



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**BEATRIZ MARQUES DE SOUSA**

**DEPOSIÇÃO DA CALDA APLICADA NA CULTURA DO CAJUEIRO ANÃO  
PRECOCE VARIANDO O VOLUME E ÂNGULO DOS BICOS DO  
TURBOATOMIZADOR**

**FORTALEZA-CEARÁ**

**2012**

**BEATRIZ MARQUES DE SOUSA**

**DEPOSIÇÃO DA CALDA APLICADA NA CULTURA DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE  
VARIANDO O VOLUME E ÂNGULO DOS BICOS DO TURBOATOMIZADOR**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Orientador: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion

**FORTALEZA-CEARÁ**

**2012**

DEPOSIÇÃO DA CALDA APLICADA NA CULTURA DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE  
VARIANDO O VOLUME E ÂNGULO DOS BICOS DO TURBOATOMIZADOR

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Orientador: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Renildo Luiz Mion (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti (Examinador)

Universidade Federal do Ceará

---

Prof. Dr. Ervino Bleicher (Examinador)

Universidade Federal do Ceará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- S696d      Sousa, Beatriz Marques de.  
Deposição da calda aplicada na cultura do cajueiro anão precoce variando o volume e ângulo dos bicos do turboatomizador / Beatriz Marques de Sousa – 2012.  
54 f. : il., color.; enc.; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Mestrado em Agronomia, Fortaleza, 2012.  
Área de Concentração: Engenharia de Sistema Agrícola.  
Orientação: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion.
1. Turboatomizador. 2. Tecnologia de aplicação. 3. Regulagem. I. Título.
-

## **DEDICO**

Aos meus pais, os meus irmãos e a minha irmã, pelo amor, apoio incondicional e confiança em mim, por toda minha trajetória.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor da vida, pela proteção, coragem e força em todo instante de minha vida e por iluminar meu caminho nas horas mais difíceis;

A minha família pelo o apoio, amor e confiança, em especial aos meus pais Eustáquio e Tarcísia, meus irmãos, Pedro Ivan e Thiago e a minha irmã Denise, pela amizade e amor incondicional;

À Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade oferecida à realização deste curso de mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de estudo;

Ao professor Dr. Renildo Luiz Mion, pela orientação imprescindível ao trabalho, ensinamento, conhecimento, paciência e lições transmitidas durante o curso;

Aos professores Carlos Alberto Viliotti e Ervino Bleicher pelas sugestões apresentadas e disponibilidade para participação na banca examinadora;

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola, José Antônio Delfino Barbosa Filho, Claudivan Feitosa de Lacerda, José Carlos Araújo, Luís de França Camboim Neto, Daniel Albiero, Leonardo de Almeida Monteiro pelos conhecimentos transmitidos durante o curso que tanto contribuíram para minha vida;

Aos meus amigos Raimundo Nonato Farias Monteiro (Ray) e Kelly Leite que tem me acompanhado desde a época de graduação, por sua amizade, companheirismo e lealdade;

A minha amiga Elivânia e o meu amigo Francisco Alexandre pela amizade, companheirismo, força e ajuda durante todo o curso de mestrado;

Aos amigos que me ajudaram no experimento, Weberte Alan Sombra, José Moacir de Lima Duarte, Igor Martins Cordeiro, Fidel Carlos e Carlão;

Aos amigos, Karla Batista, Rafaela Paula, Daniel Brasil, Fábio Henrique, Ricardo Andrade, Rochele Sheila, Alan Diniz, Fabrício Mota, Eduardo Magno, Alexandre Reuber, Virginia Pires, Marcelo Queroiz, Clicia, Sílvia Ferreira, pela amizade;

Ao meu amigo Rafael de Souza Miranda pela grande ajuda nas minhas análises feitas no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular;

Aos amigos de moradia, Hernandes, Ana e Alexandre, pelos momentos de alegria, amizade e companheirismo;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola e Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola;

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meus sinceros agradecimentos.

*Quando a gente acha que tem todas as respostas,  
vem à vida e muda todas as perguntas...*

*Luis Fernando Verissimo*

## RESUMO

O sucesso na aplicação dos agroquímicos só é possível quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição transversal uniforme e espectro de gotas semelhante e de tamanho adequado. Objetivou-se nesta pesquisa avaliar o perfil de distribuição volumétrica, deposição e espectro de gotas, direcionando a aplicação dos defensivos para a copa da cultura, com três volumes de aplicação e duas regulagens dos ângulos dos bicos do turboatomizador. O estudo de campo foi conduzido em um pomar de cajueiro anão precoce clone CCP 076, com oito anos de idade, localizado na cidade de Palhano, no distrito de Barbada-Ce, nas coordenadas 4° 44' 42" Sul e 37° 57' 32" Oeste. Para o ensaio em condições de laboratório utilizou-se o trator da marca VALTRA, modelo BM-120 4x2 TDA. Para o estudo em campo foi utilizando um conjunto de pulverização tratorizado sendo um trator da marca Massey Ferguson modelo 265 e um turboatomizador da marca Jacto, modelo ARBUS 400 GOLDEN. O experimento foi realizado com um delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 2x3, com quatro repetições, as pontas utilizadas foram JA-2 e JA-5. Os tratamentos para a realização do estudo foi duas regulagens (com e sem regulagens dos ângulos dos bicos) e três volumes de aplicação sendo 273, 699 e 954 Lha<sup>-1</sup>. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de normalidade e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05. Pelos resultados obtidos na pesquisa podemos concluir que o perfil de distribuição volumétrico vertical apresentou melhor uniformidade de distribuição quando os ângulos dos bicos foram regulados para a copa da cultura. A regulagem dos ângulos dos bicos para a copa da cultura apresentou maiores deposição de gotas para os volumes estudados.

**Palavras-chave:** turboatomizador; tecnologia de aplicação, regulagem.

## ABSTRACT

The successful application of pesticides is only possible when there are spray nozzles that provide uniform transverse distribution and droplet spectrum similar and appropriate size. This study aimed to evaluate the profile of volumetric distribution, deposition and droplet spectrum, directing the application of pesticides to the canopy, with three application volumes and two settings of the angles of the nozzles turboatomizador. The field study was conducted in an orchard of dwarf cashew, eight years old, located in the city of Palhano in the district of Ce-bearded, with coordinates  $4^{\circ} 44' 42''$  South and  $37^{\circ} 57' 32''$  West . For testing in laboratory conditions used the tractor VALTRA brand, model BM-120 4x2 TDA. For the field study was set using a spray tractor is a Massey Ferguson tractor model 265 and a jet turboatomizador brand, model 400 GOLDEN ARBUS. The experiment was performed with an experimental design of randomized blocks in factorial scheme 2x3, with four repetitions, the tips used were JA-2 and JA-5. Treatments for the study was two settings (with and without adjustments of the angles of the nozzles) and three volumes of application is 273, 699 and  $954 \text{ Lha}^{-1}$ . For statistical analysis, data were submitted to analysis of variance and normality test and means were compared by Tukey test at 0.05. The results of the work we can conclude that the vertical distribution profile volume were more uniform distribution of angles when the nozzles were adjusted for the canopy. The adjustment of the angles of the nozzles for the canopy had higher droplet deposition for the volumes used.

Keywords: turboatomizador, application technology, regulation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Vista frontal da mesa vertical (1- Mesa vertical, 2- estrutura de ferro, 3- calhas de plástico, 4- funil de zinco)	29
FIGURA 2	- Esquema ilustrativo sem regulagem dos ângulos no turboatomizador.	30
FIGURA 3	- Esquema ilustrativo com regulagem dos ângulos no turboatomizador.	30
FIGURA 4	- Pontas utilizadas para os ensaios JA-5(A) e JA-2(B).	30
FIGURA 5	- Área do pomar de cajueiro anão precoce.	32
FIGURA 6	- Trator Massey Ferguson modelo 265 e turboatomizador Jacto modelo ARBUS 400 GOLDEN.	33
FIGURA 7	- Conjunto de pulverização tratorizado e o turboatomizador no momento de aplicação do produto.	33
FIGURA 8	- Esquema das plantas selecionadas para as coletas das folhas.	34
FIGURA 9	- Posição de coleta das folhas e dos papeis hidrossensível na copa da planta. SF – Superior Frente, SL – Superior Lado, ST – Superior Trás, IF – Inferior Frente, IL – Inferior Lado, IT – Inferior Trás.	35
FIGURA 10	- Papel hidrossensível fixado na folha do cajueiro (A) sem regulagem e (B) com regulagem.	35
FIGURA 11	- Espectrofotômetro Ultrospect® 2000 Pharmacia (A) e medidor de área foliar (B).	36
FIGURA 12	- Perfil de distribuição vertical sem regulagem (A, B) e com regulagem (C, D) dos ângulos dos bicos para o dossel da cultura.	38
FIGURA 13	- Curva de calibração do espectrofotômetro	39

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b>	- Volume de deposição nas folhas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) em função das regulagens dos ângulos dos bicos e do volume de aplicação	40
<b>TABELA 2</b>	- Média do Potencial Risco de Deriva (PRD %) em função das regulagens dos bicos e dos volumes de aplicação	41
<b>TABELA 3</b>	Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV $\mu\text{m}$ ) em função das regulagens dos bicos e dos volumes de aplicação	41
<b>TABELA 4</b>	Média da Densidade de Gota (DG $\text{N/cm}^2$ ) em função das regulagens dos bicos e dos volumes de aplicação	42
<b>TABELA 5</b>	- Deposição de calda nas folhas ( $\mu\text{L cm}^2$ ) em função dos ângulos dos bicos no local de retirada das folhas.	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NEMASA	Núcleo de Estudos de Máquinas Agrícolas do Semiárido	28
SF	Superior Frente	34
SL	Superior Lado	34
ST	Superior Trás	34
IF	Inferior Frente	34
IL	Inferior Lado	34
IT	Inferior Trás	34
DMV	Diâmetro Mediano Volumétrico	35
DG	Densidade de Gota	35
PRD	Potencial Risco de Deriva	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Cultura do Caju .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Pragas do Cajueiro .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Tecnologias de Aplicação .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Taxas de Aplicação.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Pontas de Pulverização.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6</b>	<b>Espectros de Gotas.....</b>	<b>24</b>
<b>2.7</b>	<b>Deposições de Gotas de Pulverização.....</b>	<b>26</b>
<b>2.8</b>	<b>Mesa Vertical .....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cajueiro é uma planta que vem sendo muito cultivado na região nordeste do Brasil, destacando o Estado do Ceará, tendo como principal produto a amêndoa. No pedúnculo encontram-se vitamina C em níveis superiores que da laranja, além da presença de cálcio, ferro e fósforo. Dentre as variedades existentes, se destacam o tipo comum, também conhecido como gigante e o tipo anão. O tipo anão caracterizado pelo porte baixo, apresenta precocidade e elevada produtividade, iniciando o florescimento entre 6 e 18 meses.

No processo de desenvolvimento da agricultura, os agroquímicos têm se tornado uma importante ferramenta, como um agente de proteção para as plantas, contra os diversos tipos de pragas evitando a perda de alimentos. E com a crescente preocupação com a contaminação ambiental decorrente do uso de agroquímicos, tem se gerado esforços para reduzir o impacto causado pelo seu uso desordenado, principalmente durante a aplicação, quando quantidades consideráveis de produto são colocadas para fora da área-alvo.

A Índia é o segundo maior produtor mundial de castanha, atrás apenas do Vietnã. O Brasil, que possui produção e beneficiamento concentrados no Ceará, ocupa hoje a terceira posição. Possuindo uma capacidade instalada para o beneficiamento da castanha de caju de 600 mil toneladas/ano. Contudo, a produção nacional gira em torno de 250 a 300 mil toneladas.

Em culturas arbustivas, os turboatomizadores são os mais utilizados, por serem fáceis de operar e efetivos no controle de pragas e doenças. Entretanto, pesquisas indicam a pulverização com turboatomizadores se caracteriza como um processo ineficiente, devido às perdas ultrapassarem mais da metade dos produtos fitossanitários aplicados.

