**EFICÁCIA DE UM PULVERIZADOR PNEUMÁTICO-ELETROSTÁTICO NA
APLICAÇÃO DE *Bacillus thuringiensis* EM FLORESTAS**

Alberto Jorge Laranjeiro
Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. **SÉRGIO BATISTA ALVES**

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área de
Concentração: Entomologia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Laranjeiro, Alberto Jorge

Eficácia de um pulverizador pneumático-eletrostático na aplicação de *Bacillus thuringiensis* em florestas / Alberto Jorge Laranjeiro. - - Piracicaba, 1998.
101 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Bactéria entomopatogênica 2. Bico de pulverização 3. Floresta 4. Inseticida microbiano 5. Lagarta desfolhadora 6. Pulverizador I. Título

CDD 631.3

EFICÁCIA DE UM PULVERIZADOR PNEUMÁTICO-ELETROSTÁTICO NA
APLICAÇÃO DE *Bacillus thuringiensis* EM FLORESTAS

Alberto Jorge Laranjeiro

Aprovada em 17 de abril de 1998.

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Sérgio Batista Alves

ESALQ/USP

Dr.^a Deise Maria Fontana Capalbo

CNPMA/EMBRAPA

Prof. Dr. Tomomassa Matuo

FCA/UNESP

Prof. Dr. SÉRGIO BATISTA ALVES

Orientador

Aos meus pais **Jorge e Maria de Lourdes e**

aos meus filhos **Alex, Bruno e Camila**

DEDICO

Ao Professor **Sérgio Batista Alves** e
ao pesquisador **Aldemir Chaim**,
pela orientação, confiança e apoio,
agradeço especialmente

AGRADECIMENTOS

À Aracruz Celulose S.A., por disponibilizar os recursos necessários ao desenvolvimento do trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Aos senhores Fernando de Lellis Garcia Bertolucci, Ergílio Cláudio-da-Silva Jr., Robert Cardoso Sartório e Sebastião da Fonseca, da Aracruz Celulose S.A., pelo apoio, incentivo, confiança e amizade.

Aos Professores do Departamento de Entomologia ESALQ, USP, pelos ensinamentos transmitidos.

À Dr.^a Deise M. F. Capalbo, pesquisadora do CNPMA, EMBRAPA, pela colaboração em etapas importantes do trabalho.

Ao Dr. Carlos Frederico Wilcken, professor da UNESP, pelo fornecimento de material biológico para bioensaio.

Aos técnicos da Aracruz Celulose S.A., especialmente ao Edmilson Bitti Loureiro, Jailson Antônio Ciarelli Simões e João Bosco da Silva, pela colaboração na condução dos experimentos, dedicação e amizade.

A todos os companheiros que ao longo do curso de pós-graduação, ajudaram em muitos sentidos para a conclusão deste trabalho, em especial, à Maria Aparecida Leão Bittencourt, Pung Duth e Rubens M. Louzada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Aplicação de <i>Bacillus thuringiensis</i> em florestas.....	3
2.2 Recursos tecnológicos para melhoria da aplicação de defensivos.....	7
2.3 Avaliação do desempenho de equipamentos para aplicação de defensivos.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Adaptação de bico pneumático-eletrostático.....	16
3.2 Seleção e dimensionamento de sistema de ar para bicos pneumáticos.....	20
3.3 Determinação da composição da calda de pulverização.....	22
3.4 Desenvolvimento do pulverizador pneumático-eletrostático.....	23
3.5 Calibração do pulverizador pneumático-eletrostático.....	25
3.6 Bioensaio de laboratório usando material de campo.....	26

	Página
3.7 Avaliação da deposição.....	35
3.8 Observação do desempenho do pulverizador pneumático-eletrostático no controle de la- gartas no campo.....	37
4 RESULTADOS.....	41
4.1 Adaptação do bico pneumático-eletrostático.....	41
4.2 Seleção e dimensionamento de sistema de ar para bicos pneumáticos.....	46
4.3 Determinação da composição da calda de pul- verização.....	47
4.4 Desenvolvimento do pulverizador pneumático- eletrostático.....	47
4.5 Calibração do pulverizador.....	50
4.6 Bioensaio de laboratório usando material de campo.....	52
4.7 Avaliação da deposição.....	57
4.8 Observação do desempenho do pulverizador pneumático-eletrostático no controle de um foco de lagartas no campo.....	58
4.9 Problemas operacionais com o protótipo.....	67
5 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXO A: DADOS DA VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO.....	75
ANEXO B: MORTALIDADE MÉDIA DE LAGARTAS DE 3° INSTAR DE <i>Thyrinteina arnobia</i> , NO BIOENSAIO UTILIZANDO FOLHAS DE EUCALI- PTO TRATADAS NO CAMPO.....	77
ANEXO C: ANÁLISE DE VARIÂNCIA - MORTALIDADE DE LAGARTAS DE <i>Thyrinteina arnobia</i>	79

ANEXO D: TESTE T PARA AS MÉDIAS DE MORTALIDADE DE LAGARTAS DE <i>Thyrintaina arnobia</i> , POR GRUPOS DE TRATAMENTO VERSUS POSIÇÃO NA FAIXA DE APLICAÇÃO, NO DÉCIMO TERCEIRO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO.....	87
ANEXO E: DEPOSIÇÃO DO PRODUTO APLICADO.....	88
ANEXO F: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA DEPOSIÇÃO DO PRODUTO APLICADO, EM TERMOS DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS DE <i>Bacillus thuringiensis</i> POR CENTÍMETRO QUADRADO DE FOLHA DE EUCALIPTO.....	90
ANEXO G: TESTE T PARA AS MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DO PRODUTO APLICADO, EM TERMOS DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS DE <i>Bacillus thuringiensis</i> , POR GRUPOS DE TRATAMENTO VERSUS POSIÇÃO NA FAIXA DE APLICAÇÃO.....	93
ANEXO H: PRODUÇÃO DE FEZES E MORTALIDADE DE LAGARTAS, NA ÁREA DE FOCO NATURAL DE <i>Glena</i> spp., TRATADA COM O PROTÓTIPO.....	94
ANEXO I: CORREÇÃO DA MORTALIDADE DE LAGARTAS E DA PRODUÇÃO DE FEZES, EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE INICIAL DE FEZES DE CADA PARCELA DE OBSERVAÇÃO, NO TALHÃO 332-07, COM FOCO NATURAL DE <i>Glena</i> spp.....	96

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Desenho de um corte lateral do bico pneumático-eletrostático, desenvolvido para aplicação de inseticidas biológicos em floresta de eucalipto.....	18
2 Esquema de material e equipamentos para medição do nível de carga elétrica das gotas pulverizadas pelos bicos eletrostáticos experimentais.....	20
3 Parcelas de aplicação com protótipo desenvolvido (nebulização e nebulização eletrostática) e com avião agrícola, no talhão 001-12.....	28
4 Parcela com nebulização com protótipo desenvolvido, mostrando as três faixas de aplicação. A coleta de material para testes de laboratório ocorreu na faixa central.....	29
5 Parcela com nebulização com protótipo desenvolvido, mostrando a faixa central de aplicação, onde foi realizada a coleta de material para testes de laboratório.....	29
6 Parcelas de aplicação com protótipo desenvolvido (nebulização e nebulização eletrostática) e com avião agrícola, no talhão 030-05.....	30

7	Distribuição dos tratamentos, faixas de aplicação e local de instalação dos panos para avaliação da produção de fezes e da mortalidade de lagartas de <i>Glena</i> spp., no talhão 332-07..	38
8	Distribuição dos panos para coleta de fezes na faixa central de cada tipo de tratamento e testemunha, para coleta de fezes e de lagartas de <i>Glena</i> spp. mortas, no talhão 332-07.....	39
9	Esquema do funcionamento do bico pneumático-eletrostático.....	42
10	Curvas de desempenho do compressor radial modelo CR-10, da Ibram.....	46
11	Pulverizador tratorizado pneumático-eletrostático.	48
12	Desempenho da fonte de alta tensão.....	49
13	Tensão e carga eletrostática em função da regulagem da fonte de alta tensão e do número de bicos.....	51
14	Mortalidade média de lagartas de <i>Thyriniteina arnobia</i> , nos três tipos de aplicação, independentemente da idade do eucalipto.....	53
15	Mortalidade média de lagartas de <i>Thyriniteina arnobia</i> , independentemente da idade do eucalipto, nos três tipos de aplicação.....	54
16	Mortalidade média de lagartas de <i>Thyriniteina arnobia</i> , para o eucalipto de menor idade, nos três tipos de aplicação.....	55

17	Mortalidade média de lagartas de <i>Thyrintaina arnobia</i> , para o eucalipto de maior idade, nos três tipos de aplicação.....	56
18	Densidade de unidades formadoras de colônias (UFC), nos três tipos de aplicação, independentemente da idade do eucalipto.....	57
19	Densidade de unidades formadoras de colônias (UFC), nos três tipos de aplicação, para as duas idades do eucalipto.....	58
20	Quantidade média de fezes coletadas em cada tratamento, antes e após a aplicação dos mesmos...	59
21	Quantidade média de fezes coletadas, na área tratada com nebulização, antes e após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.....	59
22	Quantidade média de fezes coletadas, na área tratada com nebulização eletrostática, antes e após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.....	60
23	Quantidade média de fezes coletadas, na área testemunha (sem qualquer aplicação), antes e após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.....	60
24	Média do número de lagartas mortas coletadas, em cada tipo de tratamento, após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.....	61

25	Redução na produção de fezes, na área tratada com nebulização, em cada dia de observação após a aplicação e por posição na faixa de aplicação.....	63
26	Redução na produção de fezes, na área tratada com nebulização eletrostática, em cada dia de observação após a aplicação e por posição na faixa de aplicação.....	64
27	Redução na produção de fezes, na área da testemunha, em cada dia de observação após a aplicação e por posição na faixa de aplicação...	64
28	Redução na produção de fezes, para cada tipo de aplicação, em cada dia de observação após a aplicação.....	65
29	Redução na produção de fezes média, para cada tipo de aplicação, em cada posição da faixa de aplicação, no período de observação após aplicação.....	65
30	Média corrigida, do número de lagartas mortas coletadas, em cada tipo de tratamento, por posição na faixa de aplicação.....	66

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Misturas com os componentes da calda de pulverização, para avaliar estabilidade da emulsão e condutividade elétrica.....	23
2 Decomposição dos graus de liberdade para a análise de variância, da variável porcentagem de lagartas mortas, no bioensaio com <i>Thyrinteina arnobia</i>	34
3 Decomposição dos graus de liberdade para a análise de variância, da variável UFC/cm ² , no bioensaio com <i>Thyrinteina arnobia</i>	36
4 Níveis de corrente elétrica e carga obtidos nos jatos das gotas, produzido com protótipos de bicos com diferentes diâmetros de orifício de pulverização, diâmetros de eletrodos de indução, vazões e voltagens, submetidos a uma pressão constante de ar de 50 kPa.....	43
5 Níveis de corrente elétrica e relação carga/massa obtidos com um bico eletrostático, pulverizando água sob diferentes tensões de indução.....	44

6 Níveis de carga e corrente elétrica, obtidos com dois bicos sob diferentes características operacionais.....	45
7 Consumo de ar de bicos pneumático-eletrostáticos com diferentes dimensões de orifícios de saída e eletrodos de indução.....	45

EFICÁCIA DE UM PULVERIZADOR PNEUMÁTICO-ELETROSTÁTICO NA APLICAÇÃO DE *Bacillus thuringiensis* EM FLORESTAS

Autor: ALBERTO JORGE LARANJEIRO

Orientador: Prof. SÉRGIO BATISTA ALVES

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de desenvolver uma nova tecnologia de aplicação de *Bacillus thuringiensis*, principal patógeno utilizado no controle de lagartas em florestas comerciais no Brasil. Assim, procurou-se manter as vantagens da aplicação terrestre e melhorar os seus aspectos de menor desempenho, pela associação de uma formulação, tipo emulsão óleo-água e aplicação pneumática eletrostática. Para isso, bicos de pulverização eletrostática, compressor de ar, fonte de alta tensão e um equipamento de pulverização tratorizado foram selecionados e adaptados. A avaliação do protótipo de pulverizador foi realizada através de testes associando etapas de campo e laboratório, em comparação com a aplica-

ção aérea, quanto à eficiência biológica e a deposição do produto na folhagem. O bico eletrostático utilizado proporcionou vazão, tamanho de gotas e nível de carga eletrostática, conforme almejados, trabalhando com faixas de tensão elétrica e pressão de ar adequados. O protótipo de pulverizador, incluindo os bicos, apresentou-se adequado para uso em florestas, no entanto, necessita de aperfeiçoamentos, quanto à sua estrutura e materiais utilizados. A calda de pulverização utilizada, constituída de uma emulsão óleo-água-patógeno, também apresentou boas características. As avaliações mostraram melhor desempenho da pulverização aérea. Além disso, os resultados das aplicações com o protótipo, com ou sem carga eletrostática, mostraram maior dependência da posição na faixa de aplicação e da altura da planta. A aplicação com carga eletrostática apresentou bons resultados nas plantas mais jovens, de 13 metros de altura, sendo que a pulverização sem carga foi bem superior para plantas com 20 metros de altura. A avaliação do protótipo, realizada em um foco de ocorrência natural de *Glena* spp., mostrou uma ótima eficiência e alto rendimento. Considerando-se que a comparação foi realizada com a pulverização aérea, que vem sendo aperfeiçoada há vários anos, o processo desenvolvido tem enorme potencial para uso na silvicultura e também no controle de pragas das grandes culturas agrícolas.

**EFFICACY OF THE PNEUMATIC-ELECTROSTATIC ATOMIZER
IN THE APPLICATION OF *Bacillus thuringiensis* IN
FORESTS**

Author: ALBERTO JORGE LARANJEIRO

Adviser: Prof. SÉRGIO BATISTA ALVES

SUMMARY

This research was carried out with the purpose of developing a new technology for *Bacillus thuringiensis* application, an insect pathogen used for caterpillar control in Brazilian commercial forests. Thus, effort was made to keep the advantage of ground spraying and improve its performance, associating the vegetable oil-surfactant formulation and electrostatic pneumatic atomization. To achieve this, electrostatic spraying nozzles, an air compressor, a high-voltage source and a sprayer equipment pull over by a tractor were selected and adjusted. The evaluation of the sprayer prototype was carried out, through field and laboratory trials, in comparison with aerial application, evaluating the biological efficacy and compound deposition on the leaves. The nozzle used provided flow rate, drop size and electrostatic charge level as intended, operating within adequate air pressure and

electrode voltage levels. The sprayer prototype, including nozzles, was suitable to forest use, however it needs to be improved in structure and materials. The liquid atomized, constituted of oil-water-pathogen emulsion, also showed good performance. The evaluation has proven that aerial application was the best. Besides, results of spraying using the prototype, with or without charge, showed higher dependence of the position in the swath and plant height. The electrostatic spraying presented good results on 13-meter-high young trees, and the atomization without charge was better on 20-meter-high trees. The prototype, evaluated in a *Glena* spp. outbreak, showed an excellent efficacy and high performance. Considering that the experiment was compared with aerial spraying, which has been improved for the last years, the process developed has a tremendous potential for use in forestry, as well as for pest control in agricultural crops.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia disponível para aplicação de *Bacillus thuringiensis* em florestas tem evoluído pouco. Apenas uma parcela insignificante dos recursos dos programas de controle microbiano tem sido investida em tecnologia de aplicação. Assim, o que se observa no controle microbiano é a utilização dos mesmos equipamentos desenvolvidos para a aplicação de defensivos agrícolas. No caso de *B. thuringiensis*, o fator principal de progresso em sua utilização não se alterou na última década. A evolução tem sido restrita ao desenvolvimento de novas cepas, com aumento de patogenicidade suficiente para compensar a ineficiência dos métodos de aplicação (Smith & Bouse, 1981).

O processo mais usado para controlar as lagartas desfolhadoras, que atingem grandes extensões de reflorestamento, é a pulverização aérea, devido ao alto rendimento operacional e ao baixo custo. No entanto, esse método apresenta limitações sociais, ambientais e operacionais, que freqüentemente dificultam a adoção desta técnica.

Dentre os processos de aplicação terrestres de *B. thuringiensis*, apenas o polvilhamento e a termonebulização têm sido empregados em grandes áreas de florestas comerciais do Brasil, devido ao alto rendimento, baixo custo e disponibilidade do equipamento, para tratar pequenas e grandes

áreas. Nestes métodos, no entanto, a deposição do defensivo na folhagem da floresta é pequena, causando deriva para áreas adjacentes. No caso das formulações pó seco, além da baixa deposição, o produto é facilmente removido da planta por ação da chuva ou vento, resultando em menor eficiência dos tratamentos.

Assim, torna-se importante o desenvolvimento de tecnologias alternativas para aplicação de produtos microbianos, especialmente *B. thuringiensis*, visando o controle de lagartas em florestas.

Esta pesquisa parte de um sistema idealizado para associar as vantagens da aplicação terrestre em ultra-baixo-volume, uma calda tipo emulsão de óleo em água e a deposição eletrostática, visando alcançar alto rendimento, economia, elevada eficiência biológica e baixo impacto ambiental.

Assim, os principais aspectos estudados foram: formulação de *B. thuringiensis*, para aplicação eletrostática; seleção e adaptação de bicos para pulverização pneumática eletrostática; desenvolvimento de um protótipo para pulverização pneumática eletrostática em florestas; e, avaliação da eficiência da aplicação proporcionada pelo protótipo, quanto à deposição do produto na folhagem de eucalipto e eficiência biológica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aplicação de *Bacillus thuringiensis* em florestas

Smith & Bouse (1981) citaram vários trabalhos, mostrando a grande variedade de equipamentos utilizados para o controle de pragas florestais, incluindo pulverização aérea, pulverizadores terrestres hidráulicos, pulverizadores assistidos por corrente de ar, pulverizadores costais, polvilhadeiras e termonebulizadores.

Graham-Bryce (1977) estimou que, em alguns casos, pouco menos de 0,02% do produto aplicado tem sido aproveitado para controlar um tipo de inseto de folhagem.

