UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCO JOSÉ CORDEIRO CARDOSO

Uso do Weedseeker 2 como tecnologia de aplicação localizada para o controle de plantas daninhas

CAMPINAS
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCO JOSÉ CORDEIRO CARDOSO

Uso do Weedseeker 2 como tecnologia de aplicação localizada para o controle de plantas daninhas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrícola à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. William Martins Vicente.

CAMPINAS
2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

C179u

Cardoso, Francisco José Cordeiro, 1997-
Uso do Weedseeker 2 como tecnologia de aplicação localizada para o controle de plantas daninhas / Francisco José Cordeiro Cardoso. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: William Martins Vicente.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Máquinas agrícolas. 2. Agricultura de precisão. 3. Pulverização. 4. Erva daninha. I. Vicente, William Martins,1980-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Use of Weedseeker 2 as a spot spraying technology for weed control
Palavras-chave em inglês:
Agricultural machinery
Precision agriculture
Spraying
Weed
Titulação: Engenheiro Agrícola
Banca examinadora:
Antonio Pires de Camargo
Casimiro Dias Gadanha Junior
Data de entrega do trabalho definitivo: 22-11-2022

Uso do Weedseeker 2 como tecnologia de Aplicação Localizada para o controle de plantas daninhas

Francisco José Cordeiro Cardoso

BANCA EXAMINADORA

.....
Prof. Dr. William Martins Vicente

.....
Prof. Dr. Antonio Pires de Camargo

.....
Prof. Dr. Casimiro Dias Gadanha Junior

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, dedico este trabalho como um desafio que marca o fim de um dos maiores ciclos da minha vida. Também dedico este trabalho a todas as pessoas que forem utilizá-lo como fonte de estudo e consulta.

AGRADECIMENTOS

Primeiro gostaria de agradecer a minha família, em especial a minha mãe Zilda Cordeiro por me proporcionar toda a educação que me moldou como cidadão que sou, e a minha irmã Ana Carolina por ser uma fonte de inspiração e garra para mim. Agradeço a todo o apoio vindo da minha família e amigos que nunca pouparam esforços para me ajudar e garantir que eu tivesse acesso a oportunidades grandiosas em minha vida.

Aproveito também para agradecer a um tio querido que não se encontra mais entre nós. Pedro Donda, foi e sempre será uma inspiração na minha vida. Se hoje estou me tornando Engenheiro Agrícola por uma das Universidades mais renomadas do mundo, isso se deve ao fato de Pedro juntamente de minha família acreditarem em meu potencial.

Estendo meus agradecimentos à Trimble Inc.® por disponibilizar os equipamentos e todo o suporte que precisei ao longo das pesquisas. Em seguida gostaria de agradecer à equipe Trimble, por sempre acreditarem no meu potencial e creditar a mim a responsabilidade de realizar os testes com este sistema e terem me auxiliado em todos os testes.

Por fim, agradeço a Universidade Estadual de Campinas por ser um fator decisivo na mudança da minha vida, a universidade pública transforma vidas, assim como transformou a minha. Também agradeço a Faculdade de Engenharia Agrícola por me preparar como cidadão para os desafios que irão surgir em minha vida como engenheiro, e por ajudar com um reconhecimento tão valioso frente ao mercado de trabalho.

EPÍGRAFE

"Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas. Se conheces a ti mesmo, mas não conhece o inimigo, para cada vitória ganha sofrerá também uma derrota. Caso não conheça nem o inimigo nem a si mesmo, perderá todas as batalhas".

(Sun Tzu)

RESUMO

Esta monografia, visa trazer um comparativo de características das pontas ou bicos de pulverização TeeJet® TP6504E, AI9503EVS e XR8004VS, além de realizar uma comparação qualitativa entre elas no momento em que estão sendo utilizadas durante uma operação de pulverização, através de um sistema de aplicação localizada, no caso o sistema do WeedSeeker 2® proveniente da Trimble Inc.®. O foco do trabalho é demonstrar essas diferenças entre as pontas de pulverização, ou seja, desde o perfil de distribuição até uma análise qualitativa, através da análise visual aliada com o processamento das imagens coletadas no papel hidrossensível utilizando o aplicativo para Android DropLeaf, após o momento da gota atingir o alvo que é a planta daninha.

Palavras-Chave: Planta Daninha; Pulverização Seletiva; Aplicação Localizada; Ponta de Pulverização.

ABSTRACT

This monography, brings a comparative of TeeJet nozzles characteristics TP6504E, AI9503EVS e XR8004VS, in addition to perform a quality comparison between them at the moment when they are being used during a agricultural spraying, throughout a spot spraying system WeedSeeker 2®, provided by Trimble Inc.®. This paper is focused on demonstrating the differences between the nozzles of spraying, in other words, from the distribution profile until a qualitative analysis throughout the visual analysis allied with an android app called DropLeaf which processes each water paper image after the moment when the drop hits the weed.

Key Words: Weed; Selective Spraying; Spot Spraying; Spraying Noozles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Diâmetro Mediano Numérico (DMN). (Adaptado. SILVA, A. A. et al. 2007. Tópicos em Manejo de Plantas Daninha. Capítulo 08. p. 334. Editora UFV. 367 p.) 26
Figura 02 - Diâmetro Volumétrico Acumulado (DMV). (SILVA, A. A. et al. 2007. Tópicos em Manejo de Plantas Daninha. Capítulo 08. p. 334. Editora UFV. 367 p.) 27
Figura 03 - Coleta de Volume para a Ponta XR8004VS em Ambiente Controlado..... 29
Figura 04 - Perfil de Distribuição para a Ponta AI9504EVS, Coleta 09 30
Figura 05 - Etapa de Coleta da Amostra 05 à 6 km/h da Ponta TP6504E e Processamento no Aplicativo DropLeaf 31
Figura 06 - Gráfico Delta T. (AGRICULTURE VICTORIA, 2017) 31
Figura 07 - Média dos Perfis de Distribuição da Ponta TP6504E 34
Figura 08 - Média dos Perfis de Distribuição da Ponta AI9503EVS 36
Figura 09 - Média dos Perfis de Distribuição da Ponta XR8004VS 38
Figura 10 - Testes Qualitativos da Ponta AI9503EVS 40
Figura 11 - Testes Qualitativos da Ponta TP6504E 40
Figura 12 - Testes Qualitativos da Ponta XR8004VS 41
Figura 13 – Destaque da distribuição das amostras referente ao perfil de distribuição de cada ponta 42
Figura 14 - Testes Qualitativos da Ponta AI9503EVS nas velocidades de 6 km/h; 12 km/h e 20 km/h respectivamente 42
Figura 15 - Testes Qualitativos da Ponta TP6504E nas velocidades de 6 km/h; 12 km/h e 20 km/h respectivamente 43
Figura 16 - Testes Qualitativos da Ponta XR8004VS nas velocidades de 6 km/h; 12 km/h e 20 km/h respectivamente 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tipos de classificação de ervas daninhas. (Adaptado de PALAI, 2010) 16
Tabela 02: Ervas daninhas resistentes mapeadas no Brasil. (Adaptado de HEAP, 2022) 19
Tabela 03: Diferentes Tipo de Pontas e Respectivas Utilizações. (Adaptado de MATTHEWS, 2014) 24
Tabela 04: Códigos para Descrever os Diferentes Tipos de Pontas. (Adaptado de MATTHEWS, 2014) 25
Tabela 05: Qualidade do Spray. (Adaptado de MATTHEWS, 2014) 25
Tabela 06: Coleta de Dados e Distribuição Estatística da Ponta TP6504E 33
Tabela 07: Coleta de Dados e Distribuição Estatística da Ponta AI9503EVS 35
Tabela 08: Coleta de Dados e Distribuição Estatística da Ponta XR8004VS 37
Tabela 09: Delta T para cada Ensaio. (Adaptado de INMET, 2022) 39
Tabela 10: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 6 km/h 44
Tabela 11: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 12 km/h 44
Tabela 12: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 20 km/h 45
Tabela 13: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta TP6504E à 6 km/h 45
Tabela 14: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta TP6504E à 12 km/h 46
Tabela 15: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta TP6504E à 20 km/h 46
Tabela 16: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 6 km/h 47
Tabela 17: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 12 km/h 47
Tabela 18: Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 20 km/h 48

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA 5
AGRADECIMENTOS 6
EPÍGRAFE 7
RESUMO 8
ABSTRACT 9
LISTA DE FIGURAS 10
LISTA DE TABELAS 11
1. INTRODUÇÃO 13
2. PULVERIZAÇÃO SELETIVA 16
2.1. DEFINIÇÃO DE PLANTAS DANINHAS 16
2.2. PROBLEMAS CAUSADOS POR PLANTAS DANINHAS 17
2.3. DEFINIÇÃO DE RESISTÊNCIA A PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS 18
2.4. SISTEMAS DE APLICAÇÃO LOCALIZADA DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS 22
2.5. DIFERENÇAS ENTRE TIPOS DE PONTAS 24
2.6. VARIÁVEIS DETERMINANTES PARA TOMADA DE DECISÃO A RESPEITO DA QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO 26
3. OBJETIVOS 28
4. MATERIAL E MÉTODOS 29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 32
5.1. TESTE DE PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO PARA AS PONTAS TP6504E, AI9503EVS E XR8004VS 32
5.2. TESTE QUALITATIVO DE APLICAÇÃO LOCALIZADA 39
6. CONCLUSÃO 50
REFERÊNCIAS 51
APÊNDICE A 54
APÊNDICE B 55
APÊNDICE C 56
APÊNDICE D 59
APÊNDICE E 62

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por maiores índices de produção de alimentos no mundo, atualmente é um dos maiores desafios da agricultura mundial, que para muitos países está intimamente ligada aos desenvolvimentos sociais, culturais, ambientais e econômicos de suas nações.

Na década de 1970, a população mundial gastava em média 40% de sua renda com produtos para a dieta alimentar. Já no ano de 2009 esse gasto, representou cerca de 20% de suas economias. Essa redução de gasto com alimentação, só foi possível graças ao aumento da disponibilidade de alimentos no mundo, que dentre outras razões foi impulsionada com o desenvolvimento de práticas de proteção às culturas agrícolas, dentre elas a difusão do uso de defensivos químicos (ZAMBOLIM, 2010).

Apesar do avanço na utilização de melhores práticas agrícolas, durante os últimos 40 anos, houve um aumento imensurável na quantidade de defensivos utilizados para o controle de insetos, fungos e ervas daninhas no campo. Dessa maneira, em razão da prática intensiva de utilização desenfreada de defensivos agrícolas, algumas populações de plantas daninhas desenvolveram-se e foram selecionadas pelo ambiente gerando biótipos resistentes (SALOMÃO et al, 2020).

Desse modo, as plantas daninhas no mundo moderno, passam a interferir nos diversos campos da sociedade, desde o da construção civil, até o da agricultura. Neste, as plantas daninhas são os verdadeiros vilões dos produtores rurais, visto que causam diversos prejuízos à produção agrícola devido à competição por água, luz, espaço e nutrientes (HONG, 2012; RIGOTTO, 2012).

Segundo Stiegelmeier (2012, apud LORENZI 2000), a redução de produção em decorrência das plantas daninhas, em países tropicais pode chegar a 40%. Isso interfere em um aumento dos custos de produção devido a redução da eficiência agrícola. Quando observado a perda da produtividade mundial de grãos, os números podem chegar a 13% de queda da produtividade.

Diante disso, há uma necessidade de se obter melhores resultados no processo de controle das ervas daninhas. Uma das respostas mais rápidas para melhorar a efetividade de controle das mesmas, é a associação de diferentes herbicidas na dissolução da calda no tanque (SILVA, 2017, apud GAZZIERO, 2015). Segundo Gazziero (2015), os benefícios gerados pela mistura de agroquímicos são: a otimização do tempo de aplicação e preparação da calda, e

economia de recursos financeiros, equipamentos e água. Entretanto, destaca-se que a mistura de calda deve sempre seguir a orientação de um Engenheiro Agrônomo com CREA ativo.

Entretanto, boa parte do insucesso na aplicação de defensivos agrícolas é atribuída aos produtos utilizados, quando que na realidade, segundo Menten (2017), o mau uso de máquinas e implementos agrícolas, tanto em sua estrutura (calibrações e regulações), como o momento adequado de aplicação dos produtos, são ações que merecem uma maior atenção e cuidados por parte do produtor rural, já que os resultados técnicos e econômicos mais adequados durante a aplicação de defensivos agrícolas advém de três premissas: bom produto, bem aplicado e no momento correto (MENTEN, 2017 apud SANTOS, 2010).

A regulagem e a calibração dos equipamentos são de extrema importância para o bom funcionamento do sistema de aplicação dos agroquímicos. Elas precisam ser feitas periodicamente a fim de evitar com que falhas ocorram no processo de pulverização. Neste processo, os bicos são selecionados de acordo com o tipo de produto que se deseja aplicar e o tipo de finalidade para a aplicação, visto que na maioria das vezes, os grandes responsáveis pelos erros que ocorrem durante a pulverização são os próprios bicos (MENTEN, 2017 apud ANDEF, 2004).

Apesar do avanço tecnológico em produtos fitossanitários, máquinas e implementos para pulverização, segundo Corrêa et al. (2015), no Brasil ainda há uma preferência por aplicações de herbicidas pelo método convencional, ou seja, aquele em que se pulveriza toda a área de modo uniforme, sem considerar o nível de infestação, as diferentes espécies das plantas daninhas presentes e a distribuição das mesmas sobre a área (HONG, 2012). Logo, o conhecimento sobre os pontos fortes e fracos do manejo de plantas daninhas, nos permite enfrentá-las com melhores técnicas (NORRIS et al., 2002).

Desse modo, a pulverização convencional em larga escala, intensifica o processo de adaptação e sobrevivência de plantas daninhas, o qual pressiona o ambiente e o agroecossistema. Assim, a partir da utilização massiva de agroquímicos nas últimas décadas, houve a seleção de algumas populações de plantas daninhas, que se tornaram resistentes, devido à perturbação ocasionada pela aplicação extensiva (SALOMÃO, 2020).

Em razão disso, faz-se necessária a adoção de medidas que auxiliem na redução do uso de defensivos agrícolas durante as aplicações. Hoje, as tecnologias de agricultura de precisão unem técnicas de gerenciamento de lavoura, localização de linhas através de sinais satelitais, e manejo de precisão. Essas ferramentas permitem com que haja um levantamento espacial de plantas daninhas dentro de uma cultura. Isso, ajuda a mitigar a propagação das mesmas pela

área, e a evitar perdas econômicas, ambientais e sociais por parte do produtor rural (SENA et al., 2021 apud DIM et al., 2011).

Neste contexto, diante do cenário apresentado, este trabalho pretende demonstrar o uso de uma tecnologia de aplicação de pulverização seletiva, no caso o Weedseeker 2®, para o controle de plantas daninhas. Neste estudo, serão avaliados diferentes tipos de bicos e angulações do jato do spray, para assim determinar quais bicos e quais angulações apresentam melhor efetividade e acuracidade durante a aplicação do herbicida. Afinal, como expressa Sun Tzu et al. (1971) em seu famoso livro “A arte da guerra”: “conhecer bem o seu inimigo, é uma das chaves do sucesso”. Isso é um fato que é igualmente verdadeiro nas batalhas entre os seres humanos e as ervas daninhas (SCHNEIDER, 2021).

2. PULVERIZAÇÃO SELETIVA

2.1. DEFINIÇÃO DE PLANTAS DANINHAS

As ervas daninhas são plantas que crescem sem que seja desejado o seu florescimento (TULL, 1731), e possuem diversas determinações que variam de acordo com suas características biológicas. As plantas daninhas também possuem outras denominações acadêmicas, tais como; plantas infestantes, plantas invasoras, plantas voluntárias, plantas espontâneas, ervas daninhas. Já os termos populares mais utilizados para denominar essas plantas são; mato, tiguera, inço, juquira, entre outros que variam de acordo com a região do Brasil em que você se encontra (SILVA et al, 2021).

De modo geral, estes termos se referem a espécies de plantas que são indesejáveis em uma determinada atividade humana, desde o ramo da construção civil até o da agricultura (SILVA et al, 2021). Segundo Palai (2010), as ervas daninhas constituem um universo de mais de 3000 espécies de plantas, e são classificadas de acordo com a Tabela 01:

Tabela 01 - Tipos de classificação de ervas daninhas.

Classificação	Tipo	Exemplo
Tempo de Vida	Anuais	*Commelina benghalensis*
	Bianuais	*Alternanthera echinata*
	Perenes	*Sonchus arvensis*
Afinidades Ecológicas	Pântanos	*Eclipta alba*
	Terras Irrigadas	*Trianthema portulacastrum*
	Desertos	*Argemone mexicana*
Tipo de Solo	Black Cotton Soil (Chernossolo)	*Aristolochia bracteata*
	Red Soils (Latossolo)	*Commelina benghalensis*
	Light, Sandy or Loamy Soils (Solos Arenosos)	*Leucas aspera*
	Laterite Soil (Solo Laterítico)	*Lantana camara*
Local de Ocorrência	Terras Cultivadas	*Phalaris minor*
	Pastagens	*Indigofera enneaphylla*
	Bordaduras	*Gynandropsis pentaphylla*

	Acostamentos de Estradas e Parques	*Alternanthera echinata*
Origem	Indígenas	*Acalypha indica*
	Introduzidas ou Exóticas	*Parthenium hysterophorus*
Número de Cotilédones	Monocotiledôneas	*Panicum flavidum*
	Dicotiledôneas	*Crotalaria verucosa*
pH do Solo	Acidófilas	*Rumex acetosella*
	Basófilas	*Taraxacum sp*
	Neutrófilas	*Acalypha indica*
Morfologia	Gramíneas	*Echinochloa colonum*
	Ervas	*Fimbrystylis miliaceae*
	Folhas Largas	*Tridax procumbens*
Natureza do Caule	Lenhosas	*Lantana camara*
	Semi-Lenhosas	*Croton sparsiflorus*
	Herbáceas	*Amaranthus viridis*
Especificidade	Venenosas	*Withania somnifera*
	Parasitas	*Cuscuta chinensis*
	Aquáticas	*Nelumbium speciosum*

Fonte: Adaptado de PALAI (2010).