Desta forma, a tecnologia de aplicação de agroquímicos tem um papel fundamental, cujo principal objetivo é colocar a quantidade exata de ingrediente ativo no alvo, com um máximo de eficiência e da forma mais econômica possível, afetando minimamente o ambiente. Na aplicação de produtos químicos, evitar o uso irracional de agroquímicos no cajueiro, em função do risco de contaminação de mananciais e de seus produtos torna-se um fator indispensável durante a aplicação. O controle de pragas e doenças deve ser feito através de práticas de manejo integrado, com prioridades para controle biológico.

A eficiência da aplicação dos produtos fitossanitários contra os agentes causadores de danos nas culturas agrícolas, associada à menor contaminação ambiental e menor custo, depende de diversos fatores, entre eles pode-se citar a escolha adequada do

equipamento de pulverização, o estado e funcionamento de seus componentes e, principalmente sua calibração.

Para que os agroquímicos alcances boa eficiência na aplicação e atinja o resultado esperado, é necessário que haja cobertura adequada em todas as partes da planta. Geralmente, a cobertura na parte inferior das plantas é prejudicada, ocasionando grandes perdas nas lavouras, além de favorecer a disseminação da praga ou doença para outras áreas.

A manipulação dos agrotóxicos desperta um interesse especial juntamente com verificações das técnicas de aplicação dos mesmos que podem aumentar a eficiência da aplicação. Uma seleção racional das tecnologias, junto com manutenção e calibração adequadas dos pulverizadores, resulta na redução de perdas e o risco de contaminação.

A hipótese para realização deste trabalho teve como partida o uso de taxas de aplicação contribuir para o aumento da deposição aliado a regulagem dos ângulos e o direcionamento dos bicos para a cultura aumentando a deposição de gotas. A necessidade de regular os ângulos dos bicos contribui para o aumento da uniformidade do perfil de distribuição volumétrica.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o perfil de distribuição volumétrica, deposição e espectro de gotas, direcionando a aplicação dos defensivos para a copa da cultura, com três volumes de aplicação e duas regulagens dos ângulos dos bicos do turboatomizador.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é uma árvore frutífera originária do Brasil, pertencente à família Anacardiaceae. Esta família é composta por árvores e arbustos de regiões tropicais e subtropicais que apresentam ramos sempre providos de canais resiníferos com folhas alternadas, coriáceas e sem estípulas (LIMA, 1998). Dentre as espécies frutíferas cultivadas no Nordeste brasileiro, destaca-se o cajueiro, tanto pelo potencial de exportação de suas castanhas quanto pela extensão da área de produção, que em 2009 alcançou 770 mil hectares. (IBGE, 2009).

O cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale L. var. nanum*) tem sido cultivado na região Nordeste do Brasil, apresentando porte reduzido das plantas, facilitando a colheita manual do pedúnculo e produtividade satisfatória. (SILVA JÚNIOR; PAIVA, 1994). A produtividade esperada, para o cajueiro anão precoce em cultivo de sequeiro é cerca de 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de castanha e 10.000 kg ha<sup>-1</sup> de pedúnculo, enquanto que em cultivo irrigado essa produção chega a 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de castanha e 30.000 kg ha<sup>-1</sup> de pedúnculo. (OLIVEIRA, 2002).

O cajueiro é uma planta de clima tropical que exige para seu desenvolvimento regime regiões onde se registram ventos frequentes, com velocidade superior a 7m/s<sup>-1</sup> é aconselhável o emprego de quebra-ventos. (EMBRAPA, 2002).

No Estado do Ceará a cajucultura tem garantido renda para mais de 300 mil pessoas, gerando divisas superiores a 135 milhões de dólares anuais. A importância do setor pode ser ressaltada também pelo processo de geração de negócios que envolvem produtores, comerciantes, intermediários, armazenistas, atacadistas, indústrias e operários (FNP, 1998).

A cadeia produtiva do caju apresenta várias ramificações, dado o elevado número de produtos derivados destacando: o fruto verdadeiro (castanha de caju) obtém-se a amêndoas de castanha de caju (ACC) e o líquido da casca de castanha de caju (LCC), da película que cobre a amêndoa é extraído o tanino, a casca pode servir de combustível nas caldeiras das fábricas de processamento de castanha (AMYOT, 2009). A castanha se compõe de pericarpo (casca) e da amêndoa, de formato rinóide, constituída de tegumento e do embrião, o qual possui dois cotilédones brancos, carnosos e oleosos, sendo de alto valor energético. (LIMA, 1998).

A condição propícia da região Nordeste, permitiu a expansão da cultura do cajueiro, principalmente nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Na segunda metade da década de 1960, essa expansão deveu-se principalmente, às condições climáticas favoráveis, ao baixo preço das terras, à maior concentração de indústrias de beneficiamento de castanha e pedúnculo e ao grande incentivo proporcionado pelo governo federal, através da Sudene. (PESSOA; LEITE; PIMENTEL, 1995).

Os Estados Unidos e Canadá são os principais mercados consumidores da amêndoa brasileira, respondendo por cerca de 85% das importações (GAZZOLA *et al.*, 2006). O agronegócio do caju no mundo movimenta cerca de 2,4 bilhões de dólares por ano (OLIVEIRA, 2002). No ano de 2005 as exportações de castanha nacional chegaram a marca de 187 mil dólares. (GAZZOLA *et al.*, 2006).

Considerada uma das mais importantes espécies cultivadas das regiões tropicais, o cajueiro ocupa, no mundo, uma área estimada em 3,39 milhões de hectares, apresentando como principais produtos de expressão econômica a amêndoa comestível e o líquido da casca da castanha (LCC). (OLIVEIRA, 2008).

As práticas de desmatamento sem manejo florestal, queimadas e uso de áreas impróprias para o cultivo, contribuem para o baixo rendimento, degradação ambiental e distanciamento das demandas por alimentos produzidos fora dos moldes tradicionais (OLIVEIRA *et al.*, 1997). Com isto, a cadeia produtiva do caju brasileiro, a partir da metade da década de oitenta, vem apresentando sinais evidentes de perda de competitividade. (OLIVEIRA e ANDRADE, 2004).

## **2.2 Pragas do cajueiro**

O cajueiro é vulnerável às pragas em todas as fases de seu desenvolvimento, exigindo tratamento fitossanitário intensivo. Dentre as principais pragas podemos destacar a traça-da-castanha (*Anacampsis phytomiella* Busck) que ataca os frutos do cajueiro em condições de campo. Esse inseto foi detectado pela primeira vez em 1982, no Município de São Benedito, no Ceará (ARAÚJO *et al.*, 1987). Essa praga pode causar até 30% de perdas na produção de amêndoas de caju, caso não seja controlada. Ela penetra na castanha quando o caju ainda está na fase do maturi e, aos poucos, vai consumindo o produto mais precioso que é a amêndoa. (EMBRAPA, 2004).

A mosca-branca (*Aleurodicus cocois*) é outra praga presente na cultura do cajueiro fazendo estragos na cultura em 36 dias. Os danos causados por essa praga que deposita excretos adocicados nas folhas servem de substrato para o desenvolvimento de fungos de coloração escura, que interferem na fotossíntese e respiração da planta, provocando danos na cultura do cajueiro. (SINIMBU, 2009).

A broca-das-pontas (*Antistarcha binocularis* Meyrick, 1929) que, por atacar brotos novos (ponteiros) e, em especial, as inflorescências, inviabilizando a formação de frutos, é considerada uma das principais pragas do cajueiro. (BLEICHER e MELO 1993).

O ataque da lagarta-saia-justa (*Cicinnus callipius* Sch) ocorre principalmente em época de início de floração, prejudicando a produção pela redução da área foliar e brotações novas, como também pela destruição parcial ou total das inflorescências. (EMBRAPA, 2003).

A larva-do-broto-terminal (*Stenodiplosis* sp.), os insetos atacam as gemas terminais; com a morte do broto, a planta emite novas brotações laterais que são atacadas imediatamente. O principal sintoma é a formação de uma estrutura semelhante a um “repolhinho”, que abriga as larvas, na gema terminal do ramo. A inflorescência emitida, a partir de um broto atacado, é de pequeno tamanho, deformada e sem condição de se desenvolver e produzir. O controle deverá ser feito utilizando apenas inseticidas registrados para o cajueiro. (EMBRAPA, 2005).

O ataque dos percevejos (*Sphictyrtus chryseis* Lichtensteinard) dos frutos ocorre em maturis pequenos, estes murcham e tornam-se pretos, com sintomatologia semelhante à antracnose. O sintoma é inicialmente visualizado na forma de uma mancha oleosa escura. E por fim, assume aspecto mumificado, porém, permanecendo mole ou flexível. (EMBRAPA, 2006).

O pulgão-das-inflorescências (*Aphis gossypii* Glover) apresenta-se como uma importante praga do cajueiro, tanto pelo nível de população como pelas consequências do seu ataque. Pelo fato de sugar intensamente a seiva, causa a seca e, conseqüentemente, diminui a quantidade de inflorescências viáveis por plantas, com reflexos diretos na produção. É um pequeno inseto de corpo mole, de movimentos lentos, podendo ter asas ou não. Sua cor varia do amarelo-claro ao verde-escuro. Vive em colônias numerosas nas inflorescências e frutos jovens, onde suga a seiva. Os insetos com asas são os responsáveis pela infestação da cultura. (EMBRAPA, 2005).

### 2.3 Tecnologias de aplicação

A tecnologia de aplicação consiste no uso dos conhecimentos científicos para que seja feita a colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma economicamente viável e com o mínimo possível de contaminação de outras áreas. (MATUO, 1990).

Para Matthews (2002) o uso da tecnologia de aplicação de agroquímicos visa colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, afetando o mínimo o ambiente.

Aplicação de agroquímicos conforme Silva (2004) é definida como um processo de aplicar produto químico no alvo, para isso, existem diferentes técnicas, a pulverização hidráulica, por exemplo, são mais difundidas, devido á flexibilidade que oferecem o equipamento que é capaz de produzir gotas, em função de uma determinada pressão exercida sobre a calda.

O uso da pulverização, com a finalidade de controle fitossanitário, depende não somente de produtos de ação comprovada, mas também da tecnologia desenvolvida para sua aplicação (SCHMIDT, 2006). Para que o produto depois de aplicado tenha eficiência, sofre influência de fatores como forma, tamanho e posição do alvo; a densidade, o diâmetro e a velocidade das gotas pulverizadas e direção e a velocidade do fluxo de ar. (BALAN; ABI SAAB; SASAKI, 2006).

Conforme observações realizadas por Perguer (2004), as pulverização em culturas arbóreas, a distribuição espacial das folhas, frutos ou outras partes da planta podem variar consideravelmente de acordo com a cultura, sistema de cultivo, estágios de crescimento, efeitos da aplicação, ou outros fatores. Portanto, a calibração deve incluir um ajuste adequado das direções dos jatos de pulverização e os fluxos de ar a fim de proporcionar uma deposição uniforme sobre toda a altura do dossel das culturas.

Segundo Ozmeri e Cilingir (1992), para aferir a eficiência de uma pulverização é necessário determinar características como diâmetro médio das gotas, espectro de gotas, densidade de gotas e grau de cobertura da pulverização. Saber o quanto do produto químico atinge a planta é muito importante, mas somente isto não responde se o controle esperado ocorrerá.

Os agroquímicos, embora desempenhem papel de fundamental importância no sistema de produção agrícola vigente, têm sido alvo de crescente preocupação, em virtude de seu potencial de risco ambiental. (CUNHA, 2003). O crescente aumento nos custos dos

produtos químicos, da mão-de-obra e da energia, e a preocupação cada vez maior em relação à poluição ambiental, têm realçado a necessidade de uma tecnologia mais acurada para aplicação do produto químico, bem como nos procedimentos e equipamentos adequados à maior proteção ao trabalho. (AZEVEDO, 2001).

Segundo Veliz (2007), o consumo de agroquímicos tem influência nos custos operacionais, por esse motivo o seu uso adequado e o conhecimento da tecnologia de aplicação é a preocupação cada vez mais constante dos produtores agrícolas que tem realçado a necessidade de procurar tecnologia que permita a redução desses custos.

Cunha (2008) propõe que para fazer um controle efetivo da deriva, é necessário conhecer alguns dos princípios básicos da tecnologia de aplicação como: volume de aplicação, dosagem, vazão, espectro de gotas, cobertura e penetração.

A aplicação de produtos em pomares frutícolas é normalmente feita com turboatomizador. Esses equipamentos se mostram mais eficientes que outros (HOLOWNICKI *et al.*, 2002), no entanto, ainda necessitam de estudos que avaliem sua eficiência. (KAUL *et al.*, 2002).

