

**SUSETE DO ROCIO CHIARELLO PENTEADO**

---

**MÉTODOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO POPULACIONAL  
DE *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) E DE SEUS INIMIGOS  
NATURAIS, EM *Pinus taeda* L. E ASPECTOS DO CONTROLE  
BIOLÓGICO**

**Tese apresentada à Coordenação  
do Curso de Pós-Graduação em  
Ciências Biológicas, área de  
concentração em Entomologia, da  
Universidade Federal do Paraná,  
para a obtenção do título de  
Mestre em Ciências Biológicas.**

Orientador: Prof. Dr. Honório Roberto dos Santos

**CURITIBA  
1995**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas,  
Área de Concentração em Entomologia  
Caixa Postal 19020  
CEP 81531-990 - Curitiba - Paraná

TÍTULO: MESTRE EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TESE: "Métodos de amostragem para avaliação populacional de *Sirex noctilio* F., 1793 (Hymenoptera:Siricidae) e de seus inimigos naturais, em *Pinus taeda* L. e aspectos do controle biológico."

PÓS-GRADUANDO: SUSETE DO ROCIO CHIARELLO PENTEADO

COMISSÃO EXAMINADORA: Dr.Honório Roberto dos Santos  
Dr.Sérgio de Freitas  
Dr.Edilson Batista de Oliveira

PARECER

Comissão Examinadora considerou que a Tese da Candidata cumpriu os objetivos propostos e foi aprovada com o grau "A".

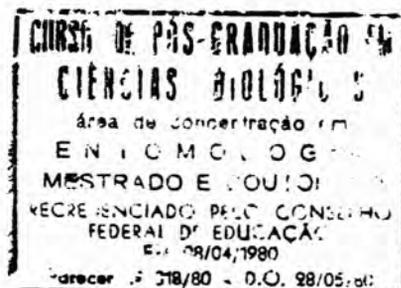
A Candidata deverá atender às sugestões feitas pela Comissão Examinadora para a futura publicação.

Curitiba, 06 de Outubro de 1995.

  
Dr. Honório Roberto dos Santos

  
Dr. Sérgio de Freitas

  
Dr. Edilson Batista de Oliveira



**A Deus,**

**AGRADEÇO**

**Ao meu pai (in memorian)  
e à minha mãe,**

**DEDICO**

**Ao meu marido e  
e à minha filha,**

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - CNPFlorestas, pela oportunidade concedida para a realização do treinamento e pelo apoio financeiro destinado ao desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira - FUNCEMA, pelo apoio financeiro concedido para a condução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Curso de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

Ao Dr. Honório Roberto dos Santos, professor do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, pela orientação no preparo e execução deste trabalho.

Aos pesquisadores do CNPFlorestas/EMBRAPA, Edson Tadeu Iede e Edilson Batista de Oliveira, pela colaboração prestada na orientação deste trabalho e pelo apoio e amizade.

Ao assistente de pesquisa do CNPFlorestas/EMBRAPA, Ivan Jorge da Silva, pelo apoio na instalação dos experimentos e coleta dos dados.

Ao Eng. agrônomo Vilson Olsen, do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária de Lages - SC, pela contribuição na instalação do experimento e coleta dos dados.

A Simone Aparecida Sopchacki, bolsista da Capes; Stella Maris Soares da Silva e Maria Sílvia Pereira Leite, bolsistas do CNPq; Silvana Aparecida Lavoranti, do FUNCEMA e a Carla Castellano, do Laboratório de Entomologia do CNPFlorestas/EMBRAPA, pela colaboração na coleta e avaliação das amostras.

Ao pesquisador do CNPFlorestas/EMBRAPA, Dr. Rivail Salvador Lourenço, pelas correções e sugestões na redação deste trabalho.

Ao operário rural do CNPFlorestas/EMBRAPA, Cláudio Bonfim, pelo colaboração na coleta dos dados.

Ao Eng. Florestal Milton Bisognin, pela indicação da área para instalação do experimento e apoio na obtenção dos dados climáticos em Encruzilhada do Sul, RS.

A Carmen Lúcia Stivall, bibliotecária do CNPFlorestas/EMBRAPA, pelas correções das referências bibliográficas.

Ao pesquisador do CNPFlorestas/EMBRAPA, Sérgio Gaiad, pelo apoio no preparo do summary.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Entomologia, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, pela transmissão de seus conhecimentos e pela amizade.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Entomologia, pela amizade e apoio dedicados durante o curso.

LISTA

A todos aqueles que contribuíram de uma forma ou de outra para a realização desta pesquisa.

# SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
RESUMO .....	xv
SUMMARY .....	xvii
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS GERAIS .....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 POSIÇÃO SISTEMÁTICA DE <i>Sirex noctilio</i> .....	4
2.2 HOSPEDEIROS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE <i>Sirex noctilio</i> .....	4
2.3 HISTÓRICO DE <i>Sirex noctilio</i> .....	5
2.4 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Sirex noctilio</i> .....	6
2.5 SINTOMAS DE ATAQUE E DANOS DE <i>Sirex noctilio</i> .....	9
2.6 RESISTÊNCIA DE PLANTAS AO ATAQUE DE <i>Sirex noctilio</i> .....	11
2.7 MEDIDAS DE PREVENÇÃO DO ATAQUE DE <i>Sirex noctilio</i> .....	12
2.8 CONTROLE BIOLÓGICO DE <i>Sirex noctilio</i> COM O NEMATÓIDE <i>Deladenus siricidicola</i> .....	13
2.8.1 Posição Sistemática .....	13
2.8.2 Hospedeiros e Distribuição Geográfica .....	13
2.8.3 Aspectos Biológicos .....	14
2.8.4 Inoculação do Nematóide .....	17
2.8.5 Eficiência de <i>Deladenus siricidicola</i> .....	19
2.9 CONTROLE BIOLÓGICO DE <i>Sirex noctilio</i> COM O PARASITÓIDE <i>Ibalia leucospoides</i> .....	20
2.9.1 Posição Sistemática .....	20
2.9.2 Hospedeiros e Distribuição Geográfica .....	21

2.9.3	Histórico .....	21
2.9.4	Aspectos Biológicos .....	22
2.9.5	Eficiência de <i>Ibalia leucospoides</i> .....	24
2.10	UMIDADE DA MADEIRA .....	26
2.11	AMOSTRAGEM .....	27
2.11.1	Tipos de Amostragem .....	28
2.11.2	Tamanho da Amostra.....	32
2.11.3	Amostragem para Avaliação Populacional de <i>Sirex noctilio</i> e do Parasitismo de <i>Deladenus siricidicola</i> e <i>Ibalia leucospoides</i> em árvores de <i>Pinus taeda</i> .....	33
2.11.4	Amostragem para Avaliação dos Percentuais de Ataque de <i>Sirex noctilio</i> em Povoamentos de <i>Pinus taeda</i> .....	37
2.11.5	Amostragem para Avaliação de Adultos de <i>Sirex noctilio</i> Parasitados por <i>Deladenus siricidicola</i> .....	39
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>41</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	41
3.1.1	Encruzilhada do Sul - RS .....	41
3.1.2	Lages - SC .....	42
3.2	SELEÇÃO DA ÁRVORES E INOCULAÇÃO DE NEMATÓIDES .....	42
3.3	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA .....	45
3.4	DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE <i>Sirex noctilio</i> , NÚMERO DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>Deladenus siricidicola</i> E DE <i>Ibalia leucospoides</i> , AO LONGO DO TRONCO DE <i>Pinus taeda</i> .....	48
3.4.1	Análise de Resíduos .....	49
3.4.2	Afilamento do Tronco .....	52
3.5	AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE <i>Deladenus siricidicola</i> EM ADULTOS DE <i>Sirex noctilio</i> ...	52
3.6	AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE <i>Ibalia leucospoides</i> EM <i>Sirex noctilio</i> .....	54

3.7 DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA DE <i>Pinus taeda</i> PARA AVALIAÇÃO POPULACIONAL DE <i>Sirex noctilio</i> E DO PARASITISMO DE <i>Deladenus siricidicola</i> E <i>Ibalia leucospoides</i> .....	54
3.7.1 Análise de Variância .....	54
3.7.2 Definição do Número de Amostras .....	57
3.8 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL.....	57
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>60</b>
4.1 DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE <i>Sirex noctilio</i> , NÚMERO DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>Deladenus siricidicola</i> E DE <i>Ibalia leucospoides</i> AO LONGO DO TRONCO DE <i>Pinus taeda</i> .....	60
4.1.1 Encruzilhada do Sul - RS .....	60
4.1.2 Lages - SC .....	68
4.2 PORCENTAGEM DE PARASITISMO DE <i>Deladenus siricidicola</i> EM <i>Sirex noctilio</i> .....	73
4.2.1 Fatores Relacionados à Variação, entre Árvores, do Número Total de Adultos de <i>Sirex noctilio</i> e Porcentagem de Parasitismo por <i>Deladenus siricidicola</i> .....	74
4.3 NÍVEIS DE NEMATÓIDES EM ADULTOS DE <i>Sirex noctilio</i> .....	78
4.4 PORCENTAGEM DE PARASITISMO DE <i>Ibalia leucospoides</i> EM <i>Sirex noctilio</i> .....	83
4.4.1 Fatores Relacionados à Variação, entre Árvores, do Número Total de <i>Ibalia leucospoides</i> e Porcentagem de Parasitismo .....	84
4.5 DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA DE <i>Pinus taeda</i> PARA AVALIAÇÃO POPULACIONAL DE <i>Sirex noctilio</i> E DO PARASITISMO DE <i>Deladenus siricidicola</i> E DE <i>Ibalia leucospoides</i> .....	88
4.5.1 Utilização das Tabelas de Coeficiente de Variação .....	89
4.6 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL.....	96
4.6.1 Amostragem Sequencial para Avaliação de adultos de <i>Sirex noctilio</i> parasitados por <i>Deladenus siricidicola</i> em <i>Pinus taeda</i> .....	96
4.6.1.1 Utilização da Tabela de Amostragem Sequencial.....	97

4.6.2 Amostragem Sequencial para Avaliação dos Níveis de Ataque de <i>Sirex noctilio</i> em Povoamentos de <i>Pinus taeda</i> .....	100
4.6.2.1 Utilização da Tabela de Amostragem Sequencial.....	103
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>105</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>107</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>120</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Coeficientes da equação de regressão e coeficientes de determinação obtidos para o número total de *Sirex noctilio*, número de *S. noctilio* parasitados por *Deladenus siricidicola* e de *Ibalia leucospoides*, em função da altura das árvores de *Pinus taeda*. Encruzilhada do Sul, RS. 1993/94 .....63
- Tabela 2: Coeficientes da equação de regressão e coeficientes de determinação obtidos para o número total de *Sirex noctilio*, número de *S. noctilio* parasitados por *Deladenus siricidicola* e de *Ibalia leucospoides*, em função da altura das árvores de *Pinus taeda*. Lages, SC. 1993/94 .....69
- Tabela 3 - Diâmetro à altura do peito (DAP), altura e teor de umidade das árvores de *Pinus taeda*; número total de *Sirex noctilio*, número de *S. noctilio* parasitados por *Deladenus siricidicola* e porcentagem de parasitismo. Encruzilhada do Sul, RS. 1993/94 .....76
- Tabela 4 - Diâmetro a altura do peito (DAP), altura e teor de umidade de árvores de *Pinus taeda*; número total de *Sirex noctilio*, número de *S. noctilio* parasitados por *Deladenus siricidicola* e porcentagem de parasitismo. Lages, SC. 1993/94 .....77
- Tabela 5: Número e porcentagem de *Sirex noctilio* com níveis alto, médio e baixo do nematóide *Deladenus siricidicola*, provenientes de árvores de *Pinus taeda* dos municípios de Encruzilhada do Sul, RS e Lages, SC, 1993/94 .....82

Tabela 6: Diâmetro à altura do peito (DAP), altura e teor de umidade das árvores de <i>Pinus taeda</i> ; número total de <i>Sirex noctilio</i> , número de <i>Ibalia leucospoides</i> e porcentagem de parasitismo. Encruzilhada do Sul, RS. 1993/94 .....	86
Tabela 7: Diâmetro à altura do peito (DAP), altura e teor de umidade de árvores de <i>Pinus taeda</i> ; número total de <i>Sirex noctilio</i> , número de <i>Ibalia leucospoides</i> e porcentagem de parasitismo. Lages, SC. 1993/94 .....	87
Tabela 8: Coeficientes de variação, para o número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , em função do número variável de árvores e de toretes de <i>Pinus taeda</i> . Encruzilhada do Sul, RS. 1993/94 .....	90
Tabela 9: Coeficientes de variação, para o número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , em função do número variável de árvores e de toretes de <i>Pinus taeda</i> . Lages, SC. 1993/94 .....	91
Tabela 10: Coeficientes de variação, para o número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , em função do número variável de árvores e de toretes de <i>Pinus taeda</i> . Média de Encruzilhada do Sul, RS e Lages, SC. 1993/94 .....	92
Tabela 11: Amostragem sequencial para avaliação do parasitismo de <i>Deladenus siricidicola</i> em adultos de <i>Sirex noctilio</i> , com base em intervalos de confiança com Z a 90% e erro tolerável de 1/5 da média, nos níveis de parasitismo até 20%. Nos níveis inferiores, o tamanho da amostra é fixo e o erro tolerável varia .....	99

Tabela 12: Amostragem sequencial para definição do número de árvores atacadas por *Sirex noctilio* em povoamentos de *Pinus taeda*, com base em intervalos de confiança com Z a 90% e erro tolerável de 1/5 da média, nos níveis de ataque até 20%. Nos níveis inferiores, o tamanho da amostra é fixo e o erro tolerável varia ..... 104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Respingos de resina no tronco de <i>Pinus taeda</i> provenientes dos orifícios de postura de <i>Sirex noctilio</i> .....	43
Figura 2: Árvores de <i>Pinus taeda</i> apresentando a copa com as acículas amareladas, devido o ataque de <i>Sirex noctilio</i> .....	44
Figura 3: Gaiolas utilizadas para o acondicionamento dos toretes de <i>Pinus taeda</i> em laboratório. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas/EMBRAPA. Colombo, Pr. 1993/94 .....	47
Figura 4: Vista dorsal do macho adulto de <i>Sirex noctilio</i> .....	50
Figura 5: Vista lateral da fêmea adulta de <i>Sirex noctilio</i> .....	50
Figura 6: Vista lateral do macho adulto de <i>Ibalia leucospoides</i> .....	51
Figura 7: Vista lateral da fêmea adulta de <i>Ibalia leucospoides</i> .....	51
Figura 8: Relação entre o número total de adultos de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , com o afilamento do tronco das árvores de <i>Pinus taeda</i> . Encruzilhada do Sul, RS. 1993/94 .....	64

Figura 9: Valores dos resíduos referentes ao número total de adultos de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> em relação à altura das árvores de <i>Pinus taeda</i> . Encruzilhada do Sul, RS. 1993/94 .....	67
Figura 10: Relação entre o número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , com o afilamento do tronco das árvores de <i>Pinus taeda</i> . Lages, SC. 1993/94 .....	70
Figura 11: Valores dos resíduos referentes ao número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> em relação à altura das árvores de <i>Pinus taeda</i> . Lages, SC. 1993/94 .....	72
Figura 12: Testículos de <i>Sirex noctilio</i> parasitados por <i>Deladenus siricidicola</i> .....	79
Figura 13: Ovários de <i>Sirex noctilio</i> parasitados por <i>Deladenus siricidicola</i> .....	79
Figura 14: Coeficientes de variação, para o número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , em função do número variável de árvores e de toretes de <i>Pinus taeda</i> . Encruzilhada do Sul, RS. 1993/94 .....	93
Figura 15: Coeficientes de variação, para o número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , em função do número variável de árvores e de toretes de <i>Pinus taeda</i> . Lages, SC. 1993/94 .....	94
Figura 16: Coeficientes de variação, para o número total de <i>Sirex noctilio</i> e de <i>Ibalia leucospoides</i> , em função do número variável de árvores e de toretes de <i>Pinus taeda</i> . Média de Encruzilhada do Sul, RS e Lages, SC. 1993/94 .....	95

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivos definir métodos de amostragem para avaliação populacional de *Sirex noctilio* e dos níveis de parasitismo de *Deladenus siricidicola* e *Ibalia leucospoides*, bem como, abordar aspectos relacionados ao controle biológico da praga. Para isso, foram instalados experimentos em povoamentos de *Pinus taeda* em Encruzilhada do Sul - RS e Lages - SC, onde havia sido constatada a presença de *I. leucospoides*. Em cada local foram selecionadas cinco árvores atacadas por *S. noctilio*, onde procedeu-se à inoculação de nematóides. As árvores foram divididas em toretes de 0,50 m, os quais foram acondicionados em gaiolas. Todos os adultos de *S. noctilio* que emergiram foram contados e dissecados sob lupa, para determinação da porcentagem de parasitismo por *D. siricidicola*. Os adultos de *I. leucospoides* foram contados, para o posterior cálculo da porcentagem de parasitismo. Para o estudo dos percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*, e percentuais de parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*, procurou-se definir um método de amostragem que priorizasse a redução dos custos e ao mesmo tempo oferecesse uma boa precisão dos resultados. Assim, a amostragem sequencial foi considerada a alternativa mais viável, por não apresentar um tamanho fixo de amostra, o qual é definido em função de resultados obtidos durante os levantamentos amostrais. O estudo da distribuição dos insetos ao longo do tronco indicou que a região correspondente aos 30% iniciais do tronco, apesar de apresentar maior volume de madeira, é menos preferida por *S. noctilio* e seus inimigos naturais. A análise de resíduos permitiu verificar que, na região compreendida entre 30% e 80% da altura total do tronco, ocorreu menor dispersão dos dados observados em relação aos pontos estimados pela equação de regressão, sendo que, para melhor precisão dos resultados, os toretes devem ser coletados nesta região, correspondendo ao terço médio e a metade do terço superior da árvore. Através da utilização de um modelo matemático de classificação hierárquica, foram elaboradas tabelas de coeficientes de variação, com as

quais tornou-se possível o estabelecimento do número de árvores e de toretes que deverão ser amostrados, levando-se em consideração, principalmente, o custo desta atividade e o espaço para o armazenamento das amostras. A definição dos níveis de nematóides em adultos de *S. noctilio*, indicou que, em Encruzilhada do Sul, onde 99,46% dos insetos apresentaram nível alto de nematóides, a porcentagem média de parasitismo, na área, também foi alta, 71,79%. Em Lages, onde 55,91% dos insetos apresentaram nível baixo de nematóides, a porcentagem média de parasitismo foi de apenas 26,59%, indicando que existe relação entre o nível de nematóides e a eficiência de *D. siricidicola*. Para a avaliação dos percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda* e do parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*, foram elaboradas tabelas, utilizando-se a amostragem sequencial. Em função do tamanho da amostra ser dimensionado à medida em que os resultados vão sendo obtidos, não ocorrem desperdícios com tamanhos excessivos e nem falta de precisão com tamanhos reduzidos da amostra. Isto propicia maior rapidez na obtenção dos resultados, economia de tempo e, conseqüentemente, redução dos custos da operação.

## SUMMARY

This thesis aimed at defining sampling methods to evaluate *Sirex noctilio* population and its parasitism by *Deladenus siricidicola* and *Ibalia leucospoides*, as well as, discussing some aspects related to biological control of this pest.