Além da simples perda do material no ambiente, no caso da aplicação de *B. thuringiensis* em florestas, existem estudos mostrando a ação deste agente sobre insetos benéficos (James et al., 1993). Este fato vem causando preocupação, quanto a possíveis impactos ambientais da aplicação de *B. thuringiensis*, apesar da variedade que vem sendo usada na área florestal do Brasil, ser razoavelmente segura para muitos animais, principalmente, mamíferos (Alves, 1986).

A aplicação aérea é muito utilizada em florestas, devido ao porte da cultura e à grande extensão das áreas que, geralmente, precisam ser tratadas. Segundo Smith & Bouse (1981), a pesquisa com pulverização aérea tem sido mais

frequente na área florestal do que na agricultura em geral. Estes mesmos autores informaram que os fatores que influenciam no resultado da aplicação aérea incluem o tamanho da gota, formulação, quantidade de calda aplicada, altura de aplicação, direção e velocidade do vento, umidade relativa, temperatura, velocidade e tipo de aeronave, padrão de uniformidade do pulverizador, faixa de aplicação e estrutura do dossel da floresta.

Em empreendimentos florestais que não têm aviões agrícolas facilmente disponíveis, a aplicação aérea torna-se inviável para focos que abrangem pequenas dimensões, além de ser limitada devido à grande frequência de alta insolação e ventos fortes durante o dia, em algumas regiões ou épocas do ano. Por outro lado, os equipamentos terrestres tradicionais não apresentavam igualmente viabilidade, pela baixa capacidade operacional da aplicação (Laranjeiro, 1994).

Laranjeiro et al. (1991), visando contornar alguns problemas dos sistemas usuais de aplicação, ou seja, pulverizadores tratorizados e aplicação aérea, desenvolveram uma formulação e equipamento para polvilhamento de *B. thuringiensis* em florestas comerciais do Brasil, o qual apresentou vantagens operacionais, eficiência no controle de lagartas e economia.

O processo de polvilhamento, no entanto, também não é o ideal. Matuo (1990) relatou uma série de desvantagens das aplicações de pós secos: sofrem grande deriva, pois são constituídos de partículas muito finas, facilmente carregadas pelas correntes de ar; têm pouca tenacidade do depósito de pó sobre a superfície tratada, sendo que o mesmo pode ser removido com facilidade; proporciona uma distribuição heterogênea; na maioria das vezes apenas uma parte das

partículas funciona como veículo, sendo que a maioria atua como diluente. Assim, esse processo exige o uso de maiores dosagens dos ingredientes ativos, para compensar as perdas e representa maior risco para o operador, devido ao tamanho das partículas. Segundo o autor, o polvilhamento apresenta menor eficiência quando realizado durante o dia, pois o sol aquece a superfície do solo, criando uma corrente de ar ascendente que leva o produto para fora da área alvo. Assim, o período ideal de aplicação é entre o final da tarde até o amanhecer, sendo o início da noite, o que proporciona melhor eficiência, devido à freqüente condição de inversão térmica. Apontou o alto rendimento operacional do polvilhamento como sua melhor característica, no entanto, o autor ressaltou que algumas modalidades de aplicação via líquida apresentam também essa vantagem, tornando o polvilhamento um processo em franco desuso.

Muitos estudos realizados nas décadas de 50-60 visavam aumentar a deposição das aplicações de pó seco, através de polvilhadeiras eletrostáticas para conferir carga elétrica às partículas de pó. Bowen et al. (1964) informaram que nesses trabalhos, os pós carregados eletricamente apresentaram deposições 4 a 10 vezes maiores do que os não carregados, porém em condições favoráveis do ambiente, principalmente, em relação à umidade relativa do ar. O polvilhamento eletrostático, no entanto, não elimina outras características desfavoráveis da formulação, como a pouca tenacidade do depósito do produto, sendo facilmente removido por ação de vento ou chuva.

Uma alternativa para substituir o polvilhamento é a aplicação de líquido na forma de aerossol. Bowen et al. (1952), na conclusão de um estudo sobre aplicação eletrostática de formulações pó seco de inseticidas, ressaltaram a

importância de também se investigar a técnica de precipitação eletrostática, para aplicações tipo fog, aerossol e "fumaças".

Smith & Bouse (1981) estudaram a aplicação de inseticidas microbianos em algodão. Os autores destacaram dois nebulizadores a frio, um gerando gotas entre 10 e 40 μm , de diâmetro mediano volumétrico (DMV) e outro entre 30 e 90 μm . Os dois equipamentos produziram uma grande faixa de aplicação, sob condições de inversão de temperatura e vento de baixas velocidades. O número de esporos viáveis de *B. thuringiensis*, depositados por unidade de área foliar, decresceu rapidamente com o aumento da distância dos nebulizadores; no entanto, proporcionam deposição mais uniforme, da ponta à base das plantas, do que aplicações aéreas. Verificaram que a utilização de óleo cru de algodão na formulação aumentou a deposição de *B. thuringiensis* e também a mortalidade de insetos, quando aplicado como aerossol de gotas entre 40 e 50 μm de DMV.

Estudando a aplicação de *B. thuringiensis* em culturas de tomate em casas de vegetação, Burges e Jarrett¹, citados por Smith & Bouse (1981), concluíram que a temperatura no termonebulizador tipo pulso jato, praticamente, não afetou a viabilidade do ingrediente ativo; já um outro tipo, que queima o produto no motor do equipamento, quase que inativou completamente os esporos e os cristais de *B. thuringiensis*.

Um mesmo tipo de termonebulizador tipo pulso jato, modelo Puls Fog K2 Bio, foi estudado por Sartório (1996), em aplicação de *B. thuringiensis* em floresta de eucalipto.

---

¹ BURGES, H.D. & JARRETT, P. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE PESTS DISEASES, Croydon, 1979. *Proceedings*. p. 433-439.

O equipamento mostrou vantagens operacionais, econômicas e logísticas, como também alguns problemas de operação e manutenção.

2.2 Recursos tecnológicos para melhoria da aplicação de defensivos

Uma das tendências para promover a melhoria da tecnologia de aplicação de defensivos, apontada por Law & Cooper (1987), é a associação de aplicação a ultra-baixo-volume, com o emprego de óleos vegetais nas caldas de pulverização e o carregamento das gotas com carga elétrica.

Matthews (1992) adotou a definição de ultra-baixo-volume, como sendo o mínimo volume por unidade de área requerido para atingir o controle econômico. O autor considera que, o ultra-baixo-volume significa menos que 5 e 50 litros de calda por hectare, para culturas agrícolas e florestais, respectivamente. O autor indicou esse processo, onde existe necessidade de melhor cobertura do alvo, otimizando dosagem de material e rendimento operacional, porém ressaltou sua limitação, que é onde a deriva assume proporções importantes.

O sistema ultra-baixo-volume pode atender bem aos padrões de tamanhos das gotas para maior eficiência no controle de insetos. Himel (1969) e Himel & More (1969) estimaram que as gotas compreendidas entre 20 e 50 μm são as ideais para o controle de insetos. O mesmo é indicado por Matthews (1992), que estabeleceu, para insetos voadores e de folhagem, a faixa ótima de tamanho de gotas de 10 a 50 μm e 30 a 50 μm , respectivamente. Em função do diâmetro das gotas (μm), classificou a pulverização em: a) aerossol

fino: < 25; b) aerossol grosso: 26-50; c) neblina: 51-100; d) pulverização fina: 101-200; e) média: 201-300; f) grossa: > 300.

Vários pesquisadores verificaram que a pulverização eletrostática produz resultados excelentes no incremento da deposição, quando é necessário o uso de pequenas gotas, o que torna a deposição mais difícil na pulverização comum (Arnold & Pye, 1980; Law, 1982; Morton, 1982; McCartney & Woodhead, 1983).

Law & Lane (1981) informaram que a partir do nível de 1 $\mu\text{C/g}$ (microcoulomb por grama), de líquido pulverizado, é que começam a aparecer os efeitos benéficos da deposição eletrostática e que a maioria dos estudos abrange de 1 a 10 $\mu\text{C/g}$, obtendo deposições 1,6 a 24 vezes maiores do que no líquido sem carga elétrica, dependendo da geometria e orientação do alvo. Os autores, estudando a deposição eletrostática de defensivos em alvos foliares de morfologia variada, concluíram que a técnica beneficia mais a deposição na face inferior da folha do que na superior, o que é altamente desejável para proteção de *B. thuringiensis*, contra a radiação ultravioleta do sol (Alves, 1986).

Para atingir a faixa de tamanho de gotas desejada, Smith & Bouse (1981) alertaram que muitos fatores precisam ser observados nos sistemas de pulverização, como pressão do líquido, desenho do bico de pulverização, tamanho do seu orifício, formulação (viscosidade do líquido, tensão superficial, concentração de matéria particulada), velocidade e orientação da corrente de ar do ambiente em relação ao bico.

A importância de cada um desses fatores, segundo Chaim (1990), depende do processo de geração das gotas. Assim, o autor descreveu cinco processos de pulverização: hidrául-

ca, pneumática, centrífuga, eletrohidrodinâmica e eletroaerodinâmica. Apesar da pulverização hidráulica ser muito utilizada, o autor destacou que a grande variação no tamanho das gotas, neste processo, é um problema importante, mas também tem sido contornado com algumas alterações no meio ambiente próximo ao rompimento da lâmina líquida, alterações no desenho do orifício, ou mesmo com adição de adjuvantes químicos que alteram a viscosidade e a tensão superficial do líquido.

Law (1978), pela primeira vez, idealizou um pequeno bico pneumático-eletrostático para ser usado em pulverizadores tratorizados.

Fraser (1956), demonstrou que a transferência de energia de um jato de ar para um jato de líquido, visando a produção de gotas, é mais eficiente à medida em que o ângulo entre os dois jatos se aproxima de noventa graus. Com base nessa informação, um pulverizador pneumático-eletrostático costal foi desenvolvido por Chaim (1988), acionado por alavanca manual, que usa um bico especialmente projetado para trabalhar com $2,0 \text{ lb/pol}^2$. A utilização desta baixa pressão foi possível devido ao novo sistema que altera o ângulo de incidência do jato de ar em relação ao líquido, proporcionando uma maior transferência de energia pneumática para a pulverização.

Hislop (1988) fez uma revisão sobre a utilização da pulverização eletrostática e concluiu que com esta técnica é possível reduzir, com facilidade, 50% das dosagens aplicadas, sem reduzir a eficiência biológica. Endacott (1983) ressaltou que, além desta redução, a técnica eletrostática também diminui os efeitos colaterais de inseticidas sobre organismos que vivem no solo.

Além do processo de geração de gotas, segundo Matthews (1992), a resistência à evaporação é uma característica fundamental da formulação do defensivo, em pulverizações empregando gotas pequenas. Segundo o autor, a evaporação de água aumenta rapidamente com a diminuição do tamanho das gotas. Citou como exemplo, que a 30°C e 80% de umidade relativa, uma gota de 100 μm demora 16 segundos para evaporar totalmente, enquanto que uma de 50 μm evapora em apenas quatro segundos. Tem sido relatado o uso de emulsificantes como alternativa para minimizar o problema de evaporação, pois estes produtos são parcialmente hidrofílicos e lipofílicos, utilizados como componentes fundamentais nas formulações tipo concentrado emulsionável. Esse tipo de formulação, quando em contato com a água, forma pequenos glóbulos, geralmente menores que 10 μm de diâmetro, dispersos homogeneamente na água. As formulações em um óleo miscível têm comportamento similar aos concentrados emulsionáveis, mas devido ao óleo tornam-se menos voláteis, o que é indicado para aplicações em condições quentes e secas. As emulsões invertidas (água em óleo) viscosas têm sido exploradas na aplicação aérea para minimizar a deriva da pulverização, mas não têm sido aceitas por precisarem de equipamento especial de aplicação.

Law & Cooper (1987) desenvolveram um trabalho visando associar vantagens da aplicação ultra-baixo-volume e a utilização de óleos vegetais, para evitar evaporação e aplicação eletrostática. Obtiveram informações importantes sobre a relação entre a composição da calda de pulverização, suas características físicas, em especial, a condutividade e capacidade de conferir carga elétrica às gotas. Uma composição em especial, destacou-se por apresentar características favoráveis de nível de carga elétrica

das gotas, chegando a 4,1 $\mu\text{C/g}$, baixa taxa de evaporação e boa retenção nas plantas, além de ter constituição simples: água e Natur'1 oil ®, que é à base de óleo vegetal (93%) mais emulsionante (7%). Neste trabalho, os autores também apresentam dados relacionando a redução máxima do diâmetro das gotas, devido à evaporação, a partir de diferentes teores iniciais de água, numa emulsão de óleo em água.

De acordo com Law & Bowen (1975), numa gota carregada eletricamente, as moléculas de água que evaporam não levam junto qualquer carga elétrica, isto é, a carga na gota permanece constante. Verificou-se que esse aumento da relação carga/massa, cria uma instabilidade hidrodinâmica no líquido, causando uma repulsão mútua entre as diferentes porções e, chegando a um valor de carga/massa, conhecido como limite de Rayleigh. A partir desse ponto, ocorre a ruptura da gota em gotas menores e várias gotas satélites, que causa perda de carga e aumento da deriva. Durante o processo de evaporação de uma gota podem ocorrer várias rupturas onde, em cada uma, a perda de carga é estimada em 30%. Esse fator deve ser considerado na utilização da pulverização eletrostática, dependendo do padrão de dispersão e deposição das gotas que se deseja atingir.

No caso de utilização do *B. thuringiensis*, também é importante conhecer qual o efeito da formulação sobre a viabilidade desse agente de controle. Assim, Alves et al. (1996) testaram a compatibilidade da bactéria com vários emulsionantes, sendo que o mais adequado, incorporado a uma formulação oleosa, não interferiu na ação biológica da bactéria, até 30 dias após armazenada em geladeira, quando passou a apresentar uma redução de 30% em sua atividade.

A relação carga elétrica por unidade de massa é o parâmetro fundamental para bicos eletrostáticos de pulverização, além dos tradicionais, como vazão do líquido e homogeneidade e tamanho das gotas.

Não existe uma técnica padronizada para mensuração da carga elétrica por massa. O procedimento básico consiste na descarga de eletricidade, da nuvem de gotas, num anteparo confeccionado de material de boa condutividade, que é posicionado à frente do bico eletrostático e fazendo com que a corrente elétrica resultante seja direcionada para um microamperímetro, onde é medida, de modo semelhante ao descrito e ilustrado por Law & Cooper (1987).

2.3 Avaliação do desempenho de equipamentos para aplicação de defensivos

Os métodos para avaliação de equipamentos de aplicação de defensivos podem ser separados em dois grupos: resposta biológica, ou seja, o efeito da aplicação sobre uma praga, e o padrão de deposição do produto aplicado no alvo.

Smith & Bouse (1981) destacam que, em mais de 95% dos trabalhos de aplicação de inseticidas microbianos, apenas a resposta biológica é discutida. Essa informação é realmente útil, mas a abordagem das causas físicas, de uma combinação formulação-equipamento, seria extremamente importante para direcionar o desenvolvimento de novos equipamentos e formulações.

Antes mesmo da avaliação do desempenho de um novo equipamento através desses parâmetros, é necessário determinar sua faixa útil de aplicação. De acordo com Matuo (1990), a faixa útil é aquela originada de uma sobreposição

da faixa total de deposição, proporcionada pelo equipamento.

Um método usual bastante prático é baseado numa análise gráfica do coeficiente de variação (C.V.) das deposições em função do tamanho das respectivas faixas de deposição resultantes da sobreposição (Roth e Whitney, 1985 e Parkin & Wyatt, 1982). A faixa útil é indicada pelo menor C.V. e ou pela condição que apresentar valor inferior a 30%, limite que é usual para aplicação de alguns defensivos (Parkin & Wyatt, 1982).

Sundaram (1994) referiu-se a vários trabalhos para mostrar que a mensuração da deposição do defensivo, utilizando folhagem natural, é freqüentemente inviável, porque as gotas do produto aplicado, em contato com a folhagem, podem interagir com ela e desaparecer gradualmente. Assim, o autor desenvolveu um simulador foliar, com mesmo tamanho, forma e características de superfície da folhagem natural, com o objetivo de estudar o depósito de formulações aquosas de *B. thuringiensis* em floresta de conífera. Alvos artificiais de alumínio simularam as folhas e estes foram testados com e sem uma cobertura de cera cuticular da folhagem da conífera. Para obter a cobertura de cera, quatro galhos, com folhas frescas de árvores jovens, foram colocados em 100 ml de clorofórmio e agitados por 30 segundos. Os galhos foram removidos e descartados. A solução de clorofórmio foi colocada a 37°C até evaporação de 60 ml. As folhas de alumínio foram pulverizadas com a solução, sem deixar escorrer e pesadas. Este procedimento foi repetido até que a cobertura de cera atingisse 100 µm de espessura, considerando a densidade da cera igual a 0,88 g/ml, obtida experimentalmente. Os dados do simulador com e sem a cobertura de cera foram comparados

com os obtidos em folhagem natural. Concluiu-se que os depósitos, tamanho de gotas e densidade de gotas foram iguais entre simulador com cera e folhagem natural, já o simulador sem a cera apresentou densidade de gotas e depósito do produto 2 a 3 vezes superior. O tamanho das gotas no simulador de alumínio não pode ser mensurado.

As ceras cuticulares são ésteres em que os ácidos graxos simples são combinados com álcoois monovalentes de elevado peso molecular (Kramer & Kozlowski, 1972). As ceras, portanto, não têm uma série de elementos químicos presentes nas folhas naturais, o que se apresenta como outra vantagem do simulador com cera utilizado por Sundaram (1994), pois vários elementos que não existem nas folhas podem ser empregados como traçantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho abrangeu as seguintes etapas:

- 1ª) adaptação de bico pneumático-eletrostático;
- 2ª) seleção e dimensionamento de sistema de ar para bicos pneumáticos;
- 3ª) determinação da composição da calda de pulverização;
- 4ª) desenvolvimento do pulverizador pneumático-eletrostático;
- 5ª) calibração do pulverizador;
- 6ª) bioensaio de laboratório usando material de campo;
- 7ª) avaliação da deposição;
- 8ª) observação do desempenho do pulverizador pneumático-eletrostático no controle de um foco de lagartas no campo.