A aplicação excessiva de líquido, em relação ao que a planta consegue reter, tipos de pontas, pressões e volumes de aplicação elevados são frequentemente responsáveis pela perda de produtos e pela contaminação do ambiente, conforme, Matuo (1988); Chaim *et al.* (1999), mencionam perdas de 30 a 70% do produto aplicado.

A escolha da ponta de pulverização é fundamental para que se obtenha uma gota de tamanho ideal, porém essa escolha deve estar diretamente associada a fatores como tamanho de gotas desejado, velocidade de distribuição do líquido, volume de calda, condições ambientais (MILLER e ELLIS, 2000), pressão de trabalho, formulação dos produtos químicos e características da calda e do alvo.

## **2.4 Taxas de aplicação**

Campbell; Loveless; Evans (1988) estudaram os efeitos de duas taxas de aplicação (200 - 1.000 L.ha<sup>-1</sup>) na cultura da maçã com alturas que variaram de 2 a 3 m para o controle de pragas e observaram que as maiores taxas de aplicação resultaram no melhor controle.

Salyani; McCoy (1989) avaliaram as taxas de aplicação de 470 L.ha<sup>-1</sup> até 9.400 L.ha<sup>-1</sup> em citros e, determinaram que os valores de deposição e coeficientes de variação foram maiores com o aumento da taxa de aplicação. Porém Salyani *et al.* (1996)

alertam que a deposição de calda reduziu quando a taxa de aplicação aumentou devido ao escoamento das gotas.

A aplicação de produtos fitossanitários com menores volumes em determinadas condições pode ser eficiente no controle de patógenos, devido à ocorrência de menor coalescência das gotas, resultando em menor escoamento. (MCCOY *et al.* 1990). Entretanto o uso de menores volumes de aplicação e o aumento da velocidade de deslocamento do trator contribui para aumentar a desuniformidade da deposição de gotas, fatos estes relatados por (SALYANI; MCCOY 1990 e SALYANI; WHITNEY 1990).

Cunningham e Harden (1998) determinaram que a retenção do produto aumenta em função da taxa de aplicação, mas a partir de 2000 L.ha<sup>-1</sup>, a retenção do produto nas folhas de citros reduziu. Do mesmo modo Doruchowski; Svensson; Nordmark (1996) avaliaram vários pulverizadores com volumes de aplicação de 120, 200 e 400 L.ha<sup>-1</sup>, observando que as maiores retenções ocorreram para as maiores taxas de aplicação. Ramos *et al* (2007), em estudos com diferentes variações no volume aplicado por planta para a cultura da laranja afirmam que a deposição aumentou com o aumento da taxa de aplicação.

Raetano; Tomomassa (1999) relataram que a distribuição de calda na planta influenciou significativamente no controle do ácaro da leprose (*Brevipalpus phoenicis*) para volumes de aplicação até o máximo de retenção foliar (ponto de escoamento). Já para volumes superiores à capacidade máxima de saturação das folhas os depósitos residuais podem influenciar nos níveis de controle.

De acordo com Balan *et al.* (2006) a pulverização com gotas maiores com volume de aplicação de 1675 L ha<sup>-1</sup> aumentou a deposição sem aumentar as perdas e para o menor volume de aplicação de 375 L ha<sup>-1</sup> ocorreu redução de perdas sem ocorrer aumento na deposição. Os mesmos autores observaram que a deposição pode ser influenciada pelo volume de aplicação.

## **2.5 Pontas de pulverização**

A ponta de pulverização é o principal componente da aplicação hidráulica. É importante definir a sua característica, uma vez que esta influencia de maneira direta a qualidade da deposição da calda. (MILLER e ELIS, 2000).

O conhecimento das condições de trabalho e, principalmente do desempenho operacional das pontas de pulverização é recomendável para aplicação eficiente

(CHRISTOFOLETTI, 1999a). As pontas de jato cônico vazio, por trabalharem em pressões mais elevadas que as pontas de jato plano tendem a produzir gotas de menor diâmetro, mais susceptíveis à deriva. A redução do orifício de saída, visando à diminuição do volume de aplicação, acentua esse problema, o que pode comprometer a aplicação. (MCMULLAN, 1995).

O sucesso na aplicação de agrotóxico só é possível quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição transversal uniforme e espectro de gotas semelhante e de tamanho adequado (CUNHA, 2003). É provável que a distribuição uniforme de um determinado diâmetro e número de gotas possibilitem o sucesso da operação, mesmo que se utilize a aplicação a volume baixo. Nesse caso, cresce a importância de se conhecer a melhor combinação de densidade e diâmetro de gotas, volume e concentração de ingrediente ativo na calda, para as principais pragas, cujo controle é realizado via pulverização. (FERREIRA *et al.*, 2007).

Habitualmente o termo "bico de pulverização" é utilizado como sinônimo de "ponta de pulverização", entretanto, corresponde a estruturas diferentes. O bico é composto por todo o conjunto com suas estruturas de fixação na barra (corpo, peneira, difusor, ponta e capa), enquanto que ponta corresponde ao componente do bico responsável pela formação das gotas. (ANDEF, 2004).

As pontas desempenham funções importantes num processo de aplicação de agrotóxicos, determinam a vazão em função do orifício, do tamanho de gota em função da pressão de trabalho. Quanto à forma do jato e distribuição, as pontas se dividem em pontas de jato cônico com orifício e deposição circular e de jato plano com orifício em forma de fenda e deposição em forma de jato leque e com deposição linear. (MATUO *et al.*, 2001).

As pontas hidráulicas de jato cone vazio, de acordo com Debortoli (2008), trabalham em pressões mais elevadas e tendem a produzir gotas de menor diâmetro ficando mais susceptível à deriva, causando risco à saúde humana e ao meio-ambiente. Recentemente, lançou-se no mercado uma variável desta ponta com indução de ar que gera gotas de maior diâmetro, com isto, reduziu-se o risco de deriva, no entanto, a cobertura ficou comprometida. (CUNHA, 2003).

As gotas são produzidas pelas pontas de pulverização, que também determinam a vazão e a distribuição do líquido pulverizado, sendo, portanto, o equipamento mais importante do pulverizador. (BAUER e RAETANO, 2004). Segundo Ramos e Pio (2003), as pontas hidráulicas de pulverização têm como funções muito importantes a determinação da vazão, a

distribuição e o tamanho de gotas, que são dependentes da pressão de trabalho, a qual é a fonte de energia para a formação das gotas.

Miller e Ellis (2000), estudando o efeito das formulações nas características da pulverização, argumentam que as pontas com indução de ar são mais sensíveis às mudanças nas propriedades físicas da calda e que seu comportamento nem sempre segue o das pontas hidráulicas convencionais. Isso possivelmente ocorre em função da interação líquido-ar dentro da ponta.

Segundo Johnson e Swetnam (1996), a seleção apropriada das pontas é essencial para a correta aplicação, sendo o fator principal determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva.

A uniformidade de distribuição do jato produzido é importante para a adequada distribuição do produto sobre o alvo, aumentando assim a possibilidade de controle da praga. Para a realização desses estudos, é necessária mesa ou bancada de teste, na qual canaletas realizam a coleta do líquido a distâncias predeterminadas e depositam-no em recipientes individuais. (CHAPPLE *et al.*, 1993).

## 2.6 Espectros de gotas

O espectro de gotas produzido por um equipamento trata-se da caracterização da pulverização em função dos diferentes tamanhos de gotas produzidas, sendo criado em função do tipo de ponta de pulverização, tamanho do orifício e pressão de trabalho. (PAULSRUD e MONTGOMERY, 2005).

É fundamental para tecnologia de aplicação variando de acordo com a ponta de pulverização o espectro de gota, embora as de jato tipo cone sejam recomendadas para aplicações de fungicidas, elas produzem espectro de gotas muito finas, que são muito propensas à deriva. (MENEGETTI, 2006).

O espectro de gotas numa dada pressão é dependente do tipo de pontas e das propriedades físicas do líquido pulverizado e da interação entres esses fatores. Assim, o uso de adjuvantes pode promover mudanças nas propriedades do líquido pulverizado, o que podem influenciar tanto o processo de formação das gotas, espectro de gotas, bem como o comportamento destas em contato com o alvo. (MILLER e ELLIS, 2000).

É importante a avaliação do espectro de gotas, pois, dependendo do alvo a ser controlado, exigem-se gotas de maior ou menor diâmetro, no qual o modelo de bico interfere,

e também a sua distância em relação ao alvo, a pressão de pulverização, o ângulo de inclinação do bico, o tipo de calda utilizada na pulverização, entre outros fatores. (CAMARA, *et al* 2008).

Segundo Paulsrud e Montgomery, (2005) a meta da aplicação de agroquímicos é produzir um tamanho de gotas que possibilite bom equilíbrio da cobertura, penetração e deposição de gotas. Outro aspecto a considerar é que gotas menores que 100  $\mu$  são normalmente suscetíveis à deriva, muitas vezes perdendo-se no trajeto entre o pulverizador e o alvo desejado. (CUNHA *et al.*, 2004).

Silva (2004) afirma que a relação entre estes fatores fornece um bom parâmetro para se analisar a homogeneidade do espectro de gotas produzidas. As gotas muito grandes, pelo seu peso, normalmente não se aderem à superfície da folha e terminam no solo. No caso de gotas muito pequenas, geralmente ocorre boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar. (TEIXEIRA, 1997).

A evaporação está relacionada com o tamanho de gotas produzidas e a condições meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar. Em uma mesma condição, gotas menores apresentam maior facilidade de evaporação e de deriva do que gotas maiores (CUNHA, 2003). Vários pesquisadores consideram que gotas menores que 250  $\mu$  são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos. (CUNHA 2008; MURPHY; MILLER; PARKIN, 2000).

Durante as aplicações, o ideal é que o espectro de gotas seja homogêneo, isto é, que se produzam gotas de mesmo tamanho. Deve-se cuidar para que não sejam produzidas gotas muito grossas nem muito finas, evitando-se assim perdas por deriva e escorrimento. É preciso conhecer as características técnicas das pontas, visando à sua correta seleção e, com isso, aplicações eficientes e seguras ambientalmente. Nas pontas de pulverização que operam com pressão hidráulica, a formação de gotas, muitas vezes, é bastante desuniforme, dificultando a boa cobertura do alvo. (CUNHA *et al.*, 2007).

As aplicações através da tecnologia de baixo volume oleoso têm a capacidade de produzir gotas finas de um espectro homogêneo, maximizando as condições de penetrar na copa da cultura e cobrir todas as partes da planta, pois confere uma capacidade superior em número de gotas de mesmo tamanho, capazes de cobrir toda a folhagem da planta. (MONTEIRO, 2006).

## 2.7 Deposições de gotas de pulverização

A deposição está relacionada com a função do produto utilizado (modo de ação) e com o alvo (tamanho, forma, exposição, capacidade de deposição) que se pretende atingir. (CHRISTOFOLETTI, 1999a).

As gotas de deposição em uma pulverização também pode ser influenciada pelas características morfológicas e textura, como, superfície cuticular, forma e rugosidade das folhas (HESS e FALK, 1990; WIRTH; STORP; JACOBSEN, 1991; TAYLOR e SHAW, 1993). Para obter maior deposição no alvo desejado, fatores como, volume de aplicação, tipo de bico ou ponta de pulverização, ângulo do bico da barra de aplicação podem variar e, estes, estarão dependentes das estruturas anatômicas e da arquitetura das plantas. (TAYLOR e SHAW, 1983).

A avaliação de uma pulverização pode ser realizada através de um estudo da deposição de gotas sobre superfícies-alvo, que podem ser naturais ou artificiais (SCHMIDT, 2006). Os padrões de deposição individual dos bicos são determinados em bancadas ou mesas de teste, onde canaletas realizam a coleta do líquido a distâncias predeterminadas e o depositam em recipientes individuais. (CHAPPLE *et al.*, 1993).

O volume de aplicação e a densidade de gotas definem, em termos básicos, a cobertura do alvo. A necessidade de deposição, por sua vez, depende dos objetivos da aplicação. (ANTUNIASSI, 2004).