An experiment was installed in *Pinus taeda* plantation in Encruzilhada do Sul, RS and other in Lages, SC, in areas where *I. leucospoides* had already been detected. Five trees attacked by *S. noctilio* were selected in each place where the nematodes had been inoculated previously. The trees were divided in logs 0,50 m long and placed in cages. Every *S. noctilio* adult emerged was counted and dissected under stereoscopic microscope to determine the percentage of parasitism by *D. siricidicola*. The adults of *I. leucospoides* were counted for future calculations of parasitism. Sequential sampling was chosen as the sampling method for determining *S. noctilio* attack in *P. taeda* and percentage of parasitism by *D. siricidicola* in *S. noctilio* adults as this is a low cost method with precise results. Besides, it does not requires a fixed sample size once it is determined during sampling survey. The distribution study of insects along the trunk showed that the first 30% of the trunk is less preferred by *S. noctilio* and their natural enemies because despite of a greater wood volume in that region the number of insects emerged was lower. The residual analysis showed that the region between 30% and 80% from total trunk height had a lower data dispersion to the points estimated by regression equation. The logs should be collected at the medium third part and at the first half of the superior third part of the trunk for a better precision in the results. It was possible to determine the number of trees and logs that should be sampled by using a mathematical model of hierarchical classification to elaborate tables of coefficient of variation (CV) based on a pre-determined CV. The definition of levels of nematodes in adults of *S. noctilio* showed that in Encruzilhada do Sul, where 99,46% of insects presented high levels of matodes, the percentage of parasitism was also high

(71,79%). In Lages, where 55,91% of the insects presented low levels of nematodes, the percentage of parasitism was only 26,59%, showing that there is a relationship between the levels of nematodes and the efficiency of *D. siricidicola*. In the same way, by using a technic of sequential sampling it was defined the sampling size to evaluate parasitism levels of *D. siricidicola* in adults of *S. noctilio* through the elaboration of tables with diferents levels of precision. As sample size is determined when results are obtained, no excessive sampling occurs and there are not losses in precision due to reduced sample size. Therefore, results are rapidly collected in a cost effective way.

# 1 INTRODUÇÃO

Os principais componentes dos programas de reflorestamento de muitos países da América do Sul são as espécies de rápido crescimento, entre as quais destacam-se as do gênero *Pinus*.

Com a política brasileira de incentivos fiscais ao florestamento/reflorestamento, vigente de 1966 a 1987, ocorreu um aumento significativo da área plantada com esta essência florestal, sendo que, atualmente, de uma área total de aproximadamente cinco milhões de hectares, cerca de dois milhões referem-se a plantios de *Pinus* spp. Na região Sul e estado de São Paulo estão localizados aproximadamente 1,2 milhões de hectares, constituídos, em sua maioria, pelas espécies *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm., com as finalidades principais de suprir as indústrias de papel, celulose, chapas de partículas de madeira aglomerada, indústria de processamento de resina e também de produção de madeira serrada e lâminas.

Entretanto, devido à inadequação das práticas silviculturais, observa-se a existência de extensas áreas reflorestadas em precárias condições fitossanitárias, tornando os plantios mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças, expondo-os a perdas imprevisíveis. Enquadra-se neste caso, a ocorrência da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), originária da Europa, Ásia e norte da África, e detectada pela primeira vez no Brasil em fevereiro de 1988, atingindo em 1994, cerca de 200 mil hectares de povoamentos de *Pinus* spp. localizados nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Por se tratar de um inseto exótico, a utilização do controle biológico clássico, através do uso de inimigos naturais introduzidos de países de origem da praga, constitui-se na forma mais adequada, dentre as que compõe as ações para seu controle. Assim, em 1989, foi criado no Brasil, o Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (FUNCEMA) que possibilitou a implantação do Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira

(PNCVM). Este programa contempla a utilização do nematóide, *Deladenus siricidicola* (Nematoda: Neotylenchidae), que atua no aparelho reprodutor das fêmeas de *S. noctilio*, esterilizando-as. Também, tem sido utilizado o parasitóide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae), que ataca ovos e larvas de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> ínstar.

Na literatura, os estudos sobre a distribuição de *S. noctilio* e de seus inimigos naturais ao longo do tronco de *P. taeda* são inexistentes. Os poucos trabalhos que abordam o aspecto da amostragem para a avaliação da população de *S. noctilio* em *Pinus* spp. e dos níveis de parasitismo de *D. siricidicola* e *I. leucospoides*, apresentam uma variação muito grande nas recomendações quanto ao número, tamanho e posição das amostras.

Com relação aos percentuais de ataque de *S. noctilio* em plantios de *Pinus* spp., verifica-se a necessidade da definição de uma técnica de amostragem que, levando em conta a grande extensão dos povoamentos de *Pinus* e os variáveis níveis de ataque da praga, seja de fácil aplicação, rápida e que apresente um baixo custo.

## 1.1 OBJETIVOS GERAIS

- definir métodos de amostragem para avaliação populacional de *Sirex noctilio* e dos níveis de parasitismo de *Deladenus siricidicola* e *Ibalia leucospoides* em *Pinus taeda*, bem como, abordar aspectos relacionados ao controle biológico da praga.

## 1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- estudar a distribuição de *S. noctilio* e de seus inimigos naturais ao longo do tronco de *P. taeda*;

- determinar o tamanho ideal da amostra de árvores de *Pinus taeda*, para avaliação populacional de *S. noctilio* e do parasitismo de *D. siricidicola* e de *I. leucospoides*;

- definir um método de amostragem para a avaliação do parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*;

- definir um método de amostragem para a avaliação dos níveis de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 POSIÇÃO SISTEMÁTICA DE *Sirex noctilio*

De acordo com NEUMANN et al. (1987), *Sirex noctilio* apresenta a seguinte classificação:

Ordem: Hymenoptera

Sub-ordem: Symphyta

Família: Siricidae

Subfamília: Siricinae

Gênero: *Sirex* Linnaeus, 1761

Espécie: *S. noctilio* Fabricius, 1793

### 2.2 HOSPEDEIROS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *Sirex noctilio*

*Sirex noctilio* ocorre quase que exclusivamente em espécies do gênero *Pinus* (SPRADBERY & KIRK 1978).

De acordo com MILLER & CLARK (1935), CAMERON (1965), ZONDAG & NUTTALL (1977), IRVINE (1962), Miller & Clark (1933) citados por TAYLOR (1981), IEDE et al. (1988a; 1988b), MADDEN (1988) e REBUFFO (1990), são as seguintes as espécies hospedeiras de *S. noctilio*: *Abies* sp., *Larix* sp., *Picea* sp., *Pinus austriaca*, *P. canariensis*, *P. echinata*, *P. elliottii*, *P. halepensis*, *P. laricio*, *P. muricata*, *P. palustris*, *P. patula*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. ponderosa*, *P. radiata*, *P. taeda* e *Pseudotsuga* sp..

Há também registros de observação da postura e desenvolvimento de *S. noctilio* nas espécies, *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. kesiya*, *P. oocarpa* e *P. strobus* var. *chiapensis* (DURAFLORE, 1993).

*Sirex noctilio* é uma espécie originária da Europa, Ásia e norte da África, onde é considerada uma praga secundária (MORGAN 1968). Há a citação da sua ocorrência nos

seguintes países: Açores, África do Sul (interceptado), Alemanha, Argentina, Argélia, Austrália, Áustria, Bélgica, Brasil, Canadá (interceptado), Chipre, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grã-Bretanha, Grécia, Hungria, Itália, Japão (interceptado), Marrocos, Mongólia, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, Romênia, ex-Cecoslováquia, Tunísia, Turquia, ex-União Soviética e Uruguai (SMITH, 1978; BEECHE CISTERNAS et al., 1993).

De acordo com SPRADBERRY & KIRK (1981), existem poucos registros de danos de siricídios em florestas europeias. Entretanto, apesar destes danos poderem ser provocados em um grande número de espécies de coníferas, em 99% dos casos, os danos em espécies de *Pinus* são realizados por *S. noctilio*. Conforme SPRADBERRY (1973) esta é a única espécie dos siricídios europeus, capaz de atacar árvores vivas, levando-as à morte.

### 2.3 HISTÓRICO DE *Sirex noctilio*

*Sirex noctilio* estabeleceu-se na Nova Zelândia no ano de 1900, tendo sido considerada uma espécie comum por muitos anos (MILLER & CLARK, 1935). No entanto, entre 1940 e 1949, houve uma alta mortalidade de plantas, devido à extensa área reforestada com *P. radiata*, sob intensa competição entre plantas, ocasionada pela não realização de desbastes, além da ocorrência de um período de seca prolongado (RAWLINGS & WILSON, 1949).

Em 1952, *S. noctilio* foi detectado na ilha da Tasmânia, Austrália (GILBERT & MILLER, 1952) e em 1959, este inseto provocou uma mortalidade de plantas estimada em 40% (TAYLOR, 1981). Em 1961 foi constatada a sua presença no continente australiano, em Victoria (IRVINE, 1962).

Segundo REBUFFO (1990), *S. noctilio* ocorre no Uruguai desde 1980, atacando várias espécies de *Pinus*, sendo *P. taeda* a mais suscetível ao ataque, apresentando

mortalidades de até 60%. Para amenizar os danos foram utilizadas medidas de controle biológico e desbastes fitossanitários.

De acordo com ECHEVERRIA (1986), *S. noctilio* foi registrado na Província de Entre Rios, Argentina, entre 1985 e 1986, atacando *P. taeda* e *P. elliottii*. No entanto, provavelmente, condições climáticas desfavoráveis, não permitiram o seu estabelecimento. Em 1990, foi constatada a sua presença na Província de Buenos Aires (VISCARRA SANCHES, 1993).

Em 1988, *S. noctilio* foi detectado pela primeira vez no Brasil, em povoamentos de *P. taeda*, nos municípios de Gramado, Canela e São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul. Os plantios apresentavam cerca de 13 anos, um espaçamento entre plantas de 2 X 2 m e não haviam sido desbastados (IEDE et al., 1988a; 1988b). Em 1989 foi registrada a presença desta praga no município de Lages, SC e em 1994 ela foi detectada no estado do Paraná, no município de Palmas. Em ambos os casos a presença da praga foi verificada, inicialmente, em grupamentos de árvores - armadilha.

#### 2.4 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Sirex noctilio*

Os ovos de *S. noctilio* apresentam o formato alongado, coloração branca e superfície lisa (NEUMANN et al., 1987). Durante a postura, além dos ovos, são introduzidos na árvore, esporos de um fungo simbiote, *Amylostereum areolatum*, o qual encontra-se armazenado em um par de glândulas micangiais. Também é depositada uma mucosecreção que está contida em uma glândula de muco, localizada na base do ovipositor (SPRADBERY, 1973). COUTTS (1969) observou que esta mucosecreção provoca mudanças fisiológicas rápidas no tronco e folhas do *Pinus* spp., e que, isoladamente, nem o fungo nem a mucosecreção causam a morte da árvore, porém, a combinação deles é letal.

Durante a postura, *S. noctilio* pode realizar perfurações simples ou múltiplas no albumo das árvores de *Pinus* spp., a uma profundidade média de 12 mm (NEUMANN et al., 1987). TALBOT (1964) e COUTTS (1969) verificaram que, em perfurações simples, a fêmea deposita apenas esporos do fungo e a mucosecreção e, de acordo com NEUMANN et al. (1987), isto é feito, principalmente, para criar as condições ideais para o desenvolvimento do inseto. MADDEN (1974) observou uma variação na frequência de ovos colocados em diferentes tipos de perfurações, constatando que a perfuração inicial é exploratória. Verificou também, que uma única perfuração pode ocorrer quando a pressão osmótica do floema é muito alta, condição que prejudica o desenvolvimento dos ovos e larvas. Por outro lado, quando esta pressão é baixa, podem ocorrer perfurações múltiplas (até cinco foram encontradas), indicando que a frequência de ovos depositados depende das condições fisiológicas da árvore.

O período de incubação pode durar de 14 a 28 dias, conforme MORGAN (1968).

As larvas de *S. noctilio* possuem coloração geral branca, formato cilíndrico, pernas torácicas vestigiais, fortes mandíbulas denteadas e um espinho supra-anal (MORGAN 1968). NEUMANN et al. (1987) sugeriram que este espinho é utilizado pela larva para comprimir o "frass" (mistura de fezes, madeira triturada e excreções do inseto), durante a sua atividade alimentar.

Logo após a eclosão, a larva inicia a sua alimentação, construindo galerias próximas aos locais de postura. Quando atingem o terceiro ou quarto ínstar, constroem galerias mais internas na madeira (TAYLOR, 1981).

A larva não ingere a madeira; aparentemente ela extrai os nutrientes do micélio do fungo, os quais são dissolvidos pela sua saliva. A secreção salivar e os nutrientes são então ingeridos e os fragmentos de madeira, regurgitados (MORGAN, 1968).

Quanto à duração do estágio larval, NEUMANN et al. (1987) verificaram a existência de seis a sete ínstares. Observaram também, em toretes com pequeno diâmetro,

a existência de indivíduos que apresentavam apenas três instares larvais e TAYLOR (1981) registrou, em locais de clima frio na Tasmânia, insetos com até doze instares.

De acordo com CARVALHO (1992), as pupas de *S. noctilio* são brancas, do tipo exarata e apresentam um tegumento fino e transparente. O tempo de duração da fase de pré-pupa e pupa, observada por CARVALHO (1992), foi de 16 e 20 dias, respectivamente, e MORGAN (1968) verificou uma duração de três a cinco semanas para a fase de pupa.

No período que antecede ao período de pupa, a larva dirige-se para próximo da superfície do tronco e, geralmente, após três semanas, os adultos emergem. Muitos indivíduos se transformam em pupa somente no segundo ou terceiro ano após a eclosão (TAYLOR, 1981).

Os adultos desta espécie apresentam um dimorfismo sexual muito acentuado, sendo o macho de cor azul escuro metálico, com as asas, os segmentos abdominais, do 3º ao 7º, a fronte e as pernas medianas, de cor laranja. A fêmea apresenta coloração azul escuro metálico, com as pernas e asas de coloração âmbar. Possuem uma projeção no final do abdomen, o ovipositor, o qual é protegido por uma bainha. Ambos os sexos apresentam um proeminente espinho (cerco), no último segmento abdominal (NEUMANN et al., 1987).

Os adultos de *S. noctilio* começam a emergir, geralmente, no verão. No entanto, podem ocorrer variações devido a diferenças nas condições climáticas. Um segundo pico de emergência pode ocorrer no outono, em virtude da existência de insetos com ciclo de vida curto (NEUMANN et al., 1987). MORGAN (1968) verificou que os machos iniciam a emergência, aproximadamente, uma semana antes das fêmeas.

No Brasil, observou-se que a maioria dos adultos emerge entre novembro e abril, com picos nos meses de novembro e dezembro. CARVALHO (1992) registrou, em toretes acondicionados em laboratório, para o ciclo anual, um pico de emergência em

dezembro/1990 e outro em novembro/1991; para o ciclo de aproximadamente três a cinco meses, um pico em abril/1991.

Aproximadamente 75% da população de *S. noctilio* completa o seu desenvolvimento em um ano. O restante pode apresentar ciclo de dois anos, ou emergir no terceiro ano, mas, aparentemente, esses indivíduos não sobrevivem (MORGAN, 1968). Em toretes acondicionados em laboratório e em árvores com diâmetros entre 5 e 15 cm, foi observado por IEDE et al. (1988b) a existência de ciclos curtos, com duração de três a quatro meses. CARVALHO (1992) observou, em toretes de 6,5 a 10 cm de diâmetro, duração média do ciclo evolutivo de 92,92 dias.

## 2.5 SINTOMAS DE ATAQUE E DANOS DE *Sirex noctilio*

Para CHRYSTAL (1928), o gênero *Sirex* não pode ser considerado uma praga primária, pois, outros fatores devem contribuir, inicialmente, para que a árvore se torne atrativa e apresente as condições adequadas para o desenvolvimento do inseto. MADDEN (1977) demonstrou que a base desta atração é a liberação, através da casca da árvore, de hidrocarbonetos monoterpênicos, originários da seiva do floema ou câmbio, seguido por mudanças na sua permeabilidade. Isso ocorre em locais da planta que se encontram estressados, tendo sido verificado também um declínio na pressão osmótica e a paralisação temporária do crescimento da árvore. COUTTS (1969) observou que muitas árvores atacadas apresentavam clorose das acículas, em torno de dez a 14 dias após o ataque, e que o progresso desta clorose dependia da intensidade do ataque e da suscetibilidade da árvore hospedeira. De acordo com MADDEN (1975), as árvores preferidas inicialmente por *Sirex* são aquelas que apresentam um menor diâmetro e encontram-se na condição de dominada, embora tenha sido constatado também, o ataque em árvores dominantes.

Os principais danos provocados por este inseto são: perfurações na madeira, realizadas por larvas e adultos, deterioração da madeira devido à ação do fungo *A. areolatum* e a ocorrência de partes debilitadas nos locais onde são realizadas as posturas, com o escorrimento de resina, sendo também esta uma porta de entrada para um fungo secundário do gênero *Botryodiplodia* (RAWLINGS, 1948; IEDE et al., 1988b).

Os sintomas externos mais visíveis são: progressivo amarelecimento da copa que posteriormente torna-se marron-avermelhada; esmorecimento da folhagem e perda das acículas; respingos de resina na casca (em função das perfurações realizadas para a postura) e orifícios de emergência de adultos (NEUMANN et al., 1987).

Os sintomas internos são: presença de manchas marrons ao longo do câmbio (abaixo da casca), causadas pelo fungo *A. areolatum* e galerias feitas pelas larvas, que comprometem a qualidade da madeira. Também há um comprometimento da madeira, pela penetração de agentes secundários que limitam o seu uso, ou a tornam imprópria para o mercado (NEUMANN et al., 1987).

A relação entre a fisiologia da planta e o ataque de *S. noctilio* pode ser definida em três etapas, segundo NEUMANN et al. (1987): uma fase inicial de predisposição ao ataque, seguida por uma fase de reforço do estresse e, por último, a fase de desenvolvimento do fungo *A. areolatum*. A fase de predisposição ocorre quando as árvores são danificadas ou estressadas por fatores ambientais ou operações mecânicas e a fase de reforço do estresse é iniciada quando as fêmeas injetam o muco fitotóxico, durante a postura.

NEUMANN et al. (1987) verificaram que os plantios mais suscetíveis ao ataque de *S. noctilio*, geralmente, possuem mais de 12 anos e encontram-se sob estresse, e de acordo com MENDES (1992), a curva de crescimento de *P. taeda* apresenta um maior incremento a partir dos doze anos. Assim, se um povoamento é atacado nesta fase, e

submetido a um corte raso antecipado, ele deixará de produzir cerca de 60% da madeira esperada e a madeira retirada terá um alto custo de produção.

## 2.6 RESISTÊNCIA DE PLANTAS AO ATAQUE DE *Sirex noctilio*

De acordo com NEUMANN et al. (1987), as árvores capazes de resistir ao ataque de *S. noctilio* são aquelas que não tenham sofrido nenhum tipo de dano físico e que tenham crescido em condições adequadas.