As duas primeiras etapas e parte da 3ª e da 5ª foram realizadas no Laboratório de Processos Atmosféricos, do Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental - CNPMA/EMBRAPA.

Na 3ª etapa, parte das atividades foram desenvolvidas no Laboratório de Patologia de Insetos do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP e no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP.

A montagem do protótipo (4ª etapa) foi em uma oficina mecânica na cidade de Piracicaba/SP. As avaliações dos componentes do protótipo foram realizadas no CNPMA/EMBRAPA

e as observações, de funcionamento e calibração preliminar, ocorreram no campo experimental do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP (5ª etapa).

As três últimas etapas foram realizada no Município de Aracruz/ES, em plantações de eucalipto e no laboratório do Centro de Pesquisa e Tecnologia da Aracruz Celulose S.A.

Para atender o desempenho do sistema de pulverização idealizado, os seguintes requisitos serviram de base:

- 1º) velocidade de trabalho do trator: cerca de 4,8 km/hora (80 metros/minuto);
- 2º) faixa mínima de aplicação: 40 metros;
- 3º) dosagem de Dipel-F® (à base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, com mínimo de 27,5 bilhões de esporos viáveis por grama) a ser aplicado: 700 ml/ha;
- 4º) dosagem de aplicação da calda: cerca de 4 a 7 l/ha;
- 5º) variação do tamanho de gotas: 5 a 50 μm ;
- 6º) nível mínimo de carga elétrica nas gotas: 1 $\mu\text{C/g}$ (microcoulomb por grama).

3.1 Adaptação de bico pneumático-eletrostático

Visando atender as condições preestabelecidas, de desempenho do sistema de pulverização idealizado, o bico pneumático-eletrostático apresentado por Chaim & Laranjeiro (1997) foi selecionado, sendo que alguns protótipos foram construídos, conforme projeto apresentado na Figura 1. O bico foi constituído, basicamente, por um corpo principal e uma capa de pulverização, confeccionados com material isolante (PVC); um eletrodo de indução embutido no corpo do bico e um eletrodo de aterramento do líquido, com forma

anelar, acoplado à face plana interna da capa, ambos confeccionados com material condutor (latão).

Diferentes protótipos foram confeccionados e testados (Figura 1), quanto ao diâmetro do orifício de escape de ar do corpo do bico (14), do orifício de escape de ar e líquido da capa de pulverização (15) e do eletrodo de indução (3), visando obter um modelo que proporcionasse:

- 1º) indução de carga elétrica nas gotas utilizando menos de 3.000 Volts;
- 2º) eficiência para conferir carga elétrica às gotas, alcançando uma relação carga/massa acima de $1 \mu\text{C/g}$;
- 3º) alta eficiência na transferência da energia do ar para a formação de gotas, buscando nebulização com vazão e pressão de ar baixas;
- 4º) alta vazão, acima de 130 ml/minuto, evitando a necessidade de muitos bicos para compor o pulverizador;
- 5º) constituição robusta e simples.

Os bicos foram testados quanto aos seguintes parâmetros:

- 1º) vazão;
- 2º) relação carga elétrica por unidade de massa;
- 3º) tamanho das gotas.

As observações e testes para seleção e adaptação dos bicos foram realizadas, pulverizando-se água tratada convencionalmente para consumo doméstico. Apenas em etapas finais foi utilizada uma emulsão óleo-água.

Para a determinação da vazão, um volume conhecido, de 300 a 500 ml, foi pulverizado, anotando-se o tempo necessário para essa pulverização.

Legenda:

1. Corpo do bico	9. Entrada de líquido
2. Capa de pulverização	10. Entrada de ar sob pressão
3. Eletrodo de indução	11. Direção do deslocamento do ar comprimido
4. Eletrodo de aterramento	12. Fenda interna de escoamento de líquido
5. Parafuso de conexão de cabo de alta tensão	13. Fresta anular de emergência do líquido
6. Mola de conexão	14. Orifício de escape de ar do corpo do bico
7. Parafuso de conexão do cabo de aterramento	15. Orifício da capa de pulverização
8. Tubo de alimentação para líquido	

Figura 1. Corte longitudinal do bico pneumático-eletrostático, desenvolvido para aplicação de inseticidas biológicos em florestas de eucaliptos.

A seleção do bico foi visual, com relação ao padrão de tamanho das gotas geradas. O bico era aprovado quando, nas condições de pressão de ar e vazão de líquido preestabelecida, as gotas geradas formavam uma "fumaça", sem deposição perceptível visualmente decorrente da ação da gravidade.

A relação carga/massa proporcionada por cada bico foi caracterizada em função de:

- 1º) pressão de ar;
- 2º) tensão elétrica;
- 3º) composição do líquido (calda de pulverização);
- 4º) vazão de líquido do bico.

Os parâmetros medidos para determinação da relação carga/massa foram:

- 1º) vazão (V) do líquido do bico, em mililitros por minuto (ml/min.);
- 2º) corrente elétrica (I), resultante da descarga da eletricidade contida na nuvem de gotas que saia do bico, em microamperes (μA ; $1 \mu A = 1 \mu C/s$).

A relação carga massa (CM) foi dada por:

$CM = I \div [(V.d) \div 60]$, sendo d = densidade da emulsão, em gramas por ml (g/ml).

$CM = \mu C/s \div [(ml/min.).(g/ml) \div s/min.]$, assim, CM foi dada em microcoulombs por grama ($\mu C/g$).

A descarga de eletricidade da nuvem de gotas foi realizada numa tela metálica, posicionada, por meio de um suporte isolante, cerca de 5 centímetros à frente do bico eletrostático e fazendo com que a corrente elétrica resultante fosse medida através de um microamperímetro.

Para isso, um fio condutor ligou a tela a um terminal do microamperímetro, sendo que o outro terminal do aparelho foi conectado a uma haste de metal fixada no solo (Figura 2).

Figura 2. Material e equipamentos para medição do nível de carga elétrica das gotas pulverizadas pelos bicos eletrostáticos experimentais.

3.2 Seleção e dimensionamento de sistema de ar para bicos pneumáticos

A seleção do sistema de fornecimento de ar para os bicos pneumáticos foi baseada no atendimento às seguintes características:

- 1ª) sistema de lubrificação eficiente nas condições de operação previstas: acoplado ao trator em movimento por terreno irregular;
- 2ª) fornecimento de ar de modo constante, em termos de pressão e vazão, em uma única regulagem de operação, para atender todos os bicos necessários ao padrão de aplicação preestabelecido; ou seja, nível de dosagem de calda e faixa de tamanho das gotas;
- 3ª) acionamento direto pela tomada de força do trator;
- 4ª) ausência de reservatório para armazenamento de ar, por motivos de segurança.

Como o compressor teve que suprir todos os bicos necessários no pulverizador idealizado, sua seleção e dimensionamento acompanharam o desenvolvimento dos bicos pneumático-eletrostáticos.

Considerando-se que a vazão de líquido e o padrão de tamanho das gotas foram preestabelecidos e que, para um mesmo padrão de tamanho das gotas, a vazão de líquido num bico pneumático é diretamente proporcional à pressão e vazão do ar, o trabalho teve início a partir das informações disponíveis, sobre os vários tipos de compressores e de bicos industriais de nebulização.

O dimensionamento final foi realizado experimentalmente em função da eficiência dos bicos eletrostáticos desenvolvidos, na transferência de energia para fragmentar o líquido ao nível desejado.

As rotações dos eixos e polias, necessárias ao funcionamento adequado do sistema, foram verificadas através de um medidor de rotação, tipo estroboscópio.

3.3 Determinação da composição da calda de pulverização

A calda foi composta de Dipel-F®, Natur'l Óleo ®¹ (930 ml/l de óleo vegetal mais 70 ml/l de emulsionante) e água tratada convencionalmente para consumo doméstico. A proporção entre eles foi estabelecida em função da homogeneidade da emulsão, respeitando as condições preestabelecidas de dosagem de calda (4 a 7 l/ha) e de Dipel-F® (0,7 l/ha).

A homogeneidade da emulsão foi avaliada através da observação do tempo para separação das fases, após uma agitação vigorosa. As misturas foram preparadas em frascos de vidro transparente, os quais foram agitados vigorosamente até tornar o líquido homogêneo (Tabela 1). Em seguida, foram colocados em repouso, sendo que as misturas foram observadas, quanto a formação de fases. Os valores da Tabela 1, das misturas de número 1 a 8, são baseados no limite inferior de dosagem de calda (4 l/ha) e as demais (9 a 14) têm o teor de água fixo em 60%, o que é um pouco superior à recomendação do fabricante de Natur'l Óleo (50%), para se obter uma boa emulsão.

---

¹ Arbore Agrícola e Comércio Ltda.

Tabela 1. Misturas com os componentes da calda de pulverização, utilizadas para avaliar a estabilidade da emulsão e condutividade elétrica.

NÚMERO DA MISTURA	PORCENTAGEM DO MATERIAL		
	DIPEL-F®	NATUR'L ÓLEO®	ÁGUA
1	17,5	72,5	10
2	17,5	62,5	20
3	17,5	52,5	30
4	17,5	42,5	40
5	17,5	32,5	50
6	17,5	22,5	60
7	17,5	12,5	70
8	17,5	2,5	80
9	14,0	26,0	60
10	11,7	28,3	60
11	10,0	30,0	60
12	8,8	31,2	60
13	7,8	32,2	60
14	7,0	33,0	60

3.4 Desenvolvimento do pulverizador pneumático-eletrostático

O equipamento idealizado foi desenvolvido, procurando atender às seguintes características e composição básica:

- 1ª) um reservatório para a calda de pulverização, com capacidade entre 300 e 600 litros, o que proporcionaria uma autonomia para 75 a 200 hectares;
- 2ª) uma bomba hidráulica para injetar a calda de pulverização nos bicos e agitar a calda no reservatório;

- 3ª) um conjunto de bicos eletrostáticos (ver itens 3 e 3.1), para atingir a vazão total do pulverizador, de cerca de 960 a 1.280 ml/minuto;
- 4ª) um compressor para fornecimento de ar aos bicos (ver itens 3 e 3.2);
- 5ª) uma fonte de alta tensão para os bicos, para transformar 12 Volts, provenientes da bateria do trator, em até 4.000 Volts, com regulagem de voltagem;
- 6ª) uma turbina auxiliar para geração de cerca de 9.000 metros cúbicos de ar por hora, direcionando o fluxo de ar para uma ponta de aplicação tipo canhão.
- 7ª) equipamento acoplado e suspenso ao sistema hidráulico do trator, visando proporcionar grande mobilidade do conjunto pulverizador-trator, dentro da plantação a ser pulverizada;
- 8ª) todas as peças mecânicas móveis acionadas pela tomada de força do trator, com exceção da ponta do pulverizador, tipo canhão, cuja regulagem do seu direcionamento poderia ocorrer através de sistema elétrico, utilizando a energia da bateria do trator;
- 9ª) os bicos eletrostáticos colocados na ponta do canhão, por onde o ar da turbina auxiliar passaria, elevando e espalhando a nuvem de gotas.

A posição exata dos bicos na ponta do canhão foi determinada experimentalmente, para evitar o molhamento da ponta do canhão, o que poderia ocorrer dependendo da direção do jato forte de ar e líquido de cada um dos bicos e/ou pelo campo eletrostático formado na ponta do canhão, com força de atração sobre as gotas.

Um pulverizador da marca Berthoud, modelo AF Super 600, forneceu os seguintes componentes principais: chassis,

turbina de ar auxiliar, ponta tipo canhão, bomba hidráulica e tanque. Nessa estrutura, foram adaptados os bicos eletrostáticos, compressor de ar para os bicos e fonte de alta tensão.

3.5 Calibração do pulverizador pneumático-eletrostático

A calibração do equipamento envolveu os seguintes aspectos:

- 1º) regulagem da vazão de cada bico e, conseqüentemente, do equipamento;
- 2º) verificação do nível de carga elétrica do líquido pulverizado;
- 3º) regulagem da direção de lançamento da nuvem de gotas;
- 4º) definição da vazão dos bicos e tensão elétrica aplicada a eles;
- 5º) definição da velocidade do trator.

A vazão dos bicos foi regulada através da variação da pressão do líquido e da colocação de pequenas peças restritivas da passagem de líquido para os bicos, no conduto que chega aos mesmos. A regulagem de pressão foi realizada usando registros que determinam a quantidade de líquido que segue para bicos e a que retorna para o reservatório. O líquido que retorna também tem a função de agitar o material no reservatório.

A medição da carga elétrica foi realizada pelo processo descrito no item 3.1, deslocando-se os bicos para fora da ponta do canhão, para que o ar que passava por essa parte do equipamento, produzido pela turbina auxiliar, não dificultasse a mensuração.

A calibragem final foi realizada em uma floresta de eucalipto, com cerca de 15 metros de altura, para definição do ângulo de aplicação do canhão, de modo que a nuvem de gotas fosse lançada na parte inferior das copas das árvores.

3.6 Bioensaio de laboratório usando material de campo

Esta avaliação do equipamento experimental consistiu em:

- 1º) pulverização de parcelas de floresta de eucalipto com o equipamento experimental e com avião agrícola;
- 2º) coleta de folhas em diferentes posições em cada parcela;
- 3º) oferecimento de folhas, coletadas em cada posição das diferentes parcelas (tratamentos), para lagartas de *Thyriniteina arnobia*;
- 4º) avaliação da mortalidade das lagartas.

3.6.1 - Aplicação dos tratamentos

Três tratamentos foram aplicados em parcelas de floresta de eucalipto:

- tratamento 1: nebulização com o protótipo desenvolvido;
- tratamento 2: nebulização eletrostática com o protótipo desenvolvido, com a maior relação carga/massa obtida;
- tratamento 3: pulverização aérea (padrão para a avaliação).

A pulverização aérea obedeceu a um padrão normalmente empregado no Brasil:

- 1º) aeronave: Ipanema, modelo EMBRAER 202;
- 2º) tipo de bico de pulverização e número empregado: seis bicos Micronair AU-5.000;
- 3º) calda de pulverização: 3,5% de Dipel-F® e 96,5% de água;
- 4º) dosagem da calda: 20 litros/hectare;
- 5º) dosagem do defensivo: 700 ml de Dipel-F® por hectare;
- 6º) faixa de aplicação: 18 m;
- 7º) altura de aplicação: 3 a 5 metros acima do nível da copa;
- 8º) velocidade de voo: 100 milhas/hora (aproximadamente 166 km/hora);
- 9º) velocidade do vento: menor que 10 km/hora.

A composição da calda de aplicação, usada no protótipo desenvolvido, foi a mesma para os tratamentos 1 e 2, a qual foi definida na etapa descrita no item 3.3. A dosagem de calda também foi a mesma nesses dois tratamentos, sendo de 7 l/ha, conforme condições preestabelecidas (item 3).

Os três tratamentos foram aplicados em dois talhões, de numeração 030-05 e 001-12, com 18,11 e 29,51 ha, idade de 2,0 e 2,7 anos e altura de cerca de 13 e 20 metros, respectivamente. Cada talhão teve uma parte aplicada com cada tratamento. Para isolamento das partes tratadas, áreas sem qualquer aplicação foram deixadas entre elas. Cada uma das partes tratadas foi constituída de três faixas de aplicação. Nas duas partes onde a aplicação foi realizada com o protótipo desenvolvido, cada faixa teve de 42 metros de largura, sendo de 18 m na parte aplicada com o avião (Figuras 3, 4 e 5).

Figura 3. Parcelas de aplicação, utilizando o protótipo desenvolvido (nebulização e nebulização eletrostática) e avião agrícola, no talhão 001-12.

Figura 4. Parcela tratada com nebulização, utilizando o protótipo desenvolvido, no talhão 001-12, mostrando as três faixas de aplicação. A coleta de material para testes de laboratório ocorreu na faixa central.

Figura 5. Parcela tratada com nebulização usando o protótipo desenvolvido, no talhão 001-12, mostrando a faixa central de aplicação, onde foi realizada a coleta de material para testes de laboratório. As amostras foram coletadas nas linhas indicadas por F3, F8 e F13.

Figura 6. Parcelas de aplicação com protótipo desenvolvido (nebulização e nebulização eletrostática) e com avião agrícola, no talhão 030-05.

O talhão 030-05 foi o último a ser aplicado. No início da aplicação na terceira faixa, o equipamento bateu numa elevação do solo, danificando sua base, impossibilitando a continuidade da aplicação (Figura 6).

3.6.2 Experimento para avaliar a eficiência biológica da aplicação

A eficiência biológica da aplicação foi avaliada, oferecendo-se folhas de eucalipto, coletadas em cada parcela de aplicação (tratamento), para lagartas de *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera, Geometridae), entre o 2º e 3º instares. Foram utilizadas, como testemunhas, folhas coletadas em outros dois talhões, distantes 2 a 3 km das áreas tratadas, cada um com uma idade do eucalipto correspondente a um dos talhões aplicados.

As folhas foram coletadas apenas na faixa central de aplicação (Figuras 3, 4 e 5), com exceção do tratamento "nebulização", no talhão 030-05, onde não houve a 3ª faixa de aplicação, por problemas no protótipo desenvolvido. Neste caso, as folhas foram coletas na 1ª faixa.

Em cada faixa, a coleta de folhas ocorreu em três posições, ou fileiras, a partir da linha de pulverização:

- na aplicação com o protótipo: fileiras 3, 8 e 13 (Figura 5), correspondentes a cerca de 6, 21 e 36 m da linha de pulverização, ou distância do pulverizador;
- na aplicação com avião: fileiras 2, 4 e 6, sendo as fileiras 2 e 6 a uma distância de 3 metros de um dos limites (bordas) da faixa e a fileira 4, na posição central, a 9 metros das bordas.

Duas testemunhas foram utilizadas, para uma possível correção da mortalidade nos tratamentos:

- folhas coletadas no talhão 002-01, 3 km afastado da área aplicada mais próxima (001-12) e com idade apenas dois meses inferior à do talhão 001-12;

- folhas do talhão 021-05, 2 km afastado da área de aplicação mais próxima (001-12) e com idade apenas três meses inferior à do talhão 030-05.