Rodrigues (2006) afirma que o método mais representativo para entender os diversos aspectos relacionados à pulverização de produtos é a avaliação dos depósitos da calda aplicada em alvos naturais ou artificiais. Uma das formas de se obter boa deposição da pulverização sob alvos biológicos é a seleção correta das pontas de pulverização. (SCUDELER *et al.*, 2004).

A escolha do tipo de ponta de pulverização também afeta a deposição das gotas pulverizadas sobre as plantas; para Galli e Arruda (1985) e Bauer e Raetano (2004), a uniformidade de cobertura da pulverização e o tamanho das gotas são fatores que dependem do desempenho do órgão emissor de gotas, que, no caso dos pulverizadores, é o bico pulverizador, considerado a parte mais importante do equipamento.

## 2.8 Mesa vertical

Vários pesquisadores têm utilizado a mesa vertical como parâmetro de regulação dos ângulos dos bicos direcionados para o dossel da cultura e para determinar o perfil de distribuição vertical contribuindo para reduzir o impacto ambiental provocado pelo uso indiscriminado de agroquímicos. (GIL e BADIOLA, 2007; PERGHER, 2004).

O uso de uma mesa vertical para avaliar o procedimento da calibração de pulverizadores em aplicações na cultura da videira permitiu a redução considerável na quantidade total de agrotóxicos aplicados por área (GIL, 2003). Utilizando-se de uma mesa vertical como parâmetro para avaliar o perfil de distribuição vertical de um turboatomizador, constataram que o fluxo de ar influenciou no perfil de distribuição volumétrico tanto para o lado direito quanto para o lado esquerdo. (MION *et al* 2011).

Para determinar o teste padrão vertical da distribuição, ou a quantidade depositada pelo pulverizador em várias alturas, diversos métodos foram propostos, incluindo: método fluido da separação por meio do separador lamelar do pulverizador (ADE; VENTURI, 1994), o método da absorção (BALSARI; TAMAGNONE, 1995), placas retangulares (PERGHER; GUBIANI, 1997), o nivelamento líquido de medição e a distribuição de ar. (PORSKAMP *et al.*, 1993).

Para analisar a distribuição de calda na cultura do mamão, Dantas (2010), utilizou uma mesa vertical e observou que os perfis de distribuição vertical foram similares para todos os tratamentos analisados, constando que a mesa vertical para aferição do equipamento de aplicação nas condições analisadas mostrou-se eficiente.

Para a minimização dessa variabilidade, Landers (2008) trabalhou alterando o ângulo dos bicos direcionando para a copa da cultura da uva. O mesmo autor concluiu que o direcionamento reduziu a variabilidade e melhorou a simetria da curva de distribuição na mesa vertical, afirmando que o ideal para se obter uma boa uniformização da distribuição da calda no momento da aplicação seria buscando um novo layout dos bicos nos ramais. Em testes feitos com videiras, Pergher *et al.* (2002) mostrou que a simples variação da angulação das pontas pode alterar o padrão de distribuição vertical da pulverização e deposição de gotas.

Farooq e Landers (2004), avaliando a deposição de gotas em uma mesa vertical, constataram diferenças no volume entre os lados direito e esquerdo, devido ao fluxo de ar descendente e ascendente, respectivamente.

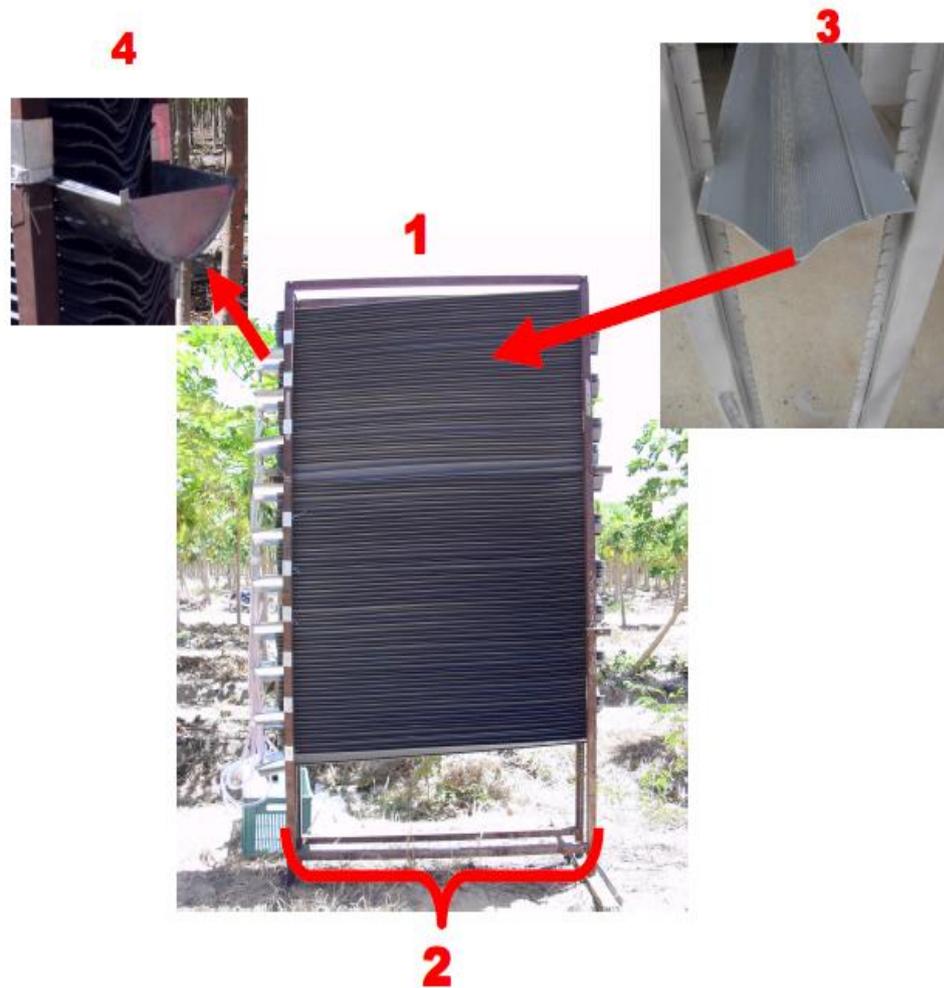
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

As determinações dos perfis de distribuição para os bicos regulados e não regulados, foram realizados em laboratório conforme a altura da copa da cultura, sendo conduzido no Laboratório Núcleo de Estudos de Máquinas Agrícolas do Semiárido (NEMASA) da Universidade Federal do Ceará, localizados em Fortaleza, Ceará, Brasil.

Para a coleta do líquido pulverizado, foi construído um coletor de gotas constituído de um quadro de secção retangular com dimensões de 2,90 m de altura, 1,42 m de largura e com entalhes laterais a cada 21 mm, onde foram montadas as calhas coletoras de plástico. As calhas coletoras são canais horizontais com 1,55 m de comprimento, de secção ondulada e ressalto interno longitudinal, conforme Mion *et al.* (2011). As laterais do quadro são abertas, e o coletor de gotas foi montado sobre uma estrutura de ferro com 1 m de comprimento e 0,18 m de largura, conforme Figura 1.

Na estrutura principal, a cada dez calhas coletoras, foram instalados funis projetados para frente da área de captura do líquido pulverizado, funcionando como coletores da água captada nas calhas, responsáveis por conduzi-la até provetas graduadas, por meio de mangueiras de polietileno com diâmetro de 12,7 mm, conectadas à saída do funil. As calhas coletoras foram posicionadas no interior da estrutura, com declividade de 12°, sendo que a primeira saída lateral para a coleta do líquido situou-se após a décima calha, e assim sucessivamente.

Figura 1 – Vista frontal da mesa vertical (1- Mesa vertical, 2- estrutura de ferro, 3- calhas de plástico, 4- funil de zinco).



Fonte: Dantas, 2010

Para o ensaio em condições laboratório foi utilizado um trator da marca VALTRA, modelo BM-120 4x2 TDA, juntamente com um turboatomizador da marca Jacto, modelo ARBUS 400 GOLDEN, composto por um tanque de 400L em polietileno de alta densidade, visor de nível com escala graduada, agitador de calda por retorno hidráulico, pressão variável até 2758 kPa, bomba JP-75, com capacidade de recalque de  $75 \text{ L min}^{-1}$  a 540rpm, acionada pela tomada de potência do trator, ramal de bicos em aço inox, com 12 bicos de cada lado, com angulação individual regulável e registro individual, ventilador com pás de náilon e fibra de vidro de 0,85m de diâmetro, gerando uma velocidade média do fluxo de ar de  $35 \text{ m s}^{-1}$ .

O sistema de pulverização foi posicionado a uma distância de 1,20m da mesa vertical de coleta, e a 0,75m em relação ao solo. Os funis de captura do líquido pulverizado

estavam dispostos nas seguintes alturas em relação ao solo: 0,50; 0,75; 1,00; 1,20; 1,40; 1,65; 1,85; 2,10; 2,30 e 2,55m.

Para confecção das curvas do perfil de distribuição volumétrica o tempo de coleta do líquido foi de 60 segundos para cada lado, com três repetições e as médias dos volumes coletados nas provetas foram plotados em gráficos no software Excel 2003.

Nas Figuras 2 e 3, podemos observar o esquema ilustrativo dos bicos do turboatomizador com os ângulos sem regulagens e com regulagens, respectivamente.

Figura 2. Esquema ilustrativo sem regulagem dos ângulos no turboatomizador.

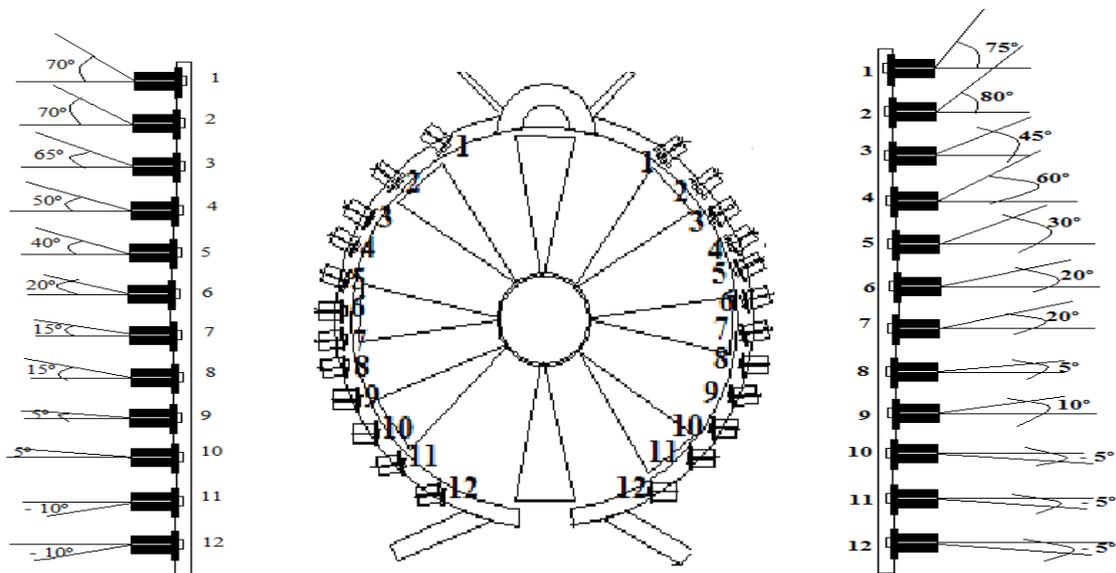
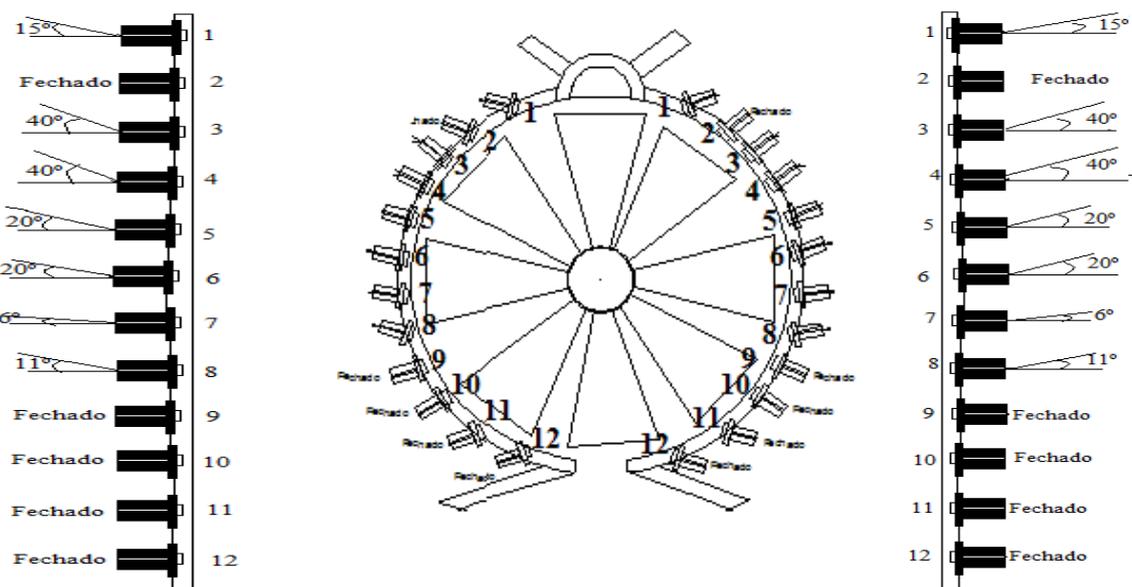