MORGAN (1968) observou que as árvores mais adequadas à sobrevivência de *S. noctilio* são aquelas que apresentam uma rápida perda de umidade logo após o ataque. A combinação de teores de umidade intermediários e altos níveis de lipídeos na madeira favorece o estabelecimento e crescimento do fungo *A. areolatum* (Titze 1965, citado por MORGAN 1968).

KILE & TURNBULL (1974) observaram que em árvores não adequadas ao desenvolvimento de *S. noctilio*, as perfurações realizadas durante a postura são esparsas. Também verificaram um efeito inibidor da resina sobre o fungo *A. areolatum*. Desta forma, a resina pode impedir o desenvolvimento do fungo, e as substâncias presentes na resina (principalmente  $\alpha$  e  $\beta$  pineno) podem paralisar o seu crescimento.

Os mecanismos de resistência de *Pinus* spp. a *S. noctilio* envolvem um rápido e extensivo fluxo de resina nos locais lesionados pelo inseto; isolamento dos locais atacados, por barreiras de polifenóis antifúngicas; queda precoce das acículas, as quais carregam uma grande quantidade de muco fitotóxico e crescimento de novos tecidos funcionais do floema, câmbio e xilema, ao redor das lesões (NEUMANN et al., 1987).

Segundo MADDEN (1975), os fatores que afetam o estabelecimento do fungo e a sobrevivência de *Sirex* são as formações de polifenóis e de resina.

## 2.7 MEDIDAS DE PREVENÇÃO DO ATAQUE DE *Sirex noctilio*

Segundo TAYLOR (1981), o ataque de *S. noctilio* pode ser minimizado se os plantios forem localizados em sítios de boa qualidade e com um manejo adequado, para manter o vigor das plantas, reduzindo desta forma, o índice de mortalidade nos estágios iniciais de ataque.

Para NEUMANN et al. (1987), o ataque de *S. noctilio* é um problema, principalmente, silvicultural e recomendam as seguintes medidas de prevenção e controle:

- realizar desbastes nas épocas certas, a fim de reduzir a competição entre árvores e permitir a remoção das árvores dominadas, bifurcadas, deformadas e danificadas;

- não realizar operações de desbaste e poda alta em períodos que antecedam a época de revoada de insetos adultos;

- evitar a implantação de povoamentos em terrenos íngremes, o que dificulta a realização das práticas silviculturais;

- minimizar as lesões às árvores durante a realização das práticas silviculturais.

Ure (1949) citado por SUTTON (1984) desenvolveu um regime silvicultural para plantios de *P. radiata* na Nova Zelândia, recomendando a realização de desbastes ralos e frequentes para manter o vigor das plantas e reduzir a competição. Segundo SUTTON (1984) os princípios básicos deste regime de desbaste formou a base das práticas silviculturais utilizadas posteriormente.

A utilização de árvores-armadilha, através do estressamento das árvores pela utilização do herbicida Dicamba, é uma técnica muito eficiente e utilizada principalmente para detectar a presença de *Sirex* sp. em níveis populacionais baixos e proporcionar pontos para liberação de inimigos naturais (MINKO, 1981; BEDDING, 1989; IEDE et al., 1989; MENDES, 1992).

Conforme HAUGEN & UNDERDOWN (1990), a detecção precoce de *Sirex* sp. permite a liberação de inimigos naturais antes que a população da praga atinja o nível de dano econômico. O objetivo é detectá-la antes desta provocar um nível de mortalidade de árvores superior a 0,1%, ou seja, de uma a duas árvores atacadas por hectare, em um povoamento não desbastado.

## 2.8 CONTROLE BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* COM O NEMATÓIDE *Deladenus siricidicola*

### 2.8.1 POSIÇÃO SISTEMÁTICA

De acordo com POINAR (1975), *D. siricidicola* apresenta a seguinte classificação:

Phylum: Nematoda

Classe: Secernentea

Ordem: Tylenchidae

Superfamília: Tylenchoidea

Família: Neotylenchidae

Subfamília: Neotylenchinae

Gênero: *Deladenus*

Espécie: *D. siricidicola* Bedding

### 2.8.2 HOSPEDEIROS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

O primeiro registro de *D. siricidicola* foi feito na Ilha do Norte, Nova Zelândia, por ZONDAG, no ano de 1962, em uma fêmea de *S. noctilio*. Posteriormente, foi constatada a presença deste nematóide em quase todas as florestas de *Pinus* daquela ilha (ZONDAG, 1969).

Segundo BEDDING (1972), *D. siricidicola* é encontrado parasitando *S. noctilio* F., *S. juvencus* L., *S. cyaneus* F., *S. nitobei* Matsumura, *Xeris spectrum* L. e um coleóptero

associado com estas espécies, *Serropalpus barbatus* (Schall). As espécies, *S. noctilio*, *S. juvenis*, *S. cyaneus* e *S. nitobei* estão associados ao mesmo fungo simbionte, *A. areolatum*.

Segundo NUTTAL (1980), *D. siricidicola* pode ser encontrado na natureza, apenas no interior de *Sirex* spp., ou em madeira que contenha o fungo *A. areolatum* em desenvolvimento.

BEDDING & AKHURST (1978) registraram a presença deste nematóide no Japão e em 19 países da Europa.

### 2.8.3 ASPECTOS BIOLÓGICOS

O estudo da biologia desse nematóide foi realizado por BEDDING (1967; 1972), o qual verificou a ocorrência de dois ciclo de vida, sendo um de vida-livre ou micetófago e outro de vida parasítica.

O ciclo de vida livre inicia quando, durante a postura, as fêmeas de *S. noctilio* parasitadas pelo nematóide, colocam seus ovos contendo nematóides juvenis nas árvores de *Pinus* spp., juntamente com esporos do fungo *A. areolatum*. Os nematóides juvenis eclodem dos ovos do hospedeiro poucas horas após a postura. Quando o teor de umidade da árvore é muito alto, o deslocamento destes nematóides é lento, aumentando à medida em que a umidade da madeira vai decrescendo, sendo mais adequado quando aproxima-se a 50% (baseado no peso seco). Os juvenis começam a se alimentar do fungo e tornam-se nematóides adultos de vida-livre ou micetófagos, colocando muitos ovos dentro dos traqueóides da madeira, ao redor dos locais de postura, nos canais de resina e sob a casca. Nestas áreas relativamente assépticas, onde o fungo é esparso, os nematóides juvenis desenvolvem-se apenas como forma de vida-livre. No entanto, nos arredores das larvas de *S. noctilio*, eles podem se desenvolver como adultos de vida parasítica (BEDDING, 1972).

As fêmeas micetófagas são ovíparas e apresentam um estilete pequeno e delicado, adaptado para sugar os fluidos das hifas do fungo. Os machos apresentam grandes espermatozóides, com formato amebóide (BEDDING, 1984). O ciclo de vida-livre pode se repetir indefinidamente (BEDDING, 1972).

No ciclo de vida parasítico, as fêmeas parasíticas ou infectivas apresentam um estilete duas vezes mais longo e mais largo que o da forma de vida-livre, sendo esse adaptado para perfurar a espessa cutícula da larva hospedeira. Os machos de vida parasítica contém espermatozóides muito pequenos e estes machos, nunca acasalam com fêmeas micetófagas, e da mesma forma, os machos micetófagos nunca acasalam com fêmeas parasíticas (BEDDING, 1972). No habitat natural, dentro da árvore, as fêmeas infectivas são geralmente produzidas nos arredores das larvas de *Sirex*, onde estão presentes muitos microorganismos. Alguns destes produzem ácido láctico, levando à formação de nematóides de vida parasítica (BEDDING, 1984). De acordo com BEDDING (1992a), a produção de nematóides de vida parasítica ocorre quando estão presentes altas concentrações de CO<sub>2</sub> e um baixo pH. Na ausência de larvas de *S. noctilio*, os níveis de CO<sub>2</sub> não são suficientemente altos e o pH não é suficientemente baixo para promover o desenvolvimento de formas infectivas.

Apenas as fêmeas infectivas, adultas e acasaladas penetram nas larvas de *S. noctilio*. Com o auxílio do estilete, o nematóide perfura a cutícula, penetrando na larva de *S. noctilio*. Alguns segundos após a penetração, uma pequena quantidade de hemolinfa sai do local, surgindo poucas horas após, uma mancha característica, melanizada, na superfície do corpo da larva. Estas manchas ou cicatrizes são circulares, apresentam coloração marron-alaranjado a marron-escuro e situam-se na hipoderme. Estas cicatrizes podem desaparecer durante a ecdise (BEDDING\*, comunicação pessoal).

---

\* BEDDING, R.A. Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation, CSIRO, Austrália.

Em uma única larva hospedeira podem penetrar mais de 100 nematóides, mas, usualmente, penetram de cinco a 20 nematóides e cada fêmea infectiva produz em torno de 10.000 juvenis (BEDDING, 1972).

Quando o hospedeiro inicia a pupação, ocorre a produção de milhares de ovos, os quais são fecundados e eclodem dentro da fêmea do nematóide (BEDDING & AKHURST, 1974). Logo após, as formas juvenis saem do corpo do nematóide, localizando-se na hemocele da pupa hospedeira. Posteriormente, migram para os órgãos reprodutores do hospedeiro e, no caso das fêmeas, os nematóides penetram em todos os ovos, suprimindo o desenvolvimento dos ovários, tornando-as estéreis. Cada ovo pode conter de 50 a 200 nematóides. Nos hospedeiros machos, os testículos tornam-se uma sólida massa de milhares de nematóides juvenis (BEDDING, 1972). No entanto, os machos permanecem férteis, pois no início da pupação do hospedeiro, a maioria dos espermatozóides passam para as vesículas seminais, onde os nematóides não conseguem penetrar, e assim, os espermatozóides são normalmente transferidos durante a cópula (BEDDING, 1972).

BEDDING (1992b) relatou que, quando a fêmea de *S. noctilio* parasitada emerge de uma árvore, ela pode conter na sua hemocele, de uma a 100 fêmeas adultas do nematóide, e que elas, geralmente, já liberaram a maioria dos juvenis que estavam no interior do seu corpo, para a hemocele do hospedeiro.

Na maioria das linhagens de *S. noctilio* presentes na Austrália, os juvenis iniciam a entrada nos ovários bem antes do final da pupação do hospedeiro, causando a supressão do desenvolvimento ovariano e uma grande redução no tamanho e número de ovos produzidos. Nestes casos, geralmente todos os ovos contém juvenis e milhares deles também podem ser encontrados livres nos ovários e ovidutos. Muito raramente são encontrados ovos não contendo juvenis, e estes são pequenos e abortivos (BEDDING, 1972).

Em *S. juvencus* e *S. cyaneus*, a maioria dos juvenis não é liberada para a hemocele do hospedeiro até pouco antes deste se transformar em adulto e penetra nos ovos do hospedeiro, antes da sua emergência. Todos os ovos são infectados antes da postura e poucos juvenis são encontrados livres nos ovidutos e ovários (BEDDING, 1972).

Em *S. nitobei*, do Japão, os ovários e ovos, já totalmente desenvolvidos, não contém nematóides; todos os juvenis localizam-se nos ovários e ovidutos e são transmitidos com os ovos durante a postura. *D. siricidicola*, desta mesma origem, tem um comportamento similar na Austrália, uma vez que os juvenis não são liberados do corpo da fêmea infectiva até bem depois do hospedeiro se transformar em adulto (BEDDING, 1972).

#### 2.8.4 INOCULAÇÃO DO NEMATÓIDE

No Brasil, os nematóides são produzidos e distribuídos aos proprietários de plantios de *Pinus* spp. atacados por *S. noctilio*, pelo CNPFlorestas/EMBRAPA.

As informações e recomendações a respeito da inoculação de nematóides são aquelas apresentadas por BEDDING (1989); IEDE et al. (1989) e CNPFLORESTAS (1992a).

Cada dose de nematóides com 20 ml contém, aproximadamente, 1.000.000 de indivíduos, e é suficiente para tratar, em média, dez árvores. Estas doses devem ser aplicadas em, no máximo, sete dias após a sua obtenção e, neste período, devem ser mantidas a uma temperatura de 5°C.

Para a inoculação dos nematóides em árvores atacadas por *S. noctilio*, é preparada uma gelatina na concentração de 9,2%, onde é adicionada uma certa quantidade de doses, dependendo do número de árvores a serem inoculadas. A gelatina tem a função de garantir a hidratação dos nematóides, até que estes penetrem no interior da madeira. Esta solução de gelatina com as doses de nematóides é denominada de inóculo.

Para o transporte ao campo, o inóculo é transferido para um saco plástico resistente e colocado em uma caixa de isopor com gelo. A temperatura dentro da caixa deverá ser mantida entre 5° C e 15° C.

As árvores selecionadas para a inoculação são aquelas recentemente mortas devido ao ataque de *S. noctilio*, que apresentam a copa amarelada, respingos de resina no tronco, ausência de orifícios de emergência de adultos e devem apresentar um teor de umidade em torno de 50% (baseado no peso seco).

As árvores são derrubadas, desgalhadas e, com o auxílio de um martelo especial, são realizadas perfurações, a uma profundidade de cerca de 10 mm, a cada 30 cm do tronco. Em árvores com diâmetro até 15 cm, é realizada apenas uma fileira de orifícios. Em árvores com diâmetro superior a 15 cm, são realizadas duas fileiras de orifícios, na posição “dez para as duas”. A inoculação deve ser realizada ao longo do tronco, até este apresentar um diâmetro mínimo de 8 cm.

O inóculo é transferido para um frasco aplicador e introduzido nos orifícios.

O martelo utilizado para a aplicação do inóculo, apresenta uma ponteira de aço (vasador), a qual é responsável pelo corte da madeira. Estas ponteiros devem estar sempre bem afiadas, pois é necessário que as perfurações no tronco sejam perfeitas, para facilitar a penetração dos nematóides.

Para maior eficiência do nematóide, as árvores devem ser inoculadas entre os meses de fevereiro e agosto, época de maior ocorrência de larvas e de condições de umidade mais adequadas ao desenvolvimento dos mesmos.

A temperatura ambiente, durante o período de aplicação, deve estar entre 7° C e 20° C. Fora destes limites, pode ocorrer grande mortalidade dos nematóides, pois altas temperaturas tendem a derreter a gelatina rapidamente, antes dos nematóides terem penetrado mais internamente na madeira e baixas temperaturas podem congelar o inóculo.

Quanto ao número de árvores que deverão ser inoculadas, BEDDING (1989) e IEDE et al. (1989) recomendaram :

- áreas que apresentam de uma a cinco árvores atacadas por hectare: inocular todas as árvores atacadas e estabelecer grupos de árvores-armadilha a cada 500 m.

- áreas que apresentam de seis a 25 árvores atacadas por hectare: inocular cinco árvores atacadas por hectare, bem distribuídas e estabelecer grupos de árvores-armadilha a cada 500 m.

- áreas com 25 ou mais árvores atacadas por hectare: inocular 20% delas ( ex.: todas as árvores atacadas a cada quinta linha).

#### 2.8.5 EFICIÊNCIA DE *Deladenus siricidicola*

BEDDING & AKHURST (1974) relataram que, 70% das fêmeas de *Sirex* que emergiram de árvores inoculadas com o nematóide, se encontravam parasitadas.

A ocorrência de níveis de parasitismo próximos a 90%, nas florestas de North Island foi relatada por ZONDAG (1979) .

BEDDING (1992a) observou que *D. siricidicola* apresenta densidade dependente, podendo atingir níveis de parasitismo próximos a 100%. Este mesmo autor relatou que, nas aplicações realizadas entre 1987 e 1989, na Austrália, resultaram em menos de 25% de insetos parasitados. Investigações realizadas por HAUGEN & UNDERDOWN (1993) demonstraram que a causa do baixo parasitismo teria sido a perda de infectividade da linhagem de *D. siricidicola*. Isto teria decorrido das contínuas sub-culturas em laboratório na forma de vida-livre, sem a passagem pela forma de vida parasítica, resultando em uma linhagem que, atualmente, raramente dá origem à forma de vida parasítica, mesmo encontrando as condições ideais, na madeira.

BEDDING (1992a) concluiu que a linhagem que tornou-se "defectiva" poderá atingir altos níveis de parasitismo, apenas quando a porcentagem de mortalidade

de árvores, devido ao ataque de *S. noctilio*, estiver acima de 10%. No início do programa de controle de *S. noctilio* na Austrália, esta linhagem produzia altos níveis de parasitismo, mesmo em plantios onde a mortalidade de plantas devido ao ataque da praga, era menor que 1%. Em função disso, foram realizadas novas coletas de nematóides, em árvores de *P. radiata*, nas florestas Kamona, em Scottsdale, Austrália, onde o nematóide foi liberado uma única vez, em 1970 (BEDDING\*, comunicação pessoal). Esta nova linhagem já está sendo utilizada a nível de campo na Austrália e foi importada pelo CNPFlorestas/EMBRAPA, em julho de 1994. Em 1995, as inoculações de nematóides, no Brasil, passaram a ser realizadas com esta nova linhagem.

## 2.9 CONTROLE BIOLÓGICO DE *Sirex noctilio* COM O PARASITÓIDE *Ibalia leucospoides*

### 2.9.1 POSIÇÃO SISTEMÁTICA

De acordo com CLAUSEN (1962), *I. leucospoides* apresenta a seguinte classificação:

Ordem: Hymenoptera

Subordem: Apocrita

Família: Ibaliidae

Subfamília: Ibaliinae

Gênero: *Ibalia*

Espécie: *I. leucospoides* Hochenwald

---

\* BEDDING, R.A. Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation, CSIRO, Austrália.

### 2.9.2 HOSPEDEIROS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Segundo WELD (1952), o gênero *Ibalia* é o único endoparasitóide de larvas de Siricidae encontrado em áreas florestadas na Europa, Ásia e América do Norte.

Conforme WELD (1952), REBUFFO (1990) e CARVALHO (1993a), *I. leucospoides* encontra-se distribuída nos seguintes países: França, Inglaterra, Alemanha, Áustria, Rússia, e introduzido na Nova Zelândia, Tasmânia, continente australiano, Uruguai e Brasil.

Os hospedeiros de *I. leucospoides* segundo WELD (1952) são: *Sirex juvencus*; *S. noctilio*; *S. cyaneus*; *Urocerus gigas*; e possivelmente *Xeris spectrum*.

### 2.9.3 HISTÓRICO

O controle biológico de *S. noctilio* com parasitóides iniciou-se na Nova Zelândia em 1927, com a coleta destes organismos na Europa (CHRYSTAL, 1930; HANSON, 1939). Entre 1959 e 1960, *I. leucospoides* foi introduzido na Tasmânia, através de coletas na Nova Zelândia (TAYLOR, 1976;1981).

Quando *S. noctilio* foi detectado no continente australiano, devido à existência de extensos plantios de *P. radiata* naquele país, foi criado, em 1962, o "National *Sirex* Fund", e o Programa de Controle Biológico de *S. noctilio*, que teve como objetivo a coleta de parasitóides nos locais de origem da praga, a sua criação em laboratório e liberação em campo (TAYLOR, 1976).

Em 1984, foi constatada a presença de *I. leucospoides* no Uruguai, provavelmente, introduzido junto com *S. noctilio* (REBUFFO, 1988).