O clone de eucalipto existente nos quatro talhões era o mesmo (clone código 1205).

A coleta das folhas foi realizada em árvores tomadas ao acaso, em cada fileira, sendo que a coleta sempre foi direcionada para o centro da metade inferior da copa, onde geralmente ocorre o ataque das lagartas.

Os procedimentos para evitar contaminações entre os materiais dos diferentes tratamentos, durante a coleta e manuseio das folhas, foram:

- 1º) corte e acondicionamento dos galhos em sacos plásticos, com identificação do tratamento e posição na faixa;
- 2º) manuseio do material evitando-se contato com as folhas, segurando-o pelos galhos;
- 3º) no laboratório, no momento de oferecimento das folhas às lagartas, um lote (tratamento e posição na faixa) era trabalhado de uma única vez, sendo que o das testemunhas eram os primeiros a serem manuseados;
- 4) entre o manuseio de lotes diferentes, as mãos, bancada e materiais, como pinças, eram limpos com água e sabão e/ou álcool.

A primeira coleta das folhas ocorreu logo após a aplicação na floresta. A coleta encerrou às 20:00 horas, o material foi levado para o laboratório e mantido em sala com ar condicionado, sob temperatura entre 18 e 22°C, durante a noite. As folhas foram oferecidas aos insetos na manhã do dia subsequente à coleta, colocando-se duas folhas

para cada caixa plástica de 367,5 cm³ (base de 7,5 X 7,0 cm e altura de 7,0 cm), com seis lagartas.

Durante o período restante do experimento, as folhas de cada coleta foram oferecidas logo em seguida às lagartas, sempre em quantidade suficiente para uma pequena sobra após os dois dias de consumo.

A coleta de folhas, oferecimento das mesmas para as lagartas e avaliação do bioensaio ocorreram a cada dois dias, durante 13 dias, sendo que apenas entre a 3^a e 4^a avaliações (6^o e 9^o dias) houve um período de três dias. No total, foram seis reposições de folhas e avaliações das condições das lagartas. Apenas nas 3 primeiras trocas de folhas foi utilizado material das áreas tratadas e testemunhas. Nas demais trocas, a coleta ocorreu apenas nos talhões utilizados como testemunhas, mantendo-se constante apenas a idade do plantio, desde o início das coletas, para cada grupo de lagartas.

Foram utilizadas 30 lagartas para cada tratamento e posição na faixa, separadas em cinco grupos (repetições) de seis lagartas, cada grupo em uma caixa plástica. Dois lotes de 30 lagartas foram mantidos nas mesmas condições, cada um com material proveniente de uma das áreas sem qualquer aplicação (testemunhas).

O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados (Tabela 2).

Foi realizado um estudo de pressuposições para análise de variância, através do módulo LAB do sistema *SAS-Statistical Analysis System*, abordando escala de resposta, homogeneidade de variância, existência de valores discrepantes e planejamento do experimento.

Tabela 2. Decomposição dos graus de liberdade para a análise de variância, da variável porcentagem de lagartas mortas, no bioensaio com *Thyrintea arnobia*.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Bloco	1
Tratamentos	2
Distância	2
Tratamento X distância	4
Resíduo	80
Total	89

A variável analisada foi a porcentagem de lagartas mortas, a cada dia de observação. Houve transformação dos valores, indicada pelo SAS-LAB, para homogeneização das variâncias:

- no segundo dia de avaliação, a variável transformada analisada foi:
 $\Rightarrow \text{TPM}_{02} = 1 / ((m_{02} \cdot 100 / 6 + 0,5)^{0.2})$, sendo m_{02} o número de lagartas mortas no segundo dia;
- nas outras avaliações a transformação foi:
 $\Rightarrow \text{TPM}_X = (m_x \cdot 100 / 6 + 0,5)^{0.2}$, sendo m_x o número de lagartas mortas no dia "x" (x= 4, 6, 9, 11 e 13).

A análise de variância e comparação de médias foram realizadas através do procedimento PROC GLM e teste Tukey, respectivamente, do SAS. Uma comparação de médias, resultantes da combinação entre tratamentos e posição na faixa de aplicação, também foi realizada através do teste t, com o comando LSMEANS do SAS. Os níveis de significância considerados foram de 1% e 5%.

3.7 Avaliação da deposição

A avaliação da deposição do produto nas folhas de eucalipto, resultante dos três métodos de aplicação (nebulização, nebulização eletrostática e pulverização aérea), foi realizada estimando-se as UFC/cm² de folha, sendo UFC correspondente ao número de unidades formadoras de colônia, conforme relatado por Thompson & Stevenson (1984).

As mesmas posições dentro das faixas de aplicação e áreas de testemunha, do bioensaio de laboratório (item 3.6), foram avaliadas quanto à deposição.

Os procedimentos básicos foram:

- 1º) colocação das folhas de eucalipto em um erlenmeyer, com 250 ml de solução de NaCl a 0,85% e Tween;
- 2º) agitação no shaker a 30°C e 200 rpm, por uma hora;
- 3º) diluição e choque térmico (80° C por 10 minutos e gelo por 10 minutos);
- 4º) plaqueamento em N.A. (ágar nutriente) e incubação em estufa por 24 horas a 30°C;
- 5º) contagem do número de colônias (UFC).

A análise de variância e a comparação de médias foram realizadas, incluindo os dados da testemunha. No entanto, como seus valores foram significativamente menores, a análise principal foi realizada somente entre os três tipos de aplicação, que seguiu o mesmo planejamento para aplicação dos tratamentos e coleta de dados, destacando-se a posição da coleta em cada faixa de aplicação. Neste caso, o delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados (Tabela 3).

Tabela 3. Decomposição dos graus de liberdade para a análise de variância, da variável UFC/cm², no bioensaio com *Thyrinteina arnobia*.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Bloco	1
Tratamentos	2
Distância	2
Tratamento X distância	4
Resíduo	44
Total	53

Foi realizado um estudo de pressuposições para análise de variância, através do módulo LAB do sistema SAS-*Statistical Analysis System*, abordando escala de resposta, homogeneidade de variância, existência de valores discrepantes e planejamento do experimento.

A variável analisada foi a UFC/cm². Houve transformação dos valores, indicada pelo SAS-LAB, para homogeneização das variâncias:

⇒ $t_{\text{ufc}} = \log_{10}(\text{ufc})$, sendo ufc = unidades formadoras de colônias por cm².

Utilizou-se o SAS-*Statistical Analysis System* para a análise de variância e comparação de médias, através do procedimento PROC GLM e teste Tukey, respectivamente. Uma comparação de médias, resultantes da combinação entre tratamentos e posição na faixa de aplicação, também foi realizada através do teste t, com o comando LSMEANS do SAS. Os níveis de significância considerados foram de 1% e 5%.

3.8 Observação do desempenho do pulverizador pneumático-eletrostático no controle de lagartas no campo

A observação foi realizada em um talhão com alta infestação natural da lagarta desfolhadora do gênero *Glena* (Lepidoptera: Geometridae).

O talhão, de código 332-07, de 16,49 ha e plantio de três anos, foi subdividido em três parcelas (Figura 7). Cada uma recebeu um dos seguintes tratamentos: 1º) sem aplicação (testemunha); 2º) nebulização eletrostática; 3º) nebulização.

A composição da calda lagarticida e a dosagem de aplicação foram semelhantes ao especificado para o "bioensaio de laboratório utilizando material de campo" (item 3.6).

Na área de cada tratamento foram demarcadas 3 faixas: duas de 51 m de largura e uma central de 66 m. As três faixas dos dois tipos de aplicação foram tratadas, sendo que as centrais, inclusive da testemunha, foram utilizadas para avaliação.

A avaliação dos tratamentos foi realizada coletando-se as fezes das lagartas e lagartas mortas, em panos de 1 m² instalados sob a copa das árvores, nas fileiras 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 e 22, das três faixas centrais, o que corresponde a 3, 12, 30, 39, 48, 57 e 66 m de distância da linha de pulverização, respectivamente. Em cada fileira, um total de quatro panos foram colocados, um após cada uma das seguintes árvores da fileira: 11ª, 14ª, 17ª e 20ª (Figuras 7 e 8).

Figura 7. Distribuição dos tratamentos, faixas de aplicação e local de instalação dos panos para avaliação da produção de fezes e da mortalidade de lagartas de *Glena* spp., no talhão 332-07.

Os panos permaneceram no campo no período entre cinco dias antes e nove dias após a aplicação dos tratamentos.

As fezes e as lagartas mortas foram coletadas em recipientes codificados, identificando a parte do talhão, a fileira e a árvore (posição do pano de coleta em relação às árvores da fileira). O material foi trazido para o laboratório para pesagem, sendo que as fezes foram secas previamente em estufa.

Figura 8. Distribuição dos panos para coleta de fezes na faixa central de cada tipo de tratamento/testemunha, para coleta de fezes e de lagartas mortas de *Glena spp.*, no talhão 332-07.

Sete coletas de fezes e lagartas mortas foram realizadas, sendo duas antes e cinco depois da aplicação dos tratamentos. A 1ª e 2ª coletas foram 3 e 1 dias antes da aplicação. A 3ª coleta foi um dia após e as demais em intervalos de dois dias.

Este teste não seguiu um delineamento experimental que permitisse a análise de variância e comparação estatística das médias dos tratamentos. Assim, os dados foram analisa-

dos através de análise de regressão e de estatística descritiva.

Em função da análise de regressão, que verificou a influência da quantidade inicial de fezes, em cada parcela amostrada, sobre os resultados de quantidade de fezes e de mortalidade de lagartas de *Glena* spp., as variáveis analisadas foram as seguintes:

- redução na produção de fezes (RPF):

⇒ $RPF = (PFA - PFD) \times 100 / PFA$, sendo:

⇒ PFA = média de peso diário de fezes na parcela, antes da aplicação;

⇒ PFD = média de peso de fezes diário na parcela, relativo a uma coleta de fezes após a aplicação (a redução na produção de fezes foi calculada para o período de coleta de fezes após a aplicação).

- mortalidade média diária corrigida (C_MDD):

⇒ $C\_MDD = MDD \times 0,227 / PFA$, sendo:

⇒ MDD = média de mortalidade diária de lagartas na parcela, de todo o período de observação;

⇒ 0,227 = menor peso de fezes diário (PFA) entre as parcelas, antes da aplicação (na parcela menor PFD, o C_MDD = MDD; nas outras parcelas, o MDD é reduzido à medida que o PDA aumenta, para resultar no C_MDD).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Adaptação do bico pneumático-eletrostático

A Figura 9 apresenta o esquema do sistema de indução eletrostática em funcionamento. Quando o eletrodo de indução é submetido a uma tensão positiva, ocorre a formação de um campo elétrico entre a sua superfície e a do líquido presente na fresta anular, ocorrendo a indução. Cargas negativas, provenientes do eletrodo aterrado, caminham através do líquido, acumulando-se em grandes quantidades na superfície deste, no ponto próximo à formação das gotas. O líquido é fragmentado e arrastado pela corrente de ar, sob pressão, para fora da zona de atração do eletrodo de indução, gerando a nuvem de gotas com carga eletrostática. À medida que as cargas são levadas com as gotas, novas cargas fluem do eletrodo de aterramento para manter o equilíbrio do campo elétrico.

As tabelas 4, 5 e 6 apresentam alguns resultados dos testes realizados em laboratório, com protótipos de bicos apresentando orifícios de saída e eletrodos de indução de diâmetros variados, trabalhando com diferentes líquidos e voltagens.

Legenda:

1. Corpo do bico	12. Fenda interna de escoamento de líquido
3. Eletrodo de indução	13. Fresta anular de emergência do líquido
4. Eletrodo de aterramento	14. Orifício de escape de ar do corpo do bico
7. Parafuso de conexão do cabo de aterramento	15. Orifício da capa de pulverização
9. Mangueira de admissão de líquido	16. Gotas com carga eletrostática
11. Direção do deslocamento do ar comprimido	

Figura 9. Esquema do funcionamento do bico pneumático-eletrostático.

Observa-se que a presença de adjuvantes na calda não apresentou efeito negativo no nível de carga das gotas, demonstrando a viabilidade de utilização da calda de pulverização proposta (Tabela 4). Por outro lado, pode ser observado que a tensão de indução influencia a quantidade de carga das gotas, somente para a faixa compreendida entre 500 a 1.500 Volts (Tabela 5). A partir deste limite superior, ocorre o fenômeno de descarga das gotas por efeito corona.

Tabela 4. Níveis de corrente elétrica e carga obtidos nos jatos das gotas, produzido com protótipos de bicos com diferentes diâmetros de orifício de pulverização, diâmetros de eletrodos de indução, vazões e voltagens, submetidos a uma pressão constante de ar de 50 kPa.

Líquido testado ¹	Orifício (Ø, mm)	Eletrodo (Ø, mm)	Líquido (ml/s)	Ar (l/min)	Tensão (V)	Corrente (µA)	Carga (µC/g)
A(100)	9,5	6	5,0	759	2000	20,0	4,0
A(100)	7,5	3	6,9	662	2000	11,0	1,6
A(100)	7,5	3	3,3	662	2500	12,0	3,6
A(100)	5,5	2	9,0	368	2000	8,0	0,9
A(100)	5,5	2	6,7	368	2000	9,0	1,4
A(100)	5,5	2	5,0	368	2000	9,0	1,8
A(100)	5,5	2	3,2	368	2000	10,0	3,1
A(5)+N(95)	5,5	2	4,0	368	2000	7,0	1,9
A(20)+D20+N(60))	9,5	3	4,0	1136	2000	7,0	1,9
A(65)+D(18,5)+N(16,5)	7,5	3	3,6	662	2500	14,0	4,1
A(65)+D(15)+N(20)	5,5	2	5,0	368	2000	8,4	1,8
A(65)+D(15)+N(20)	5,5	2	2,9	368	2000	5,0	1,8

¹ A = água, D = Dipel e N = Natur'l Óleo. Os números entre parênteses representam o percentual de cada líquido na mistura;

Observação: as densidades das emulsões têm valor próximo a 0,95 g/ml.

Tabela 5. Níveis de corrente elétrica e relação carga/massa obtidos com um bico eletrostático, pulverizando água sob diferentes tensões de indução¹.

Eletri- cidade	Vazão	Voltagem de indução (V)								
		500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
Corrente (μ A)	2,2	1,8	3,6	5,8	6,2	5,4	5,2	5,2	5,2	5,2
	3,0	2,0	4,2	6,0	6,8	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0
	4,3	3,6	7,0	9,0	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
Carga (μ C/g)	2,0	0,8	1,7	2,7	2,9	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4
	3,0	0,7	1,4	2,0	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3
	4,3	0,8	1,6	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

¹ bico com orifício de pulverização de 5,5 mm e eletrodo de indução, com 3,0 mm de diâmetro.

Pelos resultados registrados na Tabela 6, verifica-se que a tensão de 1.000 V aplicada ao eletrodo de indução, proporcionou os maiores índices de carga no jato de gotas, para os dois bicos testados. Observa-se, na mesma tabela, que o nível de carga é maior para o bico de maior vazão de ar, indicando que a vazão desse fluido tem correlação positiva com a corrente elétrica do jato de gotas.

Em função dos níveis de carga obtidos e do consumo de ar, os diâmetros selecionados dos orifícios da capa, do corpo e do eletrodo de indução foram 8, 7,5 e 6 mm, respectivamente. Isso porque, apesar do bico de diâmetros maiores resultar em melhor nível de carga, para atender a vazão pretendida do equipamento, em torno de 1.200 a 1.600 ml/minuto e trabalhar no máximo com oito bicos, o modelo maior ficaria quase no limite do suportável pelo compressor (Tabela 7).

Tabela 6. Níveis de carga e corrente elétrica, obtidos com dois bicos sob diferentes características operacionais.

Corrente e carga do jato de gotas	Tensão do eletrodo de indução	Bico A ¹			Bico B ²			
		Vazão (ml/s)			Vazão (ml/s)			
		2,7	3,3	3,6	3,0	3,7	4,2	5,0
Corrente (μA)	500	10,0	14,0	12,0	7,2	8,0	8,4	8,8
	1000	20,0	18,0	15,0	15,0	15,0	20,0	15,0
	1500	12,0	14,0	13,0	6,2	9,2	8,4	-
Carga (μC/ml)	500	3,8	4,2	3,3	2,4	2,2	2,0	1,8
	1000	7,5	5,4	4,1	5,0	4,1	4,8	3,0
	1500	4,5	4,2	3,5	2,1	2,5	2,0	-

¹ diâmetros de orifício de pulverização e eletrodo de indução de 9,5 mm e 8,0 mm respectivamente;

² diâmetros de orifício de pulverização e eletrodo de indução de 7,5 mm e 6,0 mm respectivamente.

Tabela 7. Consumo de ar de bicos pneumático-eletrostáticos com diferentes dimensões de orifícios de saída e eletrodos de indução¹.

Orifício Capa (Ø, mm)	Orifício Corpo (Ø, mm)	Eletrodo (Ø, mm)	Consumo de ar (l/minuto)	Nº máximo de bicos ²
6	5,5	2	368	9
		3	298	11
		4	200	17
8	7,5	3	662	5
		4	564	6
		6	284	12
10	9,5	2	1.207	2
		3	1.136	3
		4	1.039	3
		6	759	4
		8	368	9

¹ resultados previstos para pressão de ar de 50 kPa;

² número máximo de bicos suportados por um compressor com vazão de 3.500 litros/minuto, mantendo a pressão de 50 kPa.

Os bicos utilizados no pulverizador desenvolvido foram construídos em latão (parte condutora) e PVC (parte isolante).

4.2 Seleção e dimensionamento de sistema de ar para bicos pneumáticos

Vários tipos de compressores foram analisados, visando atender às especificações necessárias para adaptação ao pulverizador tratorizado. O tipo selecionado foi um compressor centrífugo, ou radial, fabricado pela Ibram¹, modelo CR-10.

O ponto base para o desenvolvimento do bico pneumático-eletrostático foi de 50 kPa, que corresponde a uma vazão de 3.500 litros/minuto.