Figura 3. Esquema ilustrativo com regulagem dos ângulos no turboatomizador



O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3, com quatro repetições. Os tratamentos para a realização destes ensaios foram duas regulagens (com e sem regulagem dos ângulos dos bicos) e três volumes de aplicação sendo 273, 699 e 954 L ha<sup>-1</sup>. Nos ensaios, foram utilizadas as pontas JA-2 e JA-5 de cerâmica, com o jato tipo cônico vazio. O diâmetro de gotas destas pontas, segundo o fabricante, possui um tamanho de gota fina, utilizando-se a pressão de 1240 kPa na ponta JA-5 para ao volume de 954 L ha<sup>-1</sup> (Figura 4 A) e a pressão de 620 kPa para as pontas JA-5 e JA-2 (Figura 4 A e B) para os volumes de 273 e 699 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Foi realizado um ensaio para determinar a vazões de acordo com a pressão trabalhada em que a ponta JA-5 com pressão de 1240 kPa a vazão foi 2,67 L min<sup>-1</sup> e para as pressões de 620 kPa usada nas pontas JA -5 e JA-2 as vazões foram de ponta de 1,88 e 0,77 L min<sup>-1</sup>, respectivamente.

Figura 4 – Pontas JA-5(A) e JA-2(B) utilizadas para os ensaios.



Fonte: Autora

O estudo de campo foi conduzido em um pomar de cajueiro anão precoce clone CCP 76, com oito anos de idade, espaçamento de 8m entre linhas e 8 m entre fileiras, altura de 2,5m e com a copa em média de 7 m de diâmetro. (Figura 5), localizado na cidade de Palhano, no distrito de Barbada, CE, com coordenadas 4° 44' 42" Sul e 37° 57' 32" Oeste.

Figura 5 – Área do pomar de cajueiro anão precoce clone CCP 76



Fonte: Autora

Em condições de campo, as aplicações foram efetuadas com o conjunto de pulverização tratorizado (Figura 6 e 7), sendo um trator da marca Massey Ferguson, modelo 265, com velocidade de trabalho de  $0,972 \text{ m s}^{-1}$  e um turboatomizador da marca Jacto, modelo ARBUS 400 GOLDEN, composto por tanque de 400 L em polietileno de alta densidade, visor de nível com escala graduada, agitador de calda por retorno hidráulico, pressão variável até  $2758,77 \text{ kPa}$ , bomba JP-75 com capacidade de recalque de  $75 \text{ L min}^{-1}$  a 540 rpm, acionada pela tomada de potência do trator, ramal de bicos em aço inox com 12 bicos de cada lado com angulação individual regulável e registro individual, ventilador com pás de nylon e fibra de vidro de 0,85 m de diâmetro gerando velocidade média do ar de  $3,5 \text{ m s}^{-1}$ . No momento do ensaio a temperatura era de  $32 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de 53,7%.

Figura 6 - Trator Massey Ferguson modelo 265 e turboatomizador Jacto modelo ARBUS 400 GOLDEN®



Fonte: Autora

Figura 7: Conjunto de pulverização tratorizado e o turboatomizador no momento de aplicação do produto.



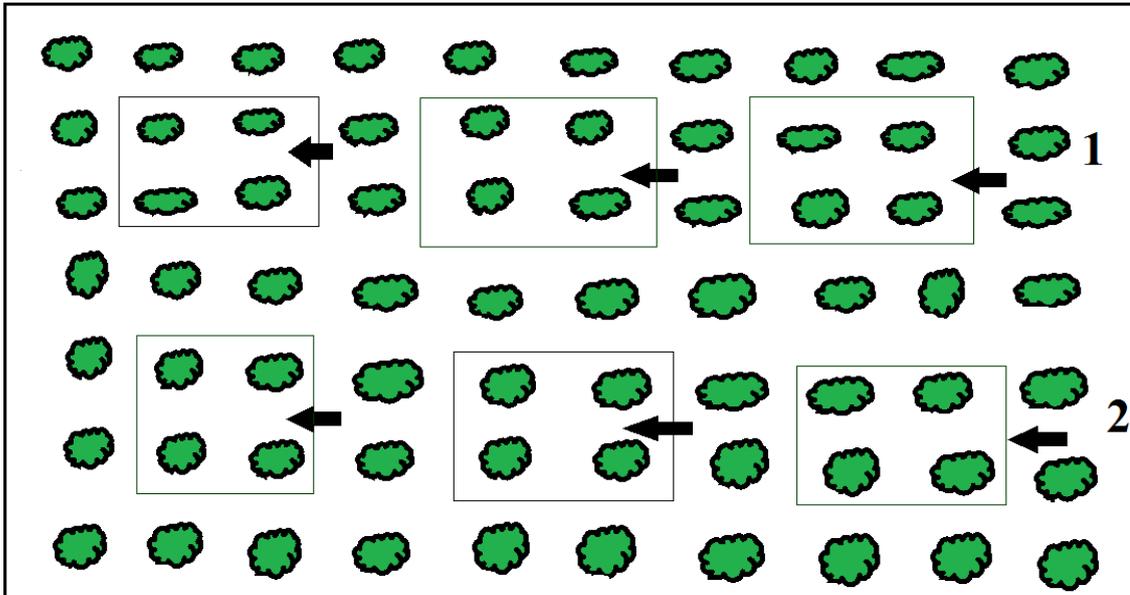
Fonte: Autora

Para a avaliação da deposição nas folhas do cajueiro foi utilizado um traçador composto do corante alimentício Azul Brilhante (catalogado internacionalmente pela Food,

Drug & Cosmetic como FD&C Blue n.1), em uma concentração de 2g de corante para cada litro de calda, conforme metodologia descrita por (PALLADINI 2000).

Na figura 8 mostra o esquema do pomar do cajueiro e das plantas selecionadas para o experimento e para a coleta das folhas.

Figura: 8 – Esquema das plantas selecionadas para as coletas das folhas.



Legenda: As setas indica a direção do trator e os quadrados indicam as plantas selecionadas para o experimento. 1- Passagem do turboatomizador com o trator com o equipamento sem regulagem. 2 – Passagem do turboatomizador com o trator com equipamento com regulagem.

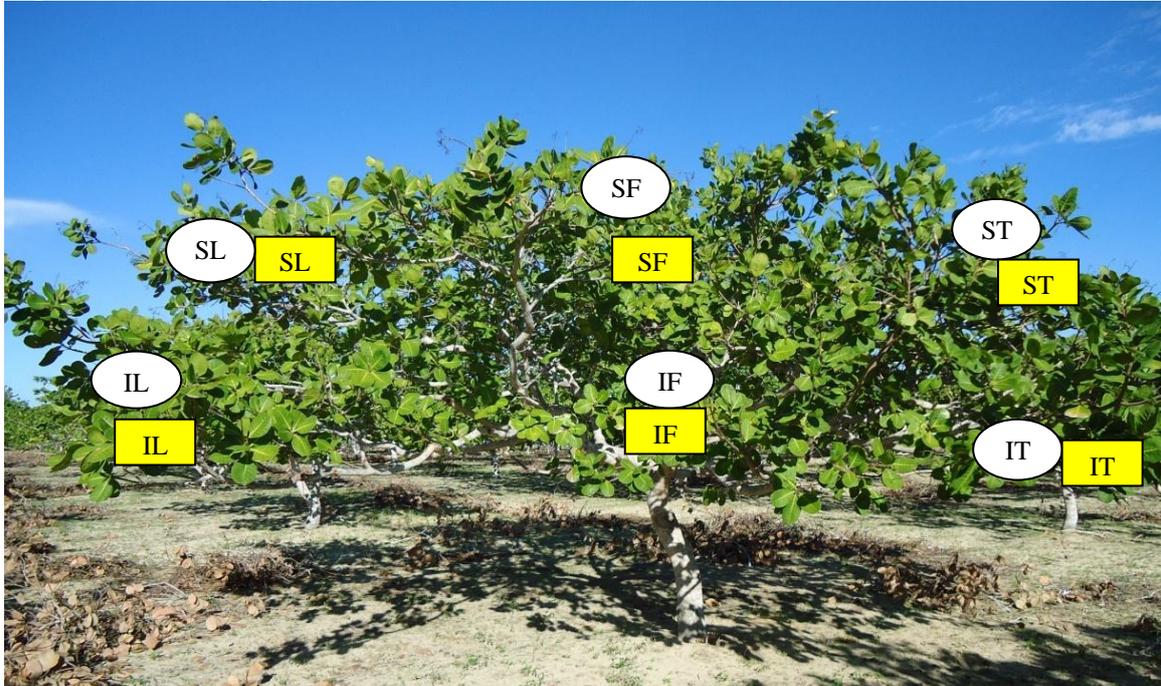
Após a pulverização, foram coletadas 6 (seis) folhas de cada planta, duas na parte da frente, duas na lateral, duas na parte de trás da planta conforme a figura 9. Em seguida, cada folha foi colocada em saco plástico, identificadas segundo as posições de coleta na planta e posteriormente acondicionadas em ambiente refrigerado até as análises em laboratório.

Para a análise do espectro de gotas, utilizaram-se como alvos, papéis hidrossensíveis à água, distribuídos na copa do cajueiro conforme a (Figura 9), da seguinte forma: superior frente (SF), superior lado (SL), superior trás (ST), inferior frente (IF), inferior lado (IL), inferior trás (IT), sendo seis (6) papeis por planta totalizando 24 papeis por tratamento. Na figura 10 mostra o papel fixado na folha da cultura sendo que após a aplicação, os mesmos foram retirados e armazenados em sacos de papel devidamente identificados para evitar umidade até análise dos mesmos.

As análises dos papéis hidrossensíveis à água foram digitalizadas por meio de um scanner (resolução espacial de 600 dpi), em seguida utilizou-se o DropCarp para a captura das

gotas digitalizadas onde se trabalhou com o programa computacional e-Sprinkle (versão 2004), avaliando-se os parâmetros: diâmetro mediano volumétrico (DMV) em mm, densidade de gotas (DG) em  $N/cm^2$  e potencial risco de deriva (PRD) em % .