2.2. PROBLEMAS CAUSADOS POR PLANTAS DANINHAS

No ambiente rural, o aparecimento de plantas daninhas é considerado normal. Essas plantas não necessitam de nenhuma assistência humana para se desenvolverem, elas crescem, se desenvolvem e se dispersam no solo. Diante disso, no setor agrícola, as plantas daninhas iniciam uma competição por luz e nutrientes com as plantas de uma cultura que se busca cultivar. Não bastasse esse problema, as plantas daninhas também possuem uma grande adaptabilidade a diferentes tipos de locais e possuem uma rápida dispersão, ou seja, espalham-se de modo acelerado aumentando vertiginosamente a quantidade de plantas invasoras em áreas destinadas à produção agrícola (ROSA, 2019; HAMUDA et al. 2016; TANG et al, 2016).

De acordo com Rosa (2019, apud DYRMANN et al 2016), dependendo das condições do clima, solo e grau de infestação, as plantas daninhas podem causar uma perda de produção

agrícola de até 70% da produção inicial prevista, pois além da competição com as plantas cultivadas, essas ervas daninhas também se posicionam como uma porta de entrada para outras pragas e doenças (SALOMÃO, 2020). A respeito da produtividade, a Buva, uma das plantas daninhas mais disseminadas pelo território brasileiro, segundo CANTU et al. (2019), pode ocasionar uma redução de produtividade da soja de até 14%.

Desse modo, perdas por ervas daninhas, segundo Rosa (2019) afetam a produção mundial de alimentos de modo mais significativo do que quando comparado a perda de alimentos para animais nocivos tais como artrópodes, nematoides, roedores, pássaros, lesmas, caramujos, patógenos, vírus e qualquer outra praga (ROSA, 2019 apud MEULEN; CHAUHAN, 2017).

2.3. DEFINIÇÃO DE RESISTÊNCIA A PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

As plantas daninhas apresentam um mecanismo de sobrevivência que é adaptar-se aos ambientes em que estão inseridas. Cada mudança é uma diferença que novas populações de uma mesma espécie apresentam sobre a anterior, podendo estas ser herdadas ou selecionadas em decorrência de ações antrópicas como tolerância (melhoramento genético da espécie) ou resistência (pressão de seleção) (SALOMÃO, 2020).

Segundo Salomão (2020, apud WSSA, 1998) a resistência é definida como a capacidade de uma planta daninha em sobreviver e se reproduzir normalmente, mesmo após receber a pulverização de uma quantidade letal, recomendada por um Engenheiro Agrônomo, de herbicida. Diante disso, a resistência se configura como uma característica que é adquirida pela erva daninha e que é transmitida a suas descendentes, tornando-a herdável. Isso causa uma implicação nos custos de produção devido ao aumento da necessidade de uso de herbicidas para controlar esse tipo de planta, e segundo Adegas (2017) em alguns casos esse aumento pode ser de 290% nos custos de controle dessa praga, e promove competição por sobrevivência entre a cultura em que se deseja desenvolver com as ervas daninhas, diminuindo a produtividade da área inicial (SALOMÃO, 2020).

A seguir se encontra a Tabela 02, que contém uma lista dos casos de resistências mapeadas no Brasil desde 1993 até 2020.

Tabela 02 - Ervas daninhas resistentes mapeadas no Brasil.

Ano	Nome Científico	Nome Comum	Herbicida	Cultura Atingida
1993	*Bidens pilosa*	Picão-preto	imazethapyr, imazaquin, pyrithiobac-sodium, chlorimuron-ethyl, nicosulfuron	Soja
1993	*Euphorbia heterophylla*	Leiteiro	imazethapyr, imazaquin, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, imazamox	Soja
1996	*Bidens subalternans*	Picão-preto	imazethapyr, chlorimuron-ethyl, nicosulfuron	Soja
1997	*Urochloa plantaginea (=Brachiaria plantaginea)*	Papuã	haloxyfop-methyl, diclofop-methyl, fluazifop-butyl, propaquizafop, quizalofop-ethyl, fenoxaprop-ethyl, sethoxydim, butroxydim	Soja
1999	*Sagittaria montevidensis*	Sagitária	bispyribac-sodium, pyrazosulfuron-ethyl, metsulfuron-methyl, ethoxysulfuron, cyclosulfamuron	Arroz
1999	*Echinochloa crus-pavonis*	Capim-arroz	quinclorac	Arroz
1999	*Echinochloa crus-galli var. crus-galli*	Capim-arroz	quinclorac	Arroz
2000	*Cyperus difformis*	Junquinho	pyrazosulfuron-ethyl, cyclosulfamuron	Arroz
2001	*Raphanus sativus*	Cuminho	imazethapyr, chlorimuron-ethyl, metsulfuron-methyl, nicosulfuron, cloransulam-methyl	Trigo
2001	*Fimbristylis miliacea*	Nabo	pyrazosulfuron-ethyl	Arroz
2002	*Digitaria ciliaris*	Milhã	haloxyfop-methyl, cyhalofop-butyl, fluazifop-butyl, propaquizafop,	Soja

			fenoxaprop-ethyl, sethoxydim	
2003	*Eleusine indica*	Capim-pé-de-galinha	cyhalofop-butyl, fenoxaprop-ethyl, sethoxydim	Soja
2003	*Lolium perenne ssp. multiflorum*	Azevém	glyphosate	Pomares e Soja
2004	*Euphorbia heterophylla*	Leiteiro	imazethapyr, metsulfuron-methyl, nicosulfuron, diclosulam, flumetsulam, cloransulam-methyl, fomesafen, lactofen, acifluorfen, flumiclorac-pentyl, saflufenacil	Milho e Soja
2004	*Parthenium hysterophorus*	Losna-branca	imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, iodosulfuron-methyl-Na, foramsulfuron	Soja
2005	*Conyza bonariensis*	Buva	glyphosate	Milho, Soja, Trigo e Frutíferas
2005	*Conyza canadensis*	Buva	glyphosate	Pomares, Sojas e Frutiferas
2006	*Oryza sativa var. sylvatica*	Arroz-vermelho	imazethapyr, imazapic	Arroz
2006	*Bidens subalternans*	Picão-preto	atrazine, iodosulfuron-methyl-Na, foramsulfuron	Milho
2008	*Digitaria insularis*	Capim-amargoso	glyphosate	Milho e Soja
2009	*Sagittaria montevidensis*	Sagitária	imazethapyr, bispyribac-sodium, pyrazosulfuron-ethyl, metsulfuron-methyl, ethoxysulfuron, bentazon, penoxsulam	Arroz
2009	*Echinochloa crus-galli var. crus-galli*	Capim-arroz	imazethapyr, bispyribac-sodium, quinclorac, penoxsulam	Arroz

2010	*Lolium perenne ssp. multiflorum*	Azevém	iodosulfuron-methyl-Na	Trigo
2010	*Lolium perenne ssp. multiflorum*	Azevém	clethodim, glyphosate	Milho, Soja e Trigo
2010	*Conyza sumatrensis*	Buva	glyphosate	Milho e Soja
2011	*Conyza sumatrensis*	Buva	chlorimuron-ethyl	Soja
2011	*Conyza sumatrensis*	Buva	chlorimuron-ethyl, glyphosate	Milho e Soja
2011	*Amaranthus retroflexus*	Caruru-gigante	atrazine, prometryne, trifloxysulfuron-Na	Algodão
2011	*Amaranthus viridis*	Caruru-de-mancha	atrazine, prometryne, trifloxysulfuron-Na	Algodão
2012	*Amaranthus retroflexus*	Caruru-gigante	pyrithiobac-sodium, trifloxysulfuron-Na	Algodão
2013	*Raphanus raphanistrum*	Nabiça	imazapyr, chlorimuron-ethyl, metsulfuron-methyl, sulfometuron-methyl, cloransulam-methyl, iodosulfuron-methyl-Na, imazapic	Cevada e Trigo
2013	*Ageratum conyzoides*	Mentrasto	pyrithiobac-sodium, trifloxysulfuron-Na	Algodão e Soja
2014	*Cyperus iria*	Tiririca-do-brejo	imazethapyr, bispyribac-sodium, pyrazosulfuron-ethyl, imazapic, penoxsulam	Arroz
2014	*Chloris elata*	Capim-branco	glyphosate	Soja
2014	*Amaranthus retroflexus*	Caruru-gigante	fomesafen	Algodão e Soja
2015	*Echinochloa crus-galli var. crus-galli*	Capim-arroz	cyhalofop-butyl, quinclorac (MOA in monocots), penoxsulam	Arroz
2015	*Amaranthus palmeri*	Caruru-palmieri	glyphosate	Algodão
2015	*Echium plantagineum*	Borragem	metsulfuron-methyl	Cereais e Trigo
2016	*Amaranthus palmeri*	Caruru-palmieri	imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, glyphosate	Milho, Algodão e Soja

2016	*Digitaria insularis*	Capim-amargoso	haloxyfop-methyl, fenoxaprop-ethyl	Soja
2016	*Bidens pilosa*	Picão-preto	imazethapyr, atrazine	Milho e Soja
2016	*Lolium perenne ssp. multiflorum*	Azevém	clethodim, iodosulfuron-methyl-Na	Trigo
2016	*Conyza sumatrensis*	Buva	paraquat	Soja
2016	*Eleusine indica*	Capim-pé-de-galinha	glyphosate	Milho, Soja e Trigo
2017	*Conyza sumatrensis*	Buva	diuron, paraquat, glyphosate, 2,4-D, saflufenacil	Soja
2017	*Conyza sumatrensis*	Buva	saflufenacil	Soja
2017	*Conyza sumatrensis*	Buva	chlorimuron-ethyl, paraquat, glyphosate	Soja
2017	*Eleusine indica*	Capim-pé-de-galinha	haloxyfop-methyl, fenoxaprop-ethyl, glyphosate	Milho, Algodão, Soja e Feijões
2017	*Lolium perenne ssp. multiflorum*	Azevém	glyphosate, iodosulfuron-methyl-Na, pyroxsulam	Milho, Soja e Trigo
2018	*Amaranthus hybridus (syn: quitensis)*	Caruru-roxo	chlorimuron-ethyl, glyphosate	Soja
2019	*Euphorbia heterophylla*	Leiteiro	glyphosate	Soja
2020	*Echinochloa crus-galli var. crus-galli*	Capim-arroz	glyphosate	Soja
2020	*Digitaria insularis*	Capim-amargoso	haloxyfop-methyl, fenoxaprop-ethyl, glyphosate	Soja

Fonte: Adaptado de HEAP (2022).

2.4. SISTEMAS DE APLICAÇÃO LOCALIZADA DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Frente ao problema exposto a respeito das ervas daninhas, empresas de tecnologia empregaram esforços em desenvolver ferramentas que auxiliem produtores rurais com uma melhor aplicação localizada do herbicida, fungicida e inseticida.

Os sistemas comerciais que atuam frente ao mercado de aplicação localizada, são o Weedseeker 2, Weed-IT e Savefarm. Segundo Olsen (2020), o sistema Weedseeker 2 é um aparelho da Trimble Inc. Este aparelho é capaz de distinguir plantas verdes no solo (verde sobre

marrom) através das particularidades espectrais de cada planta, ou seja, a partir do nível de reflectância NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que cada planta apresenta (REES et al., 2013; MAILLOT et al, 2020). Contudo, hoje o sistema também permite uma distinção de plantas daninhas de culturas já emergidas (TRIMBLE AGRICULTURE, 2022).

O Weedseeker 2, é uma tecnologia que também visa diminuir a pressão de produtos fitossanitários nas culturas comerciais, e por consequência diminui a força de atuação desses produtos em ervas daninhas, reduzindo a possibilidade de surgimento de novos casos de plantas daninhas com múltiplas resistências à produtos fitossanitários (ШРАМКО, 2021).

O sistema também apresenta sensores inteligentes que se ajustam automaticamente a mudanças de temperatura, luz do ambiente, e características do solo (TRIMBLE, 2022).

Além disso, para que o sistema do Weedseeker 2 apresente uma economia de custos de cerca de 90%, o manejo da pulverização em campo deve apresentar um bom planejamento e execução (TRIMBLE AGRICULTURE, 2022).

Primeiramente faz-se necessário o uso da aplicação localizada na etapa pré-emergente da cultura, para que assim o sistema identifique em campo os locais com plantas daninhas que estarão emergidas, fazendo a aplicação nestes locais estratégicos. Essa etapa visa impedir que essas plantas adultas dispersem suas sementes pelo campo (CHRISTOFFOLETI et al., 2012; GEMELLI et al., 2012; ANDRADE, 2019; SILVA 2021). Nesta etapa, os principais produtos utilizados são; atrazina; clomazone; diclosulam; flumioxazina isolada ou em mistura com imazethapyr/diclosulam; s-metolachlor, isolado ou em mistura com diclosulam; trifluralina e em alguns casos glyphosate (SILVA, 2021; CHRISTOFFOLETI et al., 2012; GEMELLI et al., 2012; ANDRADE, 2019).

O segundo momento é a aplicação em pós-emergência da cultura. Nesta etapa após a cultura emergir, ou seja, em seus estádios iniciais, faz-se necessário pulverizar novamente o campo, com a dose de herbicida correta receitada por um Engenheiro Agrônomo (BARROSO et al., 2021; SILVA, 2021). Neste contexto, o sistema do Weedseeker 2, visa auxiliar de modo mais acurado e preciso essa nova identificação das plantas daninhas, pois a aplicação seletiva atingirá somente os locais em que estão emergindo novas plantas daninhas.

Desse modo, o processo correto da pulverização, entrando inicialmente com a aplicação pré-emergente e posteriormente com a pós-emergente, somado ao uso correto do equipamento Weedseeker 2, visa ajudar o agricultor a proteger melhor sua produção, reduzindo gastos com uso excessivo e desnecessários de produtos fitossanitários, impedindo a queda de produção por risco de competitividade entre a cultura e plantas daninhas, e diminuindo também o risco de surgimento de novos casos de resistências dessas plantas.

2.5. DIFERENÇAS ENTRE TIPOS DE PONTAS

Existem diferentes tipos de energia de funcionamento para as pontas que são utilizadas na operação agrícola de pulverização. Segundo Matthews (2014) os tipos comuns de energias utilizadas em pontas são as hidráulicas, gasosas, centrífugas, térmicas e eletrostáticas. Os seus tipos e usos são descritos na Tabela 03:

Tabela 03 - Diferentes Tipo de Pontas e Respectivas Utilizações.

Energia	Tipo	Uso
Hidráulica	Bico do Tipo Defletor	Spray grosseiro, ideal para aplicação de herbicidas
	Bico Ventilador Padrão	Ideal para pulverizar superfícies planas (ex: solo e paredes)
	Bico Ventilador de Pré-Orifício	Idem do Bico Ventilador, com o risco de deriva reduzido
	Bico de Indução a ar	Spray com baixo risco de deriva devido às gotículas conterem bolhas de ar
	Bico de Fronteira	Spray com borda de lança, capaz de minimizar o depósito na zona fronteiriça
	Bico de Deslocamento	Spray com projeção lateral, ideal para uso em beiras de estrada
	Bico do Tipo Even	Spray em formato de leque ou banda
	Bico do Tipo Cone	Spray em formato de cone, ideal para aplicação de herbicida (especialmente com uso em dicotiledôneas)
	Bico de Fluxo Sólido	Spray para tratamento pontual
Gasoso	Bico de Fluído Gêmeo	Spray variado, proporciona maior flexibilidade com controle de fluxo de ar e líquido
Centrífuga	Bico com Cisalhamento a ar	Spray com fluxo de ar em alta velocidade, ideal para aplicação em árvores e arbustos
	Bico Vórtice	Spray que gera uma névoa. Spray com gotas de tamanho controlado, para aplicações que necessitem de volume de aplicação muito pequeno
	Bico com Disco Giratório do Tipo Sela	Spray cujo tamanho da gota é influenciado pela velocidade de rotação do sistema. Velocidade Lenta proporciona gotas grandes para aplicações localizadas. Velocidade Rápida proporcionam aerossóis para aplicações espaciais

Térmica / Eletrostática	Bico de Nebulização e de Tipo Anular	Spray carregado eletrostaticamente

Fonte: Adaptado de MATTHEWS (2014).

Além do tipo de energia empregado na funcionalidade de cada tipo de ponta, para a seleção de uma ponta para a operação de pulverização, deve-se levar em conta o código internacional para os tipos de pontas (Tabela 04) e a qualidade do spray (Tabela 05).

Tabela 04 - Códigos para Descrever os Diferentes Tipos de Pontas.

Código	Tipo de Ponta
F	Standard Fan
FE	Fan with Even Spray
E	Even
RD	Reduce drift, Pre-Orifice Fan
LP	Low Pressure Fan
AI	Air Induction
D	Deflector
HC	Hollow Cone
FC	Full Cone
OC	Offset Fan

Fonte: Adaptado de MATTHEWS (2014).

Tabela 05 - Qualidade do Spray.

Qualidade do Spray	Retenção na Superfície	Uso	Deriva
Muito Fina	Boa	Circunstâncias Excepcionais	Alta
Fina	Boa	Quando se deseja uma boa cobertura	Média
Média	Boa	Utilizado para aplicação de muitos produtos	Baixa
Grossa	Depende	Utilizado para aplicações no solo, e para aplicações foliares	Baixa
Muito Grossa	Ruim	Fertilizantes Líquidos	Muito Baixa

Fonte: Adaptado de MATTHEWS (2014).

2.6. VARIÁVEIS DETERMINANTES PARA TOMADA DE DECISÃO A RESPEITO DA QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO

Existem muitos métodos que foram desenvolvidos para determinação do tamanho de gotas de pulverização, como a difração de laser, laser "phase-doppler" e a análise de imagens. Esses métodos utilizam medida indireta para determinação das imagens, visto que, seria impossível determinar fisicamente o tamanho da gota durante o momento em que o líquido deixa a ponta e atinge o alvo. Diante disso, a norma técnica da ASABE S572.2, bem como outras normas, determinam que as classes de gotas a partir de pontas que são tidas como referências para esta classificação, sejam tidas como referência (CHECHETTO, 2017; MUGELE, 1951).

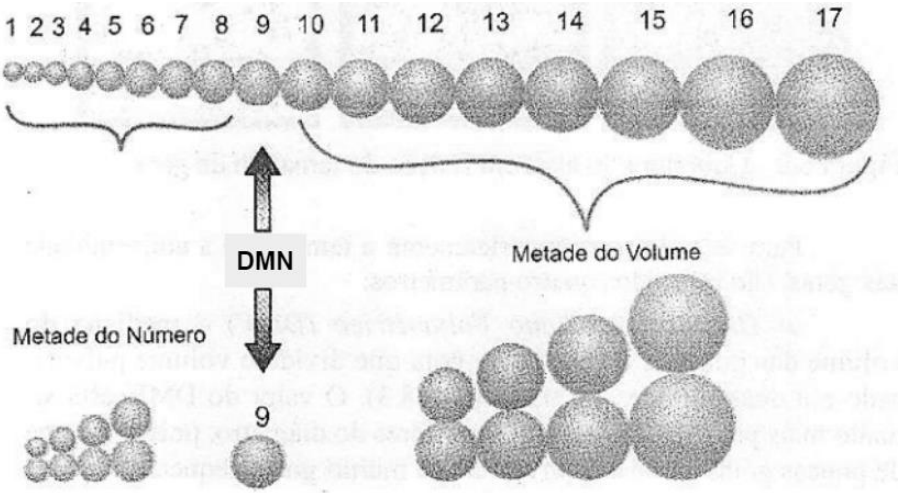
Os parâmetros estabelecidos para esta classificação são:

- Amplitude de Dispersão (Span): O qual é um índice que busca parametrizar as gotas a partir de sua uniformidade e Segundo (SILVA, 2007, p.335) é dada pela equação:

$$S = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}}$$

- Diâmetro Mediano Numérico (DMN): É o diâmetro de gota que separa o número de gotas em duas partes, 50% de gotas menores e 50% de gotas maiores, vide Figura 01 (SILVA, 2007, p.334).

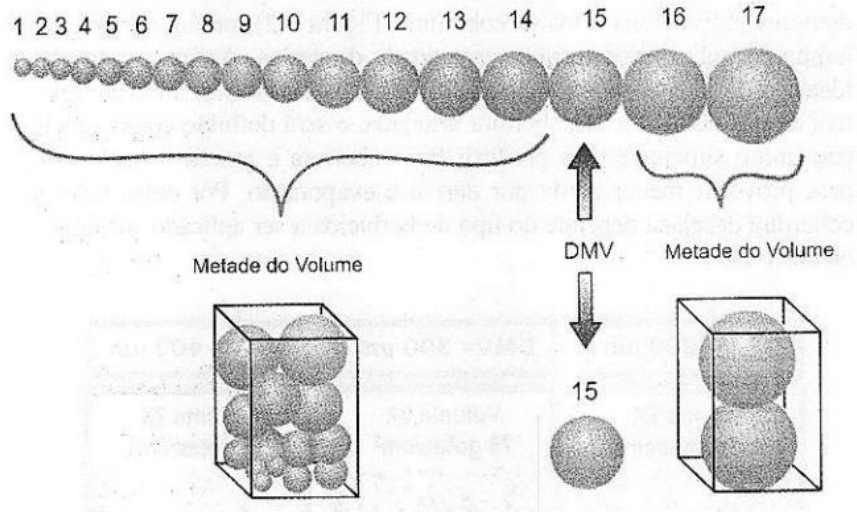
Figura 01 - Diâmetro Mediano Numérico (DMN).



Fonte: Adaptado. SILVA, A. A. et al. 2007. Tópicos em Manejo de Plantas Daninha. Capítulo 08. p. 334. Editora UFV. 367p.

- Diâmetro Mediano Volumétrico: Mediana do volume das gotas que as separa em duas partes iguais, vide Figura 02 (SILVA, 2007, p.333).

Figura 02 - Diâmetro Volumétrico Acumulado (DMV).



Fonte: SILVA, A. A. et al. 2007. Tópicos em Manejo de Plantas Daninha. Capítulo 08. p. 334. Editora UFV. 367p.

Por sua vez, existe uma relação entre o DMN e o DMV. Essas grandezas se relacionam através do Coeficiente de Dispersão (r) (SILVA, 2007, p.335). Onde r, segue a equação:

$$r = \frac{DMV}{DMN}$$

Este coeficiente mostra a uniformidade do conjunto de gotas de uma amostra. Esse valor, quando 1, revela que o conjunto é rigorosamente homogêneo, quanto maior for esse valor, mais heterogêneo é a amostra (SILVA, 2007, p.335).

3. OBJETIVOS

A partir do problema exposto acima, o presente trabalho visa investigar a forma como é realizada a pulverização do jato do herbicida pelo sistema de Aplicação Localizada Weedseeker 2®. Neste contexto, serão testados 3 diferentes tipos de pontas, utilizados na operação de pulverização.

Essa experimentação busca analisar quantitativamente e qualitativamente os resultados de aplicação da ponta tipo Even (TP6504E), frente a outros dois tipos de pontas, uma de Indução a Ar (AI9503EVS) e outra de Sobreposição (XR8004VS).

Isso visa investigar se a ponta de tipo Even (TP6504E), que atualmente é a recomendada para o uso em conjunto com o sistema de pulverização seletiva Weedseeker 2®, apresentará ou não o melhor resultado de acuracidade em atingir as plantas daninhas durante uma aplicação localizada de herbicidas nas condições do experimento realizado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente foram realizados testes de perfil de distribuição com as pontas TP6504E (Even), AI9503EVS (Indução a Ar) e XR8004VS (Sobreposição), todas da marca TeeJet. Para este teste foi utilizado também uma mesa de medição do perfil de distribuição de campo de 1m². Essa medição foi realizada a uma pressão de 3 bar, que é a pressão de trabalho usual do sistema de aplicação localizada WeedSeeker 2, e com uma faixa de aplicação de 1m por cada ponta para que conseguimos coletar todo o leque da mesma, ou seja, 80cm de altura para a TP6504E, 50cm de altura para a AI9503EVS e 60cm de altura para a XR8004VS.

Essa etapa foi realizada dentro de um galpão no Instituto Agronômico de Campinas (Fazenda Santa Eliza) com cada medição demandando um tempo de 30 segundos, vide Figuras 03 e 04. Foram feitas 10 repetições por ponta, e em seguida foram realizados testes estatísticos de Média, Mediana, Desvio Padrão, Variância, Coeficiente de Variação e Desvio de Vazão (este seguindo a Fórmula I), utilizando o software Excel.

Desvio de Vazão (DV):

$$DV = \left(\frac{V_{Nom} - V_{Real}}{V_{Real}}\right) * 100\% \quad \text{(I)}$$

Onde:

- V_{Nom}: É o volume nominal da ponta.
- V_{Real}: É o volume coletado.

Figura 03 - Coleta de Volume para a Ponta XR8004VS em Ambiente Controlado.

Figura 04 - Perfil de Distribuição para a Ponta AI9504EVS, Coleta de Número 09.

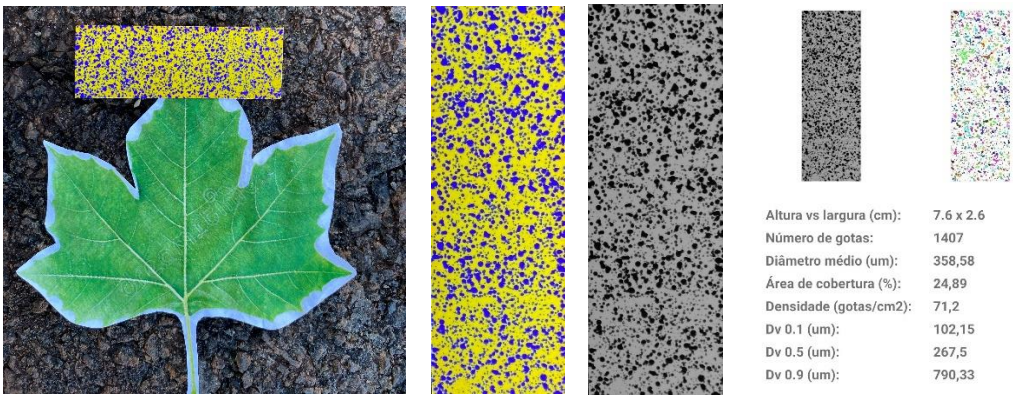
Após a primeira etapa de medição da faixa de aplicação das pontas, foi utilizado o sistema de aplicação localizada WeedSeeker 2. Em seguida, iniciou-se a verificação da cobertura realizada pelo sistema em campo. Para isso, foram utilizados papéis hidrossensíveis espalhados de modo aleatório. A partir disso, cada ponta de pulverização foi testada três vezes, de acordo com a velocidade de operação pré-estabelecida. Assim, foi determinado previamente as velocidades de 6 km/h, 12 km/h e 20 km/h como fatores de avaliação para testar a qualidade de cobertura de aplicação, e para cada velocidade foram realizadas 10 coletas de amostras.

Para os testes qualitativos, todas as configurações dentro do configurador ISOBUS do sistema foram estabelecidas de modo a realizar a operação de pulverização corretamente. Entre as configurações realizadas estão, atualização do sistema WeedSeeker 2, enumeração dos sensores, calibração de distância entre sensor e ponta de pulverização (que neste caso é de 15 cm), e calibração de solo (que para este teste foi feita sobre asfalto).

Assim, cada amostra foi fotografada, cortada e em seguida processada através do aplicativo DropLeaf, Figura 03. Esse aplicativo tem o viés de mensurar a qualidade de cobertura de pulverização. Ele também indica o diâmetro médio das gotas, número de gotas, densidade de gota, coeficiente de dispersão, entre outras informações (MACHADO et al, 2018).

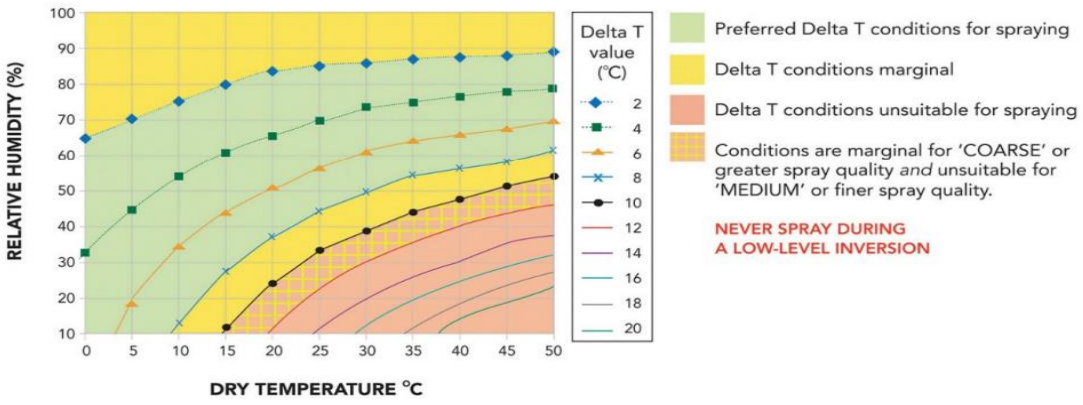
Antes de fazer o upload das imagens no DropLeaf, todas elas foram transformadas em imagens preto e branco 8bits, para evitar que a luz sobre o papel hidrossenssível interferisse na análise do aplicativo. Em seguida, foi realizado o upload de cada uma das imagens no aplicativo, e a mesma foi processada até que o fundo do papel ficasse branco, e indicasse de modo colorido as gotas coletadas. Para cada teste, a imagem no aplicativo foi filtrada no menor índice possível da escala do aplicativo, que neste caso é 10, a fim de se obter todos os depósitos que o DropLeaf fosse capaz de fazer. A Figura 05 mostra processo descrito acima.

Figura 05 - Etapa de Coleta da Amostra 05 a 6 km/h, da Ponta TP6504E e Processamento no Aplicativo DropLeaf.



Antes de cada teste foi utilizado o gráfico do delta T, Figura 06, como indicador do ambiente para saber se o ambiente apresentava condições ideais para realização do experimento. Esse gráfico estima a quantidade de vapor de água que a atmosfera é capaz de absorver em razão de uma temperatura. Outros aspectos observados por este gráfico é a relação agronômica existente entre diferentes fatores como potencial de evaporação da água de uma gota pulverizada, estresse vegetal e penetração dos diferentes tamanhos de gotas de herbicidas, por isso sua importância e relevância como indicador de ambiente (CARRANCIO et al, 2019).

Figura 06 - Gráfico Delta T.



Fonte: AGRICULTURE VICTORIA, 2017.

Desse modo, ao observarmos a Figura 06, temos que a região em verde, com Delta T (2, 4, 6 e 8) é a região ideal para se realizar a operação de pulverização. As regiões em amarelo são classificadas como regiões marginais, onde ainda é possível realizar a operação de pulverização. A região quadriculada, Delta T (10 e 12) é uma região, onde pode-se realizar a operação de pulverização desde que seja utilizado gotas no mínimo grossas. Por fim, a região vermelha, é a região em que não se pode realizar a operação de pulverização, devido às condições ambientais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. TESTE DE PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO PARA AS PONTAS TP6504E, AI9503EVS E XR8004VS

Na primeira etapa de coleta de perfil de distribuição das pontas, utilizando uma mesa de medição de perfil de distribuição de campo de 1m², obteve-se os seguintes resultados, vide Tabelas 06, 07 e 08. A partir desses dados, foi possível realizar testes estatísticos para as três pontas.

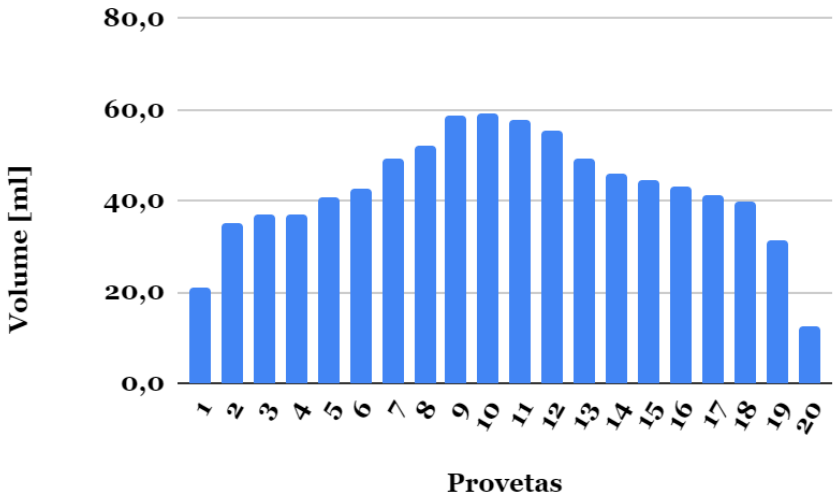
Para a Ponta TP6504E tem-se a seguir os resultados da coleta, bem como os testes estatísticos de validação dessa primeira etapa:

Tabela 06 - Coleta de Dados e Distribuição Estatística da Ponta TP6504E.

Teste	Provetas																				Volume Total [ml]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	24,0	33,0	34,0	37,0	41,0	42,0	50,0	50,0	58,0	60,0	59,0	56,0	52,0	47,0	46,0	43,0	41,0	41,0	26,0	7,0	847,0
2	24,0	37,0	36,0	36,0	42,0	44,0	49,0	50,0	58,0	61,0	59,0	56,0	50,0	45,0	44,0	43,0	40,0	40,0	25,0	8,0	847,0
3	22,0	37,0	36,0	39,0	40,0	43,0	48,0	51,0	56,0	58,0	55,0	52,0	45,0	43,0	40,0	40,0	41,0	39,0	36,0	16,0	837,0
4	25,0	37,0	39,0	39,0	43,0	44,0	51,0	51,0	58,0	58,0	58,0	51,0	50,0	46,0	44,0	44,0	41,0	39,0	32,0	11,0	861,0
5	25,0	38,0	37,0	37,0	40,0	43,0	49,0	52,0	60,0	60,0	60,0	56,0	51,0	45,0	45,0	42,0	40,0	40,0	27,0	10,0	857,0
6	18,0	34,0	36,0	35,0	39,0	43,0	48,0	53,0	57,0	59,0	58,0	57,0	50,0	47,0	44,0	43,0	43,0	39,0	38,0	18,0	859,0
7	15,0	34,0	38,0	32,0	40,0	43,0	48,0	54,0	58,0	60,0	59,0	59,0	49,0	48,0	46,0	43,0	43,0	41,0	35,0	14,0	859,0
8	21,0	39,0	41,0	39,0	43,0	44,0	50,0	52,0	61,0	56,0	55,0	53,0	48,0	48,0	46,0	45,0	42,0	40,0	28,0	12,0	863,0
9	24,0	34,0	37,0	38,0	40,0	42,0	50,0	54,0	59,0	59,0	58,0	55,0	47,0	45,0	44,0	43,0	41,0	41,0	28,0	12,0	851,0
10	13,0	30,0	38,0	37,0	40,0	40,0	48,0	53,0	61,0	58,0	58,0	58,0	49,0	47,0	44,0	43,0	41,0	40,0	37,0	15,0	850,0
Média	21,1	35,3	37,2	36,9	40,8	42,8	49,1	52,0	58,6	58,9	57,9	55,3	49,1	46,1	44,3	42,9	41,3	40,0	31,2	12,3	853,1
Mediana	23,0	35,5	37,0	37,0	40,0	43,0	49,0	52,0	58,0	59,0	58,0	56,0	49,5	46,5	44,0	43,0	41,0	40,0	30,0	12,0	854,0
Variancia	18,8	7,6	3,7	4,8	2,0	1,5	1,2	2,2	2,7	2,1	2,8	6,7	4,1	2,5	3,1	1,7	1,1	0,7	24,6	12,2	65,9
Desvio Padrão	4,3	2,8	1,9	2,2	1,4	1,2	1,1	1,5	1,6	1,4	1,7	2,6	2,0	1,6	1,8	1,3	1,1	0,8	5,0	3,5	8,1
Coeficiente de Variação	20,5	7,8	5,2	5,9	3,4	2,9	2,2	2,9	2,8	2,5	2,9	4,7	4,1	3,5	4,0	3,0	2,6	2,0	15,9	28,4	1,0

Desse modo, a partir dos dados, extraiu-se o gráfico da média dos volumes coletados em cada proveta para formar o gráfico do perfil de distribuição da ponta em questão, vide Figura 07.

Figura 07 - Média dos Perfis de Distribuição da Ponta TP6504E.



Em seguida, após realizar os primeiros testes estatísticos, realizou-se a transformação da média do Volume Total para Litros, para se obter o desvio de vazão da vazão real frente a vazão nominal.

Desvio de Vazão (DV) da ponta TP6504E, segundo a Equação I:

- Vazão Nominal de Catálogo (V_{Nom}): 1,58 L.
- Vazão Real da Média das Coletas (V_{Real}): 853,10 ml ou 1,71 L.

$$DV = \left(\frac{1{,}71-1{,}58}{1{,}58}\right) * 100\% = 7{,}98\%$$

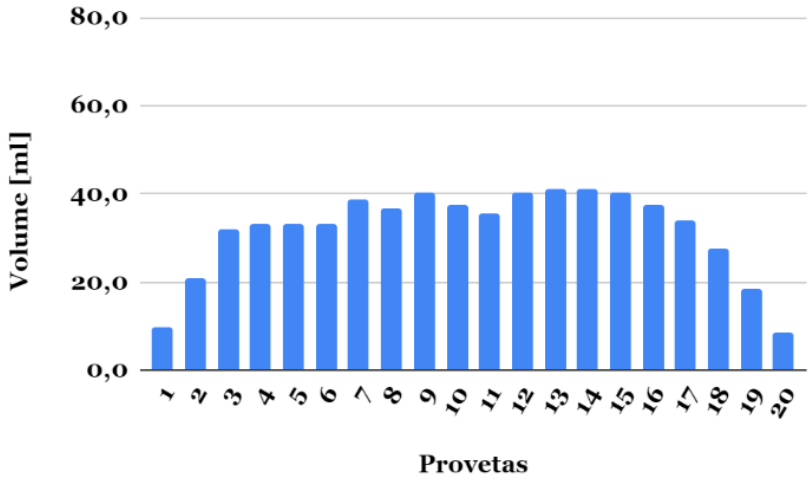
Já para a Ponta AI9503EVS os testes estatísticos de validação dessa primeira etapa, e os resultados da coleta, se encontram a seguir:

Tabela 07 - Coleta de Dados e Distribuição Estatística da Ponta AI9503EVS.

Teste	Provetas																				Volume Total [ml]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	13,0	25,0	33,0	32,0	33,0	34,0	39,0	37,0	39,0	37,0	35,0	40,0	40,0	41,0	40,0	37,0	33,0	27,0	17,0	8,0	640,0
2	14,0	27,0	32,0	31,0	32,0	33,0	39,0	35,0	39,0	36,0	35,0	38,0	40,0	39,0	39,0	37,0	33,0	27,0	18,0	8,0	632,0
3	8,0	20,0	33,0	33,0	33,0	33,0	38,0	37,0	40,0	38,0	35,0	39,0	40,0	41,0	40,0	37,0	35,0	29,0	22,0	10,0	641,0
4	10,0	30,0	30,0	32,0	34,0	34,0	40,0	37,0	40,0	37,0	38,0	44,0	41,0	41,0	38,0	36,0	28,0	20,0	15,0	8,0	633,0
5	8,0	20,0	33,0	34,0	34,0	32,0	38,0	36,0	41,0	37,0	35,0	38,0	40,0	40,0	40,0	37,0	35,0	30,0	21,0	10,0	639,0
6	8,0	15,0	30,0	34,0	33,0	32,0	39,0	36,0	40,0	38,0	35,0	40,0	41,0	41,0	41,0	38,0	35,0	30,0	19,0	9,0	634,0
7	12,0	25,0	34,0	32,0	32,0	33,0	38,0	37,0	41,0	37,0	36,0	41,0	42,0	42,0	41,0	39,0	34,0	26,0	15,0	9,0	646,0
8	7,0	20,0	33,0	33,0	33,0	33,0	39,0	37,0	41,0	38,0	36,0	40,0	41,0	43,0	41,0	37,0	35,0	27,0	19,0	9,0	642,0
9	8,0	13,0	29,0	35,0	35,0	33,0	39,0	38,0	41,0	39,0	36,0	42,0	42,0	43,0	41,0	39,0	35,0	30,0	19,0	8,0	645,0
10	8,0	15,0	31,0	35,0	33,0	33,0	37,0	37,0	41,0	38,0	35,0	39,0	42,0	41,0	42,0	39,0	35,0	29,0	20,0	8,0	638,0
Média	9,6	21,0	31,8	33,1	33,2	33,0	38,6	36,7	40,3	37,5	35,6	40,1	40,9	41,2	40,3	37,6	33,8	27,5	18,5	8,7	639,0
Mediana	8,0	20,0	32,5	33,0	33,0	33,0	39,0	37,0	40,5	37,5	35,0	40,0	41,0	41,0	40,5	37,0	35,0	28,0	19,0	8,5	639,5
Variancia	6,3	32,0	2,8	1,9	0,8	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	3,4	0,8	1,5	1,3	1,2	4,8	9,2	5,4	0,7	23,3
Desvio Padrão	2,5	5,7	1,7	1,4	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,9	0,9	1,2	1,2	1,1	2,2	3,0	2,3	0,8	4,8
Coeficiente de Variação	26,1	26,9	5,3	4,1	2,8	2,0	2,2	2,2	2,0	2,3	2,7	4,6	2,1	3,0	2,9	2,9	6,5	11,0	12,5	9,5	0,8

A partir dos dados, extraiu-se o gráfico da média dos volumes coletados em cada proveta para formar o gráfico do perfil de distribuição da ponta em questão, vide Figura 08.

Figura 08 - Média dos Perfis de Distribuição da Ponta AI9503EVS.



Frente a isso, buscou-se realizar a transformação da média do Volume Total para Litros, para se obter o desvio de vazão da vazão real frente a vazão nominal.

Desvio de Vazão (DV) da ponta AI9503EVS, segundo a Equação I:

- Vazão Nominal de Catálogo (V_{Nom}): 1,18 L.
- Vazão Real da Média das Coletas (V_{Real}): 639,00 ml ou 1,28 L.

$$DV = (\frac{1,28-1,18}{1,18}) * 100\% = 8,31\%$$

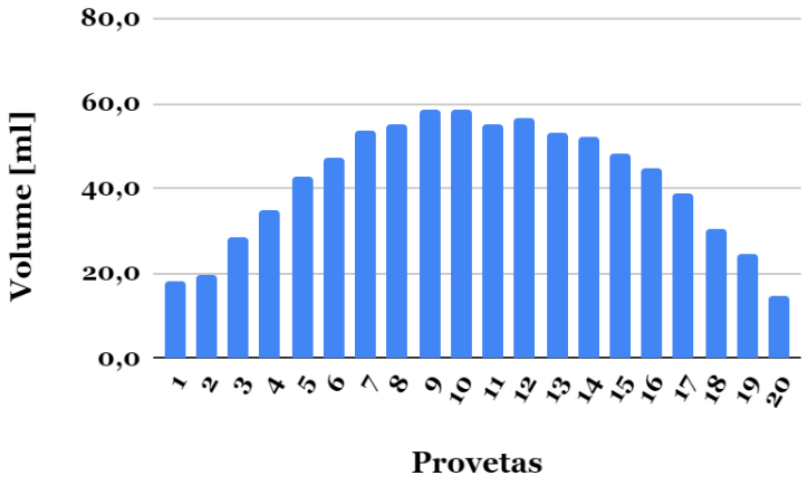
Para finalizar a primeira etapa, realizou-se a coleta e os testes estatísticos para a Ponta XR8004VS:

Tabela 08 - Coleta de Dados e Distribuição Estatística da Ponta XR8004VS.

Teste	Provetas																				Volume Total [ml]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	18,0	21,0	29,0	36,0	44,0	47,0	55,0	57,0	60,0	59,0	56,0	56,0	53,0	52,0	48,0	45,0	38,0	30,0	23,0	10,0	837,0
2	19,0	21,0	30,0	37,0	44,0	48,0	55,0	55,0	59,0	59,0	56,0	57,0	52,0	51,0	48,0	43,0	37,0	27,0	23,0	10,0	831,0
3	18,0	18,0	26,0	34,0	41,0	47,0	53,0	55,0	58,0	58,0	56,0	56,0	54,0	51,0	48,0	45,0	38,0	32,0	25,0	19,0	832,0
4	19,0	20,0	30,0	35,0	43,0	47,0	54,0	55,0	59,0	59,0	55,0	58,0	54,0	53,0	48,0	45,0	39,0	31,0	25,0	15,0	844,0
5	18,0	18,0	28,0	35,0	43,0	48,0	55,0	56,0	60,0	58,0	56,0	58,0	54,0	53,0	50,0	45,0	41,0	32,0	26,0	17,0	851,0
6	19,0	20,0	29,0	35,0	44,0	47,0	53,0	55,0	58,0	60,0	55,0	57,0	54,0	51,0	46,0	43,0	38,0	29,0	25,0	13,0	831,0
7	18,0	19,0	28,0	34,0	39,0	45,0	51,0	54,0	58,0	58,0	54,0	57,0	54,0	52,0	48,0	46,0	40,0	32,0	26,0	18,0	831,0
8	18,0	20,0	29,0	34,0	44,0	47,0	53,0	55,0	58,0	58,0	56,0	57,0	52,0	52,0	48,0	45,0	39,0	30,0	25,0	15,0	835,0
9	18,0	20,0	28,0	35,0	43,0	47,0	55,0	56,0	59,0	58,0	54,0	57,0	53,0	52,0	48,0	46,0	37,0	30,0	25,0	16,0	837,0
10	18,0	20,0	28,0	35,0	44,0	48,0	54,0	55,0	59,0	57,0	55,0	55,0	52,0	52,0	48,0	44,0	40,0	29,0	24,0	14,0	831,0
Média	18,3	19,7	28,5	35,0	42,9	47,1	53,8	55,3	58,8	58,4	55,3	56,8	53,2	51,9	48,0	44,7	38,7	30,2	24,7	14,7	836,0
Mediana	18,0	20,0	28,5	35,0	43,5	47,0	54,0	55,0	59,0	58,0	55,5	57,0	53,5	52,0	48,0	45,0	38,5	30,0	25,0	15,0	837,5
Variancia	0,2	1,1	1,4	0,9	2,8	0,8	1,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,5	0,9	1,1	1,8	2,6	1,1	9,3	30,7
Desvio Padrão	0,5	1,1	1,2	0,9	1,7	0,9	1,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,1	3,1	6,7
Coeficiente de Variação	2,6	5,4	4,1	2,7	3,9	1,9	2,4	1,5	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,4	2,0	2,4	3,5	5,4	4,3	20,8	0,8

Diante dos dados coletados, extraiu-se o gráfico da média dos volumes em cada proveta para formar o gráfico do perfil de distribuição da ponta em questão, vide Figura 09.

Figura 09 - Média dos Perfis de Distribuição da Ponta XR8004VS.



Por fim, após realizar os primeiros testes estatísticos, realizou-se a transformação da média do Volume Total para Litros, para se obter o desvio de vazão da vazão real frente a vazão nominal.

Desvio de Vazão (DV) da ponta XR8004VS, segundo a Equação I:

- Vazão Nominal de Catálogo (V_{Nom}): 1,58 L.
- Vazão Real da Média das Coletas (V_{Real}): 836,00 ml ou 1,67 L.

$$DV = (\frac{1,67-1,58}{1,58}) * 100\% = 5,82\%$$

Diante a primeira etapa de testes, podemos observar que as pontas TP6504E e AI9504EVS apresentam maior uniformidade em sua distribuição, e isso é verificado pelo fato de ambas serem pontas do tipo jato plano uniforme, como indica o catálogo da Teejet. Essas pontas não precisam de outras para que haja sobreposição, pois elas funcionam independente umas das outras de modo que sua distribuição seja mais uniforme ao longo de sua faixa.

De outro modo, a ponta XR8004VS apresentou um perfil típico de jato plano, como de acordo com o catálogo da TeeJet, e neste caso por se tratar de uma ponta com essa característica, é verificado que esta ponta necessariamente precisaria de outra para que a aplicação nas

extremidades da faixa seja complementada a fim de se uniformizar com a distribuição da região central do perfil.

Porém vale ressaltar, que o método de coleta utilizando uma mesa de campo, influenciou no resultado de Desvio de Vazão em todas as pontas, visto que, todos os resultados ficaram com esse desvio acima de 5%, sendo este o limite para resultados considerados adequados em coletas de amostras feitas em laboratórios especializados em realizar testes de pontas de pulverização.

5.2. TESTE QUALITATIVO DE APLICAÇÃO LOCALIZADA

Na segunda e última etapa do trabalho, foi realizado um teste qualitativo de campo com as pontas do estudo. Para isso, foi utilizado um pulverizador de arrasto, com apenas um sensor efetuando o disparo com a leitura. Com isso, buscou-se manter a uniformidade e constância das aplicações, uma vez que a primeira etapa da pesquisa se utilizou apenas uma ponta de cada tipo para mensurar o seu perfil de distribuição. No Apêndice A se encontram registros da experimentação em campo.

Logo, a segunda etapa foi realizada com as mesmas pontas utilizadas nos testes de perfil de distribuição buscando manter um padrão na uniformidade do projeto. Além disso, buscou-se realizar o experimento nas condições ambientais (delta T) adequadas, de acordo com a Figura 06. A Tabela 09 mostra o delta T respectivo em cada momento em que foi realizado um ensaio.

Tabela 09 - Delta T para Cada Ensaio.

Ponta	Velocidade de Coleta	Data	Hora	Temperatura [°C]	Umidade [%]	delta T
AI9503EVS	6 km/h	03/11/2022	11:30	16,4	58,4	5
AI9503EVS	12 km/h	03/11/2022	11:00	15,3	63,1	4
AI9503EVS	20 km/h	03/11/2022	08:30	13,7	71,8	3
TP6504E	6 km/h	04/11/2022	08:19	12,3	71,8	3
TP6504E	12 km/h	04/11/2022	08:00	12,3	71,8	3
TP6504E	20 km/h	04/11/2022	07:49	12,4	71,9	3
XR8004VS	6 km/h	04/11/2022	07:34	12,4	71,9	3
XR8004VS	12 km/h	04/11/2022	07:20	12,5	71,9	3
XR8004VS	20 km/h	04/11/2022	07:05	12,5	71,9	3

Fonte: Adaptado de INMET (2022).

Por sua vez, as Figuras 10, 11 e 12 mostram os resultados das aplicações para cada tipo de ponta nas diferentes velocidades testadas. Já a localização de cada folha que buscou simular uma planta daninha, foi feita de modo aleatório e pode ser verificada em Apêndice B.

Figura 10 - Testes Qualitativos da Ponta AI9503EVS.

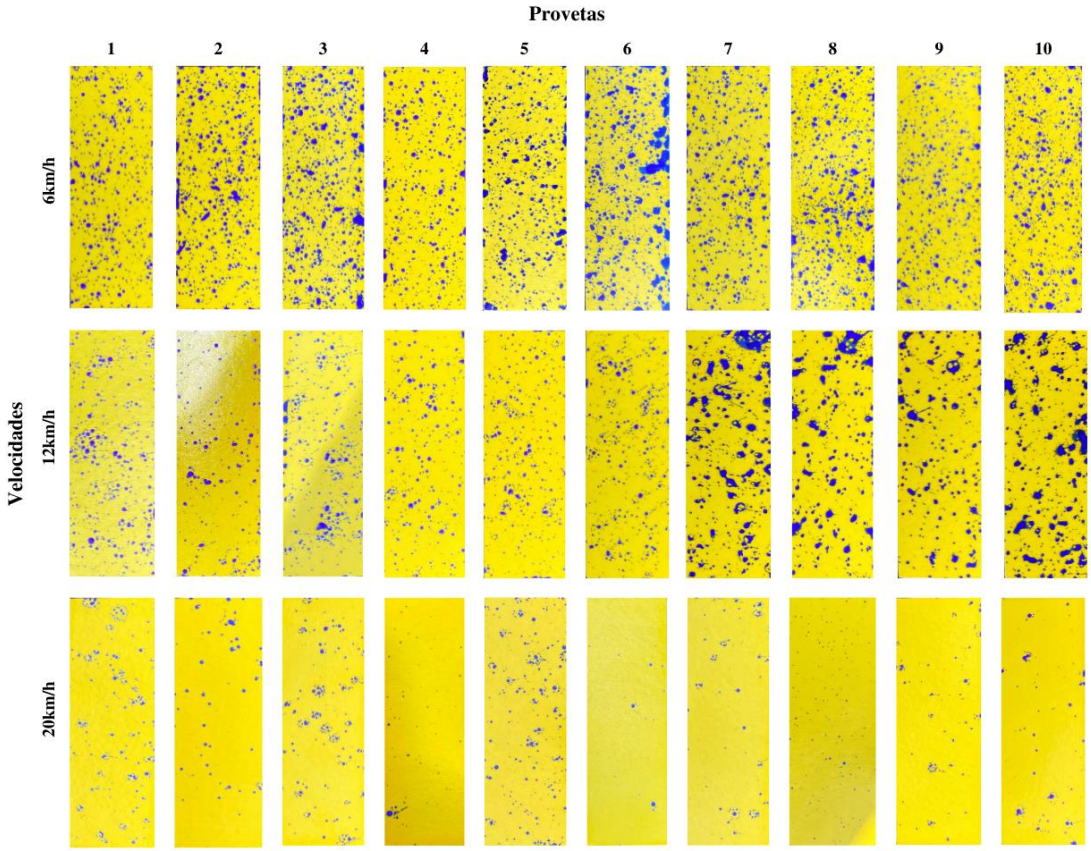


Figura 11 - Testes Qualitativos da Ponta TP6504E.

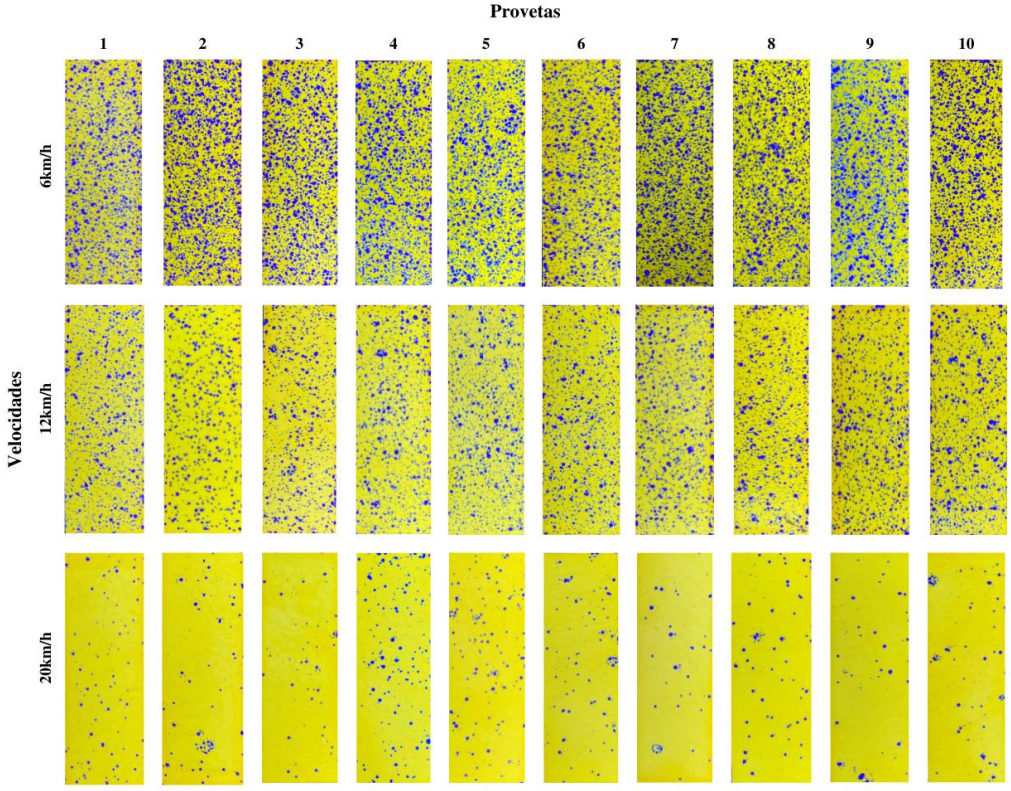
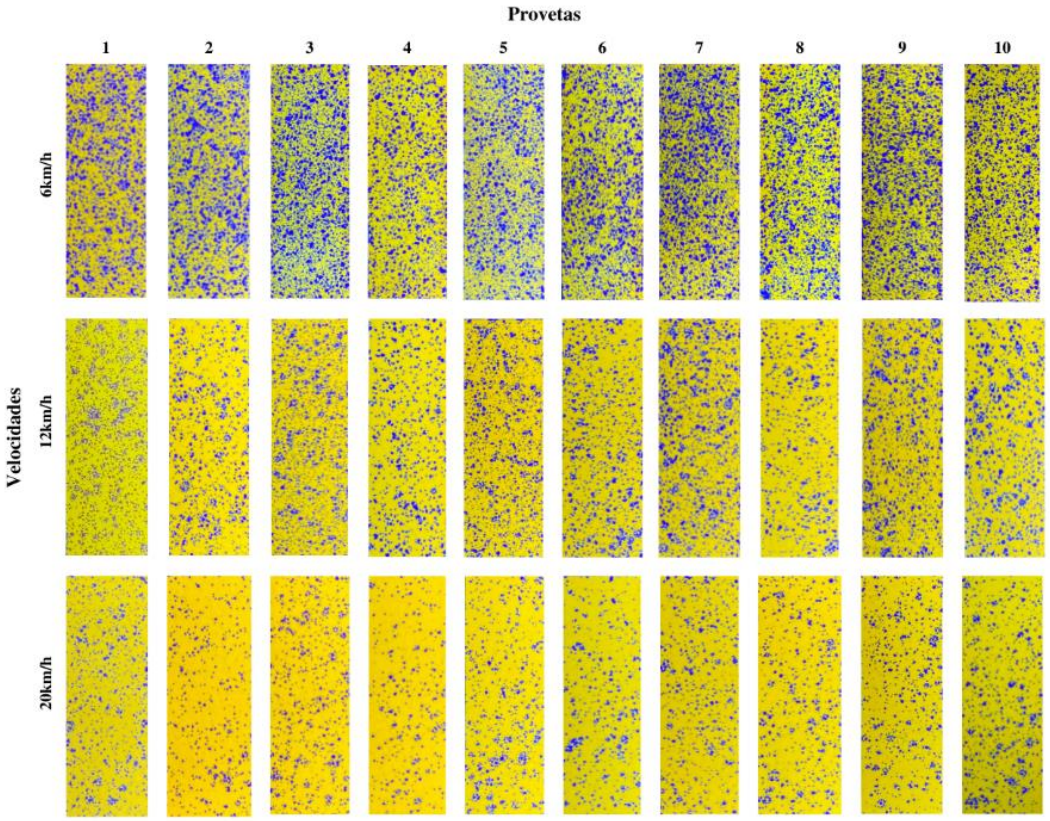


Figura 12 - Testes Qualitativos da Ponta XR8004VS.

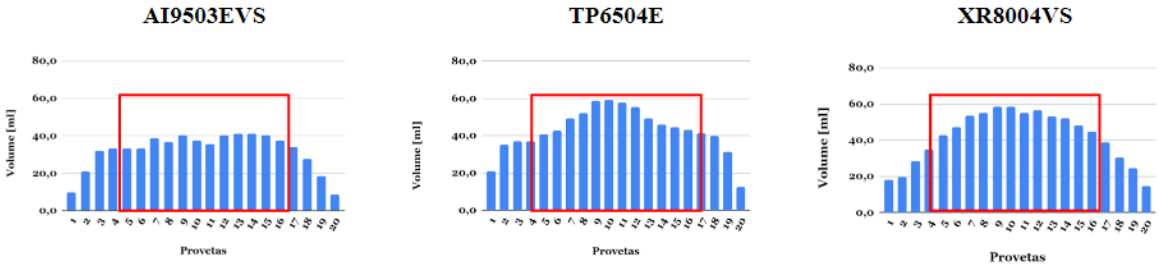


Ao se observar as imagens dos papeis hidrossensíveis, podemos notar uma influência direta da velocidade na taxa de cobertura de cada papel. Isso se deve ao fato de que velocidades acima de 15 km/h podem ocasionar arrasto das partículas da pulverização (SILVA, 2007; SCHNEIDER, 2021). Esse arrasto interfere na qualidade de aplicação diretamente, uma vez que o alvo não será atingido com acuracidade (SILVA, 2007). Segundo SCHNEIDER (2021), observa-se que o aumento da velocidade no pulverizador, causa uma diminuição no DMV, isso também altera o modo de cobertura da aplicação.

Para a situação do experimento, observa-se também nas Figuras 10, 11 e 12, que a ponta XR8004VS apresentou resultados satisfatórios, iguais aos da ponta TP6504E nas velocidades de 6 km/h e 12 km/h. E ainda apresentou o melhor resultado dentre as pontas analisadas quando testada na velocidade de 20 km/h. Essa diferença pode ser resultado de dois fatores, o primeiro é o fato dessa ponta apresentar a característica de redução de deriva (VS), ou seja, em uma velocidade em que grandes turbulências são geradas pelo fluxo de ar na barra de pulverização, essa característica da ponta a ajuda a reduzir a deriva de gotas. O segundo, se deve ao fato de a disposição das amostras favorecerem a faixa central do leque das pontas analisadas, ou seja, para a ponta XR8004VS os testes pegam exatamente os maiores volumes de líquido, vide Figura

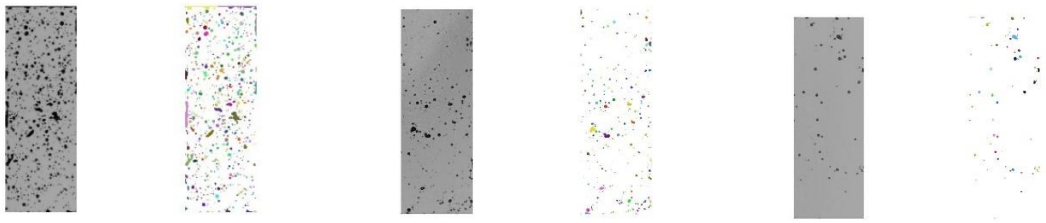
13, em que nela podemos observar a caixa vermelha em destaque que mostra exatamente o trecho de cada perfil de distribuição das pontas em que as amostras ficaram aleatorizadas.

Figura 13 – Destaque da distribuição das amostras referente ao perfil de distribuição de cada ponta.



Ainda nesta etapa, foi utilizado o aplicativo para celulares android DropLeaf para fazer o processamento das imagens. A seguir, as Figuras 14, 15 e 16 mostram exemplos de um teste para cada velocidade e ponta, na localização 02 (vide Apêndice B).

Figura 14 - Testes qualitativos da ponta AI9503EVS nas velocidades de 6 km/h; 12 km/h e 20 km/h respectivamente.

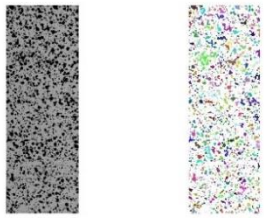


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	665
Diâmetro médio (um):	377,31
Área de cobertura (%):	11,92
Densidade (gotas/cm2):	33,65
Dv 0.1 (um):	140,73
Dv 0.5 (um):	296,32
Dv 0.9 (um):	719,45

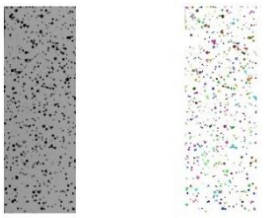
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	286
Diâmetro médio (um):	327,02
Área de cobertura (%):	3,56
Densidade (gotas/cm2):	14,47
Dv 0.1 (um):	116,84
Dv 0.5 (um):	268,99
Dv 0.9 (um):	618,81

Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	64
Diâmetro médio (um):	453,16
Área de cobertura (%):	1,31
Densidade (gotas/cm2):	3,24
Dv 0.1 (um):	195,39
Dv 0.5 (um):	413,11
Dv 0.9 (um):	738,98

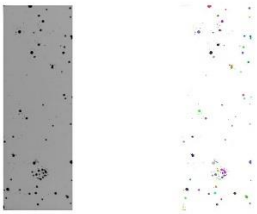
Figura 15 - Testes Qualitativos da Ponta TP6504E nas velocidades de 6 km/h; 12 km/h e 20 km/h respectivamente.



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1407
Diâmetro médio (um):	358,58
Área de cobertura (%):	24,89
Densidade (gotas/cm2):	71,2
Dv 0.1 (um):	102,15
Dv 0.5 (um):	267,5
Dv 0.9 (um):	790,33

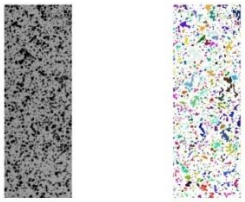


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	636
Diâmetro médio (um):	370,54
Área de cobertura (%):	9,34
Densidade (gotas/cm2):	32,19
Dv 0.1 (um):	115,29
Dv 0.5 (um):	357,42
Dv 0.9 (um):	651,88

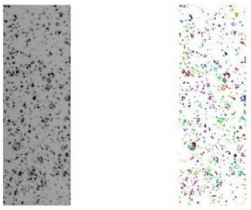


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	149
Diâmetro médio (um):	308,12
Área de cobertura (%):	1,81
Densidade (gotas/cm2):	7,54
Dv 0.1 (um):	102,82
Dv 0.5 (um):	192,35
Dv 0.9 (um):	643,25

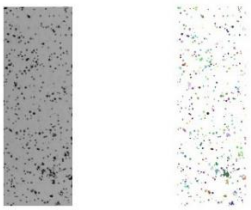
Figura 16 - Testes Qualitativos da Ponta XR8004VS nas velocidades de 6 km/h; 12 km/h e 20 km/h respectivamente.



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1164
Diâmetro médio (um):	389,58
Área de cobertura (%):	26,41
Densidade (gotas/cm2):	58,91
Dv 0.1 (um):	91,9
Dv 0.5 (um):	272,63
Dv 0.9 (um):	836,77



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	682
Diâmetro médio (um):	397,24
Área de cobertura (%):	11,74
Densidade (gotas/cm2):	34,51
Dv 0.1 (um):	190,91
Dv 0.5 (um):	343,39
Dv 0.9 (um):	674,96



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	480
Diâmetro médio (um):	343,37
Área de cobertura (%):	5,89
Densidade (gotas/cm2):	24,29
Dv 0.1 (um):	127,96
Dv 0.5 (um):	335,52
Dv 0.9 (um):	550,39

Esse mesmo procedimento foi realizado para cada amostra, e foram realizados 90 processamentos dentro do aplicativo, visto que este processa uma imagem de cada vez. Para maiores detalhes de cada processamento vide Apêndices C, D e E, para as pontas AI9503EVS, TP6504E e XR8004VS respectivamente.

A seguir se encontra as Tabelas 10, 11 e 12, com os respectivos resultados da análise feita pelo DropLeaf para a ponta AI9503EVS nas velocidades de 6 km/h, 12 km/h e 20 km/h.

Tabela 10 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 6 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	142,34	281,42	675,15	7,67	543,00	27,48
2	140,73	296,32	719,45	11,92	665,00	33,65
3	178,89	338,86	766,37	12,96	602,00	30,47
4	164,35	336,09	685,74	7,45	433,00	21,91
5	159,71	291,58	704,45	8,95	488,00	24,70
6	245,35	414,96	969,21	12,94	330,00	16,70
7	140,17	308,93	689,77	8,93	586,00	29,66
8	162,88	351,36	781,79	10,35	484,00	24,49
9	165,32	295,47	667,55	6,58	439,00	22,22
10	174,27	297,44	696,13	10,08	610,00	30,87
Média	163,62	303,19	700,29	9,52	515,50	26,09
Mediana	163,62	303,19	700,29	9,52	515,50	26,09
Variancia	936,60	1632,23	8146,04	5,18	10360,44	26,54
Desvio Padrão	30,60	40,40	90,26	2,28	101,79	5,15

Tabela 11 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 12 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	97,76	303,96	657,04	5,53	387,00	19,59
2	116,84	268,99	618,81	3,56	286,00	14,47
3	162,48	330,98	676,55	5,70	314,00	15,89
4	104,34	263,44	658,88	4,24	299,00	15,13
5	113,17	258,07	574,84	4,48	379,00	19,18
6	141,43	236,05	580,04	4,69	414,00	20,95
7	155,54	320,66	1100,13	15,14	318,00	16,09
8	289,49	478,98	1381,88	12,84	200,00	10,12
9	239,13	404,66	1008,36	9,19	238,00	12,04
10	184,21	438,10	1364,20	12,36	200,00	10,12
Média	160,44	330,39	862,07	7,77	303,50	15,36
Mediana	148,49	312,31	667,72	5,62	306,50	15,51
Variancia	3890,22	6930,28	104374,32	18,10	5693,83	14,59
Desvio Padrão	62,37	83,25	323,07	4,25	75,46	3,82

Tabela 12 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 20 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	83,87	193,68	523,74	2,64	286,00	14,47
2	195,39	413,11	738,98	1,31	64,00	3,24
3	107,69	251,28	549,85	2,67	258,00	13,06
4	106,61	196,63	398,65	0,48	63,00	3,19
5	108,96	231,15	526,52	3,22	325,00	16,45
6	168,95	316,53	805,83	0,21	13,00	0,66
7	126,57	241,34	568,57	1,02	113,00	5,72
8	88,46	176,92	317,40	0,88	198,00	10,02
9	122,20	257,62	567,35	0,93	100,00	5,06
10	144,68	263,64	856,04	1,14	67,00	3,39
Média	125,34	246,31	558,60	1,08	106,50	5,39
Mediana	115,58	246,31	558,60	1,08	106,50	5,39
Variancia	1244,98	4765,85	29029,26	1,05	11951,57	30,61
Desvio Padrão	35,28	69,04	170,38	1,02	109,32	5,53

A seguir se encontra as Tabelas 13, 14 e 15, com os respectivos resultados da análise feita pelo DropLeaf para a ponta TP6504E nas velocidades de 6 km/h, 12 km/h e 20 km/h.

Tabela 13 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta TP6504E à 6 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	104,85	256,82	652,23	20,11	1448,00	73,28
2	102,15	267,50	790,33	24,89	1407,00	71,20
3	103,46	311,69	761,12	23,61	1249,00	63,21
4	120,71	314,25	732,57	22,14	1212,00	61,34
5	107,92	261,18	665,88	19,81	1395,00	70,60
6	109,81	259,19	643,63	19,20	1449,00	73,33
7	125,77	256,34	681,34	21,32	1304,00	65,99
8	82,49	199,63	554,21	18,58	1674,00	84,72
9	131,35	296,15	822,05	19,82	875,00	44,28
10	107,86	288,07	684,52	20,84	1275,00	64,52
Média	109,64	271,08	698,79	21,03	1328,80	67,25
Mediana	107,89	264,34	682,93	20,48	1349,50	68,30
Variânica	190,51	1134,21	6255,97	4,01	43085,73	110,36
Desvio Padrão	13,80	33,68	79,09	2,00	207,57	10,51

Tabela 14 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta TP6504E à 12 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	89,81	264,39	582,03	12,31	1088,00	55,06
2	115,29	357,42	651,88	9,34	636,00	32,19
3	99,60	256,37	561,78	9,89	896,00	45,34
4	90,28	263,20	592,84	12,02	1015,00	51,37
5	111,16	231,39	501,24	11,02	1150,00	58,20
6	126,55	238,62	523,47	10,74	1110,00	56,17
7	149,02	259,75	585,05	11,31	998,00	50,51
8	107,92	211,95	505,36	11,94	1309,00	66,24
9	117,88	303,42	589,42	12,91	992,00	50,20
10	142,84	255,51	564,76	12,86	1085,00	54,91
Média	115,04	264,20	565,78	11,43	1027,90	52,02
Mediana	113,23	258,06	573,40	11,63	1050,00	53,14
Variânica	402,43	1649,64	2106,98	1,45	31207,88	79,90
Desvio Padrão	20,06	40,62	45,90	1,20	176,66	8,94

Tabela 15 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta TP6504E à 20 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	148,41	404,94	642,99	1,89	118,00	5,97
2	102,82	192,35	643,25	1,81	149,00	7,54
3	102,35	195,27	593,66	1,04	111,00	5,62
4	145,36	352,25	683,88	3,30	198,00	10,02
5	134,17	377,32	625,37	2,64	174,00	8,81
6	138,62	348,95	701,18	2,29	147,00	7,44
7	94,39	180,18	680,86	1,15	86,00	4,35
8	122,97	419,53	721,10	2,02	103,00	5,21
9	134,17	268,35	690,11	1,27	90,00	4,55
10	90,11	182,09	608,38	1,86	159,00	8,05
Média	121,34	292,12	659,08	1,93	133,50	6,76
Mediana	128,57	308,65	662,06	1,88	132,50	6,71
Variânica	482,83	9733,57	1796,36	0,49	1410,94	3,62
Desvio Padrão	21,97	98,66	42,38	0,70	37,56	1,90

Por fim, a seguir se encontra as Tabelas 16, 17 e 18, com os respectivos resultados da análise feita pelo DropLeaf para a ponta TP6504E nas velocidades de 6 km/h, 12 km/h e 20 km/h.