Figura 10. Curvas de desempenho do compressor radial modelo CR-10, da Ibram (kPa = quilopascal) (Fonte: catálogo de compressores radiais da Ibram).

¹ Ibram Indústria Brasileira de Máquinas Ltda.

O equipamento trabalha a 3.500 rpm (rotações por minuto), requer cerca de 10 CV de potência para seu acionamento e oferece vazão e pressão constantes. No entanto, o funcionamento provocou aquecimento do ar, o que acabou afetando negativamente os materiais utilizados na confecção dos bicos (ver item 4.6).

4.3 Determinação da composição da calda de pulverização

A observação das diferentes proporções entre água, Dipel-F e Natur'l Óleo, mostrou que a partir de 50% de água foi obtida uma emulsão com bom nível de estabilidade. Esta permaneceu mais de cinco minutos sem formação de fase, o que garantiu a homogeneidade da calda para a pulverização, principalmente sob agitação constante, proporcionada pelo pulverizador utilizado.

Assim, definiu-se trabalhar com uma concentração de 60% de água, o que propiciou estabilidade à emulsão e um nível de carga semelhante à pulverização com água (Tabela 4).

A concentração de Dipel e Natur'l Óleo foram de 10% e 30%, respectivamente, para pulverização com o protótipo.

4.4 Desenvolvimento do pulverizador pneumático-eletrostático

Os componentes básicos do pulverizador podem ser visualizados na Figura 11.

Além dos componentes ilustrados na Figura 11, foi necessário desenvolver uma fonte de alta tensão, fixada na cabine do trator, um suporte para fixação do compressor no

chassis do pulverizador, eixos e mancais para acionamento do compressor e uma campânula de fibra de vidro, envolvendo a ponta do canhão, visando proteger os bicos, fiação elétrica e dutos de distribuição de ar e líquido.

- (1) bicos eletrostáticos;
- (2) tela metálica para descarregamento da carga elétrica da nuvem de gotas;
- (3) suporte para fixação dos bicos na ponta do canhão do pulverizador;
- (4) dois conjuntos de fios condutores, com isolamento de cerca de 3 mm de material plástico, um positivo e outro aterrado;
- (5) dutos de fornecimento de ar comprimido para os bicos, constituído de uma mangueira flexível e um distribuidor anelar de PVC;
- (6) mangueiras de distribuição de líquido para os bicos;
- (7) pulverizador tratorizado marca Berthoud, modelo AF Super 600;
- (8) medidor de pressão de ar;
- (9) compressor radial marca Ibram, modelo CR-10.

Figura 11. Pulverizador tratorizado pneumático-eletrostático.

O compressor foi adaptado atrás do pulverizador, em frente à entrada de ar da turbina do equipamento, para facilitar a condução do ar comprimido até os bicos e beneficiar a refrigeração do compressor, pela passagem, à sua volta, de grande volume de ar aspirado pela turbina.

Para acionar o compressor radial, o eixo da turbina do pulverizador foi prolongado, passando por um mancal, para fixação, até uma polia terminal, que transmitiu a rotação para uma outra polia do compressor, através de uma correia. Os diâmetros dessas duas polias foram calculados, de forma que o compressor girasse a 3.500 rpm, quando a tomada de força do trator estivesse a 540 rpm, que é a rotação normal de trabalho. A rotação do compressor foi verificada experimentalmente.

Figura 12. Desempenho da fonte de alta tensão, com os 8 bicos em funcionamento (com exceção da linha azul escuro).

A fonte de alta tensão foi dimensionada para fornecer até 2.200 V, não ultrapassando uma corrente de cerca de 3

mA, ou seja, uma potência menor que 10 W. A Figura 12, mostra o desempenho experimental da fonte, com os 8 bicos eletrostáticos em funcionamento. Verificou-se que próximo à sua regulagem máxima (80%), a potência calculada foi de 1,04 W com uma corrente de 0,743 mA. Isso torna o equipamento bastante seguro para aos operadores.

4.5 Calibração do pulverizador

Procurou-se regular os oito bicos para se obter a vazão de 150 ml/minuto. Após várias regulagens, os seguintes resultados foram obtidos:

- vazão média por bico = 155,2 ml/minuto;
- vazão mínima = 152 ml/minuto;
- vazão máxima = 176 ml/minuto.

As medições de nível de carga da pulverização mostraram um valor máximo com a fonte de alta tensão na regulagem 55%, que correspondeu a uma tensão de 1.250 V, no momento de pulverização. A partir desse ponto, iniciou a ocorrência de descarga das gotas por efeito corona, observada pela acentuação da queda de tensão e oscilação na leitura do microamperímetro (Figura 13).

O nível máximo de carga, medido através da descarga da eletricidade de um único bico na tela metálica (Figura 2), foi de 2,87 $\mu\text{C/g}$. A medição da descarga de todos os bicos resultou num valor inferior, de cerca de 1,9 $\mu\text{C/g}$, a partir da mesma regulagem (1.250 V). No entanto, considerando-se a corrente total consumida, proveniente da fonte de alta tensão, com os mesmos 1.250 V, onde ainda não se observa perda de carga por efeito corona, o nível seria de cerca de 14,7 $\mu\text{C/g}$. Provavelmente, a medição na tela metálica

subestima o nível de carga, pois não deve ter eficiência para descarregar toda a nuvem de gotas, o que fica mais evidente, quando os oito bicos são utilizados. Por outro lado, a medição total da corrente superestima a carga das gotas, pois existem perdas no sistema. Admitiu-se que a medição mais adequada é aquela que utiliza a descarga de apenas um bico em tela metálica, o que se mostra mais compatível com as várias medições feitas em laboratório. Assim, o nível de carga de $2,87 \mu\text{C/g}$, ficou acima do limite especificado, de $1 \mu\text{C/g}$, que é o ponto a partir do qual, segundo Law & Cooper (1987), começa a haver efeito benéfico da carga sobre deposição da pulverização na cultura.

Durante os testes de utilização do equipamento no campo, a tensão foi regulada em 1.250 V.

Figura 13. Tensão e carga eletrostática em função da regulagem da fonte de alta tensão e do número de bicos, pulverizando a calda à base de Dipel (10%), Natur'1 Óleo (30%) e água (60%).

Em função de observações sobre a dificuldade de penetração do trator, acoplado ao protótipo pulverizador, nos talhões de eucalipto, definiu-se uma velocidade de trabalho de 2,6 km/hora, que corresponde à 2ª marcha reduzida, a 1.700 rpm do motor. Essa rotação, proporcionou 540 rpm na tomada de força, conforme planejado.

4.6 Bioensaio de laboratório usando material de campo

Considerando a velocidade do trator de 2,6 km/hora (item 4.5), faixa de aplicação de 42 metros (item 4.6), a vazão do bico de 155 ml/minuto (item 4.5) e composição da calda de aplicação definida no item 4.3, o desempenho da aplicação foi de:

- capacidade de campo teórica em pulverização = 10,8 hectares/hora (5,5 minutos/ha);
- calda pulverizada = 6.600 mililitros/hectare;
- Dipel aplicado = 660 ml/hectare.

Não houve morte entre as lagartas da testemunha, dispensando qualquer correção de dados para comparação dos três tipos de aplicação.

Os resultados de análise de variância mostram que a mortalidade de lagartas no bioensaio de laboratório depende, significativamente, do tipo de pulverização e da posição na faixa de aplicação (Anexo C). De modo geral, a idade, ou altura, do eucalipto não teve tanta influência, estatisticamente, sobre os resultados.

A pulverização aérea teve um resultado superior, obtendo-se o dobro de mortalidade, em relação aos dois tipos de aplicação com o protótipo desenvolvido. Entre estes, não houve diferença significativa (Figura 14).

A análise conjunta dos dados da aplicação nos dois talhões com idades/alturas diferentes, mostraram grandes diferenças entre as faixa de aplicação, nos três tratamentos (Figura 15). A análise estatística no último dia de avaliação (Anexo D), revelou que na nebulização, na faixa da esquerda, mais próxima ao pulverizador, proporcionou resultado significativamente inferior. Na nebulização eletrostática o centro foi superior às duas laterais. Já na pulverização aérea, embora o valor médio tenha sido acentuado para a faixa da direita, não houve qualquer diferença estatística significativa.

Figura 14. Mortalidade média de lagartas de *Thyrinteina arnobia*, nos três tipos de aplicação, independentemente da idade do eucalipto (as letras comparam os três tratamentos numa avaliação, através do teste Tukey; letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade).

A utilização do protótipo na faixa próxima à linha de aplicação (faixa esquerda) não foi tão eficiente, certamente, devido ao direcionamento do canhão, que jogou a nuvem de gotas abaixo da copa das árvores dessa faixa inicial (14 m), no intuito de atingir toda a faixa pretendida (42 m). Na nebulização e nebulização eletrostática a faixa central teve melhor cobertura. No entanto, com a eletrostática a última faixa teve também um decréscimo acentuado. Esse resultado é coerente, já que a carga eletrostática deve ter aumentado a deposição na parte central, dificultando a distribuição adequada da nuvem de gotas para atingir a parte mais distante (Figura 15).

Figura 15. Mortalidade média de lagartas de *Thyrinteina arnobia*, independentemente da idade do eucalipto, para os três tipos de aplicação.

Ao serem analisados os dados das aplicações com o protótipo no eucalipto novo (Figura 16), pode-se verificar que a eletrostática é mais eficiente na faixa central e na mais

distante, a da direita. No entanto, no eucalipto mais velho (Figura 17), a eletrostática mostrou-se extremamente ineficiente. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que quando a nuvem atingiu a copa, do eucalipto mais baixo, por força da direção do canhão e fluxo de ar auxiliar, ocorre um incremento significativo da deposição com a carga eletrostática. Já em condições de copa mais alta, a deposição deve ter se concentrado no tronco das árvores e galhos baixos.

Figura 16. Mortalidade média de lagartas de *Thyrinteina arnobia*, para o eucalipto de menor idade, para os três tipos de aplicação.

Os dados mostram que a carga eletrostática pode ter sua eficiência comprometida, dependendo da estrutura do povoamento e, logicamente, de como o equipamento lança a nuvem de gotas em direção à copa.

Essas diferenças de desempenho, também devem variar entre níveis de carga eletrostática, o que deve ser melhor

explorado, pois nesta pesquisa trabalhou-se com apenas um nível.

Figura 17. Mortalidade média de lagartas de *Thyrinteina arnobia*, para o eucalipto de maior idade, para os três tipos de aplicação.

O efeito negativo da carga eletrostática, no eucalipto mais alto, deve estar relacionado a uma carga eletrostática muito elevada. O líquido pulverizado saiu dos bicos eletrostáticos com uma carga aproximada de $2,87 \mu\text{C/g}$. Considerando-se a redução de 27% no diâmetro das gotas, devido à evaporação da água, numa emulsão com 40% de óleo (Natur'l Oil) e 60% de água (Law & Cooper, 1987), a diminuição do volume das gotas seria de 61%, independentemente do diâmetro das gotas. Isso resulta em uma concentração de carga (Law & Bowen, 1975), de cerca de 157%, chegando a $7,38 \mu\text{C/g}$. Com essa carga elevada, a expansão da nuvem de gotas deve ter sido prejudicada, pela deposição maior do produto no solo, sub-bosque, troncos e

galhos baixos, próximos ao pulverizador, não atingindo a altura da copa das árvores e a faixa de aplicação pretendidas.

4.7 Avaliação da deposição

Os resultados da avaliação da deposição, através da quantificação de unidades formadoras de colônias (UFC), com exceção de alguns dados, mostrou resultados semelhantes ao bioensaio com lagartas (item 4.6).

Figura 18. Densidade de unidades formadoras de colônias (UFC), nos três tipos de aplicação, independentemente da idade do eucalipto (as letras comparam os três tratamentos numa avaliação, pelo teste Tukey; letras iguais entre tratamentos, indicam que não há diferença significativa, a 5% de probabilidade).

As Figuras 18 e 19, assim como a análise de variância e testes de comparação de médias dos Anexo E e F, mostram a melhor resultado da pulverização aérea e as diferenças entre faixa de aplicação e entre a idade do eucalipto, neste caso, significativas entre as aplicações com e sem carga eletrostática.

Figura 19. Densidade de unidades formadoras de colônias (UFC), nos três tipos de aplicação, para as duas idades do eucalipto.

4.8 Observação do desempenho do pulverizador pneumático-eletrostático no controle de um foco de lagartas no campo

Houve uma redução drástica na produção de fezes de lagartas, após as aplicações com o protótipo desenvolvido, o que significa um impacto grande sobre seu desenvolvimento (Figuras 20 a 23 e Anexo H). No entanto, dois aspectos

merecem destaque: a redução na produção de fezes da testemunha foi igualmente grande e cada tratamento teve uma média inicial de fezes diferente.

Figura 20. Quantidade média de fezes coletadas em cada tratamento, antes e após a aplicação dos mesmos.

Figura 21. Quantidade média de fezes coletadas, na área tratada com nebulização, antes e após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.

Figura 22. Quantidade média de fezes coletadas, na área tratada com nebulização eletrostática, antes e após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.

Figura 23. Quantidade média de fezes coletadas, na área testemunha (sem qualquer aplicação), antes e após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.

Figura 24. Média do número de lagartas mortas coletadas, em cada tipo de tratamento, após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação.

Os resultados semelhantes, obtidos na coleta de fezes antes e depois das aplicações, entre as parcelas tratadas e testemunha, indicam duas possibilidades: grande mortalidade natural, impossibilitando a avaliação do desempenho dos tratamentos, ou o isolamento da testemunha não foi suficiente, devido ao grande alcance da nuvem de gotas gerada pelo equipamento. Essa última hipótese é mais provável, pois os dados da Figura 24 (e Anexo H), mostram que a grande mortalidade das lagartas ocorreu somente após as aplicações, enquanto que em outros talhões da região, infestados com lagartas da mesma espécie e estágio de desenvolvimento, não ocorreu a morte natural dos insetos, sendo necessário aplicações operacionais posteriores ao teste.

Os resultados experimentais apresentados nos itens 4.6 e 4.7 mostram que o protótipo desenvolvido, operando com ou sem carga eletrostática, pode atingir grandes faixas.

Apesar das faixas utilizadas neste teste serem maiores que as do experimento citado, 66 m contra 42 m, e de haver também uma bordadura de 66 m entre a área de testemunha amostrada e o início da aplicação com o protótipo, todas as informações obtidas indicam que a contaminação da testemunha é a hipótese mais provável.

As coletas de fezes, antes da aplicação, apresentaram diferenças significativas entre os locais de cada tratamento, o que significa que a densidade populacional inicial não era homogênea. Portanto, uma hipótese testada foi que os resultados após a aplicação, tanto em termos de produção de fezes como o de mortalidade de lagartas, foram influenciados pela produção de fezes inicial.

A análise de regressão, apresentada no Anexo I, testou tanto essa hipótese, como a da possível influência da posição na faixa de aplicação. Os resultados mostraram que os dois fatores influíram significativamente. A partir dessa informação, os dados de produção de fezes e número de lagartas mortas foram corrigidos em relação às respectivas quantidades iniciais de fezes.

As Figuras 25, 26, 27, 28 e 29 (e Anexo I), mostram os dados de "redução na produção de fezes", que considera a quantidade inicial de fezes em cada local.

Para os tratamentos e a testemunha, os dados de redução de fezes mostram valores negativos no primeiro dia após a aplicação dos tratamentos e valores positivos e crescentes a partir do terceiro dia. No primeiro dia após a aplicação, o tempo para ação do ingrediente ativo aplicado, *Bacillus thuringiensis*, ainda não era suficiente e foi natural o aumento da produção de fezes nesse momento, em relação à média do período observado antes da aplicação. O sincronismo entre o tempo necessário para o produto agir

sobre o processo de alimentação e a produção de fezes e os resultados da coleta de fezes e mortalidade de lagartas, demonstram a efetividade das aplicações.

Figura 25. Redução na produção de fezes, na área tratada com nebulização, em cada dia de observação após a aplicação e por posição na faixa de aplicação (intervalo de confiança, para 5% de probabilidade).

A análise dos dados de redução de fezes (Figuras 18 e 19) mostra que o tempo para a ação do produto é mais importante do que a posição na faixa de aplicação ou tipo de tratamento/testemunha. No entanto, na Figura 30, que representa a mortalidade total corrigida de lagartas no período após a aplicação dos tratamentos, diferenças significativas podem ser observadas entre as posições na faixa de aplicação e entre tratamentos/testemunha.

Figura 26. Redução na produção de fezes, na área tratada com nebulização eletrostática, em cada dia de observação após a aplicação e por posição na faixa de aplicação (intervalo de confiança, para 5% de probabilidade).

Figura 27. Redução na produção de fezes, na área da testemunha, em cada dia de observação após a aplicação e por posição na faixa de aplicação (intervalo de confiança, para 5% de probabilidade).

Figura 28. Redução na produção de fezes, para cada tipo de aplicação, em cada dia de observação após a aplicação (intervalo de confiança, para 5% de probabilidade).

Figura 29. Redução na produção de fezes média, para cada tipo de aplicação, em cada posição da faixa de aplicação, no período de observação após aplicação (intervalo de confiança, para 5% de probabilidade).

Figura 30. Média corrigida, do número de lagartas mortas coletadas, em cada tipo de tratamento, após a aplicação dos mesmos, por posição na faixa de aplicação (intervalo de confiança, para 5% de probabilidade).

Pela análise dos parâmetros redução de fezes e mortalidade de lagartas, pode-se inferir que o resultado geral da nebulização é superior à nebulização eletrostática e que os dois tipos de aplicação foram eficientes para o controle das lagartas. O equipamento ofereceu proteção para uma grande faixa de aplicação, contaminando a área reservada como testemunha.