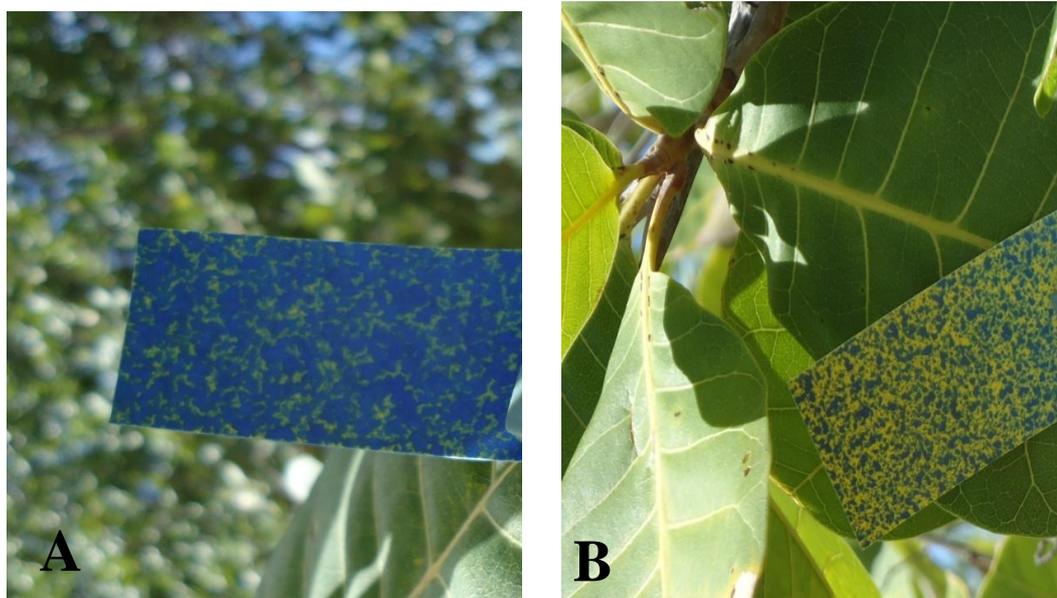
Figura 9 – Posição de coleta das folhas e dos papeis hidrossensível na copa da planta. SF – Superior Frente, SL – Superior Lado, ST – Superior Trás, IF – Inferior Frente, IL – Inferior Lado, IT – Inferior Trás.



Fonte: Autora

Legenda: os círculos brancos informam os locais de retiradas folhas e retângulos amarelos locais dos papeis hidrossensível.

Figura 10: Papel hidrossensível fixado na folha do cajueiro (A) sem regulagem e (B) com regulagem.



Fonte: Autora

Para a análise da deposição do produto na folha, colocou-se 50 mL de água destilada em um saco plástico, agitando em seguida para remover o corante das folhas. Em seguida colocou-se a solução em um aparelho espectrofotômetro Ultrospect® 2000 Pharmacia equipado com filtro no comprimento de onda de 630 nanômetros (nm), como é mostrado na (figura 11A) para assim fazer a leitura de absorbância da solução de todas as folhas, conforme método desenvolvido por (PALLADINI, 2000).

Figura 11: Espectrofotômetro Ultrospect® 2000 Pharmacia (A) e medidor de área foliar (B).



Fonte: autora

Fonte: ujed

Para determinação da área foliar de cada folha coletada, foi utilizado um medidor de área foliar (LI-3100, Área Meter, Li-Cor.®, Lincoln, Nebraska, USA), (Foto 11 B). Esses valores da área das folhas foram utilizados para calcular o depósito de calda por unidade de área, conforme equação (1):

$$D = \frac{V}{A} \quad (1)$$

Onde:

D= Depósito de calda na folha (mL cm<sup>-2</sup>);

V= Volume retido pelo alvo (mL);

A= Área da folha (cm<sup>2</sup>).

Para fins de análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade, utilizando o pacote estatístico ASSISTAT.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 12 (A e B) mostra o perfil de distribuição vertical do turboatomizador dos lados esquerdo e direito sem regulagem dos ângulos dos bicos. Os perfis de distribuição do lado esquerdo e direito apresentam uma concentração de volume na região que compreende as alturas que variam de 0,50 a 1,40 m, o que pode ser explicado pelo comportamento do fluxo de ar e a configuração da tubulação dos bicos, por serem construídos em formato de arco, influenciando a deposição na parte superior da mesa vertical, devido ao aumento da distância dos ramais dos bicos até ao alvo quando comparadas com a parte inferior do turboatomizador.

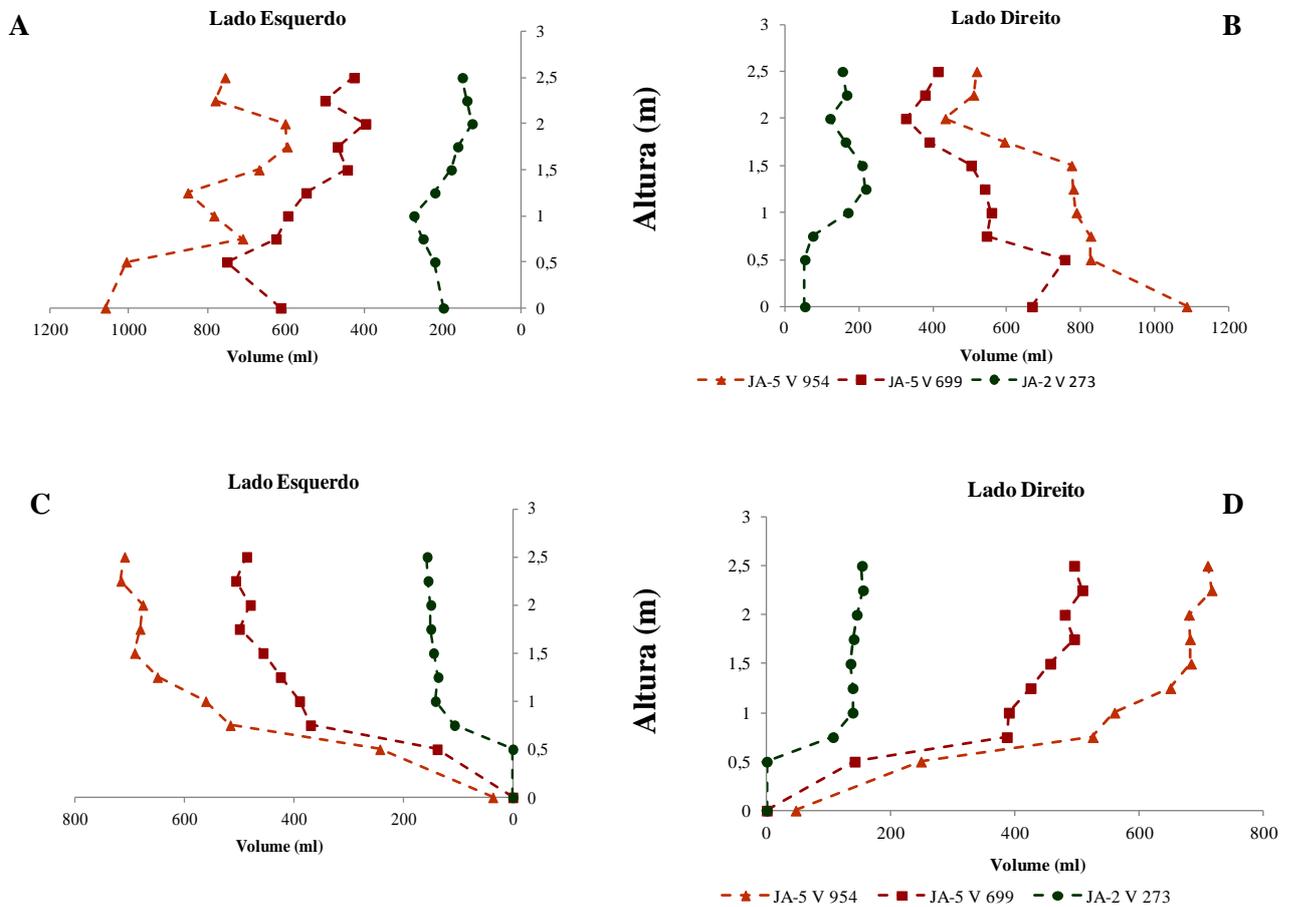
As variáveis dos gráficos do perfil de distribuição do turboatomizador, sem regulagem, estão de acordo com os encontrados por Holownicki *et al.* (2000b) e Doruchowski; Svensson; Nordmark. (1996), quando observaram maior concentração de produto na parte inferior da mesa em relação a parte superior, devido a maior proximidade dos ramais quando o equipamento não estava com o ângulo dos bicos regulados para a copa da cultura.

Resultados semelhantes de curvas assimétricas foram encontradas por Sombra *et al.* (2010), avaliando diferentes pressões e pontas de jato cone vazio e Gil e Badiola (2007), estudando diferentes volumes de aplicações e quantidades de bicos em um turboatomizador.

Na figura 12 (C e D) podemos observar que a regulagem e fechamento de alguns bicos obtiveram uma distribuição melhor do perfil em relação dos que não tiveram regulagem. Observa-se também que após a regulagem dos ângulos dos bicos, obteve-se uma distribuição do volume de aplicação uniforme para a copa da cultura. Resultados observados por (PERGHER, *et al.* 2002) mostram que a variação dos ângulos dos bicos de pulverização mostrou-se como um método eficiente para a alteração do padrão de distribuição vertical de um turboatomizador, levando a uma melhora do seu perfil de distribuição vertical.

Balan; Abi Saab; Silva (2006b) concluíram que a configuração original da distribuição dos bicos de pulverização nos ramais dos turboatomizadores nem sempre é a mais indicada, e o fechamento ou abertura de alguns contribuíram para uma aplicação mais uniforme. Landers (2008), quando alterou o ângulo dos bicos, direcionando-os para a copa da cultura da uva em espaladeira, concluiu que o direcionamento reduziu a variabilidade e melhorou a simetria da curva de distribuição na mesa vertical.

Figura 12. Perfil de distribuição vertical sem regulagem (A, B) e com regulagem (C, D) dos ângulos dos bicos para o dossel da cultura.



A curva de calibração apresentada na figura 13 foi obtida a partir de uma amostra da calda retirada do reservatório do turboatomizador. Conforme Pallidi *et al.*, (2005), em trabalho onde determinava a forma de seleção do corante com objetivo de determinar a deposição da calda nas folhas de diversas culturas. Na equação, os valores de Y representam a concentração da solução (%), enquanto os valores de X são os valores da leitura de absorvância.

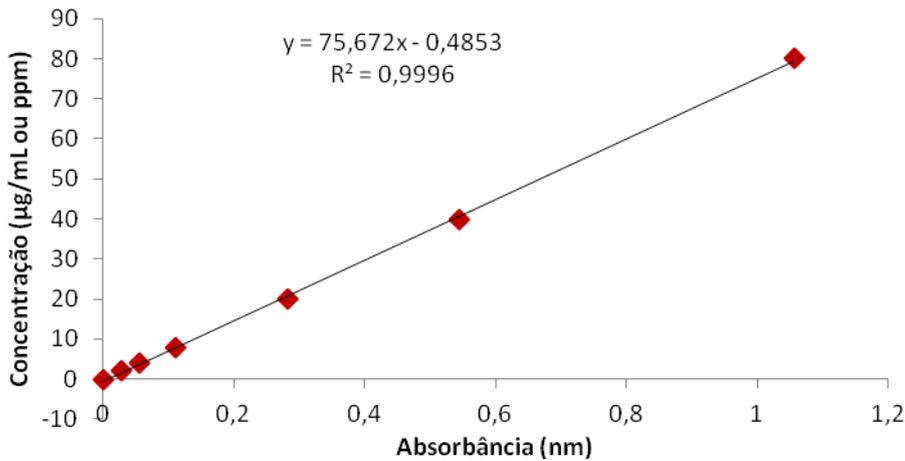
$$Y = 0,003304x + 0,0000138 \quad (2)$$

Onde:

x - a leitura da absorvância no espectrofotômetro (nm);

y - concentração na solução (%).

Figura 13. Curva de calibração do espectrofotômetro.



Pode-se observar que a deposição de gotas para o volume de aplicação de 273 L ha<sup>-1</sup> com os ângulos dos bicos regulados não diferiram estatisticamente, entretanto, esse volume pode-se observar que houve tendência de maior deposição para a copa da cultura com o equipamento regulado, como mostra na tabela 1.

A deposição de gotas para os volumes de 699 e 954 Lha<sup>-1</sup> observa-se que a regulagem dos ângulos dos bicos direcionando para a copa contribuiu para maior deposição de gotas nas folhas da cultura com porcentagens que variaram de 60,63 a 42,17%, respectivamente para os dois volumes. Este aumento na deposição com orientação dos bicos está de acordo com os encontrados Farooq e Landers (2004), quando usou uma mesa coletora vertical para medir o fracionamento do líquido depositado em diferentes alturas, encontrando valores de 72% de deposição na região da copa quando os bicos foram direcionados para a copa da cultura.

Landers (2008) quando alterou o ângulo dos bicos, direcionando-os para a copa da cultura, observou que o direcionamento do perfil de distribuição reduziu a variabilidade e proporcionou uma melhor distribuição do produto aplicado.