Tabela 16 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 6 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	137,43	334,61	897,42	26,30	979,00	49,54
2	91,90	272,63	836,77	26,41	1164,00	58,91
3	75,76	214,28	777,52	29,19	1559,00	78,90
4	135,52	326,36	748,41	20,36	1074,00	54,35
5	80,97	218,01	695,90	24,34	1685,00	85,27
6	122,02	272,84	775,55	25,47	1250,00	63,26
7	78,84	222,98	732,37	29,87	1543,00	78,09
8	115,41	258,05	665,87	23,17	1454,00	73,58
9	96,62	255,63	761,15	26,65	1451,00	73,43
10	100,52	256,81	669,40	21,35	1275,00	64,52
Média	103,50	263,22	756,04	25,31	1343,40	67,99
Mediana	98,57	257,43	754,78	25,89	1363,00	68,98
Variânica	526,37	1716,45	5249,58	9,51	53086,04	135,98
Desvio Padrão	22,94	41,43	72,45	3,08	230,40	11,66

Tabela 17 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 12 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	172,53	314,99	738,71	21,56	1036,00	52,43
2	190,91	343,39	674,96	11,74	682,00	34,51
3	121,89	238,65	566,28	16,17	1327,00	67,16
4	138,04	379,17	719,67	12,89	620,00	31,38
5	75,76	227,28	591,69	15,90	1318,00	66,70
6	141,66	352,73	720,93	15,76	817,00	41,35
7	116,58	278,69	693,23	20,39	1135,00	57,44
8	182,83	354,66	667,16	10,26	607,00	30,72
9	131,80	270,11	628,62	16,91	1086,00	54,96
10	134,08	357,05	741,59	15,52	722,00	36,54
Média	140,61	311,67	674,28	15,71	935,00	47,32
Mediana	136,06	329,19	684,10	15,83	926,50	46,89
Variânica	1176,99	2937,26	3766,50	12,36	78162,89	200,19
Desvio Padrão	34,31	54,20	61,37	3,52	279,58	14,15

Tabela 18 - Resultados de Cobertura Utilizando o Aplicativo DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 20 km/h.

	DV 10% [um]	DV 50% [um]	DV 90% [um]	% Cobertura	Núm. de Gotas	Densidade [Gotas/cm²]
1	120,98	261,34	538,75	9,49	843,00	42,66
2	127,96	335,52	550,39	5,89	480,00	24,29
3	116,50	288,73	602,12	9,45	760,00	38,46
4	128,35	330,37	632,07	5,50	413,00	20,90
5	83,59	301,40	638,45	9,49	697,00	35,27
6	112,31	340,65	687,75	8,68	495,00	25,05
7	126,56	310,00	643,53	9,92	657,00	33,25
8	111,13	294,02	611,57	8,90	673,00	34,06
9	93,92	275,43	608,69	9,14	752,00	38,06
10	94,90	251,09	579,22	11,01	880,00	44,53
Média	111,62	298,86	609,25	8,75	665,00	33,65
Mediana	114,41	297,71	610,13	9,30	685,00	34,67
Variância	251,20	953,17	2011,54	3,00	24698,22	63,25
Desvio Padrão	15,85	30,87	44,85	1,73	157,16	7,95

Desse modo, focando na análise da coluna de Porcentagem de Cobertura das tabelas acima, observa-se que tanto a Variância quanto o Desvio Padrão são valores pequenos, ou seja, indicando que a dispersão dos resultados está bem próxima da média, ou seja, mostra que a cobertura de aplicação realizada nos papeis hidrossensíveis durante o experimento é homogênea.

Além disso, temos que ao avaliar as aplicações realizadas à 6 km/h a ponta TP6504E apresentou maior homogeneidade quando comparada as demais, visto que o desvio padrão da porcentagem de cobertura foi o menor dentre os avaliados nessa condição. Já ao observarmos as coletas das três diferentes pontas na velocidade de 12 km/h tem-se que a ponta TP6504E também apresentou melhor homogeneidade na porcentagem de cobertura do papel hidrossensível. Por fim, ao realizarmos a operação com uma velocidade de operação de 20 km/h, a ponta TP6504E novamente apresentou maior homogeneidade nos resultados de porcentagem de cobertura.

Ainda se destaca que para esta avaliação, as pontas TP6504E e XR8004VS foram as que conseguiram depositar sobre o papel hidrossensível os maiores número de gotas nas velocidades de 6 km/h e 12 km/h. Podemos também observar que a 20 km/h a ponta XR8004VS apresentou o maior número de deposições sobre o papel hidrossensível quando comparada as demais pontas.

Portanto, pode-se verificar que para o teste em questão, a uma velocidade de 6 km/h observa-se maior cobertura devido a maior taxa de aplicação. Já a uma velocidade de 12 km/h

observa-se que quando comparado com a aplicação realizada a 6 km/h, esta apresentou uma menor cobertura, devido a uma menor taxa de aplicação, e isso ocorreu em razão de se estar com o dobro da velocidade, sendo que aqui forças de arrasto já podem interferir no processo de deposição. Já a 20 km/h, esta apresentou a menor cobertura quando comparada com os testes realizados a 6 km/h e 12 km/h, visto que a esta velocidade a turbulência causada pela velocidade de operação interfere diretamente na qualidade de aplicação, ou seja, proporcionando menores coberturas devido a menores taxas de aplicação.

6. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos da primeira etapa, em se tratando de uma aplicação localizada onde cada ponta funcionará independente uma da outra, as pontas TP6504E (Even) e AI9504EVS (Indução a ar) com característica de jato plano uniforme, apresentaram um perfil de distribuição mais homogêneo, sem que houvesse grandes variações para os volumes coletados nas provetas das pontas quando comparado com os volumes coletados nas provetas da região central. Já a ponta XR8004VS (Sobreposição) é uma ponta ideal para situações de aplicação convencional, ou seja, em área total, visto que a característica da ponta mostra que a mesma necessita de outras pontas para ajudar a uniformizar o seu perfil de distribuição.

Por sua vez, os resultados obtidos na segunda etapa, pode-se observar uma interferência da velocidade na qualidade de aplicação, utilizando o sistema de aplicação localizada WeedSeeker 2, sendo, portanto, um fator limitante para que haja uma maior ou menor acuracidade no momento de o líquido atingir o alvo, que é a planta daninha. Isso ocorre devido a correntes de vento e turbulências geradas por grandes velocidades de operação na barra de pulverização.

Assim, para uma aplicação onde se deseja grande acurácia, a velocidade de operação limite observada, nas condições estabelecidas neste projeto, foi de 12 km/h, e a ponta de pulverização que apresentou maior homogeneidade na porcentagem de cobertura do papel hidrossensível, nos três diferentes testes de velocidade (6km/h, 12km/h e 20km/h), foi a TP6504E. Além disso, pode-se observar que para a velocidade de 20km/h, que proporcionou maior turbulência durante a aplicação, a ponta e XR8004VS, apresentou melhores resultados de coberturas quando comparadas com as pontas TP6504E e AI9503EVS.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F.S. et al. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Circular Técnica 132 (Embrapa Soja), 11p. 2017.

AGRICULTURE VICTORIA. 2017. **A guide to using agricultural chemicals in Victoria.** Disponível em <https://agriculture.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0010/554923/A-guide-to-using-agricultural-chemicals-in-Victoria-ground-based-spraying_Sept-22.pdf>. Acesso em 28 de out. de 2022.

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. 2004. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários**. Campinas, São Paulo: Linea Creativa.

BARROSO, A. A. M. et al. **Introdução à Ciência das Plantas Daninhas**. Matologia, p. 415. ISBN 978-65-00-16757-3. 2021.

CANTU, Renan Marcos et al. **Uso de herbicidas pré-emergentes para manejo de buva**. In: **A**nais do Congresso Brasileiro de Fitossanidade. 2019.

CARRANCIO, L. A.; MASSARO, R. A. El Delta T (Δ T) como indicador del ambiente meteorológico para pulverizaciones. **INTA EEA Oliveros, Para Mejorar la Producción**, v. 58, p. 193-201, 2019.

CHECHETTO, R. G. et al. 2017. **Espectro e classes de tamanho de gotas: O que é preciso saber e como interpretar resultados.** Disponível em <https://www.upherb.com.br/int/espectro-e-classes-de-tamanho-de-gotas-o-que-e-preciso-saber-e-como-interpretar-resultados>. Acesso em 29 de out. de 2022.

DIM et al.. **Distribuição espacial de plantas daninhas e produção de forragem em áreas de pastejo contínuo**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 12, n. 2, p. 296-305, 2011.

DYRMANN, M.; KARSTOFT, H.; MIDTIBY, H. S. **Plant species classification using deep convolutional neural network**. Biosystems Engineering, Amsterdam, v.151, p.72–80, 2016.

GAZZIERO, D.L.P. **Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil**. Planta Daninha, v.33, n.1, p.83-92, 2015.

HAMUDA, E.; GLAVIN, M.; JONES, E. **A survey of image processing techniques for plant extraction and segmentation in the field.** Computers and Electronics in Agriculture, Amsterdam, v.125, p.184–199, 2016.

Heap, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em 12 de jan. de 2022.

HONG, S. et al.. Detection system of smart sprayers: Status, challenges, and perspectives. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 5, n. 3, p. 10-23, 2012.

INMET. 2022. Instituto Nacional de Metereologia. **Dados da Estação Automática de Campinas – P Taquaral – SP [V0339]**. Disponível em <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em 17 de nov. de 2022.

MACHADO, B. B. et al. **A smartphone application to measure the quality of pest control spraying machines via image analysis**. In: Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing. 2018. p. 956-963.

MAILLOT, T. et al. **Des technologies innovantes pour optimiser le désherbage de précision**. Innovations Agronomiques, v. 81, p. 209-225, 2020.

MATTHEWS G. A, Bateman R, Miller P. 2014. **Pesticide application methods. Wiley – Blackwell**, 4ed. 536p

MENTEN, J. O. M. et al. L**egislação ambiental e uso de defensivos agrícolas**. Citrus Research & Technology, v. 32, n. 2, p. 109-120, 2017.

MEULEN, A. van der; CHAUHAN, B. S. **A review of weed management in wheat using crop competition**. Crop Protection, Amsterdam, v.95, p.38–44, 2017.

MUGELE, R.A.; EVANS, H.D. **Droplet size distribution in sprays. Industrial and engineering chemistry,** Chemtech, v.43, n.6, p.1317-1324. 1951.

NORRIS, R.F. et al. **Concepts in integrated pest management**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

OLSEN, A. **Improving the accuracy of weed species detection for robotic weed control in complex real-time environments**. Tese de Doutorado. James Cook University. 2020.

PALAI, J. B. **Weed Management**. MS Swaminathan School Of Agriculture - Centurion University. India. 2010.

REES S., MCCARTHY C., FILLOLS E., BAILLE C., STAIER T.. **Evaluating commercially available precision weed spraying technology for detecting weeds in sugarcane farming systems**. Sugar research, Pest, Disease and Weed Management. 2013.

RIGOTTO, R. M. et al. **O verde da economia no campo: desafios à pesquisa e às políticas públicas para a promoção da saúde no avanço da modernização agrícola.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 17, n. 6, p. 1533-1542, 2012.

ROSA, M. C. **Redes neurais convolutivas aplicadas à detecção de ervas daninhas**. 2019. http://hdl.handle.net/10183/204423

SALOMÃO, P. E. A. et al. **Herbicidas no Brasil: uma breve revisão**. Research, Society and Development, v. 9, n. 2, p. e32921990-e32921990, 2020.

SANTOS, J. M. F. **Aspectos Críticos na Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Disponível em <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/rifib/XIII%20RIFIB/santos.pdf>. Acesso em 12 de outubro de 2021.

SCHNEIDER, T. et al. **Biologia molecular aplicada à ciência das plantas daninhas.** Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2018.

SCHNEIDER, I. M.. **Velocidades de operação em aplicação de fungicida na cultura da soja**. 2021.

SENA, M. F. de S. et al. **Variabilidade espacial de plantas daninhas em áreas sob diferentes usos agrícolas**. Revista Sítio Novo, v. 5, n. 4, p. 21-36, 2021.

SILVA, A. A. et al. 2007. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas.** Editora UFV. 367 p.

SILVA, A. F. M. et al. **Introdução à Ciência das Plantas Daninhas**. Matologia, 548 p. ISBN 978-65-00-16757-3. 2021.

SILVA, A. F. M. et al. **Seletividade de herbicidas isolados e em associações para milho RR2/LL®**. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 16, n. 1, p. 60-66, 2017.

STIEGELMEIER, E. W. et al. **Modelo de Otimização para o Controle de Plantas Daninhas Usando Programação não Linear Inteira Mista.** 2012. 111 p. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18153/tde-04062012-165249/publico/Elenice.pdf>. Acesso em 27 de set. de 2021.

TANG, J. L. et al . **Weed detection using image processing under different illumination for site-specific areas spraying**. Computers and Electronics in Agriculture, Amsterdam, v.122, p.103–111, 2016.

Trimble Agriculture. **Apresentando o Weedseeker 2 da Trimble**. Disponível em <https://ag.trimble.com/weedseeker2-br>. Acesso em 15 de fev. de 2022.

Trimble. **WeedSeeker Spot Spray System**. Disponível em: <**https://agriculture.trimble.com/product/weedseeker-spot-spray-system/**>. Acesso em 15 de fev. de 2022.

TULL, Jethro. **The New Horse-houghing Husbandry: Or, an Essay on the Principles of Tillage and Vegetation.** Aaron Rhames, 1731.

TZU, Sun et al. **The art of war**. Oxford University Press, USA, 1971.

WSSA. **Weed Technology**, v. 12, p. 789, 1998.

ШРАМКО, Інна Іванівна; СОЛОДОВНИКОВА, Ілона Леонідівна. **Особливості застосування інформаційних технологій при вирощуванні зернових та олійних культур в Україні**. 2021.

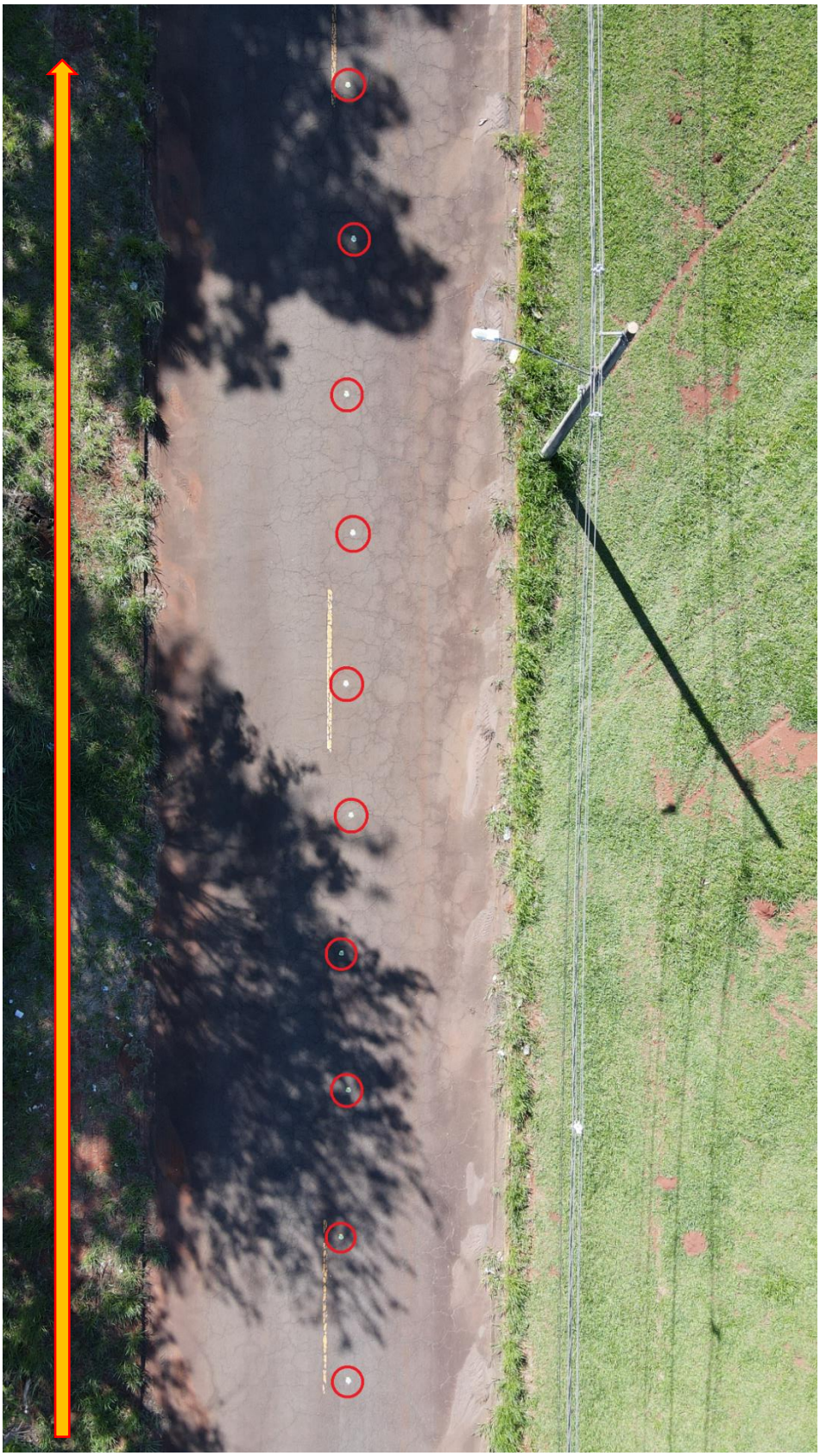
ZAMBOLIM, L. 2010. **A importância de novos princípios ativos na sustentabilidade da agricultura**. Defesa Vegetal. Ed. Especial Ciência - IUPAC Rio. (Ed.) Moreira AC, pág. 86-94.

APÊNDICE A

Processo de coleta das amostras após a passada do pulverizador de arrasto.

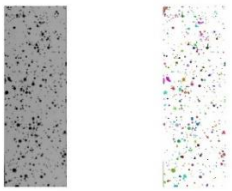
APÊNDICE B

Disposição das amostras aleatorizadas, da primeira à última no sentido da seta.