4.9 Problemas operacionais com o protótipo

Durante os testes, os principais problemas observados com o equipamento desenvolvido foram:

- a) deformação do PVC constituinte dos bicos, devido à alta temperatura do ar proveniente do compressor, o que é negativo para a formação de gotas pequenas e uniformes e carregamento eletrostático das mesmas;
- b) fragilidade da conexão da mangueira de ar nos bicos: com a pressão, varias vezes houve escape das mangueiras;
- c) deformação na mangueira condutora do ar do compressor ao difusor para os bicos, devido à pressão e temperatura;
- d) fragilidade da estrutura dos fios elétricos, de alta tensão e aterramento, dos bicos;
- e) pequena proteção da base do pulverizador, o que ocasionou uma quebra provocada por uma batida numa elevação de solo, impedindo a aplicação na terceira faixa (a última) da nebulização não eletrostática no talhão 030-05;
- d) ponta do canhão muito saliente, dificultando o caminhar no interior do talhão, com risco iminente da ponta bater nos troncos e galhos das árvores.

5 CONCLUSÕES

- 1) O bico eletrostático desenvolvido é versátil e permite a obtenção de jatos de gotas com cargas elétricas sob diferentes condições de calibração, com baixas pressões de ar, inferiores a 50 kPa ($0,51 \text{ kg/cm}^2$).
- 2) O nível de carga das gotas depende do espaçamento entre o eletrodo de indução e a superfície do líquido, da voltagem, da velocidade do ar e da vazão do líquido, obtendo-se, na calibração para uso no campo, um nível acima de $2,0 \text{ } \mu\text{C/g}$, o dobro do necessário para início da obtenção de efeitos sobre a deposição das gotas.
- 3) O projeto do bico apresentou-se adequado para adaptação em pulverizadores do tipo canhão para uso em florestas, no entanto, o modelo necessita de aperfeiçoamento, com relação ao desenho e, principalmente, ao material que constituiu a sua parte isolante, que sofreu deformações causadas pela alta temperatura, fatores que prejudicaram o desempenho do bico.
- 4) A calda de pulverização utilizada, constituída de uma emulsão óleo-água, apresentou vantagens operacionais em relação à utilização da usual formulação pó, além de proporcionar uma maior fixação do produto na folhagem.
- 5) O protótipo de equipamento desenvolvido para nebulizar a emulsão óleo-água, com ou sem carga eletrostática, apresenta bom desempenho operacional das suas partes inovadoras (compressor centrífugo, bicos e fonte de alta

tensão), necessitando apenas de ajustes no projeto, visando tornar o equipamento menos susceptível às quebras devido às condições de operação.

- 6) A eficiência da aplicação eletrostática é mais dependente da posição na faixa e altura das plantas, que os outros processos testados.
- 7) A pulverização aérea é o processo mais eficiente para o controle de lagartas desfolhadoras em florestas.
- 8) A avaliação do protótipo no foco natural da lagarta do gênero *Glena*, mostrou ótimo resultado do equipamento, proporcionando alta mortalidade das lagartas e alta capacidade operacional, decorrente da larga faixa de aplicação. Os bons resultados neste teste também são decorrentes do tratamento da área ter ocorrido no momento em que as lagartas ainda estavam no início de seu desenvolvimento, quando são mais susceptíveis ao *Bacillus thuringiensis*.

Considerando-se que a comparação foi realizada com a pulverização aérea, que vem sendo aperfeiçoada há vários anos em todo o mundo, o processo desenvolvido tem enorme potencial para uso na silvicultura e até na agricultura, pois ainda apresenta vários aspectos com grande possibilidade de otimização.

ANEXO A: DADOS DA VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO.

Tabela 1. Dia **08/junho/1997**, da estação do viveiro (Aracruz Celulose S.A.), próximo aos talhões 001-12 e 030-05, de onde veio o material para avaliação em laboratório (bioensaio com *Thyrinteina arnobia* e quantificação de "unidades formadoras de colônias de *Bacillus thuringiensis*").

HORA	Velocidade do vento (m/s)			Direção do vento (graus/norte)	
	Máxima	Média	Vetor	Vetor	Desvio
8:00	1,0	0,5	0,5	21,4	15,6
8:30	1,6	0,6	0,5	19,0	30,4
9:00	2,1	0,8	0,7	22,3	31,7
9:30	1,4	0,6	0,4	4,5	51,0
10:00	2,0	0,7	0,5	20,0	42,3
10:30	2,4	0,9	0,7	25,5	40,3
11:00	2,0	1,0	0,5	0,7	55,8
11:30	2,3	1,1	0,5	359	61,0
12:00	2,3	1,1	0,6	358,7	52,1
12:30	3,5	1,6	0,8	280,2	57,4
13:00	3,1	1,5	1,0	269,6	47,0
13:30	2,5	1,3	0,5	298,1	65,1
14:00	2,9	1,7	0,8	264,4	57,1
Média: 8-14 h.	2,24	1,03	0,62	149,49	46,68
14:30	3,3	1,4	0,8	287,2	51,2
15:00	2,0	1,0	0,8	288,2	39,7
15:30	2,7	1,0	0,5	313,7	55,9
16:00	2,4	1,1	0,7	278,5	48,4
16:30	1,2	0,5	0,4	276,0	39,9
17:00	1,0	0,4	0,3	269,2	42,8
17:30	0,6	0,3	0,1	110,6	66,7
18:00	0,2	0,2	0,2	21,3	27,1
18:30	0,2	0,2	0,2	13,0	8,6
19:00	0,2	0,2	0,2	300,4	25,6
Média: 14-19 h.	1,38	0,63	0,42	215,81	40,59

OBSERVAÇÃO: Das 8:00 às 14 horas, corresponde ao período de aplicação no talhão 001-12 e das 14:00 às 19:00 h., ao da aplicação no 030-05.

Tabela 2. Dia 19 de junho/97, da estação serra, próxima à área 332-07 (foco de *Glena* spp.).

HORA	Velocidade do vento (m/s)			Direção do vento (graus/norte)	
	Máxima	Média	Vetor	Vetor	Desvio
10:00	0,8	0,3	0,2	16,7	50
10:30	1,3	0,4	0,4	137	27,1
11:00	2	1,2	1	32	34,5
11:30	2,1	0,8	0,6	75,7	45,2
12:00	3,3	1,6	1,2	86	43,2
MÉDIA	1,9	0,86	0,68	69,48	40

ANEXO B: MORTALIDADE MÉDIA DE LAGARTAS DE 3º INSTAR DE *Thyriniteina arnobia*, NO BIOENSAIO UTILIZANDO FOLHAS DE EUCALIPTO TRATADAS NO CAMPO

Tabela 1: Mortalidade média de lagartas de 3º instar de *Thyriniteina arnobia*, no bioensaio utilizando folhas de eucalipto tratadas no campo, por idade do eucalipto, tratamento, posição na faixa de aplicação e dia de avaliação.

IDADE DO EUCALIPTO	TRATAMENTO	POSICAO NA FAIXA	MORTALIDADE MÉDIA DE LAGARTAS (%) / DIAS APÓS INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO					
			2 dias	4 dias	6 dias	9 dias	11 dias	13 dias
2 anos	1- nebulização	central	16,67	30,00	33,33	36,67	36,67	36,67
		direita	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
		esquerda	0,00	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
	2- nebulização eletrostática	central	20,00	46,67	63,33	63,33	63,33	63,33
		direita	3,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33
		esquerda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3- pulverização aérea	central	13,33	36,67	40,00	50,00	50,00	50,00
		direita	40,00	70,00	70,00	73,33	73,33	76,67
		esquerda	20,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
	4- testemunha	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,7 anos	1- nebulização	central	20,00	23,33	30,00	40,00	40,00	40,00
		direita	33,33	36,67	50,00	56,67	56,67	56,67
		esquerda	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
	2- nebulização eletrostática	central	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
		direita	6,67	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
		esquerda	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
	3- pulverização aérea	central	13,33	26,67	33,33	36,67	36,67	36,67
		direita	16,67	50,00	53,33	53,33	53,33	53,33
		esquerda	20,00	40,00	53,33	53,33	53,33	53,33
	4- testemunha	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 2: Mortalidade média de lagartas de 3º instar de *Thyriniteina arnobia*, no bioensaio utilizando folhas de eucalipto tratadas no campo, por tratamento, posição na faixa de aplicação e dia de avaliação.

TRATAMENTO	POSICAO NA FAIXA	MORTALIDADE MÉDIA DE LAGARTAS (%) / DIAS APÓS INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO					
		2 dias	4 dias	6 dias	9 dias	11 dias	13 dias
1- nebulização	central	18,33	26,67	31,67	38,33	38,33	38,33
	direita	20,00	21,67	28,33	31,67	31,67	31,67
	esquerda	3,33	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
2- nebulização eletrostática	central	11,67	25,00	33,33	33,33	33,33	33,33
	direita	5,00	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
	esquerda	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
3- pulverização aérea	central	13,33	31,67	36,67	43,33	43,33	43,33
	direita	28,33	60,00	61,67	63,33	63,33	65,00
	esquerda	20,00	35,00	41,67	41,67	41,67	41,67
4- testemunha	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 3: Mortalidade média de lagartas de 3° instar de *Thyriniteina arnobia*, no bioensaio utilizando folhas de eucalipto tratadas no campo, por tratamento e dia de avaliação.

TRATAMENTO	MORTALIDADE MÉDIA DE LAGARTAS (%)					
	2 dias	4 dias	6 dias	9 dias	11 dias	13 dias
1- nebulização	13,89	17,78	21,67	25,00	25,00	25,00
2- nebulização eletrostática	6,67	15,00	17,78	17,78	17,78	17,78
3- pulverização aérea	20,56	42,22	46,67	49,44	49,44	50,00
4- testemunha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO C: ANÁLISE DE VARIÂNCIA - MORTALIDADE DE LAGARTAS DE *Thyrinteina arnobia*.

- SEGUNDO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO:

Classe Níveis Valores

IDADE 2 n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)

TRAT 3 1 2 3 (1 = nebulização; 2 = nebulização eletrostática; 3 = pulverização aérea)

POSICAO 3 c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo)

Número de observações no arquivo = 90

Variável dependente: $TPM\_02 = 1/\sqrt{((m\_02*100/6 + 0.5)^{0.2})}$

⇒ m_02 = número de lagartas mortas no segundo dia.

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	0.59899942	0.06655549	2.44	0.0166
Erro	80	2.18207164	0.02727590		
Total	89	2.78107106			

R ²	C.V.	TPM_02 Média
0.215384	18.17038	0.90891970

Fonte de variação	G.L.	Tipo I SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.01564821	0.01564821	0.57	0.4510
TRAT	2	0.20150759	0.10075380	3.69	0.0292
POSICAO	2	0.15211300	0.07605650	2.79	0.0675
TRAT*POSICAO	4	0.22973063	0.05743266	2.11	0.0877

Teste Tukey para a variável: TPM_02

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.027276

Diferença mínima significativa= 0.1018

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	0.97107	30	2
B A	0.89933	30	1
B	0.85636	30	3

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.027276

Diferença mínima significativa= 0.1279

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	0.97107	30	2
A	0.89933	30	1
A	0.85636	30	3

Teste Tukey para a variável: TPM_02

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.027276

Diferença mínima significativa= 0.1018

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	0.96695	30	e
A	0.88302	30	d
A	0.87679	30	c

Variável dependente: TPM_02

Contraste	G.L.	Contraste SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
linear de posição	1	0.12192324	0.12192324	4.47	0.0376
quadrática de posição	1	0.03018976	0.03018976	1.11	0.2959

- QUARTO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO:

Classe Níveis Valores

IDADE 2 n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)

TRAT 3 1 2 3 (1 = nebulização; 2 = nebul. eletrostática; 3 = pulverização aérea)

POSICAO 3 c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo)

Número de observações no arquivo = 90

Variável dependente: TPM_04 = $(m_{04} * 100 / 6 + 0.5)^{0.2}$

⇒ m_{04} = número de lagartas mortas no quarto dia

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	12.27694778	1.36410531	5.65	0.0001
Erro	80	19.31965736	0.24149572		
Total	89	31.59660514			

R ²	C.V.	TPM_04 Média
0.388553	30.55415	1.60836449

Fonte de variação	G.L.	Tipo I SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.01327413	0.01327413	0.05	0.8152
TRAT	2	6.20298052	3.10149026	12.84	0.0001
POSICAO	2	3.67185798	1.83592899	7.60	0.0009
TRAT*POSICAO	4	2.38883515	0.59720879	2.47	0.0510

Teste Tukey para a variável: TPM_04

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.241496

Diferença mínima significativa= 0.303

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	1.9607	30	3
B	1.5336	30	1
B	1.3308	30	2

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.241496

Diferença mínima significativa= 0.3805

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	1.9607	30	3
B	1.5336	30	1
B	1.3308	30	2

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.241496

Diferença mínima significativa= 0.303

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.7729	30	c
A	1.7283	30	d
B	1.3239	30	e

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.241496

Diferença mínima significativa= 0.3805

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.7729	30	c
A	1.7283	30	d
B	1.3239	30	e

Variável dependente: TPM_04

Contraste	G.L.	Contraste SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
linear de posição	1	3.02423019	3.02423019	12.52	0.0007
quadrática de posição	1	0.64762779	0.64762779	2.68	0.1054

- SEXTO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO:

Classe Níveis Valores

IDADE	2	n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)
TRAT	3	1 2 3 (1 = nebulização; 2 = neb. eletrostática; 3 = pulverização aérea)
POSICAO	3	c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo)

Número de observações no arquivo = 90

Variável dependente: TPM_06 = $(m_{06} * 100 / 6 + 0.5)^{0.2}$

⇒ m_{06} = número de lagartas mortas no sexto dia

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	13.90597951	1.54510883	6.18	0.0001
Erro	80	20.00276710	0.25003459		
Total	89	33.90874660			

R ²	C.V.	TPM_06 Média
0.410100	30.19581	1.65597325

Fonte de variação	G.L.	Tipo I SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.00948794	0.00948794	0.04	0.8460
TRAT	2	7.36429522	3.68214761	14.73	0.0001
POSICAO	2	4.34123098	2.17061549	8.68	0.0004
TRAT*POSICAO	4	2.19096537	0.54774134	2.19	0.0774

Teste Tukey para a variável: TPM_06

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.250035

Diferença mínima significativa= 0.3083

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.0403	30	3
B	1.5732	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.250035

Diferença mínima significativa= 0.3872

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.0403	30	3
B	1.5732	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.250035

Diferença mínima significativa= 0.3083

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.8590	30	c
A	1.7580	30	d
B	1.3509	30	e

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.250035

Diferença mínima significativa= 0.3872

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.8590	30	c
A	1.7580	30	d
B	1.3509	30	e

Variável dependente: TPM_06

Contraste	G.L.	Contraste SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
linear de posição	1	3.87245169	3.87245169	15.49	0.0002
quadrática de posição	1	0.46877929	0.46877929	1.87	0.1748

- NONO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO:

Classe Níveis Valores

IDADE 2 n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)

TRAT 3 1 2 3 (1 = nebulização; 2 = neb. eletrostática; 3 = pulverização aérea)

POSICAO 3 c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo)

Número de observações no arquivo = 90

Variável dependente: TPM_09 = $(m_{09} \cdot 100/6 + 0.5)^{0.2}$

⇒ m_{09} = número de lagartas mortas no nono dia

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	15.67871827	1.74207981	7.36	0.0001
Erro	80	18.94522807	0.23681535		
Total	89	34.62394634			

R ²	C.V.	TPM_09 Média
0.452829	28.85879	1.68626883

Fonte de variação	G.L.	Tipo I SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.00326520	0.00326520	0.01	0.9068
TRAT	2	8.53254215	4.26627108	18.02	0.0001
POSICAO	2	5.40175824	2.70087912	11.41	0.0001
TRAT*POSICAO	4	1.74115268	0.43528817	1.84	0.1296

Teste Tukey para a variável: TPM_09

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3001

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.0964	30	3
B	1.6080	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3768

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.0964	30	3
B	1.6080	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3001

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.9293	30	c
A	1.7787	30	d
B	1.3509	30	e

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3768

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.9293	30	c
A	1.7787	30	d
B	1.3509	30	e

Variável dependente: TPM_09

Contraste	G.L.	Contraste SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
linear de posição	1	5.01770034	5.01770034	21.19	0.0001
quadrática de posição	1	0.38405790	0.38405790	1.62	0.2065

- DÉCIMO PRIMEIRO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO:

Classe	Níveis	Valores
IDADE	2	n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)
TRAT	3	1 2 3 (1 = nebulização; 2 = neb. eletrostática; 3 = pulverização aérea)
POSICAO	3	c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo)

Número de observações no arquivo = 90

Variável dependente: TPM_11 = $(m_{11} \cdot 100/6 + 0.5)^{0.2}$

⇒ m_{11} = número de lagartas mortas no 11º dia

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	15.67871827	1.74207981	7.36	0.0001
Erro	80	18.94522807	0.23681535		
Total	89	34.62394634			

R ²	C.V.	TPM_11 Média
0.452829	28.85879	1.68626883

Fonte de variação	G.L.	Tipo I SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.00326520	0.00326520	0.01	0.9068
TRAT	2	8.53254215	4.26627108	18.02	0.0001
POSICAO	2	5.40175824	2.70087912	11.41	0.0001
TRAT*POSICAO	4	1.74115268	0.43528817	1.84	0.1296

Teste Tukey para a variável: TPM_11

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3001

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.0964	30	3
B	1.6080	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3768

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.0964	30	3
B	1.6080	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3001

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.9293	30	c
A	1.7787	30	d
B	1.3509	30	e

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.236815

Diferença mínima significativa= 0.3768

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.9293	30	c
A	1.7787	30	d
B	1.3509	30	e

Variável dependente: TPM_11

Contraste	G.L.	Contraste SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
linear de posição	1	5.01770034	5.01770034	21.19	0.0001
quadrática de posição	1	0.38405790	0.38405790	1.62	0.2065

- DÉCIMO TERCEIRO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO - .

Classe Níveis Valores

IDADE 2 n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)

TRAT 3 1 2 3 (1 = nebulização; 2 = nebulização eletrostática; 3 = pulverização aérea)

POSICAO 3 c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo)

Número de observações no arquivo = 90

Variável dependente: TPM₁₃ = $(m_{13} \cdot 100 / 6 + 0.5)^{0.2}$ ⇔ m₁₃ = número de lagartas mortas no 13° dia

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	15.87336175	1.76370686		7.47
0.0001					
Erro	80	18.89211289	0.23615141		
Total	89	34.76547464			

R² C.V. TPM₁₃ Média
 0.456584 28.78631 1.68814296

Fonte de variação	G.L.	Tipo I SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.00154940	0.00154940	0.01	0.9356
TRAT	2	8.67152010	4.33576005	18.36	0.0001
POSICAO	2	5.43355520	2.71677760	11.50	0.0001
TRAT*POSICAO	4	1.76673705	0.44168426	1.87	0.1237

Teste Tukey para a variável: TPM₁₃

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.236151

Diferença mínima significativa= 0.2996

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.1020	30	3
B	1.6080	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.236151

Diferença mínima significativa= 0.3763

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	2.1020	30	3
B	1.6080	30	1
B	1.3544	30	2

Nível de significância= 0.05 df= 80 MSE= 0.236151

Diferença mínima significativa= 0.2996

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.9293	30	c
A	1.7843	30	d
B	1.3509	30	e

Nível de significância= 0.01 df= 80 MSE= 0.236151

Diferença mínima significativa= 0.3763

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	1.9293	30	c
A	1.7843	30	d
B	1.3509	30	e

Variável dependente: TPM_13

Contraste	G.L.	Contraste SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
linear de posição	1	5.01770034	5.01770034	21.25	0.0001
quadrática de posição 1		0.41585486	0.41585486	1.76	0.1883

ANEXO D: TESTE T PARA AS MÉDIAS DE MORTALIDADE DE LAGARTAS DE *Thyriniteina arnobia*, POR GRUPOS DE TRATAMENTO VERSUS POSIÇÃO NA FAIXA DE APLICAÇÃO, NO DÉCIMO TERCEIRO DIA APÓS A INSTALAÇÃO DO BIOENSAIO.

Tabela 1. Definição dos grupos, para comparação da variável TPM₁₃, igual a $(m_{13} \cdot 100 / 6 + 0.5)^{0.2}$, através do Teste t (m_{13} = número de lagartas mortas no 13º dia).

TRATAMENTO	POSIÇÃO NA FAIXA DE APLICAÇÃO	MÉDIA	NÚMERO DO TRATAMENTO x POSIÇÃO
1	c	2,02581107	1
	d	1,72287974	2
	e	1,07525958	3
2	c	1,66152557	4
	d	1,35222692	5
	e	1,04959694	6
3	c	2,10045229	7
	d	2,27771599	8
	e	1,92781852	9

Tabela 2. Resultado do Teste t, para a variável TPM₁₃, igual a $(m_{13} \cdot 100 / 6 + 0.5)^{0.2}$, através do Teste t (m_{13} = número de lagartas mortas no 13º dia): probabilidade > |T| HIPÓTESE H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j).

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0,1672	0,0001	0,0976	0,0027	0,0001	0,7322	0,2499	0,6533
2	0,1672	-	0,0038	0,7784	0,0920	0,0027	0,0862	0,0126	0,3485
3	0,0001	0,0038	-	0,0085	0,2062	0,9063	0,0001	0,0001	0,0002
4	0,0976	0,7784	0,0085	-	0,1586	0,0061	0,0468	0,0058	0,2241
5	0,0027	0,0920	0,2062	0,1586	-	0,1676	0,0009	0,0001	0,0097
6	0,0001	0,0027	0,9063	0,0061	0,1676	-	0,0001	0,0001	0,0001
7	0,7322	0,0862	0,0001	0,0468	0,0009	0,0001	-	0,4171	0,4293
8	0,2499	0,0126	0,0001	0,0058	0,0001	0,0001	0,4171	-	0,1113
9	0,6533	0,3485	0,0002	0,2241	0,0097	0,0001	0,4293	0,1113	-

ANEXO E: DEPOSIÇÃO DO PRODUTO APLICADO.

Tabela 1. Deposição, nas folhas do eucalipto, do produto aplicado, em termos de unidades formadoras de colônias de *Bacillus thuringiensis* por centímetro quadrado de folha (ufc/cm²), em cada idade do eucalipto, tratamento e posição na faixa de aplicação.

IDADE DO EUCALIPTO	TRATAMENTO	POSIÇÃO NA FAIXA	MÉDIA DE UFC/cm ²	VARIÂNCIA (S ²)	Nº OBSERVAÇÕES
NOVO	1- nebulização	6	0,8333	0,357	3
		21	4,2700	4,835	3
		36	4,0567	0,103	3
	2- nebulização eletrostática	6	6,6733	35,011	3
		21	16,2000	173,729	3
		36	5,8233	13,044	3
	3- pulverização aérea	3	9,1167	10,698	3
		9	10,0067	64,592	3
		15	18,6067	570,363	3
	4- testemunha	-	1,2933	1,244	3
VELHO	1- nebulização	6	1,6533	0,109	3
		21	7,1033	2,170	3
		36	11,9067	53,118	3
	2- nebulização eletrostática	6	1,3467	1,176	3
		21	1,1567	1,117	3
		36	10,3733	207,630	3
	3- pulverização aérea	3	8,9700	40,920	3
		9	16,5500	254,675	3
		15	17,3033	38,444	3
	4- testemunha	-	0,6433	0,141	3

Tabela 2. Deposição, nas folhas do eucalipto, do produto aplicado, em termos de unidades formadoras de colônias de *Bacillus thuringiensis* por centímetro quadrado de folha (ufc/cm²), em cada tratamento e posição na faixa de aplicação.

TRATAMENTO	POSIÇÃO NA FAIXA	MÉDIA DE UFC/cm ²	S ²	Nº OBS.
1- nebulização	6	1,2433	0,388	6
	21	5,6867	5,210	6
	36	7,9817	39,775	6
2- nebulização eletrostática	6	4,0100	22,987	6
	21	8,6783	137,829	6
	36	8,0983	94,480	6
3- pulverização aérea	3	9,0433	20,654	6
	9	13,2783	140,551	6
	15	17,9550	244,033	6
4-testemunha	-	0,9683	0,681	6

Tabela 3. Deposição, nas folhas do eucalipto, do produto aplicado, em termos de unidades formadoras de colônias de *Bacillus thuringiensis* por centímetro quadrado de folha (ufc/cm²), em cada tratamento.

TRAT	MÉDIA DE UFC	S ²	Nº OBS.
1- nebulização	4,9706	21,629	18
2- nebulização eletrostática	6,9289	79,657	18
3- pulverização aérea	13,4256	133,214	18
4- testemunha	0,9683	0,681	6

ANEXO F: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA DEPOSIÇÃO DO PRODUTO APLICADO, EM TERMOS DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS DE *Bacillus thuringiensis* POR CENTÍMETRO QUADRADO DE FOLHA DE EUCALIPTO.

- NEBULIZAÇÃO, NEBULIZAÇÃO ELETROSTÁTICA, PULVERIZAÇÃO AÉREA E TESTEMUNHA:

Classe Níveis Valores

IDADE 2 n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)
 TRAT 4 1 2 3 t (1 = nebulização; 2 = neb. eletrostática; 3 = pulv. aérea; t = testemunha)
 POSICAO 4 - c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo; - = testemunha)

Número de observações no arquivo = 60

Variável dependente: $t_{ufc} = \log_{10}(ufc)$

⇒ ufc = unidades formadoras de colônias

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	10	9.20759468	0.92075947	4.86	0.0001
Erro	49	9.27498596	0.18928543		
Total	59	18.48258064			

R^2 C.V. T_UFC Média
 0.498177 73.08713 0.59527507

Fonte de variação	G.L.	Tipo III SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.16143448	0.16143448	0.85	0.3603
TRAT	2	2.97319845	1.48659923	7.85	0.0011
POSICAO	2	1.87330923	0.93665462	4.95	0.0110
TRAT*POSICAO	4	0.95632640	0.23908160	1.26	0.2972

Teste Tukey para a variável: T_UFC

Nível de significância= 0.05

Comparações seguidas de "****" apresentam diferença significativa

TRAT	Comparação	Limite inferior	Diferença entre médias	Limite superior	
3	- 2	0.1054	0.4911	0.8768	***
3	- 1	0.1130	0.4987	0.8844	***
3	- t	0.5749	1.1204	1.6658	***
2	- 1	-0.3781	0.0076	0.3933	
2	- t	0.0838	0.6293	1.1747	***
1	- t	0.0762	0.6217	1.1671	***

Teste Tukey para a variável: T_UFC

Nível de significância= 0.01

Comparações seguidas de "****" apresentam diferença significativa

TRAT	Comparação	Limite inferior	Diferença entre médias	Limite superior	
3	- 2	0.0154	0.4911	0.9668	***
3	- 1	0.0229	0.4987	0.9744	***
3	- t	0.4476	1.1204	1.7932	***
2	- 1	-0.4682	0.0076	0.4833	
2	- t	-0.0435	0.6293	1.3021	
1	- t	-0.0511	0.6217	1.2945	

- NEBULIZAÇÃO, NEBULIZAÇÃO ELETROSTÁTICA E PULVERIZAÇÃO AÉREA:

Classe Níveis Valores

IDADE 2 n v (n = eucalipto mais novo; v = eucalipto mais velho)

TRAT 3 1 2 3 (1 = nebulização; 2 = nebulização eletrostática; 3 = pulverização aérea)

POSICAO 3 c d e (c = centro da faixa; d = lado direito; e = lado esquerdo)

Número de observações no arquivo = 54

Variável dependente: T_UFC = $\log_{10}(\text{UFC}/\text{cm}^2)$; UFC = unidades formadoras de colônias;

Fonte de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	9	5.77395504	0.64155056	3.19	0.0047
Erro	44	8.85426120	0.20123321		
Total	53	14.62821624			

R ²	C.V.	T_UFC Média
0.394714	66.52496	0.67431869

Fonte de variação	G.L.	Tipo I SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
IDADE	1	0.01813132	0.01813132	0.09	0.7655
TRAT	2	2.95416879	1.47708439	7.34	0.0018
POSICAO	2	1.85462018	0.92731009	4.61	0.0152
TRAT*POSICAO	4	0.94703476	0.23675869	1.18	0.3342

Teste Tukey para a variável: T_UFC

Nível de significância= 0.05 df= 44 MSE= 0.201233

Diferença mínima significativa= 0.3627

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	1.0042	18	3
B	0.5131	18	2
B	0.5056	18	1

Nível de significância= 0.01 df= 44 MSE= 0.201233

Diferença mínima significativa= 0.4593

Agrupamento Tukey	Média	N	TRAT
A	1.0042	18	3
B	0.5131	18	2
B	0.5056	18	1

Teste Tukey para a variável: T_UFC

Nível de significância= 0.05 df= 44 MSE= 0.201233

Diferença mínima significativa= 0.3627

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	0.8649	18	d
B A	0.7323	18	c
B	0.4258	18	e

Nível de significância= 0.01 df= 44 MSE= 0.201233

Diferença mínima significativa= 0.4593

Agrupamento Tukey	Média	N	POSICAO
A	0.8649	18	d
A	0.7323	18	c
A	0.4258	18	e

Variável dependente: T_UFC

Contraste	G.L.	Contraste SS	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
linear de posição	1	0.87027755	0.87027755	4.32	0.0434

ANEXO G: TESTE T PARA AS MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DO PRODUTO APLICADO, EM TERMOS DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS DE *Bacillus thuringiensis*, POR GRUPOS DE TRATAMENTO VERSUS POSIÇÃO NA FAIXA DE APLICAÇÃO.

Tabela 1. Definição dos grupos, para comparação da variável T_{UFC} , igual a $\log_{10}(UFC/cm^2)$, através do Teste t (UFC = unidades formadoras de colônias).

TRATAMENTO	POSIÇÃO NA FAIXA DE APLICAÇÃO	MÉDIA	NÚMERO DO TRATAMENTO x POSIÇÃO
1	c	0.71443982	1
1	d	0.79775192	2
1	e	-0.01006005	3
2	c	0.48250281	4
2	d	0.69597098	5
2	e	0.36096062	6
3	c	0.99985988	7
3	d	1.10084529	8
3	e	0.91204402	9

Tabela 2. Resultado do Teste t, para a variável TPM_{13} , igual a $(m_{13} \cdot 100/6 + 0.5)^{0.2}$, através do Teste t (m_{13} = número de lagartas mortas no 13º dia): probabilidade > |T| HIPÓTESE H_0 : $LSMEAN(i) = LSMEAN(j)$.

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	0,7492	0,0078	0,3754	0,9435	0,1792	0,2764	0,1428	0,4496
2	0,7492	-	0,0033	0,2300	0,6962	0,0988	0,4394	0,2482	0,6612
3	0,0078	0,0033	-	0,0646	0,0094	0,1603	0,0003	0,0001	0,0009
4	0,3754	0,2300	0,0646	-	0,4143	0,6412	0,0520	0,0213	0,1043
5	0,9435	0,6962	0,0094	0,4143	-	0,2026	0,2470	0,1252	0,4086
6	0,1792	0,0988	0,1603	0,6412	0,2026	-	0,0176	0,0065	0,0390
7	0,2764	0,4394	0,0003	0,0520	0,2470	0,0176	-	0,6985	0,7362
8	0,1428	0,2482	0,0001	0,0213	0,1252	0,0065	0,6985	-	0,4699
9	0,4496	0,6612	0,0009	0,1043	0,4086	0,0390	0,7362	0,4699	-

ANEXO H: PRODUÇÃO DE FEZES E MORTALIDADE DE LAGARTAS, NA ÁREA DE FOCO NATURAL DE *Glena* spp., TRATADA COM O PROTÓTIPO.

Tabela 1. Produção de fezes e mortalidade de lagartas, por tipo de tratamento, período (antes e depois dos tratamentos) e posição na faixa de aplicação.

TRATAMENTO	PERÍODO	POSIÇÃO	FEZES (gramas/dia.m ²)			MORTE DE LAGARTAS (nº/dia.m ²)		
		NA FAIXA	MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5% E		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5%	
				MÍNIMO	MÁXIMO		MÍNIMO	MÁXIMO
1- nebulização	antes da aplicação	3	0,38375	0,34367	0,42383	-	-	-
		12	0,47125	0,42962	0,51288	-	-	-
		21	0,48250	0,41948	0,54552	-	-	-
		30	0,42625	0,38697	0,46553	-	-	-
		39	0,41813	0,39090	0,44535	-	-	-
		48	0,38938	0,38056	0,39819	-	-	-
		57	0,39313	0,35934	0,42691	-	-	-
		66	0,39125	0,34050	0,44200	-	-	-
	após aplicação	3	0,10625	0,07165	0,14085	11,050	4,9132	17,1868
		12	0,13425	0,06646	0,20204	15,425	10,8197	20,0303
		21	0,13575	0,07436	0,19714	14,275	12,4791	16,0709
		30	0,12125	0,08364	0,15886	15,800	14,4824	17,1176
		39	0,08925	0,07733	0,10118	18,025	16,1645	19,8855
		48	0,09400	0,08725	0,10075	16,975	15,1511	18,7989
		57	0,14350	0,11933	0,16767	17,150	15,0547	19,2453
		66	0,14700	0,11539	0,17861	11,900	10,1200	13,6800
2- nebulização eletros-tática	antes da aplicação	3	0,28188	0,26151	0,30224	-	-	-
		12	0,28250	0,22967	0,33533	-	-	-
		21	0,29750	0,25195	0,34305	-	-	-
		30	0,28750	0,24058	0,33442	-	-	-
		39	0,31313	0,26281	0,36344	-	-	-
		48	0,33375	0,28512	0,38238	-	-	-
		57	0,30563	0,25833	0,35292	-	-	-
		66	0,28000	0,20585	0,35415	-	-	-
	após a aplicação	3	0,06275	0,04787	0,07763	6,525	5,6505	7,3995
		12	0,07025	0,03419	0,10631	7,450	5,7951	9,1049
		21	0,07875	0,06171	0,09579	7,125	4,4759	9,7741
		30	0,08400	0,05383	0,11417	8,075	7,2200	8,9300
		39	0,09100	0,06265	0,11935	7,800	6,6608	8,9392
		48	0,07775	0,06221	0,09329	6,400	5,7254	7,0746
		57	0,05175	0,04521	0,05829	7,250	4,5564	9,9436
		66	0,05575	0,03710	0,07440	5,900	2,3093	9,4907

Tabela 1. Produção de fezes e mortalidade de lagartas, por tipo de tratamento, período (antes e depois dos tratamentos) e posição na faixa de aplicação - **continuação.**

TRATA- MENTO	PERIODO	POSICÃO NA FAIXA	FEZES (gramas/dia.m ²)			MORTE DE LAGARTAS (nº/dia.m ²)		
			MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5%E		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5%	
				MÍNIMO	MÁXIMO		MÍNIMO	MÁXIMO
3- pulveri- zação aérea	antes da aplicação	3	0,53000	0,36505	0,69495	-	-	-
		12	0,61063	0,49577	0,72548	-	-	-
		21	0,65438	0,56630	0,74245	-	-	-
		30	0,61563	0,59214	0,63911	-	-	-
		39	0,56750	0,49264	0,64236	-	-	-
		48	0,54813	0,49085	0,60540	-	-	-
		57	0,51063	0,42345	0,59780	-	-	-
	após a aplicação	66	0,46000	0,38097	0,53903	-	-	-
		3	0,13900	0,09465	0,18335	8,450	5,2581	11,6419
		12	0,16850	0,11676	0,22024	8,600	7,8430	9,3570
		21	0,17325	0,15625	0,19025	9,525	7,4342	11,6158
		30	0,17275	0,14926	0,19624	9,350	6,7005	11,9995
		39	0,15675	0,13238	0,18112	8,025	7,0945	8,9555
		48	0,16875	0,16275	0,17475	7,000	5,7616	8,2384
		57	0,16700	0,15524	0,17876	6,075	4,4106	7,7394
		66	0,16575	0,14303	0,18847	5,600	4,7291	6,4709

Tabela 2. Produção de fezes e mortalidade de lagartas, por tipo de tratamento e período (antes e depois dos tratamentos).