O aumento do volume de aplicação conforme a tabela 1 contribuiu para maior deposição, constatando ser um importante aspecto para a qualidade da pulverização, conforme relatos de pesquisas realizados por BALAN et al. (2006a); BALAN; ABI SAAB; SILVA (2006b); RAMOS *et al.* (2007); WISE *et al.* (2010) e MEWES (2011).

Tabela 1. Volume de deposição nas folhas ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) em função das regulagens dos ângulos dos bicos e do volume de aplicação

Regulagem dos bicos	Volumes ( $\text{L ha}^{-1}$ )		
	273	699	954
Com regulagem	0,0543 a	0,2449 a	0,3749 a
Sem regulagem	0,0412 a	0,0964 b	0,2168 b

Colunas letras minúsculas/ linhas letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 observam-se que os valores da interação entre as regulagens e os volumes para o potencial risco de deriva (PRD) é definido como a percentagem do volume pulverizado. A avaliação do potencial risco de deriva identifica possíveis situações de risco de contaminação ambiental. Pelo desdobramento da interação podemos observar que a regulagem dos ângulos dos bicos foi significativo para os volumes de 699 e  $954\text{L.h}^{-1}$ , no entanto, quando foi utilizado o equipamento sem regulagem os volumes não diferiram estatisticamente entre si.

Analisando o efeito de cada volume entre as regulagens, constatou-se que o volume de  $273\text{L.h}^{-1}$  foi o único que apresentou diferença entre si e os demais volumes não diferiram entre si pelo Teste de Turkey. O PRD diminuiu, à medida que o volume de aplicação aumentou, sendo que, os maiores valores de PRD foram obtidos com o volume de  $273\text{L.h}^{-1}$ .

Cunha *et al.* (2003) observaram em sua pesquisa de estratégias para redução de deriva que valores inferiores a 15% do volume aplicação composto por gotas com diâmetro inferior a  $100\ \mu\text{m}$  parecem ser mais adequados a uma aplicação segura. No entanto, Cunha *et al.*, (2004) encontraram valores semelhantes de volumes de gotas com diâmetro de 100, 150 e  $200\ \mu\text{m}$ , permitindo que estime o potencial de deriva da aplicação. Estes autores relatam que quanto menor for essa percentagem, menor será o risco de deriva de agroquímicos durante a pulverização.

Salyani (2000) sugere que as taxas de aplicação menores que  $900\text{L. ha}^{-1}$  obtêm os melhores resultados através da redução do número de bicos trabalhando a uma velocidade baixa. Em contraste com aplicação de taxas acima de  $2500\text{L. ha}^{-1}$ , o turboatomizador deve possuir elevado número de bicos e com velocidades mais elevadas. Segundo Johnson e Swetnam. (1996), fatores como altura de lançamento da gota em relação ao alvo, densidade do líquido pulverizado e temperatura do ar também influenciam a deriva.

Tabela 2. Média do Potencial Risco de Deriva (PRD %) em função das regulagens dos bicos e dos volumes de aplicação

Regulagens	Volumes (L ha <sup>-1</sup> )		
	273	699	954
Com regulagem	20, 36 b	13,70 a	9, 87 a
Sem regulagem	44, 15 a	19, 22 a	14, 19 a

Colunas letras minúsculas/ linhas letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na tabela 3 apresentam-se os valores das médias do diâmetro mediano volumétrico em função das regulagens dos bicos e volumes de aplicação. Observamos que as regulagens não diferiram estatisticamente entre si e que os volumes aplicados apresentaram aproximadamente o mesmo espectro de gotas. Nesse estudo foram encontrados os valores de diâmetro mediano volumétrico na faixa de 214 a 270  $\mu\text{m}$  com o equipamento regulado. Resultados diferentes são encontrados no trabalho de Cross *et al.* (2001). Em estudos com pressões que variaram de 320 a 1190 kPa, esses autores encontraram gotas com diâmetro mediano volumétrica na faixa de 156 a 237 $\mu\text{m}$  em alvos naturais.

Tabela 3. Média do Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV  $\mu\text{m}$ ) em função das regulagens dos bicos e dos volumes de aplicação

Regulagens	Volumes (L ha <sup>-1</sup> )		
	273	699	954
Com regulagem	214, 24	238, 72	270, 25
Sem regulagem	165, 05	243, 92	231, 97

Colunas letras minúsculas/ linhas letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na tabela 4 apresentam-se as médias da densidade de gotas depositadas em função das regulagens dos bicos e dos volumes de aplicação, sabendo que não houve uma interação ao nível de 5% de probabilidade entre as regulagens, no entanto, observamos que no volume de 273 Lha<sup>-1</sup> foi o único que apresentou diferença entre si, e os demais volumes não diferiram. O equipamento com os ângulos regulados para a copa da cultura e com volume de 273 L ha<sup>-1</sup> ocorreu maior densidade de gotas demonstrando que a regulagem foi importante para o menor volume. Quando o equipamento não estava com os ângulos dos bicos regulados a densidade foi baixa, indicando que as gotas não atingiram o alvo desejado. Contudo notamos que a maior densidade obtida ocorreu com os ângulo do equipamento regulado e volume de 954 Lha<sup>-1</sup>. Cross *et al.*(2001) relatam que, em condições ideais, as gotas de pequeno diâmetro proporcionam maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo, no entanto, em condições

climáticas adversas, como temperatura elevada, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento, aumenta-se o risco de contaminação ambiental por deriva.

Tabela 4. Média da Densidade de Gota (DG N/cm<sup>2</sup>) em função das regulagens dos bicos e dos volumes de aplicação

Regulagens	Volumes (L ha <sup>-1</sup> )		
	273	699	954
Com regulagem	230, 20 a	199, 66 a	267, 58 a
Sem regulagem	60, 97 b	155, 54 a	175, 02 a

Colunas letras minúsculas/ linhas letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na tabela 5 encontram-se as médias da interação da deposição de calda das folhas em função da regulagem dos ângulos dos bicos e do local de retirada das folhas na copa da cultura. Observa-se que a deposição não apresentou diferenças significativas em relação ao local de coleta das folhas na cultura, entretanto, o equipamento com e sem regulagem dos ângulos dos bicos apresentou diferença estatística, independente do local de coleta das folhas. O turboatomizador com os ângulos direcionados para a copa da cultura contribuíram para a ocorrência de maiores deposições de calda. Isto demonstra a importância da regulagem dos bicos do equipamento para aplicação de agroquímicos nas culturas.

O maior valor de deposição (0,25µL) foi obtido com o equipamento regulado e as folhas coletadas na parte inferior lateral (IL). Estes resultados estão diferentes dos encontrados por Salyani e Mccoy (1989), quando avaliaram a deposição de calda na cultura do citros, observando maiores valores na parte superior da copa da cultura a 3m quando comparado à parte inferior a 1,5m. Este comportamento pode ser influenciado pelas características da arquitetura e densidade de folhas por serem muito superiores aos constatados na cultura do cajueiro. No entanto, Whitney e Salyani. (1990), avaliando a deposição de gotas de dois turboatomizadores para as culturas da uva e laranja, observaram que os menores valores de deposição foram encontrados na parte central da copa das culturas. Comportamento diferente dos encontrados neste estudo em que o menor valor de deposição foi encontrado na parte inferior trás, devido à arquitetura da copa da cultura.

Cross *et al.* (2001) realizaram avaliações de taxas de aplicação em diferentes pomares com diferentes tamanho de copa e observaram que a variação nas taxas de aplicação produziram pequenos efeitos sobre a deposição, mas as perdas são aumentadas inversamente de acordo com o tamanho das árvores. Com isso, os autores concluíram que a dose de

aplicação nas árvores deve ser ajustada para os diferentes tamanhos das árvores, variando a taxa de aplicação.

Conforme os valores de deposição de calda nas folhas encontrados na tabela 3, demonstra-se a necessidade de regulação dos ângulos dos turboatomizadores, segundo as características da cultura, destacando a altura da copa, densidade de folhas, alvo a ser atingido e as características climáticas no momento da realização da pulverização.

Tabela 5. Deposição de calda nas folhas ( $\mu\text{L cm}^2$ ) em função dos ângulos dos bicos no local de retirada das folhas.

Regulagem	Local de retirada das folhas					
	SF	SL	ST	IF	IL	IT
Com regulagem	0,22 aA	0,21 aA	0,21 aA	0,24 aA	0,25 aA	0,19 aA
Sem regulagem	0,13 bA	0,11 bA	0,12 bA	0,10 bA	0,11bA	0,12bA

Colunas letras minúsculas/ linhas letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

## 5. CONCLUSÕES

O perfil de distribuição volumétrico vertical apresentou melhor uniformidade de distribuição quando os ângulos dos bicos foram regulados para a copa da cultura.

A regulagem dos ângulos dos bicos para a copa da cultura apresentou maior deposição de gotas para os volumes estudados.

O aumento do volume de aplicação propiciou uma diminuição do PRD com e sem regulagem do equipamento.

O maior volume de calda propiciou maior deposição de calda nas folhas.

## REFERÊNCIAS

ABHILASH, P. C.; SINGH, N. Pesticide use and application. **Journal of Hazardous Materials**, v. 165, p. 1-12. 2009.

ANDEF - Associação Nacional e Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação** - Campinas, São Paulo. 2004.

AMYOT, D. **Análise pelo Supply Chain Management da Castanha de Caju no Rio Grande do Norte**. 103f. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2009.

ANTUNIASSI, U. R. Boletim técnico de soja. Fundação MT, **Boletim de pesquisa de soja**, n° 08, p. 165-172. 2004

ARAÚJO, *et al.* **A traça da castanha: nova praga do cajueiro no Estado do Ceará**. Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura, v. 4, p. 11, 1987.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SASAKI, E. H. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Ciência Rural**. v. 36, n. 3, p. 731-738. 2006.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SASAKI, E. H. Distribuição da calda na cultura da Videira por turboatomizador com diferentes configurações de pontas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 731-738, 2006a.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G., SILVA, C. G. Depósito e perdas de calda em sistema de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.2, p. 470-477. 2006b.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. **Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais**. Planta Daninha, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

BLEICHER, E.; MELO, Q.M.S. Artrópodes associados ao cajueiro no Brasil. **EMBRAPA-CNPAT**. 33p. (EMBRAPA-CNPAT. Documentos, 9). 1993

CAMARA, *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**. v.28, n.4, p. 740-749. 2008.

CAMPBELL, M.M.; LOVELESS, R.T.; EVANS, P.T. Effects of spraying volume and chemical rate on the control of apple scab (*Venturia inaequalis*) and codling moth (*Cydia pomonella*) in an apple orchard. **Crop Protection**. p.112-117. 1988.

- CHAIM, A. Comparação de pulverizadores para tratamento da cultura do tomate estaqueado: avaliação da deposição e contaminação de aplicadores. **Pesticidas: Revista Ecotoxicol e Meio Ambiente**, Curitiba, v.9, p.65-74, 1999.
- CHAPPLE, A. C.; HALL, F. R.; BISHOP, B. L. Assessment of single-nozzle patternation and extrapolation to moving booms. **Crop Protection**, v. 12, p. 207-213, 1993.
- CHRISTOFOLETTI, J.C. **Pulverização ou Aplicação**. In: Boletim Técnico BT01/99. São Paulo. p.2-5. 1999a.
- CRISÓSTOMO, *et al.* Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitossanitários com ênfase na adubação e na irrigação. **Embrapa Agroindústria Tropical**. 20p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 08). 2001.
- CROSS, *et al.* Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer. **Crop Protection**. v.20 : p.13 – 30. 2001.
- CUNHA *et al.* **Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas**. Planta Daninha, v.21, p.325-332, 2003.
- CUNHA, J. P. A. R. **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 81 f. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- CUNHA, *et al.* Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, n.10, p.977-85, 2004.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**. v. 27, p. 10-15, 2007.
- CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de Aplicação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 487-493. 2008.
- CUNNINGHAM, G.P.; HARDEN, J.. Reducing spray volumes applied to mature citrus trees. **Crop Protection**. v.17,n.4, p.289-292. 1998
- DANTAS, Maria Jorgiana Ferreira. **Avaliação de um sistema de aplicação de agrotóxicos na cultura do mamão: Redução do risco de contaminação ambiental**. 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Agrícola – área de concentração Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.