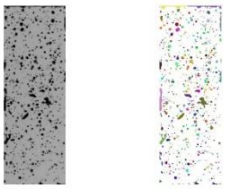


APÊNDICE C

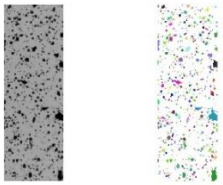
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 6km/h:



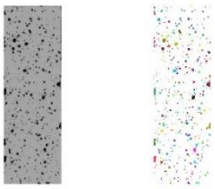
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	543
Diâmetro médio (um):	348,26
Área de cobertura (%):	7,67
Densidade (gotas/cm2):	27,48
Dv 0.1 (um):	142,34
Dv 0.5 (um):	281,42
Dv 0.9 (um):	675,15



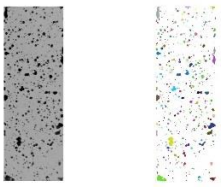
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	665
Diâmetro médio (um):	377,31
Área de cobertura (%):	11,92
Densidade (gotas/cm2):	33,65
Dv 0.1 (um):	140,73
Dv 0.5 (um):	296,32
Dv 0.9 (um):	719,45



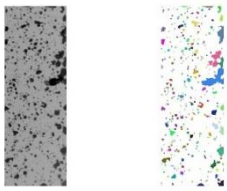
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	602
Diâmetro médio (um):	420,83
Área de cobertura (%):	12,96
Densidade (gotas/cm2):	30,47
Dv 0.1 (um):	178,89
Dv 0.5 (um):	338,86
Dv 0.9 (um):	766,37



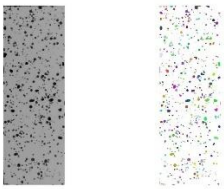
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	433
Diâmetro médio (um):	385,34
Área de cobertura (%):	7,45
Densidade (gotas/cm2):	21,91
Dv 0.1 (um):	164,35
Dv 0.5 (um):	336,09
Dv 0.9 (um):	685,74



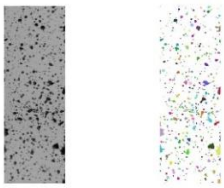
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	488
Diâmetro médio (um):	380,07
Área de cobertura (%):	8,95
Densidade (gotas/cm2):	24,7
Dv 0.1 (um):	159,71
Dv 0.5 (um):	291,58
Dv 0.9 (um):	704,45



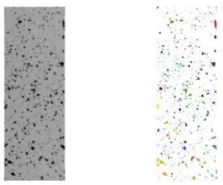
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	330
Diâmetro médio (um):	537,84
Área de cobertura (%):	12,94
Densidade (gotas/cm2):	16,7
Dv 0.1 (um):	245,35
Dv 0.5 (um):	414,96
Dv 0.9 (um):	969,21



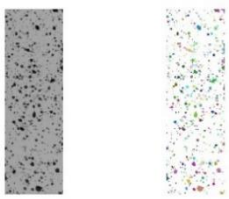
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	586
Diâmetro médio (um):	366,86
Área de cobertura (%):	8,93
Densidade (gotas/cm2):	29,66
Dv 0.1 (um):	140,17
Dv 0.5 (um):	308,93
Dv 0.9 (um):	689,77



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	484
Diâmetro médio (um):	425,65
Área de cobertura (%):	10,35
Densidade (gotas/cm2):	24,49
Dv 0.1 (um):	162,88
Dv 0.5 (um):	351,36
Dv 0.9 (um):	781,79

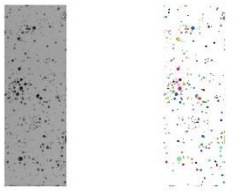


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	439
Diâmetro médio (um):	364,53
Área de cobertura (%):	6,58
Densidade (gotas/cm2):	22,22
Dv 0.1 (um):	165,32
Dv 0.5 (um):	295,47
Dv 0.9 (um):	667,55

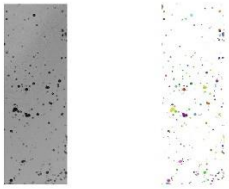


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	610
Diâmetro médio (um):	365,42
Área de cobertura (%):	10,08
Densidade (gotas/cm2):	30,87
Dv 0.1 (um):	174,27
Dv 0.5 (um):	297,44
Dv 0.9 (um):	696,13

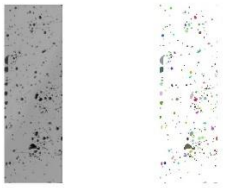
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 12km/h:



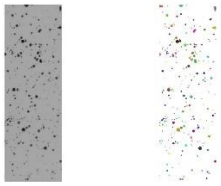
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	387
Diâmetro médio (um):	346,15
Área de cobertura (%):	5,53
Densidade (gotas/cm2):	19,59
Dv 0.1 (um):	97,76
Dv 0.5 (um):	303,96
Dv 0.9 (um):	657,04



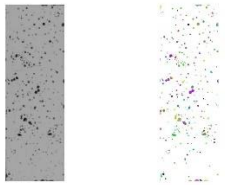
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	286
Diâmetro médio (um):	327,02
Área de cobertura (%):	3,56
Densidade (gotas/cm2):	14,47
Dv 0.1 (um):	116,84
Dv 0.5 (um):	268,99
Dv 0.9 (um):	618,81



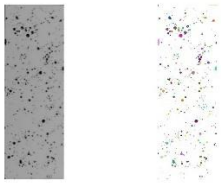
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	314
Diâmetro médio (um):	386
Área de cobertura (%):	5,7
Densidade (gotas/cm2):	15,89
Dv 0.1 (um):	162,48
Dv 0.5 (um):	330,98
Dv 0.9 (um):	676,55



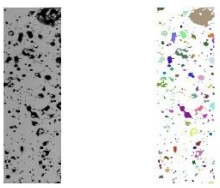
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	299
Diâmetro médio (um):	332,73
Área de cobertura (%):	4,24
Densidade (gotas/cm2):	15,13
Dv 0.1 (um):	104,34
Dv 0.5 (um):	263,44
Dv 0.9 (um):	658,88



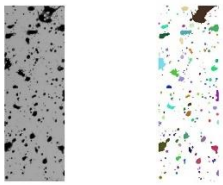
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	379
Diâmetro médio (um):	313,34
Área de cobertura (%):	4,48
Densidade (gotas/cm2):	19,18
Dv 0.1 (um):	113,17
Dv 0.5 (um):	258,07
Dv 0.9 (um):	574,84



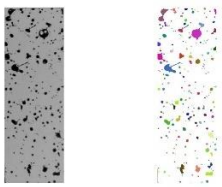
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	414
Diâmetro médio (um):	309,72
Área de cobertura (%):	4,69
Densidade (gotas/cm2):	20,95
Dv 0.1 (um):	141,43
Dv 0.5 (um):	236,05
Dv 0.9 (um):	580,04



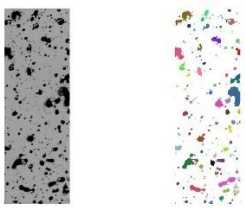
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	318
Diâmetro médio (um):	504,17
Área de cobertura (%):	15,14
Densidade (gotas/cm2):	16,09
Dv 0.1 (um):	155,54
Dv 0.5 (um):	320,66
Dv 0.9 (um):	1.100,13



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	200
Diâmetro médio (um):	672,15
Área de cobertura (%):	12,84
Densidade (gotas/cm2):	10,12
Dv 0.1 (um):	289,49
Dv 0.5 (um):	478,98
Dv 0.9 (um):	1.381,88

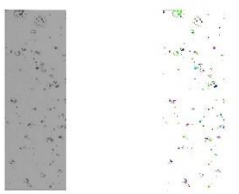


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	238
Diâmetro médio (um):	543,89
Área de cobertura (%):	9,19
Densidade (gotas/cm2):	12,04
Dv 0.1 (um):	239,13
Dv 0.5 (um):	404,66
Dv 0.9 (um):	1.008,36



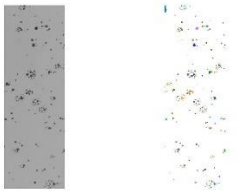
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	200
Diâmetro médio (um):	633,08
Área de cobertura (%):	12,36
Densidade (gotas/cm2):	10,12
Dv 0.1 (um):	184,21
Dv 0.5 (um):	438,1
Dv 0.9 (um):	1.364,2

A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta AI9503EVS à 20km/h:



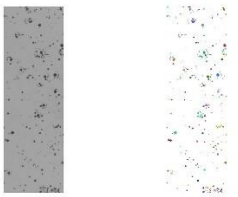
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	286
Diâmetro médio (um):	266,8
Área de cobertura (%):	2,64
Densidade (gotas/cm2):	14,47
Dv 0.1 (um):	83,87
Dv 0.5 (um):	193,68
Dv 0.9 (um):	523,74

Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	64
Diâmetro médio (um):	453,16
Área de cobertura (%):	1,31
Densidade (gotas/cm2):	3,24
Dv 0.1 (um):	195,39
Dv 0.5 (um):	413,11
Dv 0.9 (um):	738,98

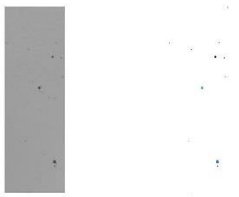


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	258
Diâmetro médio (um):	295,21
Área de cobertura (%):	2,67
Densidade (gotas/cm2):	13,06
Dv 0.1 (um):	107,69
Dv 0.5 (um):	251,28
Dv 0.9 (um):	549,85

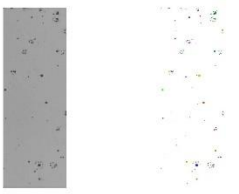
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	63
Diâmetro médio (um):	235,11
Área de cobertura (%):	0,48
Densidade (gotas/cm2):	3,19
Dv 0.1 (um):	106,61
Dv 0.5 (um):	196,63
Dv 0.9 (um):	398,65



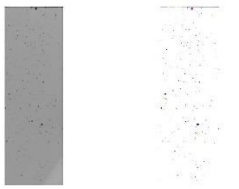
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	325
Diâmetro médio (um):	282,41
Área de cobertura (%):	3,22
Densidade (gotas/cm2):	16,45
Dv 0.1 (um):	108,96
Dv 0.5 (um):	231,15
Dv 0.9 (um):	526,52



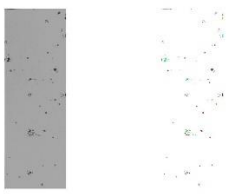
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	13
Diâmetro médio (um):	362,36
Área de cobertura (%):	0,21
Densidade (gotas/cm2):	0,66
Dv 0.1 (um):	168,95
Dv 0.5 (um):	316,53
Dv 0.9 (um):	805,83



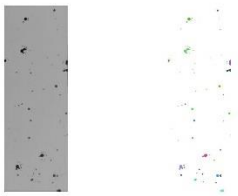
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	113
Diâmetro médio (um):	289,41
Área de cobertura (%):	1,02
Densidade (gotas/cm2):	5,72
Dv 0.1 (um):	126,57
Dv 0.5 (um):	241,34
Dv 0.9 (um):	568,57



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	198
Diâmetro médio (um):	197,11
Área de cobertura (%):	0,88
Densidade (gotas/cm2):	10,02
Dv 0.1 (um):	88,46
Dv 0.5 (um):	176,92
Dv 0.9 (um):	317,4



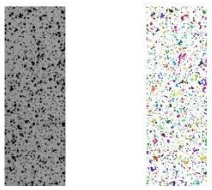
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	100
Diâmetro médio (um):	293,82
Área de cobertura (%):	0,93
Densidade (gotas/cm2):	5,06
Dv 0.1 (um):	122,2
Dv 0.5 (um):	257,62
Dv 0.9 (um):	567,35



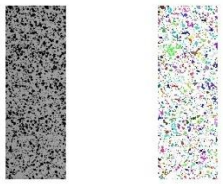
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	67
Diâmetro médio (um):	364,23
Área de cobertura (%):	1,14
Densidade (gotas/cm2):	3,39
Dv 0.1 (um):	144,68
Dv 0.5 (um):	263,64
Dv 0.9 (um):	856,04

APÊNDICE D

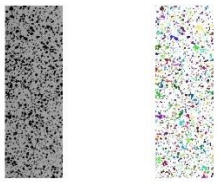
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta TP6504E à 6km/h:



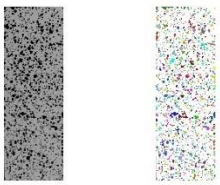
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1448
Diâmetro médio (um):	325,2
Área de cobertura (%):	20,11
Densidade (gotas/cm2):	73,28
Dv 0.1 (um):	104,85
Dv 0.5 (um):	256,82
Dv 0.9 (um):	652,23



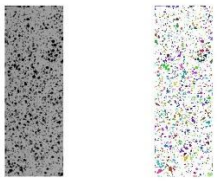
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1407
Diâmetro médio (um):	358,58
Área de cobertura (%):	24,89
Densidade (gotas/cm2):	71,2
Dv 0.1 (um):	102,15
Dv 0.5 (um):	267,5
Dv 0.9 (um):	790,33



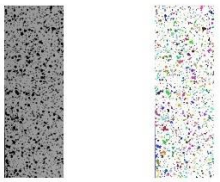
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1249
Diâmetro médio (um):	380,09
Área de cobertura (%):	23,61
Densidade (gotas/cm2):	63,21
Dv 0.1 (um):	103,46
Dv 0.5 (um):	311,69
Dv 0.9 (um):	761,12



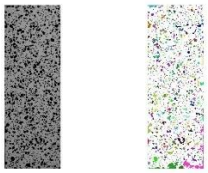
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1212
Diâmetro médio (um):	385,84
Área de cobertura (%):	22,14
Densidade (gotas/cm2):	61,34
Dv 0.1 (um):	120,71
Dv 0.5 (um):	314,25
Dv 0.9 (um):	732,57



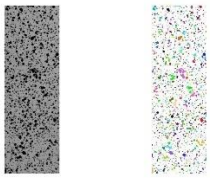
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1395
Diâmetro médio (um):	332,5
Área de cobertura (%):	19,81
Densidade (gotas/cm2):	70,6
Dv 0.1 (um):	107,92
Dv 0.5 (um):	261,18
Dv 0.9 (um):	665,88



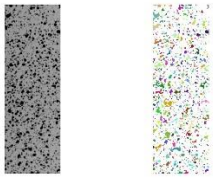
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1449
Diâmetro médio (um):	322,33
Área de cobertura (%):	19,2
Densidade (gotas/cm2):	73,33
Dv 0.1 (um):	109,81
Dv 0.5 (um):	259,19
Dv 0.9 (um):	643,63



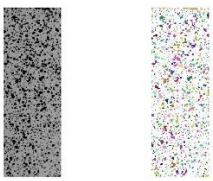
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1304
Diâmetro médio (um):	345,85
Área de cobertura (%):	21,32
Densidade (gotas/cm2):	65,99
Dv 0.1 (um):	125,77
Dv 0.5 (um):	256,34
Dv 0.9 (um):	681,34



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1674
Diâmetro médio (um):	275,67
Área de cobertura (%):	18,58
Densidade (gotas/cm2):	84,72
Dv 0.1 (um):	82,49
Dv 0.5 (um):	199,63
Dv 0.9 (um):	554,21

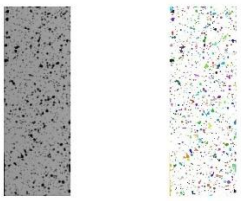


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	875
Diâmetro médio (um):	401,37
Área de cobertura (%):	19,82
Densidade (gotas/cm2):	44,28
Dv 0.1 (um):	131,35
Dv 0.5 (um):	296,15
Dv 0.9 (um):	822,05

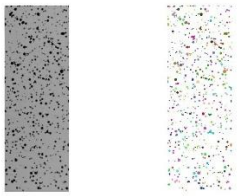


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1275
Diâmetro médio (um):	356,38
Área de cobertura (%):	20,84
Densidade (gotas/cm2):	64,52
Dv 0.1 (um):	107,86
Dv 0.5 (um):	288,07
Dv 0.9 (um):	684,52

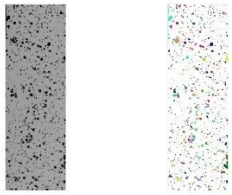
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta TP6504E à 12km/h:



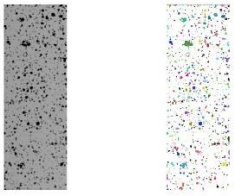
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1088
Diâmetro médio (um):	307,86
Área de cobertura (%):	12,31
Densidade (gotas/cm2):	55,06
Dv 0.1 (um):	89,81
Dv 0.5 (um):	264,39
Dv 0.9 (um):	582,03



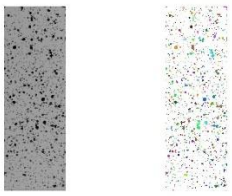
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	636
Diâmetro médio (um):	370,54
Área de cobertura (%):	9,34
Densidade (gotas/cm2):	32,19
Dv 0.1 (um):	115,29
Dv 0.5 (um):	357,42
Dv 0.9 (um):	651,88



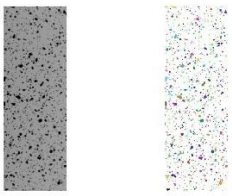
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	896
Diâmetro médio (um):	292,62
Área de cobertura (%):	9,89
Densidade (gotas/cm2):	45,34
Dv 0.1 (um):	99,6
Dv 0.5 (um):	256,37
Dv 0.9 (um):	561,78



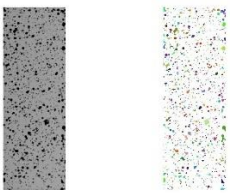
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1015
Diâmetro médio (um):	304,39
Área de cobertura (%):	12,02
Densidade (gotas/cm2):	51,37
Dv 0.1 (um):	90,28
Dv 0.5 (um):	263,2
Dv 0.9 (um):	592,84



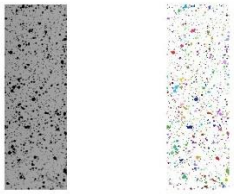
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1150
Diâmetro médio (um):	280,37
Área de cobertura (%):	11,02
Densidade (gotas/cm2):	58,2
Dv 0.1 (um):	111,16
Dv 0.5 (um):	231,39
Dv 0.9 (um):	501,24



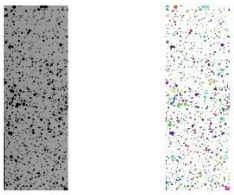
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1110
Diâmetro médio (um):	291,55
Área de cobertura (%):	10,74
Densidade (gotas/cm2):	56,17
Dv 0.1 (um):	126,55
Dv 0.5 (um):	238,62
Dv 0.9 (um):	523,47



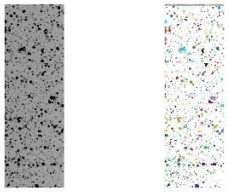
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	998
Diâmetro médio (um):	316,52
Área de cobertura (%):	11,31
Densidade (gotas/cm2):	50,51
Dv 0.1 (um):	149,02
Dv 0.5 (um):	259,75
Dv 0.9 (um):	585,05



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1309
Diâmetro médio (um):	267,56
Área de cobertura (%):	11,94
Densidade (gotas/cm2):	66,24
Dv 0.1 (um):	107,92
Dv 0.5 (um):	211,95
Dv 0.9 (um):	505,36

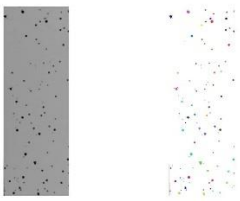


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	992
Diâmetro médio (um):	342,35
Área de cobertura (%):	12,91
Densidade (gotas/cm2):	50,2
Dv 0.1 (um):	117,88
Dv 0.5 (um):	303,42
Dv 0.9 (um):	589,42

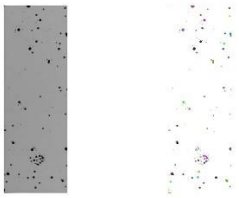


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1085
Diâmetro médio (um):	312,39
Área de cobertura (%):	12,86
Densidade (gotas/cm2):	54,91
Dv 0.1 (um):	142,84
Dv 0.5 (um):	255,51
Dv 0.9 (um):	564,76

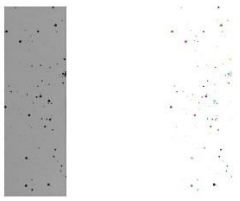
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta TP6504E à 20km/h:



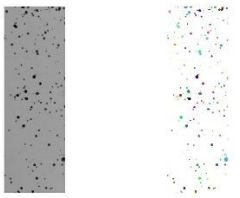
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	118
Diâmetro médio (um):	397,27
Área de cobertura (%):	1,89
Densidade (gotas/cm2):	5,97
Dv 0.1 (um):	148,41
Dv 0.5 (um):	404,94
Dv 0.9 (um):	642,99



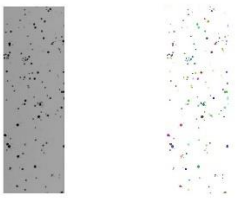
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	149
Diâmetro médio (um):	308,12
Área de cobertura (%):	1,81
Densidade (gotas/cm2):	7,54
Dv 0.1 (um):	102,82
Dv 0.5 (um):	192,35
Dv 0.9 (um):	643,25



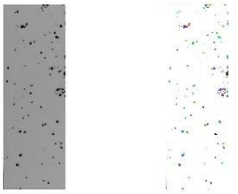
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	111
Diâmetro médio (um):	269,71
Área de cobertura (%):	1,04
Densidade (gotas/cm2):	5,62
Dv 0.1 (um):	102,35
Dv 0.5 (um):	195,27
Dv 0.9 (um):	593,66



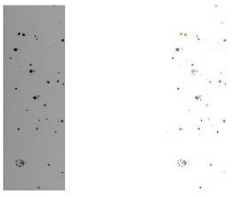
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	198
Diâmetro médio (um):	380,91
Área de cobertura (%):	3,3
Densidade (gotas/cm2):	10,02
Dv 0.1 (um):	145,36
Dv 0.5 (um):	352,25
Dv 0.9 (um):	683,88



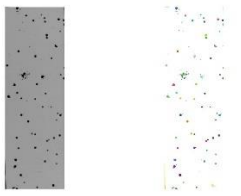
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	174
Diâmetro médio (um):	374,11
Área de cobertura (%):	2,64
Densidade (gotas/cm2):	8,81
Dv 0.1 (um):	134,17
Dv 0.5 (um):	377,32
Dv 0.9 (um):	625,37



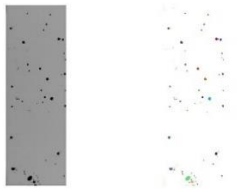
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	147
Diâmetro médio (um):	368,01
Área de cobertura (%):	2,29
Densidade (gotas/cm2):	7,44
Dv 0.1 (um):	138,62
Dv 0.5 (um):	348,95
Dv 0.9 (um):	701,18



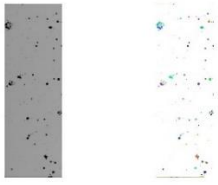
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	86
Diâmetro médio (um):	315,74
Área de cobertura (%):	1,15
Densidade (gotas/cm2):	4,35
Dv 0.1 (um):	94,39
Dv 0.5 (um):	180,18
Dv 0.9 (um):	680,86



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	103
Diâmetro médio (um):	409,52
Área de cobertura (%):	2,02
Densidade (gotas/cm2):	5,21
Dv 0.1 (um):	122,97
Dv 0.5 (um):	419,53
Dv 0.9 (um):	721,1



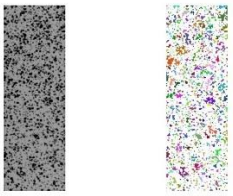
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	90
Diâmetro médio (um):	333,36
Área de cobertura (%):	1,27
Densidade (gotas/cm2):	4,55
Dv 0.1 (um):	134,17
Dv 0.5 (um):	268,35
Dv 0.9 (um):	690,11



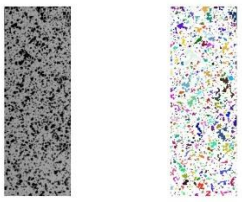
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	159
Diâmetro médio (um):	285,13
Área de cobertura (%):	1,86
Densidade (gotas/cm2):	8,05
Dv 0.1 (um):	90,11
Dv 0.5 (um):	182,09
Dv 0.9 (um):	608,38

APÊNDICE E

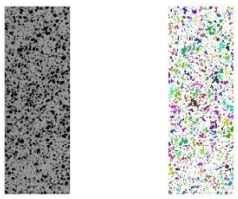
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 6km/h:



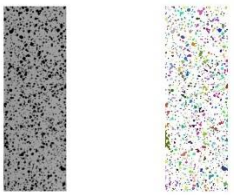
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	979
Diâmetro médio (um):	443,51
Área de cobertura (%):	26,3
Densidade (gotas/cm2):	49,54
Dv 0.1 (um):	137,43
Dv 0.5 (um):	334,61
Dv 0.9 (um):	897,42



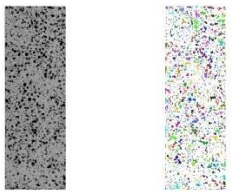
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1164
Diâmetro médio (um):	389,58
Área de cobertura (%):	26,41
Densidade (gotas/cm2):	58,91
Dv 0.1 (um):	91,9
Dv 0.5 (um):	272,63
Dv 0.9 (um):	836,77



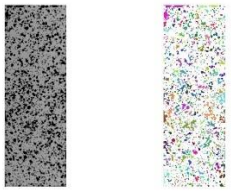
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1559
Diâmetro médio (um):	340,68
Área de cobertura (%):	29,19
Densidade (gotas/cm2):	78,9
Dv 0.1 (um):	75,76
Dv 0.5 (um):	214,28
Dv 0.9 (um):	777,52



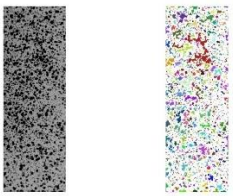
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1074
Diâmetro médio (um):	398,97
Área de cobertura (%):	20,36
Densidade (gotas/cm2):	54,35
Dv 0.1 (um):	135,52
Dv 0.5 (um):	326,36
Dv 0.9 (um):	748,41



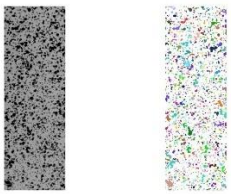
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1685
Diâmetro médio (um):	310,09
Área de cobertura (%):	24,34
Densidade (gotas/cm2):	85,27
Dv 0.1 (um):	80,97
Dv 0.5 (um):	218,01
Dv 0.9 (um):	695,9



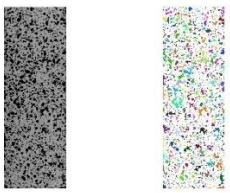
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1250
Diâmetro médio (um):	377,43
Área de cobertura (%):	25,47
Densidade (gotas/cm2):	63,26
Dv 0.1 (um):	122,02
Dv 0.5 (um):	272,84
Dv 0.9 (um):	775,55



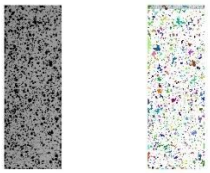
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1543
Diâmetro médio (um):	333,55
Área de cobertura (%):	29,87
Densidade (gotas/cm2):	78,09
Dv 0.1 (um):	78,84
Dv 0.5 (um):	222,98
Dv 0.9 (um):	732,37



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1454
Diâmetro médio (um):	339,79
Área de cobertura (%):	23,17
Densidade (gotas/cm2):	73,58
Dv 0.1 (um):	115,41
Dv 0.5 (um):	258,05
Dv 0.9 (um):	665,87

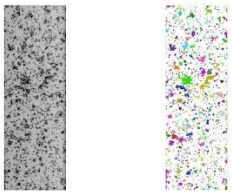


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1451
Diâmetro médio (um):	354,97
Área de cobertura (%):	26,65
Densidade (gotas/cm2):	73,43
Dv 0.1 (um):	96,62
Dv 0.5 (um):	255,63
Dv 0.9 (um):	761,15

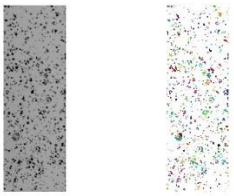


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1275
Diâmetro médio (um):	348,85
Área de cobertura (%):	21,35
Densidade (gotas/cm2):	64,52
Dv 0.1 (um):	100,52
Dv 0.5 (um):	256,81
Dv 0.9 (um):	668,4

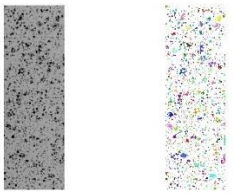
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 12km/h:



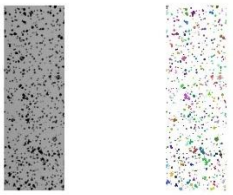
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1036
Diâmetro médio (um):	405,39
Área de cobertura (%):	21,56
Densidade (gotas/cm2):	52,43
Dv 0.1 (um):	172,53
Dv 0.5 (um):	314,99
Dv 0.9 (um):	738,71



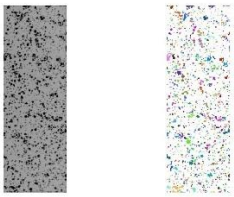
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	682
Diâmetro médio (um):	397,24
Área de cobertura (%):	11,74
Densidade (gotas/cm2):	34,51
Dv 0.1 (um):	190,91
Dv 0.5 (um):	343,39
Dv 0.9 (um):	674,96



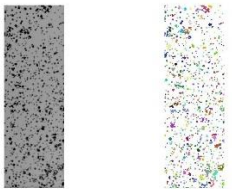
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1327
Diâmetro médio (um):	305,05
Área de cobertura (%):	16,17
Densidade (gotas/cm2):	67,16
Dv 0.1 (um):	121,89
Dv 0.5 (um):	238,65
Dv 0.9 (um):	566,28



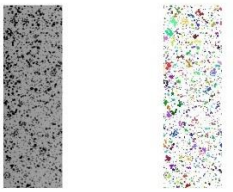
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	620
Diâmetro médio (um):	423,7
Área de cobertura (%):	12,89
Densidade (gotas/cm2):	31,38
Dv 0.1 (um):	138,04
Dv 0.5 (um):	379,17
Dv 0.9 (um):	719,67



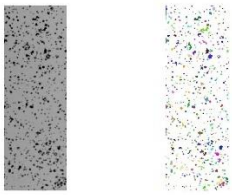
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1318
Diâmetro médio (um):	295,69
Área de cobertura (%):	15,9
Densidade (gotas/cm2):	66,7
Dv 0.1 (um):	75,76
Dv 0.5 (um):	227,28
Dv 0.9 (um):	591,69



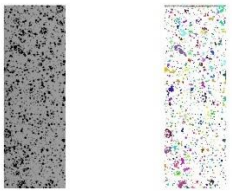
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	817
Diâmetro médio (um):	402,73
Área de cobertura (%):	15,76
Densidade (gotas/cm2):	41,35
Dv 0.1 (um):	141,66
Dv 0.5 (um):	352,73
Dv 0.9 (um):	720,93



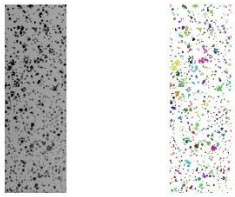
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1135
Diâmetro médio (um):	356,97
Área de cobertura (%):	20,39
Densidade (gotas/cm2):	57,44
Dv 0.1 (um):	116,58
Dv 0.5 (um):	278,69
Dv 0.9 (um):	693,23



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	607
Diâmetro médio (um):	399,2
Área de cobertura (%):	10,26
Densidade (gotas/cm2):	30,72
Dv 0.1 (um):	182,83
Dv 0.5 (um):	354,66
Dv 0.9 (um):	667,16

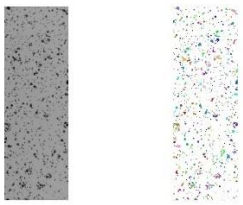


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	1086
Diâmetro médio (um):	344,3
Área de cobertura (%):	16,91
Densidade (gotas/cm2):	54,96
Dv 0.1 (um):	131,8
Dv 0.5 (um):	270,11
Dv 0.9 (um):	628,62

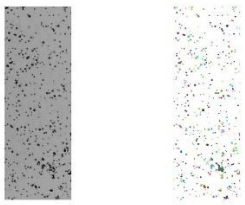


Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	722
Diâmetro médio (um):	422,62
Área de cobertura (%):	15,52
Densidade (gotas/cm2):	36,54
Dv 0.1 (um):	134,08
Dv 0.5 (um):	357,05
Dv 0.9 (um):	741,59

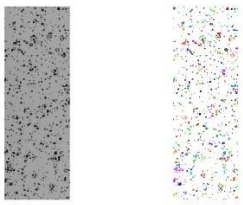
A seguir se encontram todos os resultados (do 1 ao 10) do DropLeaf para a Ponta XR8004VS à 20km/h:



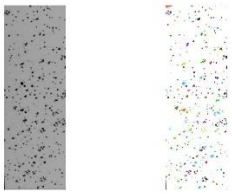
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	843
Diâmetro médio (um):	309,48
Área de cobertura (%):	9,49
Densidade (gotas/cm2):	42,66
Dv 0.1 (um):	120,98
Dv 0.5 (um):	261,34
Dv 0.9 (um):	538,75



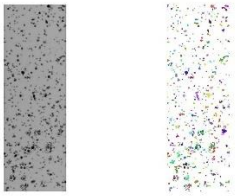
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	480
Diâmetro médio (um):	343,37
Área de cobertura (%):	5,89
Densidade (gotas/cm2):	24,29
Dv 0.1 (um):	127,96
Dv 0.5 (um):	335,52
Dv 0.9 (um):	550,39



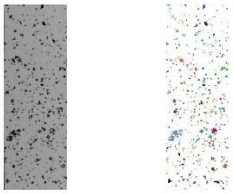
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	760
Diâmetro médio (um):	331,82
Área de cobertura (%):	9,45
Densidade (gotas/cm2):	38,46
Dv 0.1 (um):	116,5
Dv 0.5 (um):	288,73
Dv 0.9 (um):	602,12



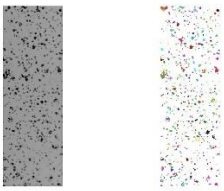
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	413
Diâmetro médio (um):	346,39
Área de cobertura (%):	5,5
Densidade (gotas/cm2):	20,9
Dv 0.1 (um):	128,35
Dv 0.5 (um):	330,37
Dv 0.9 (um):	632,07



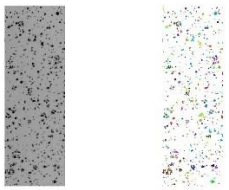
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	697
Diâmetro médio (um):	330,09
Área de cobertura (%):	9,49
Densidade (gotas/cm2):	35,27
Dv 0.1 (um):	83,59
Dv 0.5 (um):	301,4
Dv 0.9 (um):	638,45



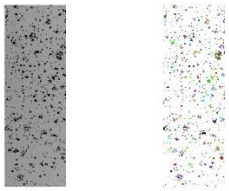
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	495
Diâmetro médio (um):	382,56
Área de cobertura (%):	8,68
Densidade (gotas/cm2):	25,05
Dv 0.1 (um):	112,31
Dv 0.5 (um):	340,65
Dv 0.9 (um):	687,75



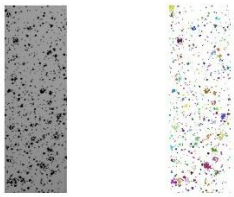
Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	657
Diâmetro médio (um):	358,49
Área de cobertura (%):	9,92
Densidade (gotas/cm2):	33,25
Dv 0.1 (um):	126,56
Dv 0.5 (um):	310
Dv 0.9 (um):	643,53



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	673
Diâmetro médio (um):	332,78
Área de cobertura (%):	8,9
Densidade (gotas/cm2):	34,06
Dv 0.1 (um):	111,13
Dv 0.5 (um):	294,02
Dv 0.9 (um):	611,57



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	752
Diâmetro médio (um):	315,45
Área de cobertura (%):	9,14
Densidade (gotas/cm2):	38,06
Dv 0.1 (um):	93,92
Dv 0.5 (um):	275,43
Dv 0.9 (um):	608,69



Altura vs largura (cm):	7.6 x 2.6
Número de gotas:	880
Diâmetro médio (um):	303,26
Área de cobertura (%):	11,01
Densidade (gotas/cm2):	44,53
Dv 0.1 (um):	94,9
Dv 0.5 (um):	251,09
Dv 0.9 (um):	579,22