A presença de *I. leucospoides* no Brasil foi registrada pela primeira vez, em dezembro de 1990, em povoamentos de *P. taeda* atacados pela vespa-da-madeira, no Município de São Francisco de Paula, RS (CARVALHO, 1993a). Posteriormente, foi detectada a sua presença em Encruzilhada do Sul, RS e em maio de 1992, no município

de Lages, SC. Atualmente esta espécie encontra-se distribuída em quase todas as áreas onde há a presença de seu hospedeiro. Em alguns casos, foram realizadas criações em laboratório e liberações em campo, por parte das empresas reflorestadoras, com o objetivo de introduzir o parasitóide em áreas onde ele ainda não estava presente ou na tentativa de melhorar os níveis de parasitismo.

#### 2.9.4 ASPECTOS BIOLÓGICOS

Os adultos de *I.leucospoides* parasitam ovos e larvas de primeiro e segundo instar de *S. noctilio* (CHRYSTAL, 1930). Este mesmo autor encontrou mais de duas larvas do parasitóide em uma única larva hospedeira, no entanto, CARVALHO (1993b) verificou que mais de um ovo pode ser colocado sobre uma mesma larva hospedeira, mas apenas uma larva do parasitóide sobrevive.

De acordo com CHRYSTAL (1930), antes de iniciar a postura, a fêmea de *I.leucospoides* realiza uma inspeção na casca da árvore, com o auxílio de suas antenas. Quando encontra um local adequado, introduz as antenas dentro do orifício de postura de *S. noctilio* e inspeciona os túneis realizados pela fêmea de seu hospedeiro. Para a postura propriamente dita, a fêmea abaixa o sétimo par de esternitos abdominais (hipopígio), introduzindo-o nas fissuras existentes na casca da árvore, realizando movimentos ritmados, para cima e para baixo, para a deposição dos ovos.

Sweetman (1958), citado por CARVALHO (1993b) verificou que o período de incubação dos ovos pode variar de 6 meses a um ano e CHRYSTAL (1930) observou que a eclosão ocorre de dois a três meses, ou até um ano após a postura.

O estágio larval é composto por quatro instares, sendo que três deles ocorrem no interior da larva hospedeira, e o último externamente, quando a larva do parasitóide é encontrada nas galerias da madeira. Diferem das larvas de *S. noctilio*, pela ausência do espinho supra-anal, característica das larvas da vespa-da-madeira (NUTTALL, 1980).

Os primeiros indícios da fase de pré-pupa é o enrugamento gradual da cutícula e o surgimento, na cabeça, de dois pontos de coloração roxa, que serão os futuros olhos. Nesta fase, o parasitóide dirige-se para as proximidades da casca da árvore, onde empupa, permanecendo por cinco a seis semanas (CHRYSTAL, 1930).

As fêmeas adultas apresentam a cabeça preta com antenas quase tão longas quanto o abdômen. O tórax é preto, e pelo menos duas vezes mais longo do que largo. As asas apresentam coloração cinza e as pernas são escuras, tendendo para cores avermelhadas. O abdômen, em vista dorsal, é semelhante a uma lâmina, com a porção visível do sétimo tergito, apresentando um formato triangular. Variam em tamanho de 7,5 a 14,1 mm (CHRYSTAL, 1930).

As principais diferenças existentes nos machos são as seguintes: as antenas apresentam no terceiro artigo, uma sinuosa escavação no seu lado externo. Em vista dorsal, a característica do abdômen em forma de lâmina é tão marcante nos machos como nas fêmeas, no entanto, em vista lateral, o contorno é muito diferente, apresentando a porção posterior muito menos aguda e o sétimo tergito é sub-retangular. Medem entre 6,5 a 12 mm de comprimento (CHRYSTAL, 1930).

Os machos emergem geralmente antes das fêmeas e permanecem nos arredores das árvores para esperar a emergência delas (CHRYSTAL, 1930). No Brasil, CARVALHO (1993b) observou que o período de emergência ocorre entre os meses de novembro e janeiro, e entre abril e maio.

CARVALHO (1993b) verificou que a duração do desenvolvimento do ovo até a emergência do adulto, no Brasil, foi de 90 a 95 dias, observado em adultos de *S. noctilio* de ciclo curto de desenvolvimento. Entretanto, CHRYSTAL (1930), na Inglaterra, observou um ciclo não inferior a três anos.

Segundo SPRADBERRY (1974) *I. leucospoides* localiza seu hospedeiro pelo odor emanado dos orifícios de postura realizados pela fêmea hospedeira. MADDEN

(1968) observou que o fator responsável pela atração do parasitóide é o fungo *A. areolatum*.

MORGAN & STEWART (1966) verificaram que a atração do parasitóide é olfatória e que deve-se, em parte, à presença do fungo simbiote e, principalmente, devido a alguma secreção emanada do corpo da larva hospedeira. Verificou também que esta secreção atrativa está presente, em alta concentração, no "frass" larval.

SPRADBERY (1974) determinou que *I. leucospoides* tem preferência pelo fungo simbiote de *S. noctilio*.

#### 2.9.5 EFICIÊNCIA DE *Ibalia leucospoides*

Segundo TAYLOR (1967), *I. leucospoides* pode dispersar-se rapidamente a longas distâncias e, quando atinge novos locais, reproduz-se intensamente. Foi observado também que *I. leucospoides* é mais eficiente em locais de clima seco. TAYLOR (1976) constatou que esta espécie apresenta uma excelente capacidade reprodutiva, independente de existir alimento disponível, sendo, portanto, um dos mais eficientes parasitóides de *S. noctilio*.

NEUMANN et al. (1987) observaram que as espécies de *Ibalia*, na Austrália, estabeleceram-se em todas as áreas infestadas por *Sirex*, onde foram liberadas, apresentando uma excelente capacidade de dispersão. Fry (1981), citado por NEUMANN et al. (1987), relatou que em plantios de *P. radiata* no "Central Gippsland" (Austrália), no período de três anos, foi registrado um aumento no nível de parasitismo das espécies de *Ibalia*, de 12% para 32,4%.

Na Tasmânia e Victoria, TAYLOR (1967) observou que *I. leucospoides* estabeleceu-se muito bem em todos os locais onde foi liberada, tendo sido registrada a uma distância de até 80 quilômetros dos locais de liberação. NEUMANN et al. (1987) constataram que, em plantios comerciais em Victoria, as espécies de *Ibalia* limitaram-se a

um parasitismo entre 12,7% e 28,9%. Em alguns levantamentos realizados no Uruguai, REBUFFO (1990) verificou um nível médio de parasitismo de 24%. No Brasil, CARVALHO (1993b) registrou, no município de São Francisco de Paula - RS, na revoada de abril a maio, um índice de parasitismo de 29,05% e na revoada de novembro a janeiro, 30,09%. SILVA (1995) constatou em Encruzilhada do Sul - RS e Lages - SC, respectivamente, porcentagens de parasitismo de 29,40% e 0%.

BEDDING (1992a) verificou que os parasitóides de *S. noctilio* não apresentam densidade dependente.

Por ser um inseto de fácil criação e apresentar uma rápida dispersão, acompanhando o seu hospedeiro, *I. leucospoides* foi amplamente utilizado para o controle de *S. noctilio*, na Nova Zelândia e Austrália. No Brasil, algumas empresas reflorestadoras têm realizado criações para liberações em campo, e o nível de parasitismo tem se mantido em torno de 20% (IEDE\*, comunicação pessoal).

PENTEADO & IEDE (1993), acrescentaram que, pelos resultados obtidos em diferentes países, com a utilização de insetos parasitóides para o controle de *S. noctilio*, pode-se concluir que estes organismos têm um papel muito importante na manutenção da população de *S. noctilio* abaixo do nível econômico de danos. No entanto, é inegável a eficiência do nematóide *D. siricidicola*, e a utilização dos parasitóides deverá visar, fundamentalmente, a complementação de um programa de controle através da utilização de *D. siricidicola*.

---

\* IEDE, E.T. CNPFlorestas/EMBRAPA, Colombo - PR, Brasil.

## 2.10 UMIDADE DA MADEIRA

COUTTS & DOLEZAL (1965) verificaram que, em madeira com umidade acima de 70%, o crescimento do fungo *A. areolatum* é muito lento, sendo que este crescimento pode duplicar em teores de umidade mais baixos. Constataram também que as larvas de *S. noctilio*, em instares mais avançados de desenvolvimento, sobrevivem em condições de pouca umidade, suportando teores de umidade abaixo de 20%. No entanto, ovos e larvas jovens não suportam madeira tão seca.

De acordo com RAWLINGS (1953), tanto o fungo como as larvas de *Sirex* apresentam um bom desenvolvimento apenas em madeira com teores de umidade intermediários.

Em experimentos realizados na Tasmânia por COUTTS & DOLEZAL (1965), foi constatado que teores de umidade muito baixos são prejudiciais ao desenvolvimento do inseto. Entretanto, foi observada a eclosão dos ovos e o desenvolvimento de larvas sadias em toretes que apresentavam teores de umidade acima de 200%, na época da postura.

RAWLINGS (1953) verificou que um teor de umidade abaixo de 50% é o ideal para o desenvolvimento das larvas de *Sirex* sp.. Observou também que, quando a madeira apresenta um alto teor de umidade, as larvas localizam-se, geralmente, sob a casca e o ciclo de desenvolvimento do inseto pode ser aumentado para dois anos.

COUTTS & DOLEZAL (1965) verificaram, em toretes com altos teores de umidade, na época da postura, uma baixa sobrevivência de *Sirex*. Constataram ainda, em toretes que apresentavam 200% de umidade, que após um pesado ataque de *Sirex*, no prazo de duas semanas, ocorreu uma redução na umidade para 100%.

Com relação à influência da umidade da madeira sobre a eficiência de *D. siricidicola*, BEDDING & AKHURST (1974) verificaram que, para se atingir altos níveis de parasitismo, é importante que o teor de umidade das árvores, no momento da inoculação dos nematóides, esteja acima de 50%. BEDDING (1989) também enfatizou este aspecto,

acrescentando que para se atingir um nível de parasitismo adequado, é necessário que pelo menos 80% dos toretes apresentem um teor de umidade superior a 40%, na época de inoculação de nematóides. IEDE et al. (1989) recomendaram que, durante a escolha das árvores para a aplicação dos nematóides, sejam selecionadas aquelas com teores de umidade em torno de 50%. Entretanto, HAUGEN & UNDERDOWN (1993) encontraram, em toretes com teores de umidade acima de 50%, menos de 30% de adultos parasitados pelo nematóide, e em alguns toretes com teores de umidade entre 30% e 50%, mais de 75% de adultos parasitados.

Wolfe (1966), citado por MORGAN (1968), verificou que o ataque e sobrevivência de *S. noctilio* em toretes de *Pinus* sp., pode ser completamente dependente da razão pela qual estes perdem umidade durante o período de desenvolvimento do inseto.

COUTTS & DOLEZAL (1965) concluíram que apenas a ocorrência de altos teores de umidade não é suficiente para impedir o ataque de *Sirex* em árvores de *P. radiata*, pois a resistência das árvores envolve também a formação de substâncias que previnem a dispersão do fungo na madeira. Acrescentaram que, embora o teor de umidade tenha um importante papel na sobrevivência de *Sirex*, ele é apenas um dos fatores que fazem parte de um complexo de condições envolvendo a relação inseto/fungo/planta.

## 2.11 AMOSTRAGEM

De acordo com Orr (1954), citado por WATERS (1955), o monitoramento, através da amostragens de insetos ou de seus danos, nas plantas, é a primeira etapa para minimizar as perdas provocadas por insetos em plantios florestais. Ele possibilita o conhecimento do status da praga, onde e quando os surtos estão ocorrendo, onde há necessidade de serem tomadas medidas de controle e, posteriormente, se estas estão sendo efetivas.

### 2.11.1 TIPOS DE AMOSTRAGEM

De acordo com FABER et al. (1980), os diferentes tipos de amostragens podem variar desde a seleção aleatória simples das unidades da população a amostras altamente complexas, envolvendo estágios de seleção múltipla, com estratificação das unidades dos vários grupos. Seja simples ou complexa, a característica distinta de uma amostra planejada adequadamente é a de que todas as unidades da população alvo têm chance (probabilidade) conhecida, não nula, de serem incluídas na amostra. É esta característica que torna cientificamente válido fazer inferências a partir dos resultados da amostra, sobre a população total por ela representada. Também, o tamanho da amostra deve se basear na confiabilidade que as estimativas finais deverão ter. Na prática, deve-se considerar o tamanho ideal da amostra e o custo esperado da amostragem. Para ser útil, uma estatística não precisa ser exata, mas precisa ser suficientemente confiável para servir a certos propósitos. Em muitas situações, o erro tolerável dependerá do tipo de resultado esperado.

PÉLLICO NETO & BRENA (1993) classificaram os principais tipos de amostragem como sendo: amostragem aleatória simples, amostragem estratificada, amostragem sistemática, amostragem em dois estágios, amostragem em conglomerados e amostragem em múltiplas ocasiões.

LIMA (1979) referiu-se a um tipo de amostragem denominada de amostragem hierárquica, acrescentando que poucos estudos relacionados à amostragem de pragas e doenças utilizavam este método. No entanto, em outros campos da pesquisa, este procedimento era frequentemente empregado para a determinação de métodos de amostragem apropriados. De acordo com este autor, em uma classificação hierárquica, a população em estudo é dividida em ramos primários ( $E_1$ ), e cada ramo primário dividido em ramos secundários ( $E_2$ ), e assim sucessivamente, até a obtenção das categorias finais da população ( $E_w$ ). A amostragem é realizada pela escolha aleatória de  $n_1$  ramos primários,  $n_2$

ramos secundários e sucessivamente, até a seleção de  $n_w$  ramos no último estágio de classificação. Entretanto, em alguns estudos onde é utilizado o método de classificação hierárquica, são feitas seleções sistemáticas de unidades amostrais em certos estágios da população. Assim, o modelo matemático admite efeitos fixos e é designado de "Modelo Misto de Classificação Hierárquica". Neste caso, sendo admitida a aditividade dos efeitos, nos diferentes estágios da amostragem, é possível definir uma observação obtida pela amostragem hierárquica, através do seguinte modelo:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_{ij} + c_{ijk}$$

onde:  $i = 1, 2, \dots, n_a$

$j = 1, 2, \dots, n_b$

$k = 1, 2, \dots, n_c$

$y_{ijk}$  = observação  $k$  do terceiro estágio, na amostra  $j$  do segundo estágio, na amostra  $i$  do primeiro estágio;

$\mu$  = média da população;

$a_i$  = efeito da amostra  $i$  do primeiro estágio;

$b_{ij}$  = efeito da amostra  $j$  do segundo estágio, dentro da amostra  $i$  do primeiro estágio;

$c_{ijk}$  = efeito da amostra  $k$  do terceiro estágio, dentro da amostra  $j$  do segundo estágio, dentro da amostra  $i$  do primeiro estágio.

Sendo considerados fixos os componentes  $\mu$  e  $b_{ij}$ , enquanto que  $a_i$  e  $c_{ijk}$  são aleatórios, o modelo representa um modelo misto a três níveis, sendo admitidas as seguintes hipóteses:

$$\begin{aligned}
E(a_i) &= 0 & E(b_{ij}) &= b_{ij} & E(c_{ijk}) &= 0 \\
\text{COV}(a_i, c_{ijk}) &= 0 \\
E(a_i^2) &= \sigma_a^2 & E(b_{ij}^2) &= \sigma_b^2 & E(c_{ijk}^2) &= \sigma_c^2 \\
\sum_i b_{ij} &= \sum_j b_{ij} = \sum_i \sum_j b_{ij} &= 0
\end{aligned}$$

O quadro de análise de variância, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, relativo ao modelo utilizado e admitidas as hipóteses anteriores, são apresentadas a seguir:

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	E(QM)
Entre ramos E <sub>1</sub>	n <sub>a</sub> - 1	QM <sub>a</sub>	σ <sub>c</sub> <sup>2</sup> + n <sub>b</sub> n <sub>c</sub> σ <sub>a</sub> <sup>2</sup>
Entre ramos E <sub>2</sub> dentro de E <sub>1</sub>	n <sub>a</sub> (n <sub>b</sub> - 1)	QM <sub>b</sub>	σ <sub>c</sub> <sup>2</sup> + $\frac{n_c}{n_a(n_b - 1)} \sum_i \sum_j b_{ij}^2$
Entre ramos E <sub>3</sub> dentro de E <sub>2</sub>	n <sub>a</sub> n <sub>b</sub> (n <sub>c</sub> - 1)	QM <sub>c</sub>	σ <sub>c</sub> <sup>2</sup>

As estimativas dos componentes de variância, relativas ao primeiro e terceiro estágios são obtidas por:

$$s_a^2 = \frac{1}{n_b n_c} (QM_a - QM_c)$$

$$s_c^2 = QM_c$$

A variância da média amostral foi tomada como função do número de unidades primárias (n<sub>a</sub>) e do número de unidades terciárias (n<sub>c</sub>). A equação é representada por:

$$S_y^2(n_a n_c) = \frac{1}{n_a} S_a^2 + \frac{1}{n_a n_c} \left( \frac{S_c^2}{n_b} \right)$$

onde:  $s_a^2$  e  $s_c^2$  são as estimativas dos componentes de variância relativas ao primeiro e terceiro estágios.

Outro tipo de amostragem que tem apresentado grande aplicação na área biológica é a amostragem sequencial. O método envolve um tamanho de amostra flexível, em contraste aos procedimentos convencionais, os quais, usualmente, especificam um número fixo de unidades amostrais. Os dados de uma unidade amostral podem ser contados ou simplesmente registrados como presente ou ausente, sendo despendido um tempo menor para a realização da atividade (WATERS, 1955).

A amostragem sequencial foi baseada no teste da razão de probabilidade sequencial e introduzida por WALD, em 1943, para uso em avaliações rápidas de qualidade da produção massal de materiais, durante a segunda guerra mundial. Inicialmente este método foi classificado como de uso restrito (WARREN & CHEN, 1986). Entretanto, WALD (1945) e um grupo de pesquisa em estatística da Universidade de Columbia, desenvolveram fórmulas gerais para utilização em casos mais comuns. Posteriormente MORRIS (1954) e WATERS (1955), adaptaram o método para utilização em amostragem de infestações de pragas em plantios florestais.

De acordo com WATERS (1955), a amostragem sequencial é mais aplicável em avaliações cuja função seja determinar a extensão e severidade de infestações, visando definir a necessidade de utilização de medidas de controle, onde a velocidade e a precisão são essenciais.

A amostragem sequencial pode ser utilizada, também, para complementar os dados obtidos em inspeções aéreas, que embora seja mais rápido e econômico que as amostragens terrestres, necessita de comprovação, pela realização da amostragem terrestre, para resultar em dados precisos. Nestes casos, a amostragem sequencial permite a realização de uma avaliação mais rápida e mais precisa de toda a área inspecionada via aérea (WATERS, 1955).

Outra aplicação refere-se à avaliação da eficiência de inimigos naturais, onde, para determinar a necessidade de implementação do controle, a amostragem sequencial fornece respostas mais rápidas e a um menor custo (WATERS, 1955).

Conforme Washington (1974), citado por FERNANDES (1987) a amostragem sequencial possibilita a inspeção de maior número de amostras, num dado intervalo de tempo.

BRACK & MARSHALL (1990), trabalhando com um método para testar a validade de um modelo de prognose de altura média dominante (MDH), verificaram que com a utilização da amostragem sequencial é possível se atingir o resultado desejado com um menor custo, quando comparado a parcelas de inventário, que apresentam tamanho fixo.

De acordo com Fowler (1988), citado por BRACK & MARSHALL (1990), quando compara-se o método da amostragem sequencial à amostragem com tamanho fixo de amostras, verifica-se que, na primeira, ocorre uma redução no tamanho desta, entre 40 e 60%.

Outro aspecto a ser considerado na utilização da amostragem sequencial é o modelo de caminhamento para a realização das inspeções, o qual deverá sempre considerar a distância percorrida e o tempo despendido, além de propiciar a máxima cobertura da área (FERNANDES, 1987).

Gregg et al. (1975), citado por FERNANDES (1987), observaram que as formas dos campos são irregulares e variáveis, sendo que o padrão do percurso deverá ser modificado de forma a se adaptar a cada condição.

### **2.11.2 TAMANHO DA AMOSTRA**

De acordo com PÉLLICO NETO & BRENA (1993), a intensidade da amostragem pode ser determinada, basicamente, através de dois procedimentos principais:

- em função da variabilidade da população, do erro de amostragem admitido e da probabilidade de confiança fixada: neste procedimento, a intensidade da amostragem é calculada considerando-se que não há nenhuma limitação de tempo e recursos para a realização do processo. Fixando-se um erro de amostragem, a intensidade da amostragem cresce com a variabilidade da população e a probabilidade de confiança. No entanto, para uma dada variabilidade e probabilidade de confiança, a intensidade da amostragem cresce com a redução do erro da amostragem admitido, ou seja, com o aumento da precisão;

- em função do tempo e recursos disponíveis: neste caso, o erro da amostragem não é fixado, sendo maior ou menor, dependendo das condições em que se encontram as amostras. Aqui, a intensidade da amostragem é determinada em função do volume de trabalho que poderá ser realizado em um tempo determinado ou em função dos recursos disponíveis.

### 2.11.3 AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO POPULACIONAL DE *Sirex noctilio* E DO PARASITISMO DE *Deladenus siricidicola* E *Ibalia leucospoides* EM ÁRVORES DE *Pinus taeda*

Os poucos trabalhos que abordam o aspecto da amostragem para a avaliação da população de *S. noctilio* e níveis de parasitismo de *D. siricidicola* e *I. leucospoides* em árvores de *Pinus* spp. apresentam apenas indicações de metodologias amostrais, com uma variação muito grande em relação ao número de árvores e de toretes a serem amostrados e também, quanto ao tamanho e posição destas amostras. Nota-se que não há, nessas recomendações, um embasamento científico, pois a distribuição da praga e de seus inimigos naturais, ao longo do tronco da árvore, que é um dos aspectos fundamentais para a definição de um método de amostragem, ainda não está definida. E ainda, todas as recomendações existentes foram feitas considerando-se o desenvolvimento de *S. noctilio*, apenas em *P. radiata*.

CARVALHO (1992) refere-se à distribuição de *S. noctilio* em *P. taeda*, onde, trabalhando com árvores-armadilha, estratificou o fuste das árvores em três porções, verificando a existência de uma maior concentração de insetos no terço médio da planta, seguidos pelos terços inferior e superior, respectivamente. SPRADBERRY & KIRK (1978), constataram, em árvores de *P. radiata*, em pé, que a população de *S. juvencus* decrescia em direção à copa das árvores.

Quanto à distribuição de *S. noctilio* parasitados por *D. siricidicola* ao longo do tronco, Zondag (1973), citado por ZONDAG (1969) verificou, em *P. radiata*, uma variação na porcentagem de parasitismo pelo nematóide em diferentes alturas do tronco. SANTOS et al. (1993), relataram que, nos terços inferior e médio de árvores de *P. taeda*, concentrava-se o maior número de insetos parasitados por *D. siricidicola*.

A importância da definição de uma metodologia amostral adequada, para avaliação dos níveis populacionais da praga e de seus inimigos naturais, pode ser constatada no trabalho de BEDDING (1989), quando este enfatiza que o monitoramento constante, para a detecção da presença e dispersão dos agentes de controle biológico é um aspecto essencial em um programa de controle de *S. noctilio*. Também, HAUGEN et al. (1990) citam que um programa de avaliação de parasitismo para *S. noctilio* deverá determinar o estabelecimento, distribuição e níveis populacionais dos agentes de controle biológico, e os resultados deverão ser utilizados para o planejamento de novas inoculações de nematóides e liberações de parasitóides. Assim, recomendam que sejam realizadas avaliações em árvores inoculadas com *D. siricidicola*, para determinar se as técnicas de inoculação foram corretamente aplicadas e para estimar a razão de introdução do nematóide na população da praga. Da mesma forma, a avaliação de árvores não inoculadas deve ser realizada, para subsidiar o planejamento de novas inoculações.

De acordo com o CONSERVATION FORESTS & LANDS (1989), uma avaliação anual da efetividade do parasitismo pelo nematóide é necessária, para a verificação da eficiência das técnicas de aplicação e dispersão do nematóide.

Entre os trabalhos que tratam do aspecto de tamanho da amostra, encontra-se o de HAUGEN et al. (1990), os quais recomendaram que, em povoamentos onde menos de 10.000 árvores tenham sido inoculadas com o nematóide, fossem amostradas, pelo menos, 5% destas árvores e 25 árvores não inoculadas. Todos os adultos que emergissem deveriam ser avaliados e, se menos de 10% destes encontravam-se parasitados, deveriam ser realizadas novas inoculações. Quanto aos parasitoides, se após dois anos da sua liberação em campo, não fosse verificado o estabelecimento da espécie, esta deveria ser novamente liberada.

Conforme as recomendações do CNPFLORESTAS (1992b), de cada 20 árvores inoculadas com o nematóide, deve ser escolhida uma árvore, e desta, retirados cinco toretes de um metro de comprimento, do estrato médio. Estes toretes devem ser acondicionados em gaiolas e os adultos de *S. noctilio* que emergirem, coletados e dissecados, para verificação da presença de nematóides. Onde ocorrer uma porcentagem de parasitismo menor que 5%, é recomendada a inoculação de 20% das árvores atacadas no ano seguinte.

HAUGEN & UNDERDOWN (1993), amostraram 55 árvores atacadas por *S. noctilio* retirando do terço médio de cada árvore, dois toretes de 3 m de comprimento. Os toretes foram acondicionados em tambores de 200 l e todos os adultos de *S. noctilio* que emergiram foram dissecados para a determinação da porcentagem de parasitismo pelo nematóide.

SILVA (1995), para avaliar o parasitismo de *D. siricidicola* e *I. leucospoides* em *S. noctilio*, utilizou amostras de 0,80 m, coletadas do terço médio de cinco plantas, em quatro

locais no estado de Santa Catarina e quatro locais no Rio Grande do Sul, onde avaliou todos os adultos de *S. noctilio* que emergiram, quanto à presença de nematóides.

BEDDING (1989) recomendou que, para a determinação dos níveis de parasitismo apresentados por *D. siricidicola* e *I.leucospoides*, fosse derrubada, a cada 10 hectares de florestas atacadas por *Sirex* sp., entre os meses de março e setembro, uma árvore atacada por mês, a qual não deveria conter orifícios de emergência de adultos. Os dois metros iniciais do tronco deveriam ser ignorados e, a partir daí, retirados toretes de um metro de comprimento, a cada dois metros do tronco. Estes deveriam ser acondicionados em gaiolas e, entre os meses de outubro e janeiro, todos os adultos de *S. noctilio* e *I. leucospoides* que emergissem, deveriam ser coletados, pelo menos uma vez por semana. Posteriormente, os adultos de *S. noctilio* deveriam ser dissecados, para a determinação da porcentagem de parasitismo pelo nematóide. Onde o nível de parasitismo pelo nematóide fosse menor que 5%, deveriam ser inoculadas 20% das árvores atacadas por *Sirex* sp. no ano seguinte. Os adultos de *I.leucospoides* deveriam ser contados e liberados. Se a porcentagem de parasitismo fosse inferior a 2%, deveria ser realizada nova liberação do parasitóide na área.

Para realizar um controle de qualidade da técnica de inoculação do nematóide, BEDDING (1989) recomendou que, de cada 20 árvores inoculadas, fosse retirado de uma delas, um torete de 1 m de comprimento. Os toretes deveriam ser acondicionados em gaiolas, e na época de emergência dos adultos, proceder-se à coleta e dissecação destes, para determinação da porcentagem de parasitismo. De acordo com o NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), a comparação dos resultados obtidos de árvores inoculadas e não inoculadas indicará a efetividade da inoculação.

Para NEUMANN et al. (1987), a avaliação de parasitóides no campo, deve ser realizada, primeiramente, para determinar a sua adaptação em diferentes condições climáticas, e, posteriormente, para definir se novas liberações deverão ser realizadas.

Para a avaliação de parasitóides, NEUMANN et al. (1987) sugeriram a derrubada de árvores atacadas por *Sirex* sp., escolhidas ao acaso. De cada árvore, deveriam ser retirados toretes de 1 m de comprimento dos estratos inferior, médio e superior, os quais deveriam ser acondicionados, individualmente, em gaiolas. Recomendaram ainda que, para uma estimativa mais precisa, toda a árvore precisaria ser cortada em toretes de 1,5 m, e estes acondicionados individualmente ou em grupos. Os insetos que emergissem deveriam ser medidos e sexados, para o posterior cálculo da porcentagem de parasitismo.

CNPFLORESTAS (1992b) recomendou que para a determinação dos níveis de parasitismo apresentados por *I. leucospoides*, de cada 20 árvores atacadas por *S. noctilio*, seja escolhida uma e desta, retirado, do estrato médio, cinco toretes com 1 m de comprimento. Estes devem ser acondicionados em gaiolas, e na época de emergência, todos os adultos de *S. noctilio* e *I. leucospoides* devem ser contados, para o cálculo da porcentagem de parasitismo. Nos locais onde a porcentagem fosse inferior a 2%, recomendaram proceder uma nova liberação do parasitóide.

De acordo com o NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), em localidades onde mais de 25 árvores tenham sido amostradas, o número médio de adultos de *Sirex* que emergiu, indica a abundância da praga no local.

#### **2.11.4 AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DOS PERCENTUAIS DE ATAQUE DE *Sirex noctilio* EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda***

A implantação de programas de manejo integrado de pragas em florestas, muitas vezes, depara-se com a deficiência ou mesmo a inexistência de metodologias amostrais para a definição da extensão dos danos provocados por insetos. Geralmente, nestes casos, a amostragem é uma atividade muito exaustiva, demorada e com um alto custo de aplicação, em função, principalmente, da grande extensão dos reflorestamentos.

Poucos são os trabalhos desenvolvidos neste sentido e com relação, especificamente, à avaliação de danos de *S. noctilio* em plantios de *Pinus* spp., existe apenas o trabalho realizado pelo NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), o qual recomendou, inicialmente, a utilização de uma amostragem aérea, com os objetivos de realizar a avaliação de grandes áreas e a possibilidade de estratificar estas áreas em talhões, de acordo com as seguintes classes de infestação:

< 1% de árvores mortas;

1 - 5% de árvores mortas

> 5% de árvores mortas

De acordo com o NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), no início do ataque, os adultos de *Sirex* preferem árvores dominadas, as quais não são visíveis por inspeção aérea. Assim, os dados da amostragem aérea devem sempre ser comprovados por uma amostragem terrestre.

Quanto ao número de talhões a serem amostrados, o NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), acrescentou que este deve ser suficiente para representar toda a variabilidade do plantio e selecionados obedecendo os critérios abaixo:

- susceptíveis ao ataque de *S. noctilio* - com mais de 10 anos;
- representatividade do talhão em relação a todo o povoamento;
- classe de infestação a que pertence;
- histórico da praga na área.

A metodologia definida pelo NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), constituiu-se na utilização de transectos, os quais podem ser fixos ou selecionados anualmente durante as amostragens, sendo que, todas as árvores existentes em duas filas devem ser amostradas, enquanto se caminha por estas, devendo ser registrado o número de árvores mortas por *S. noctilio*.

Quanto ao número de árvores a serem avaliadas por talhão, o NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991) concluiu que este é variável, devendo ser levado em conta as diferenças de topografia e a distribuição dos danos registrada na inspeção aérea. Entretanto, verificou que uma avaliação de 2 a 3% do total de árvores de um talhão dá bons resultados.

Em relação à época de realização da amostragem, O NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991) recomendou que esta seja realizada entre a metade de maio e final de julho. Avaliações realizadas antes deste período pode acarretar na perda de registro das árvores atacadas no final do período de emergência do inseto, mas poderá informar, com antecedência, o número de árvores que devem ser inoculadas com o nematóide. Avaliações realizadas após julho, dificultaria a visualização de ataques recentes, entretanto resultam em melhor estimativa da mortalidade total do período.

Quanto à distribuição das árvores atacadas por *S. noctilio* em povoamentos de *Pinus* spp., o NATIONAL SIREX COORDINATION COMMITTEE (1991), verificou que a ocorrência de reboleiras de árvores atacadas não é comum.

#### **2.11.5 AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola***

O NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991) recomendou que para a avaliação de nematóides em adultos de *S. noctilio*, "após a amostragem de 100 insetos de uma determinada gaiola, deveria ser avaliado apenas 10% do restante dos insetos".

ZONDAG (1969) relatou que os nematóides podem ser extraídos de fêmeas de *Sirex* sp., pela imersão do seu ovipositor na água, onde os nematóides serão encontrados facilmente, flutuando. No entanto, de acordo com NEUMANN et al. (1987), a única forma de se determinar corretamente a porcentagem de parasitismo do nematóide, é através do

exame do abdomen de machos e fêmeas. Este exame consiste na separação do abdomen e tórax de insetos recém-emergidos e a posterior compressão do teor do abdomen, com o auxílio dos dedos. Este conteúdo deverá ser observado, através de um microscópio estereoscópico, em um aumento de dez a 15 vezes. Nos machos, é importante a localização dos testículos, pois, se estes encontram-se hipertrofiados ou fusionados, denunciam a presença de nematóides. Os ovos, nos ovariolos, são transparentes e os nematóides juvenis, dentro destes, são visíveis. Estes juvenis são também encontrados entre os ovariolos. Ocasionalmente, podem estar presentes poucos nematóides, e nestes casos, a dissecação do testículo ou ovário, é necessária.

A recomendação para avaliação de machos e fêmeas é feita também pelo NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), acrescentando que, quando ocorrerem muitos nematóides, em um mesmo inseto, a avaliação sob lupa com um aumento de 10 vezes é suficiente. No entanto, no caso de poucos nematóides, é necessária a utilização de um aumento de 40 a 50 vezes.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram instalados em povoamentos de *Pinus taeda*, nos municípios de Encruzilhada do Sul - RS e Lages - SC, onde havia sido registrada a presença de *Ibalia leucospoides*.

##### 3.1.1 ENCRUZILHADA DO SUL - RS

O município de Encruzilhada do Sul apresenta as seguintes características: altitude de 490 m; latitude de 30° 31' S; longitude de 52° 53' W; temperatura média anual máxima de 22,5° C e mínima de 13,2° C; umidade relativa média anual de 77% e precipitação pluviométrica anual média de 1.542 mm.

O experimento foi instalado na fazenda Cerro Partido, de propriedade da empresa Viveiros Agroflorestal - Ltda. A área total da fazenda era de 510 ha, sendo 430 ha reflorestados com *P. taeda* e *P. elliottii*, sendo aproximadamente de 50% para cada espécie. O plantio havia sido realizado em 1977, com espaçamento de 2,0 x 2,0 m (densidade de 2.500 plantas/ha). Foi realizado apenas um desbaste, iniciado em 1991 e ainda em execução durante a coleta de dados do experimento. O objetivo inicial do povoamento era a produção de madeira para serraria e para confecção de embalagens para frutas.

A vespa-da-madeira foi registrada pela primeira vez, neste povoamento, em 1989, e quando foi instalado o experimento, a porcentagem de árvores atacadas era de aproximadamente 20%.

As primeiras aplicações de nematóides foram realizadas em 1990 e *I. leucospoides* foi detectada na área, em 1991.

### 3.1.2 LAGES - SC

O município de Lages apresenta as seguintes características: altitude de 936,83 m; latitude de 27° 49' S; longitude de 50° 20' W; temperatura média anual máxima de 21,5° C e mínima de 12,1° C; umidade relativa média anual de 65,5% e precipitação pluviométrica anual média de 1.963 mm.

O experimento foi instalado na Fazenda dos Pires, localizada no Distrito de Capão Alto. A área total da fazenda era de 62 ha, sendo 52 ha reflorestados principalmente com *P. taeda*, existindo também, em menor proporção, *P. elliottii* e *P. patula*. O plantio foi realizado em três épocas: 1973, 1975 e 1980, com espaçamento de 2,0 x 2,0 m (densidade de 2.500 plantas/ha). Foi realizado apenas um desbaste, em 1991, com a retirada de 50% das plantas.

*Sirex noctilio* foi detectado pela primeira vez no local, em 1990 e a porcentagem de árvores atacadas, durante a instalação do experimento, era de 1,3%.

As primeiras aplicações de nematóides foram realizadas em 1990 e o parasitóide *I. leucospoides* foi detectado pela primeira vez, no reflorestamento, em 1992.

### 3.2 SELEÇÃO DAS ÁRVORES E INOCULAÇÃO DE NEMATÓIDES

No mês de maio de 1993, em cada local, foram selecionadas ao acaso, cinco árvores de *P. taeda* atacadas por *S. noctilio*, as quais apresentavam as seguintes características: presença de respingos de resina no tronco (Figura 1); ausência de orifícios de emergência de adultos e copa com acículas amareladas (Figura 2). Com o auxílio de uma suta, realizou-se a medição do diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores que, posteriormente, foram abatidas e desganhadas, quando procedeu-se à medição da altura, utilizando-se uma trena.



FIGURA 1 - RESPINGOS DE RESINA NO TRONCO DE *Pinus taeda* PROVENIENTES DOS ORIFÍCIOS DE POSTURA DE *Sirex noctilio*



FIGURA 2 - ÁRVORES DE *Pinus taeda* APRESENTANDO A COPA COM AS ACÍCULAS AMARELADAS, DEVIDO O ATAQUE DE *Sirex noctilio*

Através de avaliações preliminares realizadas em plantios de *P. taeda* localizados no município de Lages - SC, pode-se constatar a existência de baixos níveis de parasitismo por *D. siricidicola*. Assim, para garantir a presença de insetos parasitados pelo nematóide nas árvores selecionadas, procedeu-se à inoculação destes, conforme técnica recomendada por CNPFlorestas (1992a). Para padronizar a metodologia adotada, em Encruzilhada do Sul as árvores também receberam aplicações de nematóides, a despeito dos altos níveis de parasitismo, naquele local.

As árvores foram identificadas com um número e o local de coleta, e permaneceram no campo. No mês de outubro de 1993, elas foram transferidas ao laboratório de Entomologia do CNPFlorestas/EMBRAPA e divididas em toretes de, aproximadamente, 0,50 m. Estes foram identificados com o número da árvore, número do torete e local de coleta e, acondicionados individualmente, em gaiolas teladas, medindo 0,30 x 0,55 x 0,30 m (Figura 3).

Para se conhecer a porcentagem de parasitismo natural do nematóide, foram escolhidas, por local, três árvores atacadas por *S. noctilio*, com as mesmas características descritas acima. Após derrubadas, de cada terço da árvore, retirou-se um torete de, aproximadamente, 1 m de comprimento. Estes toretes foram identificados com o número da árvore, número do torete e local de coleta e, acondicionados individualmente, em gaiolas teladas.

### **3.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA**

Para a determinação do teor de umidade das árvores avaliadas, logo após a inoculação dos nematóides, estas foram divididas em três terços (inferior, médio e superior) e de cada um foi retirado um disco de cerca de 5 cm de espessura. Na mesma ocasião, as amostras foram pesadas, embaladas em papel alumínio e, posteriormente, levadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do CNPFlorestas/EMBRAPA, onde foram secas em

estufa, a uma temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ , até alcançar um peso constante. O cálculo do teor de umidade da madeira foi realizado pela utilização da seguinte expressão:

$$\text{Umidade da madeira} = 100 \left( \frac{\text{peso umido} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \right)$$

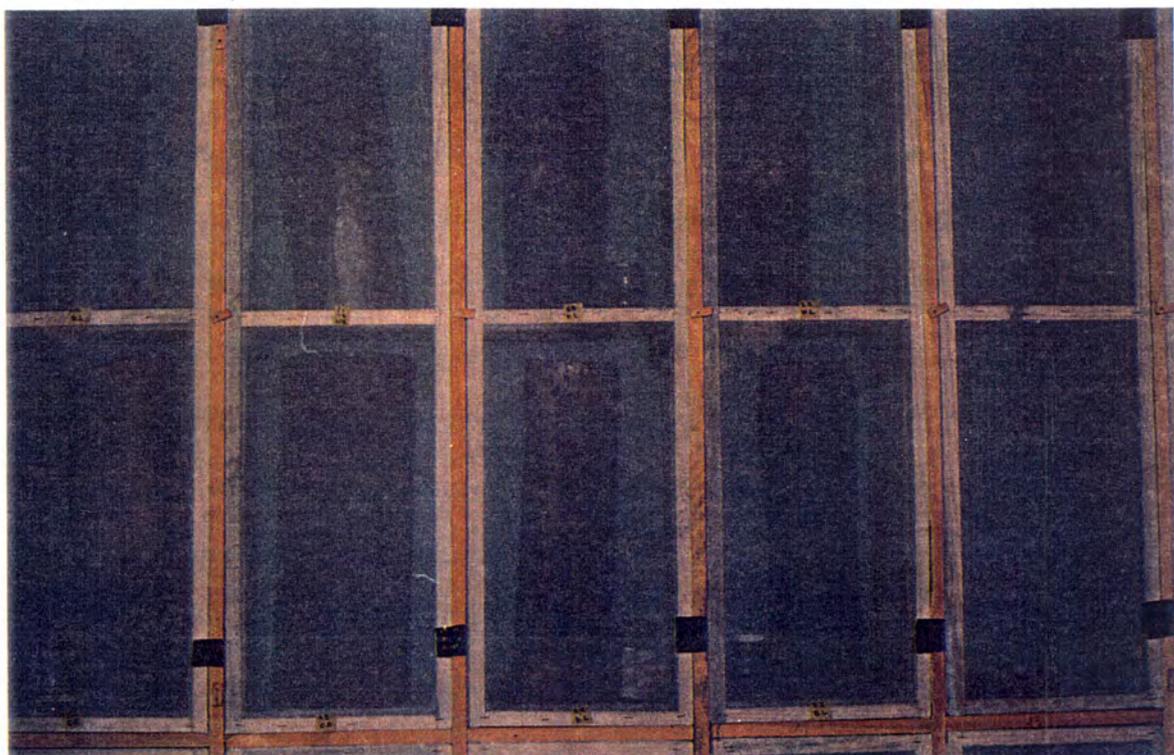


FIGURA 3 - GAIOLAS UTILIZADAS PARA O ACONDICIONAMENTO DOS TORETES DE *Pinus taeda* EM LABORATÓRIO. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS/EMBRAPA. COLOMBO, PR. 1993/94.

### 3.4 DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE *S. noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola* E DE *Ibalia leucospoides*, AO LONGO DO TRONCO DE *Pinus taeda*

Os adultos de *S. noctilio*, machos e fêmeas (Figuras 4 e 5, respectivamente) e de *I. leucospoides*, machos e fêmeas (Figuras 6 e 7, respectivamente), iniciaram a emergência no final do mês de outubro. Os insetos eram coletados diariamente e transferidos para frascos contendo álcool 70%. Cada frasco foi identificado com o número da árvore, número do torete e local de coleta, e eram substituídos semanalmente. Posteriormente, foi realizada a contagem e definição do sexo de todos os exemplares que emergiram.

O estudo da distribuição dos insetos ao longo do tronco de *P. taeda* foi realizado através de uma análise de regressão entre o número de adultos que emergiu em cada segmento do tronco (torete) de, aproximadamente, 1 m de comprimento, e a altura relativa do respectivo segmento. Esta análise foi efetuada para o número total de *S. noctilio* (incluindo o número de *S. noctilio* parasitado e não parasitado por *D. siricidicola*), para o número de *S. noctilio* parasitados por *D. siricidicola* e para o número de *I. leucospoides*.

O número de insetos que emergiu a cada 1 m do tronco foi obtido pelo somatório do número de insetos existentes em dois segmentos de 0,50 m, obedecendo a posição do torete ao longo do tronco. A altura relativa dos segmentos foi calculada pela distância do ponto médio de cada segmento até a base da árvore, dividida pela altura total da árvore. Este procedimento teve por objetivo padronizar a altura das árvores, ou seja, independente do seu tamanho, todas as árvores ficaram representadas por uma altura total, igual a 1.

A análise de regressão foi realizada pela utilização da seguinte equação:

$$\text{Numero de insetos} = a\left(\frac{hi}{H}\right) + b\left(\frac{hi}{H}\right)^2$$

Onde:  $h_i$  = altura da árvore no ponto  $i$

$H$  = altura total da árvore

$a$  e  $b$  = coeficientes da equação

O coeficiente de determinação da equação foi submetido ao teste  $t$ , ao nível de 5% de significância.

### 3.4.1 ANÁLISE DE RESÍDUOS

A análise de resíduos em porcentagem foi realizada com base em NETER & WASSEMAN (1974), os quais definem o resíduo como a diferença entre o valor observado e o valor estimado pela equação de regressão. Esta análise foi efetuada para determinar a variação do número de insetos de cada segmento em relação à posição que esse segmento ocupava ao longo do tronco da árvore. Para isso foi considerado o somatório do número de *S. noctilio* parasitados e não parasitados por *D. siricidicola* e o número de *I. leucospoides*, por segmento de 1 m de comprimento. Assim, foi possível determinar a região do tronco mais representativa para a coleta das amostras, tanto para a avaliação populacional de *S. noctilio*, como para determinar os níveis de parasitismo de *D. siricidicola* e *I. leucospoides*.

O cálculo dos resíduos foi realizado utilizando-se a seguinte expressão:

$$\text{Resíduo (\%)} = 100 \left( \frac{N_o - N_e}{N_o} \right)$$

onde:  $N_o$  = Número de insetos observados

$N_e$  = Número de insetos estimados pela equação

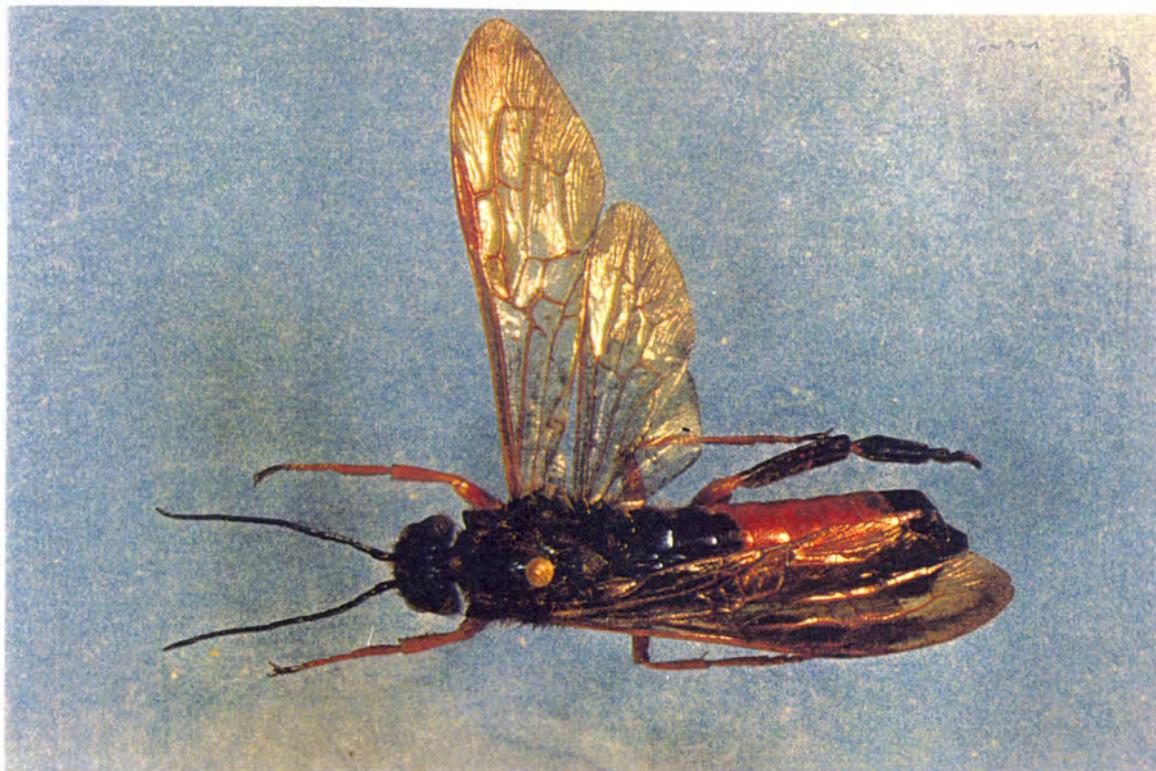


FIGURA 4 - VISTA DORSAL DO MACHO ADULTO DE *Sirex noctilio*

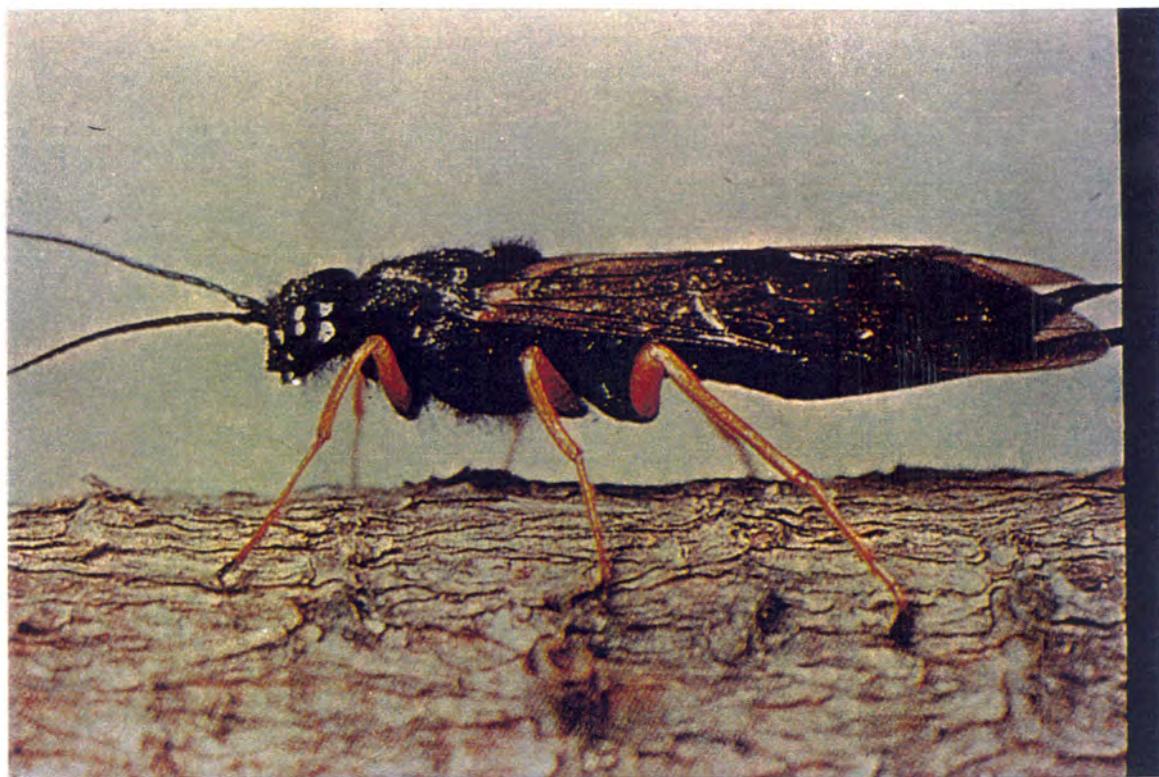


FIGURA 5 - VISTA LATERAL DA FÊMEA ADULTA DE *Sirex noctilio*

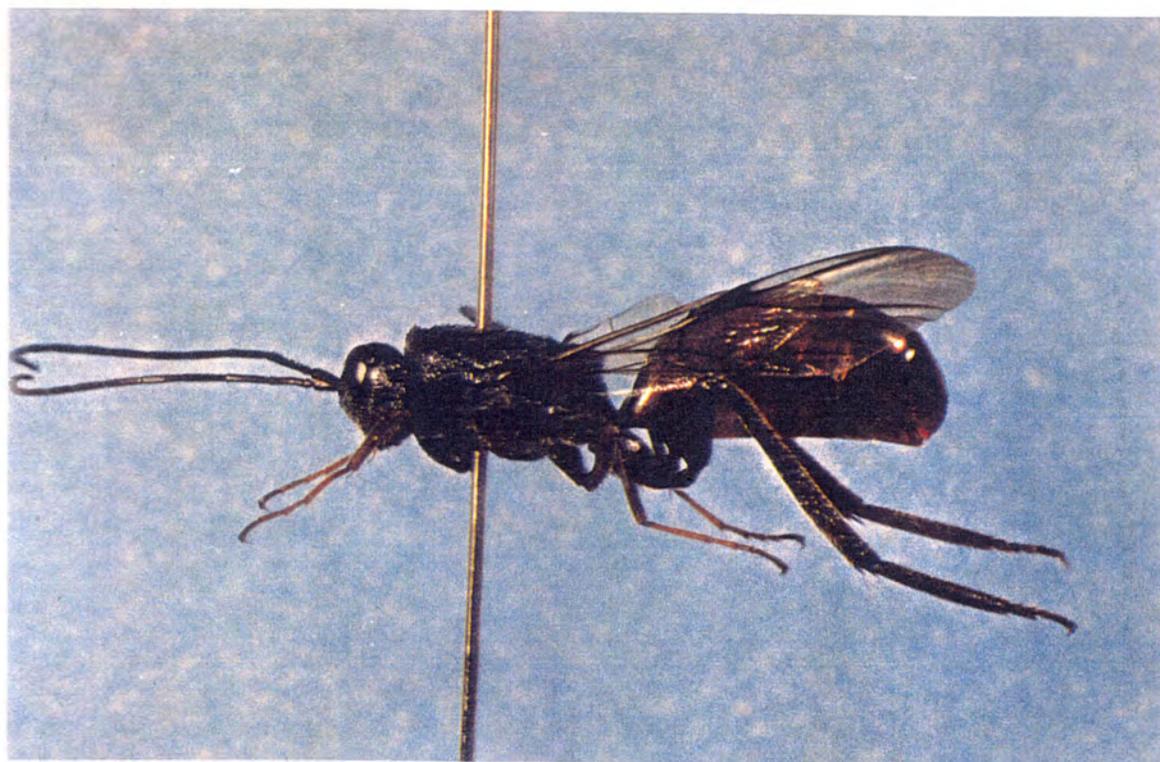


FIGURA 6 - VISTA LATERAL DO MACHO ADULTO DE *Ibalia leucospoides*

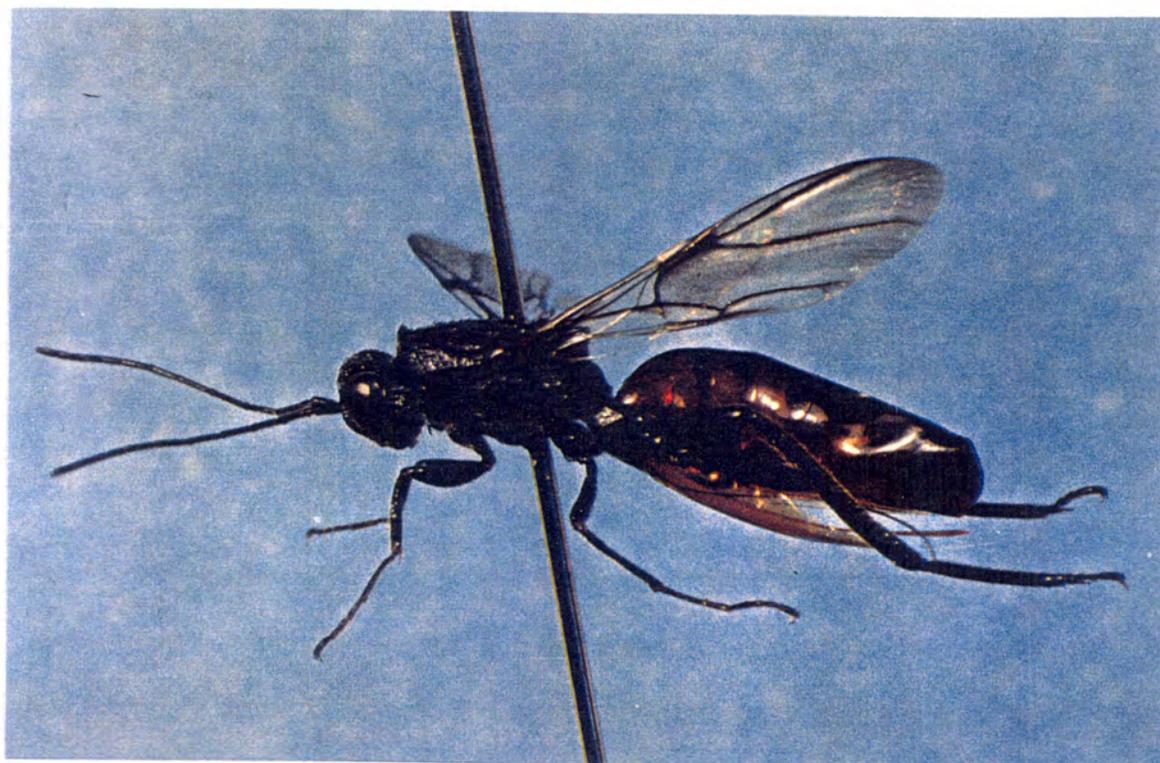


FIGURA 7 - VISTA LATERAL DA FÊMEA ADULTA DE *Ibalia leucospoides*

### 3.4.2 AFILAMENTO DO TRONCO

O afilamento do tronco, que representa a diminuição do diâmetro deste com o aumento da altura da árvore, foi estudado visando representar graficamente a relação existente entre os diâmetros dos segmentos do tronco com a altura da árvore. Este estudo foi realizado através do ajuste do modelo de regressão proposto por PRODAN (1965), resultando no perfil longitudinal do tronco, onde:

$$\frac{d_i}{DAP} = a \left( \frac{h_i}{H} \right) + b \left( \frac{h_i}{H} \right)^2 + c \left( \frac{h_i}{H} \right)^3 + d \left( \frac{h_i}{H} \right)^4$$

sendo: DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m)

H = altura total da árvore

$h_i$  = altura da árvore no ponto i

$d_i$  = diâmetro do tronco na altura  $h_i$

a,b,c,d = coeficientes da equação

O coeficiente de determinação da equação foi submetido ao teste t, ao nível de 5% de significância.