DEBORTOLI, M. P. **Efeito do “rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja.** 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - área de concentração Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

DORUCHOWSKI, G.; SVENSSON, S.A.; NORDMARK, L. **Spray deposit within apple trees of differing sizes and geometry at low, medium and high spray volumes.** International Conference on IFP. p.289-294. 1996.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce.** Sistemas de Produção. 2002. Disponível em: <Erro! A referência de hiperlink não é válida.> Acesso em janeiro de 2012.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Cajueiro.** 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fontes/html/Caju/CultivodoCajueiro/agrotoxicos.htm>> Acesso em dezembro de 2011.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. . **Testada substância para controle da traça-da-castanha de caju.** 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/1999/junho/bn.2004-11-25.2628058636/>>. Acesso em janeiro de 2012.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Principais pragas.** 2005. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fyra9xch02wx5ok0pvo4k37fj97ni.html>>. Acesso em julho de 2012.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Monitoramento de Pragas na Cultura do Cajueiro.** 2006. Disponível em: <<http://www.cnpat.embrapa.br/pif/Publicacoes/Monitoramento%20de%20Pragas.pdf>> Monitoramento de Pragas na Cultura do Cajueiro.> Acesso em janeiro de 2012.

FAROOQ, M.; LANDERS, A.J. **Interactive Effects of Air, Liquid and canopies on Spray Patterns of Axial-flow Sprayers.** In: 2004 ASAE/CSAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, Ottawa, Ontario, Canada. 2004. (Paper 041001).

FNP, Consultoria e Comércio. Agriannual 98: **anuário estatístico de agricultura brasileira.** São Paulo,. p.481. 1998

GALLI, J. C.; ARRUDA, A. C. Distribuição volumétrica dos bicos pulverizadores JD14-2. **Pesquisa Agropecuária. Brasileira.** v. 20, n. 11, p. 1239-1244, 1985.

GAZZOLA, *et al.* A amêndoa da castanha-de-caju: composição e importância dos ácidos graxos – produção e comércio mundiais. In **Anais. XLIV Congresso da SOBER.** Fortaleza. 2006.

GIL, E. **Tratamientos en via Equipos y taicas de aplicacion**. Spain. Edicions UPC. 2003.

GIL, E.; BADIOLA, J. Design and verification of a portable vertical patternator for vineyard sprayer calibration. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.23, n.1, p.35-42, 2007.

GILES, D. ; DELWICHE, M.; DODD, R. Control of Orchard Spraying Based on Electronic Sensing of Target Characteristics. **American Society of Agricultural Engineers**. v.30 n.6, p.1624-1630. 1987.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science Journal**. v.38, p.280-288, 1990.

HOLOWNICKI, *et al.* Automatic self adjusting air-jet sprayer concept for fruit trees. In: **International Conference on Agricultural Engineering**, 2000, Warwick. Paper 10 P.

HOLOWNICKI *et al.* . Variation of spray deposit and loss with the air-jet direction applied in orchards. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v.77,n.2 : 129 -136. 2000b.

HOLOWNICKI. *et al.* The effect of air jet velocity on spray deposit in an apple orchard. **Aspects of Applied Biology**, v.66, p.277-283, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. v. 21 n. 12 p. 1- 80. 2009.

KAUL, K. *et al.* **Mechanisms of distribution of plant protection products sprayed in orchards**. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzens, v.54, n.5, p.110-17, 2002.

JOHNSON, M. P.; SWETNAM, L. D. **Sprayer nozzles: selection and calibration**. Lexington: University of Kentucky, 1996. 6 p.

LANDERS, A.; GIL, E. Development and validation of a new deflector system to improve pesticide application in New York and Pennsylvania grape production areas. In: **International Conference On Agricultural Engineering**. Warwick. *Paper* 10 p. (Paper 061001). 2006.

LANDERS, A. **Improving spraying efficiency**. 2008. Disponível em: <[www.nysaes.cornell.edu/ent/faculty/landers/pestapp](http://www.nysaes.cornell.edu/ent/faculty/landers/pestapp). >. Acesso em 19 de agosto de 2011.

LIMA, V. P. M. S. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1998, 486 p.

MAGDALENA, J. C. **Efecto de la utilización de pulverizadores de flujo transversal e hidroneumático tradicional sobre la calidad de los tratamientos fitosanitarios en manzanos (*malus domestica*, borkh)**. 2004. 144f. Tese (Doctorado en Mecanización y Tecnología Agraria. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2004.

MATTHEWS, G. A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. **Plant pathologist's pocketbook.**, 2002. p. 345-353.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal, 1990.. 139p.

MATUO, T. **Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros**. 1988.167p. Tese, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Jaboticabal. 1988.

MCCOY, C. W; LYE, B. H; SALYANI,M.. **Effect of spray volume on the residual control of citrus rust mite**. Citrus e Vegetable Magazine v.53, n. 23, p.64-5, 1990.

MENEGHETTI, Rosana Ceolin. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura do trigo**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - área de concentração Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

MEWES *et al.* Deposição de calda em eucalipto, utilizando pulverização pneumática. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, p.283-288. 2011.

MILLER, P. C. H.; ELLIS, M. C.B. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, v. 19, n. 8, p. 609-615, 2000.

MION, *et al.* Uso de mesa vertical como parâmetro para regulagens de turboatomizadores. **Engenharia Agrícola** . v.31, n.2, pp. 352-358. 2011.

MONTEIRO, M. V. de M. Eficiência na aplicação de defensivos com BVO aéreo. In: \_\_\_\_\_. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Passo Fundo, Ed. Plantio Direto Eventos. 2006. 146 p.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v. 75, p. 127-137, 2000.

OLIVEIRA, V. H. de. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.30, n.1. 2008.

OLIVEIRA, V.H.; ANDRADE, A.P.S.; Produção integrada melhora a qualidade do caju. **Revista Agroanalysis**. v. 24, n. 5, 2004.

OLIVEIRA, V. H. de. Cultivo do Cajueiro Anão Precoce. Fortaleza. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2002. 40p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistema de Produção, 1). 2002.

OLIVEIRA, *et al.* Avanços de pesquisa em cajucultura irrigada. In: Workshop Avanços De Pesquisa Em Agroindústria Tropical, 1, Fortaleza. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 1997.

OZMERI, A.; CILINGIR, I. Use of colorimetric technique in determining surface coverage in spraying. **Agricultural Mechanization In Asia**, Tokio, v.23, n.1, p.37-8, 1992.

PALLADINI, L.A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000.

PAULSRUD, B.E., MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Plant Disease Journal**. n.1002, 2005.

PERGHER, G. Field evaluation of a calibration method for air-assisted sprayers involving the use of a vertical patternator. **Crop Protection**, v. 23, n.5, p. 437-466. 2004.

PERGHER, *et al.* The relationship between vertical spray patterns from airassisted sprayers and foliar deposits in vine canopies. **Aspects of Applied Biology Journal**, v.66, p.323-330. 2002.

PESSOA, P. F. A. P; LEITE, L. A. de S.; PIMENTEL, C. R. M. Situação atual e perspectivas da agroindústria do caju. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. Cajucultura: **modernas técnicas de produção**. Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical, 1995.

PIZARRO, J. C. A. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos da tolerância à salinidade em clones de cajueiro anão precoce**. 2006. 48 p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

RAETANO, C. G. ;MATUO, T. Efeito da pulverização com turboatomizadores em diferentes condições operacionais no controle de ácaros em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. [online]., v.28, n.1 [cited 2012-07-18], p. 131-140 . Available from: <[http://www.scielo. br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-)

80591999000100014&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0301-8059.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0301-80591999000100014>. 1999

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T.. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa. 2003. p.133-201.

RAMOS. *et al.* Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**. [online]. 2007. v.27, [citado 2012-07-18], p. 56-65. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162007000200009&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000200009&lng=pt&nrm=iso)>. ISSN 0100-6916.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000200009>. 2007.

RODRIGUES, Adréia Cristina Peres. **Efeito de pontas e volumes de aplicação sobre os depósitos da pulverização em plantas de feijoeiro, Bidens pilosa L. E Brachiaria plantaginea**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração Agricultura) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, 2006.

SALYANI, M. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. **American Society of Agricultural Engineers**. v.31, n.6, p. 1680-1684. 1988.

SALYANI, M.; MC COY, C. Deposition of different spray volumes on citrus trees. **Selected Proceedings of the Florida State Horticultural Society**. 102 : 32-36. 1989.

SALYANI, M.; MCCOY, C. W. **Spray deposition on citrus trees for different spray volumes**. Citrus Vegetable Magazine v.53, p. 16-7, 1990.

SALYANI, M.; WHITNEY, J.. Ground Speed Effect on Spray Deposition Inside citrus Trees. **American Society of Agricultural Engineers**. v.33, n.2, p.361-366. 1990.

SALYANI, M.; HOFFMAN, W. Air and spray distribution from an air-carrier sprayer. **American Society of Agricultural Engineers**. v.12, n.5, p.539-545. 1996.

SALYANI, M.. Optimization of deposition efficiency for airblast sprayers. **American Society of Agricultural Engineers**.v.43, n.2, p.247-253. 2000.

SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado**, 2006. 47p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Oeste do Paraná. Paraná, 2006.

SCUDELER, F. *et al.* Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos. Botucatu. **Anais**. Botucatu, 2004. p.13-16.

SILVA JÚNIOR, A.; PAIVA, F. F. A. **Estudo físico e físico-químico de clones de cajueiros anão precoce**. 5p. (Boletim de pesquisa, 23). 1994.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, MG.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C. **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa, 1999. p. 127-137.

SILVA, M. P. L. **Avaliação de três sistemas de aplicação de produtos fitossanitários líquidos**. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - área de concentração Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

SILVA F. de A. S. DEAG-CTRN-UFCG ASSISTAT Versão 7.6 beta (2011) - Gomes F.P (2000) Curso de estatística experimental. 14ª ed. Piracicaba, Degaspari. 477p. Disponível em - < <http://www.assistat.com>>. Acesso em 16 de Out. de 2011. 2000.

SOMBRA, *et al.* Avaliação do perfil vertical de distribuição volumétrica de um turboatomizador. In: FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P. da; ROSALEN, D.L.; SILVA, J.G.F. da; REIS, E.F. dos; VENTURIN, J.B.A. **Engenharia Agrícola e o desenvolvimento das propriedades familiares**. Jaboticabal. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. 1 CD-ROM.

SUTTON, T.; UNRATH, C. Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. **Plant diseases Journal**. v.68, n6, p.480-484. 1984.

TEIXEIRA, M.M. **Influencia del volumen de caldo y de La uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de La pulverización hidráulica**. 1997. 310p. Tese (Doutorado) - Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 1997.

TAYLOR, W. A.; SHAW, G. B. The effect of drop speed, size and surfactant on the deposition of spray on barley and radish or mustard. **Pesticide Science Journal**. v. 14, n. 6, p. 659-665, 1993.

TAYLOR, W. A.; SHAW, G. B. The effect of drop speed, size and surfactant on the deposition of spray on barley and radish or mustard. **Pesticide Science Journal**. v. 14, p. 659-665, 1983.

VELIZ, R. D. C. **Avaliação de dois sistemas para aplicação de agrotóxicos em citros**. 2007. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: área de concentração Máquinas Agrícolas) – Universidade São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. Piracicaba, 2007.

WIRTH, W.; STORP, S.; JACOBSEN, W. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. **Pesticide Science Journal**. v. 33, n. 4, p. 411-420, 1991.

WISE, *et al.* Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, v. 29, p.378–385. 2010.

## ANEXOS

**Anexo A – Análise de variância - ANOVA para os quadrados médios**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Regulagens	1	0,06811	0,06811	120,6465 **
Volumes	2	0,24635	0,12317	218,1922 --
Regul. x Vol.	2	0,02630	0,01315	23,2954 **
Tratamentos	5	0,34075	0,06815	120,7243 **
Resíduo	18	0,01016	0,00056	
Total	23	0,35091		

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

**Anexo B – Análise de variância - ANOVA para os quadrados médios**

<b>Fontes de Variação</b>	<b>Teste F</b>		
	<b>DMV (<math>\mu/m</math>)</b>	<b>PRD (%)</b>	<b>DG (<math>N/cm^2</math>)</b>
Regulagens	6,9019 *	10,5717 *	8,3484 *
Volumes	6,0872 --	15,8957 --	2,1754 --
Reg. X vol.	1,5550 ns	4,1871 *	1,4984 ns
CV (%)	19,33	64,92	51,53

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )