SR04

Os sensores ultrassônicos utilizados neste ensaio são componentes de prototipagem do projeto Arduino, estes sensores ultrassônicos funcionam a partir do princípio de medição do tempo de resposta de um sinal sonoro ultrassônico emitido e recebido. A partir do cálculo do tempo em que o som leva a partir de quando é emitido e recebido ao refletir em um obstáculo pode-se calcular a distância até este objeto. Os sonares utilizados possuem precisão de 0,003m e consegue realizar leituras entre 0,02 m até 4 m.

Um dos aparelhos foi fixado no mesmo alinhamento do ultimo bico de pulverização e o outro no chassi do pulverizador. Para aferição de oscilação foi calculado a diferença de alturas entre os dois sensores em um mesmo ponto.



Figura 3. Sensor Ultrassônico fixado na ponta da barra de pulverização.



Figura 4. Sensor ultrassônico fixado no chassi do pulverizador.

4.2 2ª PARTE

Na segunda parte do ensaio foram coletados dados da pulverização sob condição de inclinação da barra de pulverização, nesta etapa as coletas foram realizadas em mesa de distribuição horizontal com espaçamento entre canaletas de 0,025 m. Foram avaliadas 8 situações de inclinação e calculadas o CV% para cada repetição, realizou-se 3 repetições para cada situação. Abaixo segue um esquema das situações de inclinação ensaiadas.

Tabela 1. Esquema da inclinação da barra de pulverização para coleta com um lado fixo a 0,5 m da mesa de distribuição horizontal.

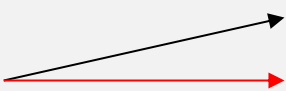

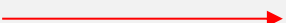

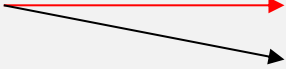
Descrição	Inclinação da Barra de pulverização
Com inclinação de 7° para cima (0,25 m)	
Com inclinação de 3,5° para cima (0,125 m)	
<u>Sem inclinação a 0,5 m</u>	
Com inclinação de 3,5° para baixo (0,125 m)	
Com inclinação de 7° para baixo (0,25 m)	

Tabela 2. Esquema de inclinação para 0,75 m de altura das pontas para a mesa.

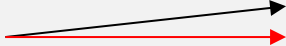

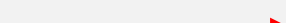
Descrição	Inclinação da Barra de pulverização
Com inclinação de 3,5° para cima (0,125m)	
Com inclinação de 3,5° para baixo (0,125m)	
<u>Sem inclinação a 0,75 m</u>	



Figura 5. Inclinação da barra de pulverização para avaliação do perfil de distribuição, detalhe do padrão de altura utilizado para fixação da altura em um lado.



Figura 6. Barra inclinada em funcionamento.

Para as coletas e análise do perfil de distribuição foram adotadas os seguintes procedimentos: O sistema hidráulico era acionado e a pressão calibrada para 400 kPa, utilizou-se um transdutor de pressão digital da marca Zurich® para regulagem da pressão com exatidão, após a estabilização da vazão iniciava-se a coleta da pulverização, acionava-se o cronômetro e esperava-se até que 80% do volume de alguma proveta ser preenchida então fechava-se o sistema de coleta e anotava-se o volume das provetas em planilha, dessa forma se calculava a vazão e o CV%, repetia-se o mesmo processo 3 vezes para cada altura.

5 RESULTADOS

A análise dos dados obtidos em campo foram tratados e processados em planilha eletrônica, muitos dados foram PERDIDOS, o que não comprometeu o trabalho, provavelmente devido à incompatibilidade de frequência de aquisição do sensor ultrassônico com o receptor GNSS. Com os dados utilizáveis foi possível obter algumas informações relevantes a partir das repetições do ensaio.



Figura 7. Detalhes da área utilizada e marcação dos pontos de aferição pelo dispositivo GNSS.

A primeira informação é que a barra de pulverização sofre oscilações repentinas quando o trator passa por algum obstáculo no terreno, o que compromete sua estabilidade, apesar disso, a construção do equipamento permite que haja uma rápida recuperação para a posição inicial de elevação.

Tabela 3. Dados da distribuição volumétrica da barra de pulverização sob condições de inclinação. As linhas em verde representam a barra nivelada a 0,5 m da mesa.

+ 0,25 m de inclinação ou 7° para cima			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
7,06	7,13	99%	9%
+0,125 m de inclinação ou 3,5° para cima			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
6,99	7,13	98%	9%
0,5 m = barra nivelada			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
7,13	7,13	100%	7%
- 0,125 m de inclinação ou -3,5° para baixo			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
7,03	7,13	99%	8%
-0,25 m de inclinação ou -7° para baixo			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
7,13	7,13	100%	7%

Qc = Vazão Coletada | Qr = Vazão real

Tabela 4. Dados da distribuição volumétrica da barra de pulverização sob condições de inclinação. As linhas em verde representam a barra nivelada a 75 cm da mesa.

+0,125 m de inclinação ou 3,5° para cima			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
6,97	7,13	98%	11%
0,75 m = barra nivelada			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
7,15	7,13	100%	11%
- 0,125 m de inclinação ou -3,5° para baixo			
Qc	Qr	% Coleta	CV%
7,05	7,13	99%	10%

Tabela 5. Dados da oscilação do Sensor Ultrassônico em cm aonde cada linha representa a coleta em aproximadamente 1 segundo.

Partida (cm)			Retorno (cm)		
1ª Repetição	2ª Repetição	3ª Repetição	1ª Repetição	2ª Repetição	3ª Repetição
5	7	5	12	11	11
7	7	4	1	20	1
7	7	1	14	15	36
7	12	5	16	9	1
6	9	6	17	7	19
6	12	7	4	0	1
7	8	25	4	11	2
7	9	14	17	7	1
12	12	9	7	7	17
13	8	2	14	8	27
14	30	12	17	26	34
5	56	20	8	7	47
44	5	42	17	4	11
22	16	33	28	3	3
30	7	15	7	32	7
25	17	16	14	3	26
23	8	21	8	8	7
1	1	0	6	34	14
18	39	10	14	5	2
28	30	11	5	6	7
36	1	10	6	1	4
9	9	24	52	13	27
9	39	1	7	8	9
17	15	35	7	34	12
5	3	2	27	47	35
8	20	8	4	31	2
31	6	1	13	18	3
			10	7	11



Oscilações entre 0,25 m para cima ou para baixo do nível da barra.

Oscilações acima de 0,25 m.

Oscilações extremas

Tabela 6. Dados da oscilação a partir da tabela 5 (Continua).

	Oscilação máxima cm	Oscilação Mínima cm
1ª Repetição	52	1

2ª Repetição	56	0
3ª Repetição	47	0

Tabela 7. Classificação dos pontos de acordo com análise do perfil de distribuição em laboratório

	Nº de Pontos CV abaixo de 10%	Nº de Pontos CV acima de 10%	% Pontos fora
1ª Repetição	48	8	14%
2ª Repetição	46	11	19%
3ª Repetição	47	10	18%

Tabela 8. Médias das repetições

	Média de Oscilação cm	Desvio padrão
1ª Repetição	13,614	10,402
2ª Repetição	13,632	12,540
3ª Repetição	12,982	11,797