TRATA- MENTO	PERIODO	POSICÃO NA FAIXA	FEZES (gramas/dia.m ²)			MORTE DE LAGARTAS (nº/dia.m ²)		
			MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5%E		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5%	
				MÍNIMO	MÁXIMO		MÍNIMO	MÁXIMO
1	antes	0,41945	0,40409	0,43482	-	-	-	-
	após	0,12141	0,11044	0,13237	15,0750	14,0221	16,1279	-
2	antes	0,29773	0,28593	0,30954	-	-	-	-
	após	0,07150	0,06499	0,07801	7,0656	6,5913	7,5399	-
3	antes	0,56211	0,53364	0,59058	-	-	-	-
	após	0,16397	0,15706	0,17088	7,8281	7,2093	8,4469	-

ANEXO I: CORREÇÃO DA MORTALIDADE DE LAGARTAS E DA PRODUÇÃO DE FEZES, EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE INICIAL DE FEZES DE CADA PARCELA DE OBSERVAÇÃO, NO TALHÃO 332-07, COM FOCO NATURAL DE *Glena* spp.

Tabela 1. Análises de regressão, verificando a influência da quantidade inicial de fezes, em cada parcela amostrada, sobre os resultados de quantidade de fezes e de mortalidade de lagartas de *Glena* spp.

MODELO	TRATAMENTO	PROBABILIDADE			R ²
		> F	> T		
		MODELO	PDA	POSICAO	
PDD = f(PDA, POSICAO)	1	0,0173	0,0070	0,0484	0,2442
	2	0,0824	0,0566	0,1213	0,1581
	3	0,0001	0,0001	0,0003	0,5309
	1, 2, 3	0,0001	0,0001	0,0058	0,7367
MDD = f(PDA, POSICAO)	1	0,0385	0,0285	0,0344	0,2012
	2	0,0314	0,0140	0,1470	0,2123
	3	0,0001	0,0037	0,0020	0,5833
	1, 2, 3	0,4750	0,2696	0,7141	0,0159

PDD = peso médio diário de fezes no período de 9 dias depois da aplicação;

PDA = peso médio diário de fezes no período de 4 dias antes da aplicação;

MDD = número de lagartas mortas (nº/m²) no período de 9 dias depois da aplicação;

POSICAO = posição na faixa de aplicação (central, direita e esquerda).

Tabela 2. Mortalidade corrigida de lagartas de *Glena* spp., por posição na faixa de aplicação, de cada tipo de aplicação.

TRATAMENTO	POSICÃO NA FAIXA (M)	MORTALIDADE CORRIGIDA (MDC)		
		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5% DE PROBABILIDADE	
			MÍNIMO	MÁXIMO
1- nebulização	3	6,48762	3,26109	9,7142
	12	7,39760	5,71937	9,0758
	21	6,72992	5,99088	7,4690
	30	8,42722	7,63678	9,2177
	39	9,78874	8,86178	10,7157
	48	9,89126	9,02620	10,7563
	57	9,90519	8,90894	10,9014
	66	6,91819	6,00768	7,8287
2- nebulização eletrostática	3	5,25047	4,78693	5,7140
	12	5,97933	5,55286	6,4058
	21	5,43628	3,55055	7,3220
	30	6,44624	4,87798	8,0145
	39	5,69877	4,50378	6,8938
	48	4,36945	3,84781	4,8911
	57	5,34434	3,80077	6,8879
	66	4,68856	2,27415	7,1030
3- testemunha	3	3,62862	2,66120	4,5960
	12	3,23977	2,44512	4,0344
	21	3,33907	2,31590	4,3622
	30	3,44390	2,51354	4,3743
	39	3,23560	2,51789	3,9533
	48	2,89824	2,50012	3,2964
	57	2,69358	2,22045	3,1667
	66	2,79814	2,02911	3,5672

MDC = $MD \cdot 0.227 / PDA$, onde:

⇒ MD = número de lagartas mortas no período de 9 dias após os tratamentos;

⇒ PDA = peso médio de fezes no período de 4 dias antes dos tratamentos;

⇒ 0.227 = corresponde ao menor PDA observado entre as parcelas (tratamento/posição na faixa/repetição).

Tabela 3. Redução na produção de fezes de lagartas, de *Glena* spp., por dia de avaliação e posição na faixa de aplicação do tratamento nebulização.

POSIÇÃO NA FAIXA (M)	DIAS APÓS A APLICAÇÃO	REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE FEZES (%RPF)		
		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5% DE PROBABILIDADE	
			MÍNIMO	MÁXIMO
3	1	-15,6939	-68,6725	37,285
	3	68,9140	58,7356	79,092
	5	69,5281	51,3109	87,745
	7	85,9064	79,3097	92,503
	9	94,6636	89,0832	100,244
12	1	-27,1218	-75,6754	21,432
	3	68,1994	43,1173	93,281
	5	75,3056	56,2441	94,367
	7	84,0443	79,2136	88,875
	9	94,4265	87,6479	101,205
21	1	-21,8970	-86,1715	42,377
	3	59,8121	48,4097	71,215
	5	85,4304	78,5848	92,276
	7	83,2975	76,5955	89,999
	9	93,0458	89,1032	96,988
30	1	-42,4568	-81,0913	-3,822
	3	65,6526	47,5019	83,803
	5	83,3911	71,5176	95,265
	7	85,1362	81,5364	88,736
	9	95,4158	90,3423	100,489
39	1	-26,0810	-32,9914	-19,171
	3	79,9157	75,0385	84,793
	5	89,7446	78,8086	100,681
	7	90,6819	87,0716	94,292
	9	96,0602	92,7009	99,419
48	1	-29,2689	-69,2309	10,693
	3	73,6995	64,7584	82,641
	5	85,2313	78,5237	91,939
	7	89,0928	85,6461	92,539
	9	95,8347	91,7018	99,968
57	1	-69,8881	-89,5477	-50,228
	3	62,3488	53,1357	71,562
	5	71,5338	63,6484	79,419
	7	79,0509	76,5136	81,588
	9	89,8383	81,5052	98,171
66	1	-53,9904	-83,3927	-24,588
	3	54,8334	45,6734	63,993
	5	69,0915	54,3498	83,833
	7	78,3425	58,1440	98,541
	9	85,9708	81,1617	90,780

Tabela 4. Redução na produção de fezes de lagartas, de *Glena* spp., por dia de avaliação e posição na faixa de aplicação do tratamento nebulização eletrostática.

POSIÇÃO NA FAIXA (M)	DIAS APÓS A APLICAÇÃO	REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE FEZES (%RPF)		
		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5% DE PROBABILIDADE	
			MÍNIMO	MÁXIMO
3	1	-12,3878	-58,7223	33,947
	3	77,7123	69,8518	85,573
	5	84,6775	71,8613	97,494
	7	88,0242	85,4736	90,575
	9	93,8195	86,6670	100,972
12	1	-7,9838	-77,5987	61,631
	3	74,8994	57,8075	91,991
	5	77,5167	72,3518	82,682
	7	85,8177	80,6311	91,004
	9	92,0342	89,8433	94,225
21	1	-11,3838	-66,0743	43,307
	3	70,7250	61,4438	80,006
	5	78,8564	74,9639	82,749
	7	82,0660	78,4971	85,635
	9	91,5256	87,9505	95,101
30	1	-28,4691	-69,2104	12,272
	3	70,8403	55,6542	86,026
	5	78,2435	61,7334	94,754
	7	76,6513	64,9163	88,386
	9	90,6356	80,6970	100,574
39	1	-14,4557	-75,6017	46,690
	3	71,7542	63,9407	79,568
	5	70,6033	62,9689	78,238
	7	79,5382	70,5784	88,498
	9	91,0955	84,3358	97,855
48	1	-10,0692	-69,1185	48,980
	3	79,9309	74,0269	85,835
	5	82,9341	76,0920	89,776
	7	84,7794	77,5382	92,021
	9	90,4777	86,0358	94,920
57	1	31,2596	20,0077	42,511
	3	75,2840	67,9987	82,569
	5	93,1635	83,5712	102,756
	7	88,2436	80,5059	95,981
	9	92,6191	90,1952	95,043
66	1	15,9137	-68,7204	100,548
	3	63,1909	45,2537	81,128
	5	89,7273	83,5292	95,925
	7	91,3024	87,5706	95,034
	9	95,4660	90,4716	100,460

Tabela 5. Redução na produção de fezes de lagartas, de *Glena spp.*, por dia de avaliação e posição na faixa de observação da área testemunha.

POSIÇÃO NA FAIXA (M)	DIAS APÓS A APLICAÇÃO	REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE FEZES (%RPF)		
		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5% DE PROBABILIDADE	
			MÍNIMO	MÁXIMO
3	1	-25,0714	-51,2298	1,087
	3	76,7524	70,0837	83,421
	7	84,7403	80,3940	89,087
	9	93,1810	90,6420	95,720
12	1	-29,8139	-66,3142	6,686
	3	73,8637	69,1592	78,568
	7	85,6516	80,9012	90,402
	9	94,0325	92,0490	96,016
21	1	-24,8266	-33,1555	-16,498
	3	74,7436	69,5155	79,972
	7	87,7749	85,8302	89,720
	9	92,5038	91,1915	93,816
30	1	-33,5587	-47,0549	-20,063
	3	74,0073	65,8578	82,157
	7	85,7885	81,3342	90,243
	9	92,6863	91,5816	93,791
39	1	-19,6835	-28,4064	-10,961
	3	72,0934	66,8307	77,356
	7	85,4156	81,8479	88,983
	9	91,8753	90,5561	93,194
48	9	-29,3972	-40,0751	-18,719
	4	67,8669	61,0104	74,723
	6	83,4801	79,5566	87,404
	7	91,0097	87,2889	94,731
57	1	-24,1422	-45,7235	-2,561
	3	62,5218	44,5738	80,470
	7	82,5861	79,7035	85,469
	9	89,1242	84,0814	94,167
66	1	-50,4921	-63,8944	-37,090
	3	64,7945	57,5753	72,014
	7	77,9033	73,3064	82,500
	9	86,3890	84,1703	88,608

Tabela 6. Redução na produção de fezes de lagartas, de *Glena spp.*, por dia de avaliação para cada tratamento.

TRATAMENTO	DIAS APÓS A APLICAÇÃO	REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE FEZES (%RPF)		
		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5% DE PROBABILIDADE	
			MÍNIMO	MÁXIMO
1- nebulização	1	-35,7997	-46,0667	-25,5328
	3	66,6719	62,8807	70,4632
	5	78,6571	74,8846	82,4295
	7	84,4441	82,2288	86,6593
	9	93,1569	91,5434	94,7705
2- nebulização eletrostática	1	-4,6970	-17,7037	8,3097
	3	73,0421	70,1023	75,9819
	5	81,9653	78,8809	85,0497
	7	84,5528	82,3971	86,7086
	9	92,2092	90,9340	93,4843
3- testemunha	1	-29,6232	-34,6640	-24,5824
	3	70,8304	68,5361	73,1248
	7	84,1676	82,8956	85,4395
	9	91,3502	90,3467	92,3537

Tabela 7. Redução na produção de fezes de lagartas, de *Glena spp.*, por posição na faixa de observação, para cada tratamento.

TRATAMENTO	POSIÇÃO NA FAIXA (M)	REDUÇÃO NA PRODUÇÃO DE FEZES (%RPF)		
		MÉDIA	INTERVALO DE CONFIANÇA A 5% DE PROBABILIDADE	
			MÍNIMO	MÁXIMO
1- nebulização	3	94,6636	89,0832	100,244
	12	94,4265	87,6479	101,205
	21	93,0458	89,1032	96,988
	30	95,4158	90,3423	100,489
	39	96,0602	92,7009	99,419
	48	95,8347	91,7018	99,968
	57	89,8383	81,5052	98,171
	66	85,9708	81,1617	90,780
2- nebulização eletrostática	3	93,8195	86,6670	100,972
	12	92,0342	89,8433	94,225
	21	91,5256	87,9505	95,101
	30	90,6356	80,6970	100,574
	39	91,0955	84,3358	97,855
	48	90,4777	86,0358	94,920
	57	92,6191	90,1952	95,043
	66	95,4660	90,4716	100,460
3- testemunha	3	93,1810	90,6420	95,720
	12	94,0325	92,0490	96,016
	21	92,5038	91,1915	93,816
	30	92,6863	91,5816	93,791
	39	91,8753	90,5561	93,194
	48	91,0097	87,2889	94,731
	57	89,1242	84,0814	94,167
	66	86,3890	84,1703	88,608

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L.F.A.; BATISTA FILHO, A.; AUGUSTO, N.T. Atividade de uma formulação óleo emulsionável de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, em condições de laboratório. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 5., Foz do Iguaçu, 1996. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. p.248.
- ALVES, S.B. Patologia Geral. In: ALVES, S.B. (Ed.) **Controle microbiano de insetos**. São Paulo: Editora Manole, 1986. cap. 1, p.3-72.
- ARNOLD, A.J.; PYE, B.J. Spray application with charged rotary atomizers. In: SYMPOSIUM ON SPRAYING SYSTEMS FOR 1980's. **Proceedings**. Croydon: BCPC, 1980. p.109-117.
- BOWEN, H.D.; HEBBLETHWAITE, P.; CARLETON, W.M. Application of electrostatic charging to the depositions of insecticides and fungicides on plant surfaces. **Agricultural Engineering**, v. 33, p.347-350, June, 1952.
- BOWEN, H.D.; SPLINTER, W.E.; CARLETON, W.M. Theoretical implications of electrical fields on deposition of charged particles. **Transactions of the ASAE**, v.7, n.1, p.75-82, 1964.

- CHAIM, A. **Uma nova proposta para a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.** Jaguariúna: EMBRAPA, CNPMA, 1990. 29p. (EMBRAPA/CNPMA. Circular Técnica, 5)
- CHAIM, A. **Pulverizador pneumático eletrostático costal acionado por alavanca manual.** 1988. BR nº 8805580. 25 out. 1994.
- CHAIM, A.; LARANJEIRO, A.J. **Processo de geração de gotas carregadas eletricamente e dispositivo pulverizador de indução eletrostática.** 1997. BR 9704018-5.
- ENDACOTT, C.J. Non-target organism mortality - a comparison of spraying techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., Brighton, 1983. **Proceedings.** Croydon: BCPC, 1983. v.2, p.502.
- FRASER, R.P. The fluid kinetics of application of pestcidal chemicals. **Advances in Pest Control Research**, v.2, p.1-106, 1956.
- GRAHAM-BRYCE, I.J. Crop-protection: a consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 281, p.163-179, 1977.
- HIMEL, C.M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, v.62, n.4, p.919-925, 1969.

HIMEL, C.M.; MORE, A.D. Spray droplet size in control of spruce budworm, boll weevil, bollworm, and cabbage looper. **Journal of Economic Entomology**, v.62, n.4, p.916-918, 1969.

HISLOP, F.C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. **Weed Technology**, v.2, p.94-105, 1988.

JAMES, R.R.; MILLER, J.C.; LIGHTHART, B. *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* affects a beneficial insect, the cinnabar moth (Lepidoptera: Arctiidae). **Journal of Economic Entomology**, v.86, n.2, p.334-339, 1993.

KRAMER, J.P.; KOZLOWSKI, T. Gorduras, óleos, terpenos e substâncias afins. In: KRAMER, J.P.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. cap.6, p.182-183.

LARANJEIRO, A.J. Integrated pest management at Aracruz Celulose. **Forest Ecology and Management**, v.65, p.45-52, 1994.

LARANJEIRO, A.J.; ALVES, S.B.; BERNARDI, I. O uso de uma formulação pó de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* a partir do Dipel pó molhável, para controle de lepidópteros em áreas reflorestadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13., Recife, 1991. **Resumos**. Recife: SEB, 1991. p. 507.

LAW, S.E. Embedded-electrode electrostatic - induction spray nozzle: theoretical and engineering design. **Transactions of the ASAE**, v.21, p. 1096-1104, 1978.

- LAW, S.E. Spatial distribution of electrostatically deposited sprays on living plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, n. 3, p. 542-544, 1982.
- LAW, S.E.; BOWEN, H.D. Theoretically predicted interactions of surface charge and evaporation on airborne pesticide droplets. **Transactions of the ASAE**, v.18, n.1, p.35-45, 1975.
- LAW, S.E.; COOPER, S.C. Induction charging characteristics of conductivity enhanced vegetable-oil sprays. **Transactions of the ASAE**, v.30, n.1, p.75-79, 1987.
- LAW, S.E.; LANE, M.D. Electrostatic deposition of pesticide spray onto foliar targets of varying morphology. **Transactions of the ASAE**, v.24, p.1441-1448, 1981.
- MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 2.ed. New York: Longman, 1992. 405p.
- MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.
- MCCARTNEY, H.A.; WOODHEAD, T. Electric-charge, image-charge forces and deposition of pesticide drops. **Pesticide Science**, v.14, n.1, p.49-56, 1983.
- MORTON, N. The "Electrodyn" sprayer: first studies of spray coverage in cotton. **Crop Protection**, v.1, n.1, p.27-54, 1982.

PARKIN, C.S.; WYATT, J.C. The determination of flight-lane separations for the aerial application of herbicides. **Crop Protection**, v.1, n.3, p.309-321, 1982.

ROTH, L.O.; WHITNEY, D.D. Application uniformity and some non-symmetrical distribution patterns of agricultural chemicals. **Transactions of de ASAE**, v.28, n.1, p.47-50, 1985.

SARTÓRIO, R.C. Termonebulização - PULS FOG. Apresentado na 9. Reunião do PCMIP/IPEF, Bom Despacho, 1996.

SMITH, D.B.; BOUSE, L.F. Machinery and factors that affect the application of pathogens. In: BURGESS, H.D. (Ed.) **Microbial control of pests and plant diseases**. New York: Academic Press, 1981. cap. 35, p. 635-653.

SUNDARAM, A. Drop-size spectra and deposits of four *Bacillus thuringiensis* formulations on simulated and natural fir foliage. **Transactions of the ASAE**, v.37, n.1, p. 9-17, 1994.

THOMPSON, P.J.; STEVENSON, K.E. Mesophilic sporeforming aerobes. In: SPECK M. (Ed.) **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 1984. cap. 19, p. 211-220.