### 3.5 AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE *Deladenus siricidicola* EM ADULTOS DE *Sirex noctilio*

Todos os adultos de *S. noctilio* que emergiram foram dissecados e avaliados, utilizando-se um Microscópio Estereoscópico Marca Olympus, modelo 229.260.

Cada exemplar a ser avaliado era colocado em placa de Petri, contendo pequena quantidade de água. Com o auxílio de duas pinças, procedia-se a separação do tórax e abdomen. O tórax era descartado e o abdomen cuidadosamente dissecado, pela retirada individual de cada esclerito.

Em função de se ter verificado variação entre insetos, quanto ao número de nematóides presentes no interior de seu corpo, foi estabelecida a classificação abaixo, baseada na frequência de nematóides por inseto:

- nível baixo : de um a dez nematóides por inseto
- nível médio: de 11 a 100 nematóides por inseto
- nível alto: acima de 100 nematóides por inseto

Nas fêmeas, realizava-se, inicialmente, a inspeção dos ovários e caso não fossem encontrados nematóides, procedia-se à verificação de todo o abdomen. Isto era necessário, quando o nível de nematóides no inseto era baixo ou médio. No entanto, quando o nível era alto, os nematóides eram facilmente encontrados nos ovários.

Nos machos, inicialmente verificava-se o sexto segmento abdominal, onde localizam-se os testículos. Caso não fossem encontrados nematóides, procedia-se à inspeção de todo o abdomen. Do mesmo modo que nas fêmeas, este procedimento era necessário no caso de baixo ou médio nível de nematóides.

Quando o inseto apresentava nível alto de nematóides, a avaliação em microscópio estereoscópio, utilizando-se aumento de 10 vezes, era suficiente para a sua visualização. No entanto, aqueles que apresentavam nível médio ou baixo, requeriam aumento de 40 vezes para a correta avaliação.

O cálculo da porcentagem média de parasitismo foi realizado pela utilização da seguinte expressão:

$$\% \text{ de parasitismo} = 100 \left( \frac{\text{numero de adultos de } S. \textit{noctilio} \text{ parasitados}}{\text{numero total de adultos de } S. \textit{noctilio}} \right)$$

### 3.6 AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE *Ibalia leucospoides* EM *Sirex noctilio*

A determinação da porcentagem de parasitismo de *I. leucospoides* em *S. noctilio* foi efetuada pela utilização da seguinte expressão:

$$\% \text{ de parasitismo} = 100 \left( \frac{\text{numero de adultos de } I. \text{ leucospoides}}{\text{numero de adultos de } I. \text{ leucospoides} + \text{numero de adultos de } S. \text{ noctilio}} \right)$$

### 3.7 DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA DE *Pinus taeda* PARA AVALIAÇÃO POPULACIONAL DE *Sirex noctilio* E DO PARASITISMO DE *Deladenus siricidicola* E *Ibalia leucospoides*

#### 3.7.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Para a realização da análise de variância, inicialmente, procedeu-se à padronização do número de toretes por árvore, em função destas apresentarem alturas distintas. Em Encruzilhada do Sul, a altura média das árvores era de 10,8 m. Assim, foi estabelecido que cada árvore ficaria representada por 21 toretes. Para as árvores com mais de 21 toretes, realizou-se um sorteio, com a eliminação dos toretes excedentes. Da mesma forma, para as árvores que continham menos de 21 toretes, os valores que faltavam foram estimados pelas médias dos respectivos terços. Posteriormente os 21 toretes foram agrupados em três porções iguais (terços inferior, médio e superior), ficando cada terço representado por sete toretes de, aproximadamente, 0,50 m cada. Este mesmo procedimento foi adotado para as árvores provenientes de Lages.

A análise de variância foi baseada no modelo misto de classificação hierárquica, a três estágios, conforme metodologia descrita por SNEDECOR & COCHRAN (1978) e LIMA (1979).

O modelo foi definido por:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + p_{ij} + t_{ijk}$$

onde:  $Y_{ijk}$  = observação referente ao torete k, na posição j, da árvore i;

$\mu$  = média da população;

$a_i$  = efeito da árvore i ( $i = 1, 2, 3, \dots, 5$ );

$p_{ij}$  = efeito da posição j ( $j =$  terços inferior, médio, superior) da árvore i;

$t_{ijk}$  = efeito do torete k ( $k = 1, 2, 3, \dots, 7$ ) na posição j, da árvore i;

Os componentes  $a_i$  e  $t_{ijk}$  foram considerados aleatórios, com médias e covariâncias nulas e variâncias iguais a  $\sigma_a^2$  e  $\sigma_t^2$ , respectivamente. Os componentes  $\mu$  e  $p_{ij}$  representaram efeitos fixos.

O quadro de análise de variância, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, relativas ao modelo utilizado, são apresentadas a seguir:

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	E(QM)
Entre árvores	4	$QM_a$	$\sigma_t^2 + 21\sigma_a^2$
Entre posições dentro de árvores	10	$Qm_p$	$\sigma_t^2 + 0,7 \sum_i \sum_j p_{ij}^2$
Entre toretes dentro de posições	90	$Qm_t$	$\sigma_t^2$

Para a dedução das esperanças matemáticas, foi admitida a seguinte hipótese:

$$\sum_i p_{ij} = \sum_j p_{ij} = \sum_i \sum_j p_{ij} = 0$$

A média amostral foi definida como:

$$\bar{y} = \mu + \frac{1}{n_a} \sum_i a_i + \frac{1}{n_a n_p n_t} \sum_i \sum_j \sum_k t_{ijk}$$

E sua variância :

$$\sigma_{\bar{y}}^2 = \frac{1}{n_a} \sigma_a^2 + \frac{1}{n_a n_p n_t} \sigma_t^2$$

As estimativas dos componentes de variância, referentes à variação entre árvores,  $s_a^2$  e entre toretes,  $s_t^2$ , foram obtidas por:

$$s_a^2 = \left( \frac{QM_a - QM_t}{n_p n_t} \right)$$

$$s_t^2 = QM_r$$

A variância estimada da média amostral  $s_{\bar{y}}^2$  foi obtida pela expressão:

$$s_{\bar{y}}^2 = \frac{1}{n_a} s_a^2 + \frac{1}{n_a n_p n_t} s_t^2$$

O coeficiente de variação foi calculado pela utilização da seguinte expressão:

$$CV = 100 \frac{s}{\bar{y}}$$

Os dados foram submetidos à transformação  $\sqrt{x + 0,5}$  e, em seguida, analisados conforme o modelo proposto.

### 3.7.2 DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE AMOSTRAS

Para o dimensionamento da amostra, utilizando-se o modelo proposto, foram elaboradas tabelas de dupla entrada, com coeficientes de variação, considerando-se um número variável de árvores, de um a cinco, nas linhas, um número variável de toretes, de um a sete, nas colunas, e fixada a posição do tronco mais representativa, a qual foi previamente definida no estudo da distribuição dos insetos ao longo do tronco.

As tabelas de coeficientes de variação foram preparadas separadamente para cada local e, também, para a média dos dois locais.

### 3.8 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL

Foi desenvolvida uma metodologia amostral para:

- avaliar os percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*;
- avaliar os percentuais de parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*.

Procurou-se definir um método de amostragem que priorizasse a redução dos custos e ao mesmo tempo oferecesse uma boa precisão dos resultados. Assim, a amostragem sequencial foi considerada a alternativa mais viável, por não apresentar um tamanho fixo de amostra, mas sim, tamanhos variáveis, que são definidos em função de resultados obtidos durante os levantamentos amostrais

Os procedimentos teóricos foram baseados em PENTEADO et al. (1993).

Como a variável que está sendo avaliada trata-se da porcentagem de insetos parasitados ou de árvores atacadas, os parâmetros da distribuição binomial podem ser utilizados no dimensionamento da amostra. Exceção se faz a níveis muito baixos, onde os parâmetros da distribuição de Poisson seriam mais adequados (MEYER, 1983).

Tomando-se por base o intervalo de confiança da distribuição binomial, tem-se:

$$IC = p \pm z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

onde:  $p$  = proporção de insetos parasitados ou de árvores atacadas;

$z$  = valor obtido na tabela de distribuição de frequência acumulada normal;

$n$  = número de insetos ou árvores amostrados.

O valor de  $z$  dependerá do nível de confiança desejado para a estimativa, e poderá ser utilizado nos casos em que a distribuição binomial se aproxime da distribuição normal. Esta condição pode ser verificada, calculando-se a média,  $\mu = np$  e o desvio padrão,  $\sigma = \sqrt{npq}$ , da distribuição binomial. A aproximação será considerada boa se o intervalo  $\mu \pm 2\sigma$ , que abrange 95% dos pontos, estiver contido entre os limites atingidos pela distribuição binomial, zero e  $n$ . (MENDENHALL 1979).

Os limites do Intervalo de confiança de  $p$  podem ser escritos, também, em termos do erro tolerável da amostra ( $E$ ), onde:

$$E = z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

O erro tolerável ( $E$ ) para a estimativa do percentual de insetos parasitados ou de árvores atacadas ( $p$ ), deverá ser pré-estabelecido, em função de percentuais fixos ou em função de percentuais do valor de  $p$ . O cálculo de  $n$  é obtido através da seguinte expressão:

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{E^2}$$

Como exemplo, para um percentual de insetos parasitados ou de árvores atacadas de 10%, se for considerado um erro tolerável de 5%, com a probabilidade de 95%, tem-se:

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,10,9}{(0,05)^2} = 138$$

Como exemplo, para um percentual de insetos parasitados ou de árvores atacadas de 10%, se for considerado um erro tolerável de 5%, com a probabilidade de 95%, tem-se:

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,10,9}{(0,05)^2} = 138$$

Caso fosse considerado um erro de 3%, o valor de  $n$  seria:

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,10,9}{(0,03)^2} = 384$$

Verifica-se que, para aumentar a precisão da estimativa de 5% para 3%, a amostra teria que ser aumentada em mais que o dobro, implicando em acréscimos de tempo e trabalho e, conseqüentemente, dos custos da operação. No presente trabalho, considerou-se um erro tolerável de  $\frac{1}{5}$  da média, e o valor de  $Z$  a 90%, para percentuais de insetos parasitados de 70 a 20% e de árvores atacadas de 50 a 20%. Nos níveis inferiores a 20%, o tamanho da amostra foi fixado e, conseqüentemente, os valores de  $(E)$  tornaram-se maiores que os 20% anteriormente estabelecidos, aumentando com a diminuição dos percentuais de parasitismo ou de árvores atacadas. Este procedimento foi adotado, porque a não fixação de  $n$  a partir de um certo valor, implica em um aumento muito grande do tamanho da amostra, podendo levar à ocorrência de erros não amostrais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE *S. noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola* E DE *Ibalia leucospoides* AO LONGO DO TRONCO DE *Pinus taeda*

#### 4.1.1 ENCRUZILHADA DO SUL - RS

Os valores dos coeficientes da equação de regressão para o número de insetos em função da altura das árvores e o respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), encontram-se na Tabela 1.

A equação de regressão obtida para o afilamento do tronco e o respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foram:

$$\frac{d_i}{Dap} = 13,44 \left( \frac{h_i}{H} \right) + 49,69 \left( \frac{h_i}{H} \right)^2 + 66,24 \left( \frac{h_i}{H} \right)^3 + 29,81 \left( \frac{h_i}{H} \right)^4 \quad R^2 = 0,92^*$$

As representações gráficas da equação de afilamento do tronco e do número de insetos em função da altura da árvore encontram-se na Figura 8. Comparando-se a tendência das curvas resultantes, observa-se que a região correspondente aos 30% iniciais do tronco, apesar de concentrar o maior volume de madeira, apresentou uma menor incidência de insetos. Entretanto, a partir deste ponto, a distribuição dos insetos é regular e proporcional ao volume do tronco. Para *I. leucospoides*, a baixa ocorrência deste inseto resultou em uma curva não tão acentuada quanto as demais, entretanto ela apresenta a

\* O coeficiente de determinação apresentou significância ao nível de 5%, pelo teste t

mesma tendência da curva resultante para *S. noctilio*.

Quanto à distribuição de *S. noctilio*, os resultados obtidos concordam com as observações de CARVALHO (1992), em que existe uma maior concentração de insetos no terço médio das árvores de *P. taeda*. Entretanto, em função do autor não ter considerado o volume de madeira correspondente a cada terço do tronco, mas apenas o número de insetos que emergiu, há uma discordância quando este afirma que o terço inferior concentra mais insetos que o terço superior.

Os resultados também foram diferentes dos observados por SPRADBERRY & KIRK (1978) para *Sirex juvencus*, os quais verificaram que a população do inseto decrescia em direção à copa das árvores de *Pinus radiata*.

Esta não preferência dos insetos pela porção compreendida nos 30% iniciais do tronco pode estar relacionada ao alto teor de umidade verificado nesta região. As análises de teor de umidade (Apêndice 5), indicaram que o terço inferior da planta, que corresponde aproximadamente à região aqui considerada, foi o que apresentou a maior média de umidade, 86,40%. Sobre este aspecto, COUTTS & DOLEZAL (1965) verificaram que em madeira com umidade acima de 70%, o crescimento do fungo *A. areolatum* é muito lento e que em toretes com altos teores de umidade, na época da postura de *Sirex* spp., ocorreu uma baixa sobrevivência de larvas deste inseto. Assim, o fungo pode ter apresentado um menor desenvolvimento, prejudicando, portanto, o desenvolvimento larval de *S. noctilio*, do parasitóide e também do nematóide. Isto também pode explicar o menor número de insetos parasitados nesta região do tronco. SANTOS et al. (1993) verificaram que o terço médio da planta concentrou o maior número de insetos parasitados pelo nematóide, concordando com os resultados aqui obtidos. Entretanto, devido os autores terem considerado apenas o número de insetos que emergiu, e não o volume de madeira de cada terço do tronco, os resultados diferem quando esses concluem que o terço inferior concentrou mais insetos parasitados que o terço superior.

Um outro fator que pode estar relacionado à não preferência de *S. noctilio* à região compreendida nos 30% iniciais do tronco, seria a maior espessura da casca da árvore, a qual pode ter funcionado como uma barreira física, dificultando a realização das posturas e, como consequência, ocorreu também uma menor concentração de *I. leucospoides*, nesta região.

TABELA 1 - COEFICIENTES DA EQUAÇÃO DE REGRESSÃO E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO OBTIDOS PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE *S. noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DA ALTURA DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

VARIÁVEIS	COEFICIENTES DA EQUAÇÃO		COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO R <sup>2</sup>
	a	b	
Número total de adultos de <i>S. noctilio</i>	283,84	- 299,16	0,79*
Número de adultos de <i>S. noctilio</i> parasitados por <i>D. siricidicola</i>	189,42	- 208,40	0,61*
Número de adultos de <i>I. leucospoides</i>	52,52	- 53,60	0,60*
Número total de adultos de <i>S. noctilio</i> e de <i>I. leucospoides</i>	292,76	-305,41	0,72*

\* Significativo ao nível de 5%, pelo teste t

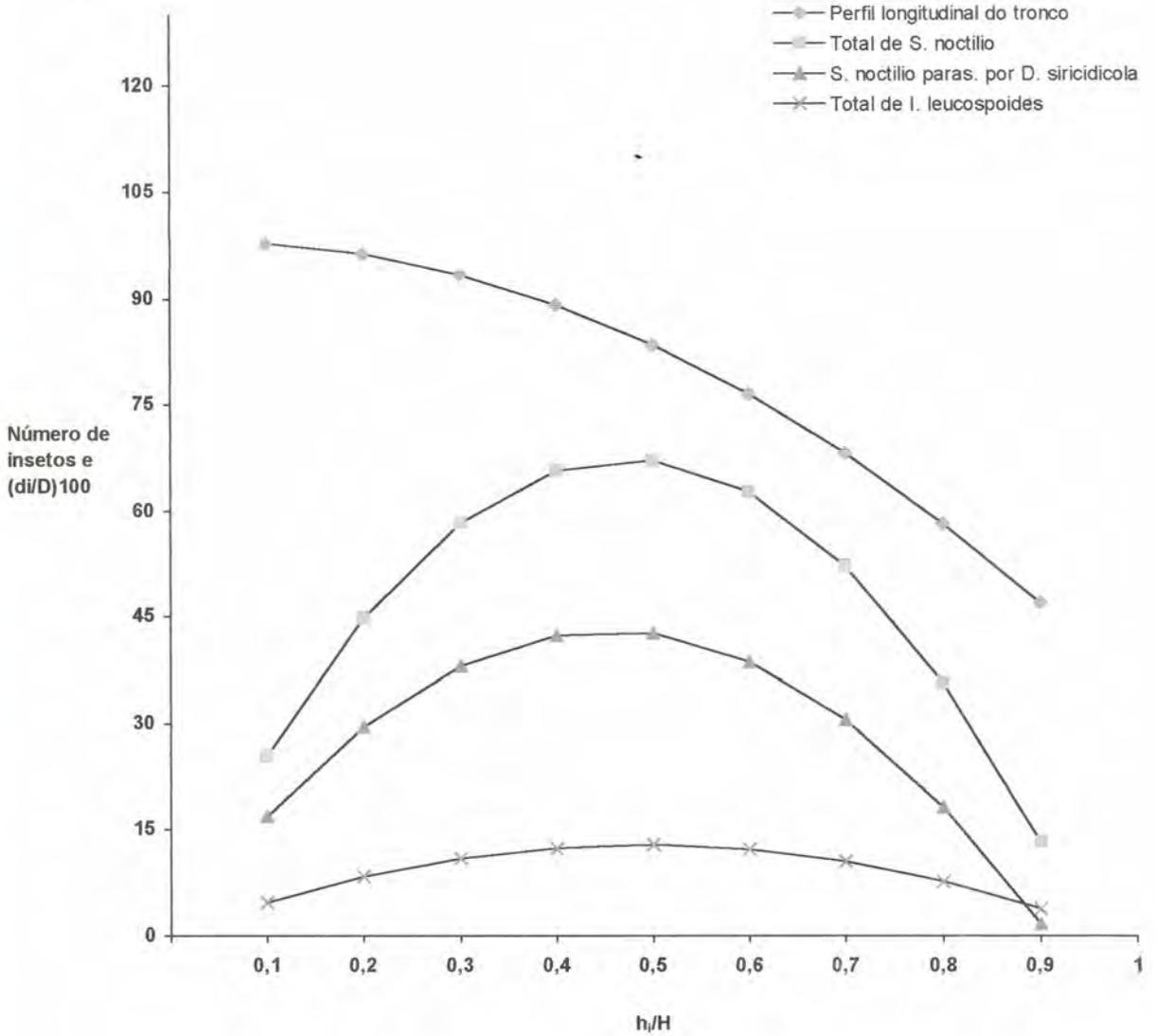


FIGURA 8 - RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, COM O AFILAMENTO DO TRONCO DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

Na Figura 9 estão plotados os valores dos resíduos da equação de regressão, referentes ao somatório do número total de *S. noctilio* (parasitados e não parasitados por *D. siricidicola*) e de *I. leucospoides*. A análise gráfica desses resíduos indicou que, da base da árvore, até 30% da sua altura total, ocorreu uma maior dispersão dos dados observados em relação à linha de pontos estimados pela equação de regressão. Esta maior dispersão também foi verificada na região situada acima de 80% da altura total da árvore. A porção do tronco que apresentou os menores erros, situou-se entre essas duas faixas, representando 50% do comprimento do mesmo. A ocorrência de uma maior variabilidade nas regiões referentes à base e ao ápice do tronco está relacionada a uma menor ocorrência dos insetos nestas regiões.