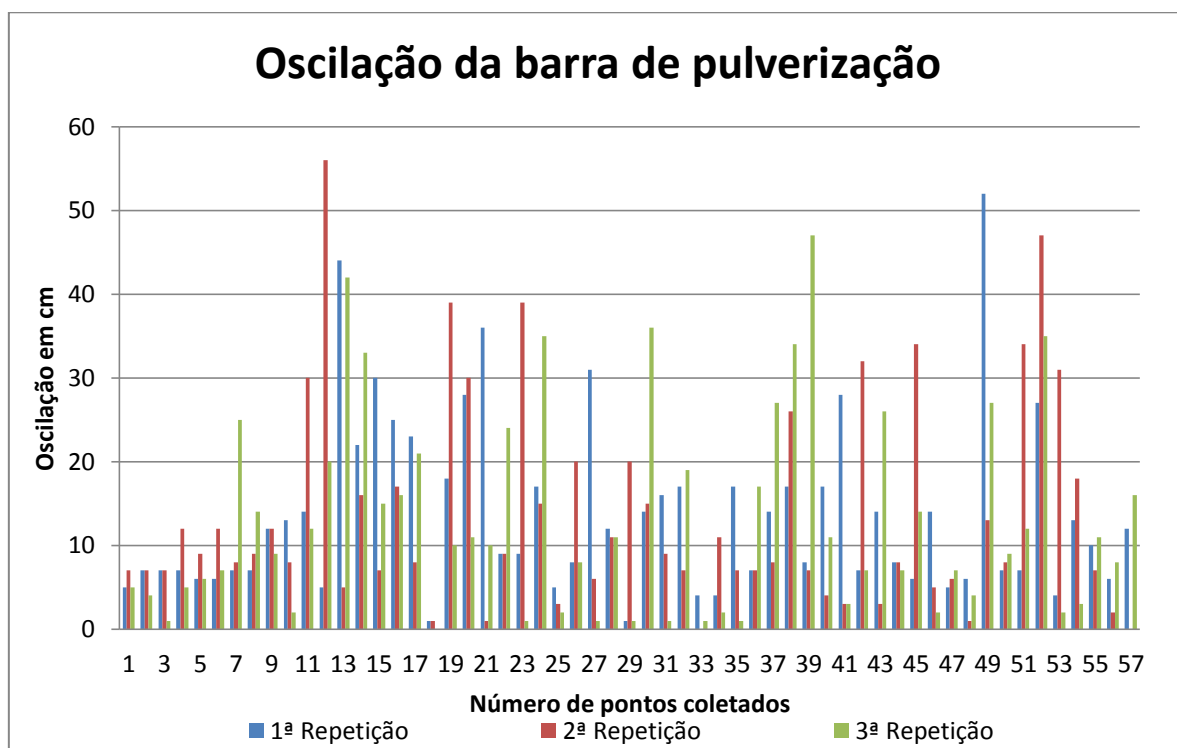


Figura 8. Gráfico das oscilações da barra de pulverização ao longo do percurso. As linhas polinomiais representam a tendência do gráfico. No eixo Y as oscilações e no eixo X os pontos amostrados

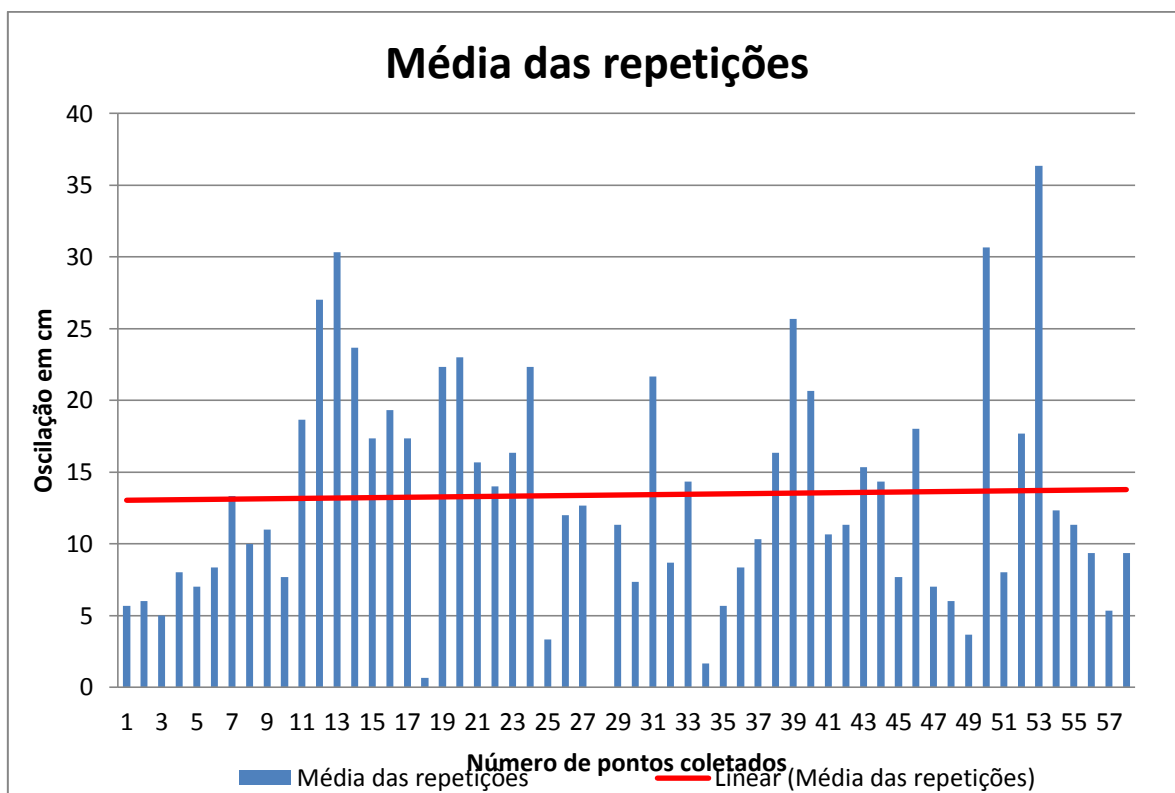


Figura 9. Médias das repetições das Oscilações ao longo do deslocamento da barra.

6 CONCLUSÕES

O estudo da variabilidade dos fatores que participam do processo produtivo agrícola é de fundamental importância para o desenvolvimento de uma agricultura eficiente e sustentável. Quantificar os fatores implica em administrar melhor os recursos e consequentemente evitar os desperdícios.

Com a experiência adquirida dos ensaios mostrados anteriormente temos que a aferição da oscilação da barra de pulverização com uso de sensores ultrassônicos representa uma metodologia viável.

De acordo com os ensaios realizados e apresentados neste trabalho, conclui-se que para as condições estudadas, quando a oscilação da barra de pulverização se encontra no intervalo de +0,25 m ou de -0,25 m em relação ao plano de trabalho, não há diferença significativa na uniformidade do perfil de distribuição da pulverização em campo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme demonstrado anteriormente, para o terreno agrícola plano analisado, a oscilação que a barra de pulverização está sujeita pode comprometer a uniformidade na aplicação em 18% da área tratada se considerarmos somente a oscilação no eixo Y da barra (para cima e para baixo), contudo, na observação da aplicação, a barra de pulverização também se move no X, fazendo com que em alguns casos de oscilação ocorra um movimento circular em torno do próprio eixo da barra.

Quanto à análise do perfil de distribuição da barra ao nível de 0,75 m, só foi possível realizar elevação de 0,125 m devido a incapacidade de elevação maior na estrutura da bancada.

Existem diversos fatores que podem influenciar no aumento ou diminuição da oscilação, bem como no perfil de distribuição, por exemplo, a velocidade de deslocamento, o perfil do plano a ser pulverizado, o tipo de ponta utilizado e condições atmosféricas.

8 REFERÊNCIAS

BAESSO, M.M.; GOULART JUNIOR, R.; R.G.; TEIXEIRA, M.M.; RODRIGUES JUNIOR, F.A.; F.A.R.; RUAS, R.A.A. **Avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica de bicos hidráulicos**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 17, n.2, p. 120-127, 2009.

BALASTREIRE, L. A. **Agricultura de precisão** / Luiz Antonio Balastreire, -- Piracicaba: L. A. Balastreire, 1998.

BAUER, F; RAETANO, C.G. – Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR11003 e TXVK-4 em diferentes condições de Pulverização. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n.2, p. 364-373, 2004.

CHRISTOFOLETTI, J.C. Bicos de pulverização: Seleção e uso. Diadema: Spraying Systems do Brasil, 1997. 8 p.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de agroquímicos agrícolas**. São Paulo: Teejet, 1999. 15 p.

COLAÇO, A. F. Efeito da adubação em doses variadas em pomares de laranjeiras ao longo de quatro safras (dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”). (2012).

COLVIN, T.S.; JAYNES, D.D.B.; KARLEN, D.L.; LAIRD, D.A.; AMBUEL, J.R. Six year yield variability within a Central Iowa Field. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, Minneapolis, 1996. Proceedings. Minneapolis ASA, CSSA, SSSA, 1996.

Congalton, R. G., Yadav, K., McDonnell, K., Poehnel, J., Stevens, B., Gumma, M. K., Teluguntla, P., Thenkabail, P.S. (2017). NASA Making Earth System Data Records for Use in Research Environments (MEaSUREs) Global Food Security-support Analysis Data (GFSAD) @ 30-m: Cropland Extent Validation (GFSAD30VAL). NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Disponível em: <<https://doi.org/10.5067/MEaSUREs/GFSAD/GFSAD30VAL.001>> Acesso em 24 de abril. 2019.

FAO. 2017. The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>> Acesso em 24 Abril. 2019.

IBGE, EMBRAPA, CONAB. Elaboração AGE/ Mapa. Agropecuária Brasileira em Números. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>> Acesso em 01 de maio. 2019.

KOCH, B.; KHOSLA, R. **The role of precision agriculture in cropping systems.** *Journal of Crop Production*, Philadelphia, v. 9, p. 361-381, 2003.

LOBO JUNIOR, M.I.; OZEKI, Y. Agricultura de precisão : tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. 2002. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br>> . Acesso em: 01 maio. 2019.

MATTHEWS, G.A. pesticide application methods. Malden: Blackwell Science, 2000. 432p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de agroquímicos agrícolas.** Jaboticabal: FUNEP, 1990. 140p.

MOLIN, J.P., do AMARAL., L. R., & COLAÇO, A. Agricultura de precisão. Oficina de Textos. (2015)

PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BRAZ, B.A.; PIO, L.C. – Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ 15006 em mesa de prova. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n.2, p. 175-182, 1998.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Methodology. Working Paper No. ESA/P/WP.252. New York: United Nations. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/>> Acesso em: 01 maio. 2019.

Visacki, Vladimir & Sedlar, A. & Gil, Emilio & Bugarin, R. & Turan, Jan & Janić, Todor & Burg, Patrik. (2016). Effects of sprayer boom height and operating pressure on the spray uniformity and distribution model development. 32. 341-346. 10.13031/aea.32.11376.

VOLL, C.E.; CASTRO, J.A.V.; GADANHA JR, C.D. Uniformidade de distribuição volumétrica do bico de pulverização hidráulico de jato plano XR11003 sob diferentes condições operacionais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS, 3., Botucatu. Resumos...São Paulo: FEPAF, 2004. P. 256-259.