Com relação à posição das amostras para avaliação do parasitismo por *D. siricidicola*, o CNPFLORESTAS (1992b) estabeleceu que as amostras fossem coletadas no terço médio da planta, o qual encontra-se dentro da faixa considerada adequada pelo presente trabalho. HAUGEN & UNDERDOWN (1993) e SILVA (1995), também utilizaram amostras do terço médio da planta. BEDDING (1989) recomendou que os dois metros iniciais do tronco fossem eliminados, e a partir deste ponto fossem coletadas amostras de um metro, a cada dois metros do tronco. Entretanto, pode-se verificar, pela Figura 9, que nas regiões compreendidas abaixo de 30% e acima de 80% da altura total da árvore, os erros são maiores e assim, uma melhor precisão dos resultados é obtida, se as amostras forem coletadas entre estas duas regiões.

Com relação à posição das amostras para avaliação do parasitismo de *I. leucospoides*, NEUMANN et al. (1987) sugeriram a coleta de amostras do terço inferior, médio e superior, e até, para uma avaliação mais precisa, a amostragem da árvore inteira. Entretanto, neste último caso, o processo de amostragem se tornaria muito trabalhoso e dispendioso, podendo, também, levar à ocorrência de erros não amostrais. As recomendações feitas pelo CNPFLORESTAS (1992b) e por BEDDING (1989) são as

mesmas utilizadas para a avaliação do parasitismo de *D. siricidicola*. Entretanto, pelos resultados do presente trabalho, verificou-se que uma melhor precisão dos resultados é obtida nos 50% intermediários do tronco, corroborando as recomendações do CNPFLORESTAS (1992b).

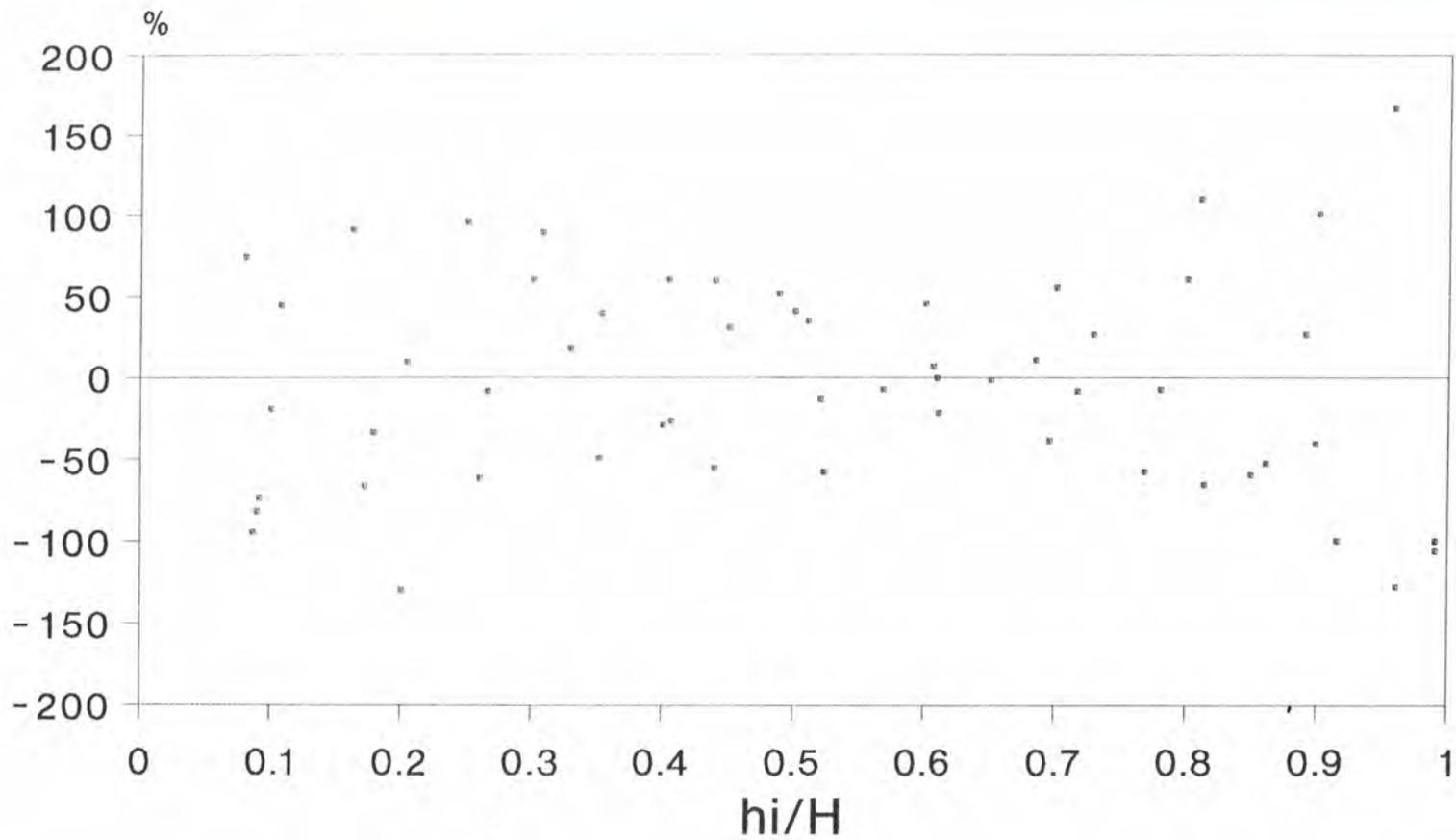


FIGURA 9 - VALORES DOS RESÍDUOS REFERENTES AO NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM RELAÇÃO À ALTURA DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

#### 4.1.2 LAGES - SC

Os valores dos coeficientes da equação de regressão para o número de insetos em função da altura das árvores e o respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) encontram-se na Tabela 2.

A equação de regressão obtida para o afilamento do tronco e o respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foram de:

$$\frac{d_i}{Dap} = 12,34 \left( \frac{h_i}{H} \right) + 45,28 \left( \frac{h_i}{H} \right)^2 + 59,83 \left( \frac{h_i}{H} \right)^3 + 26,69 \left( \frac{h_i}{H} \right)^4 \quad R^2 = 0,91^*$$

As representações gráficas da equação de afilamento do tronco e do número de insetos em função da altura das árvores encontram-se na Figura 10. Comparando-se a tendência das curvas resultantes, verificou-se que a região compreendida nos 30% iniciais do tronco, não tem a preferência de *S. noctilio* e de seus inimigos naturais, considerando-se a concentração de um maior volume de madeira nesta região, coincidindo com os resultados obtidos em Encruzilhada do Sul. Para *I. leucospoides*, o coeficiente de determinação da equação não foi significativo, devido à baixa ocorrência do inseto no local. Entretanto, verifica-se que apesar da curva pouco acentuada, ela apresenta a mesma tendência das demais curvas.

A não preferência pela porção compreendida nos 30% iniciais do tronco pode também estar relacionada ao alto teor de umidade verificado nessa região do tronco, onde registrou-se uma média de 96,23% (Apêndice 5). Os resultados obtidos são similares aos verificados em Encruzilhada do Sul.

---

\* O coeficiente de determinação apresentou significância ao nível de 5%, pelo teste t

TABELA 2 - COEFICIENTES DA EQUAÇÃO DE REGRESSÃO E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO OBTIDOS PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE *S. noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DA ALTURA DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*. LAGES, SC. 1993/94.

VARIÁVEIS	COEFICIENTES DA EQUAÇÃO		COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO $R^2$
	a	b	
Número total de adultos de <i>S. noctilio</i>	430,73	- 420,56	0,67*
Número de adultos de <i>S. noctilio</i> parasitados por <i>D. siricidicola</i>	138,50	- 146,97	0,45*
Número de adultos de <i>I. leucospoides</i>	17,67	- 22,94	0,21 n.s.
Número total de adultos de <i>S. noctilio</i> e de <i>I. leucospoides</i>	462,97	-467,17	0,67*

\* significativo ao nível de 5%, pelo teste t

n.s. não significativo

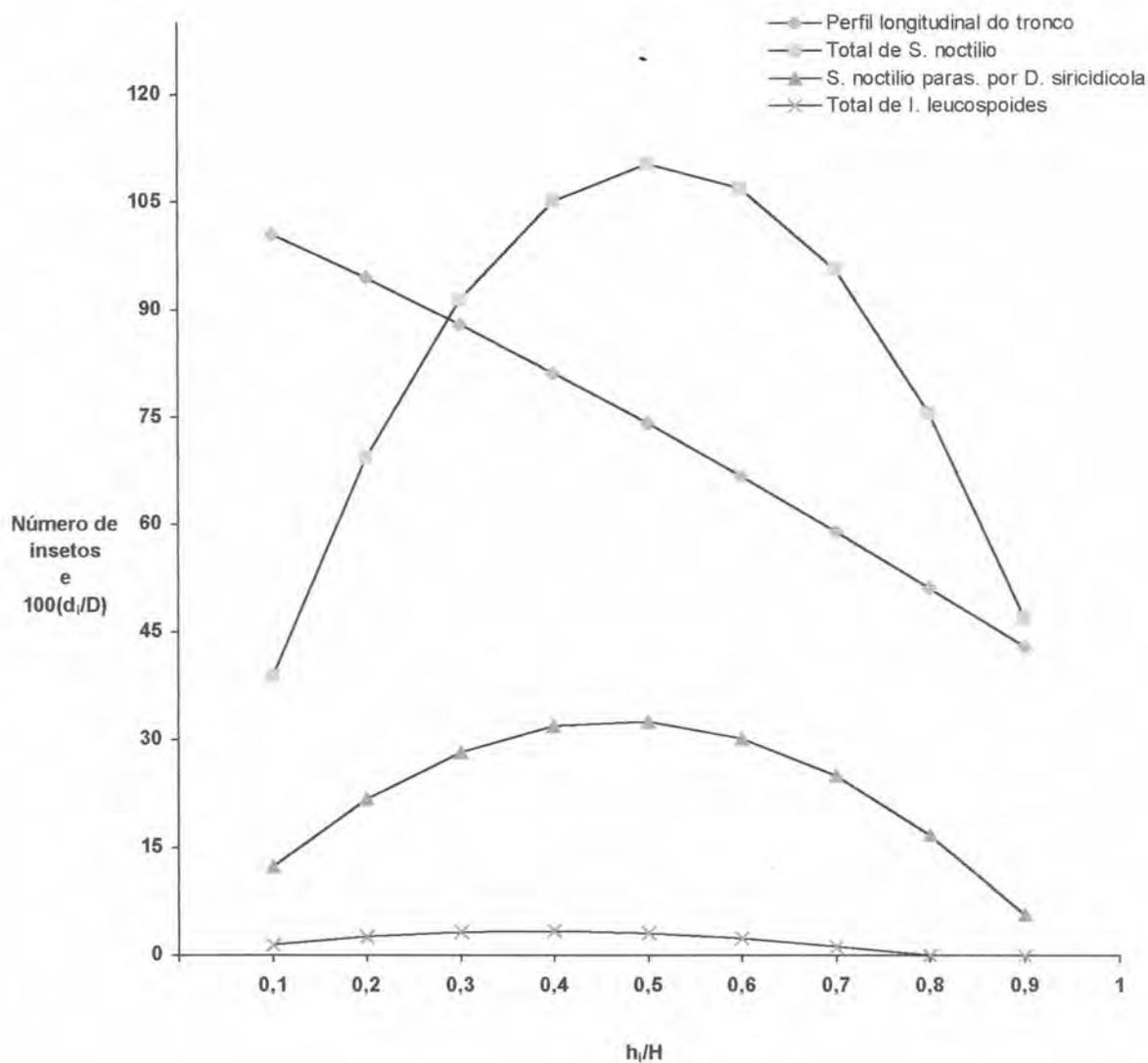


FIGURA 10 - RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides* COM O AFILAMENTO DO TRONCO DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*. LAGES, SC. 1993/94.

Na figura 11, estão apresentados os valores dos resíduos da equação de regressão, referentes ao somatório do número total de *S.noctilio* (parasitados e não parasitados por *D. siricidicola*) e de *I. leucospoides*, em relação à altura da árvore. A análise gráfica indicou a semelhança dos resultados aos obtidos para Encruzilhada do Sul, sendo que a maior variabilidade existente nas regiões referentes à base e ao ápice do tronco está relacionada à menor ocorrência de insetos nestas regiões.

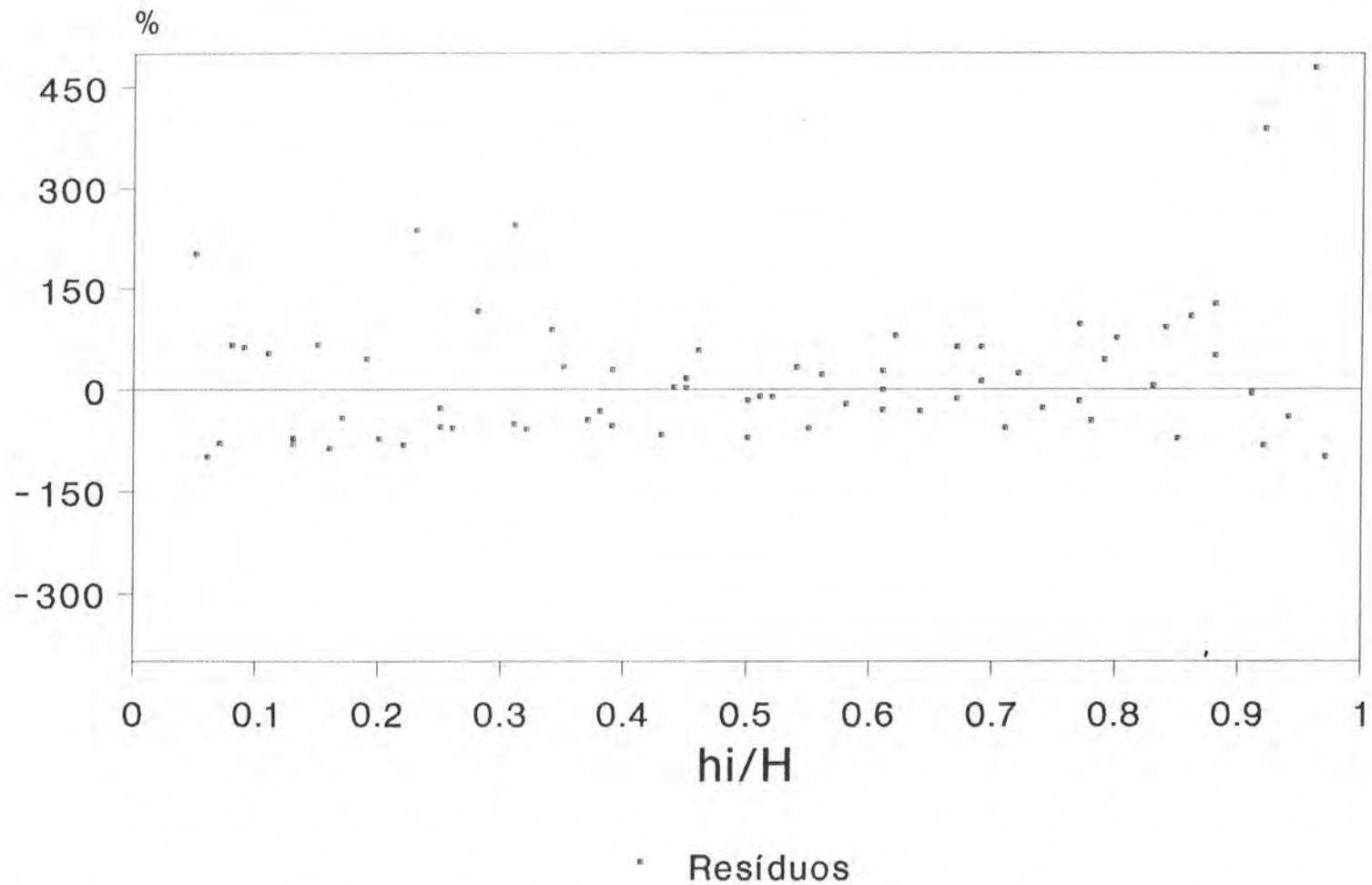


FIGURA 11 - VALORES DOS RESÍDUOS REFERENTES AO NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM RELAÇÃO À ALTURA DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*. LAGES, SC. 1993/94.

#### 4.2 PORCENTAGEM DE PARASITISMO DE *Deladenus siricidicola* EM *Sirex noctilio*.

As porcentagens médias de parasitismo apresentadas por *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*, em Encruzilhada do Sul (Tabela 3) e Lages (Tabela 4) foram, respectivamente, de 71,79%, e 26,59%. A variação ocorrida na eficiência do nematóide, entre locais, pode estar relacionada à perda de eficiência da linhagem do nematóide *D. siricidicola*. Isto foi verificado por BEDDING (1992a), o qual relata que a linhagem que vem sendo utilizada no controle de *S. noctilio*, na Austrália e no Brasil, tem apresentado uma perda de eficiência, em virtude de estar sendo criada, em laboratório, há mais de 20 anos. BEDDING (1992a) acrescentou que *D. siricidicola* poderá atingir altos níveis de parasitismo, em um período correspondente a dois ou três anos após a primeira aplicação, apenas quando a porcentagem de mortalidade de árvores, for alta, ou seja, acima de 10%. Segundo o mesmo autor, no início do programa de controle de *S. noctilio* na Austrália, esta linhagem produzia altos níveis de parasitismo mesmo em plantios onde a mortalidade de plantas, devido ao ataque da praga, era menor que 1%.

Baseado na afirmativa de que a porcentagem de parasitismo é diretamente proporcional à porcentagem de árvores atacadas, constatou-se que em Lages, a baixa mortalidade de árvores (1,30%) e o tempo de introdução do nematóide na área em estudo (cerca de três anos antes da instalação do experimento), pode explicar o fato do nematóide apresentar uma eficiência de apenas 26,59%, sugerindo que encontra-se ainda em fase de estabelecimento. Em Encruzilhada do Sul, a ocorrência de um índice de ataque próximo a 20% e a introdução do nematóide três anos antes da instalação do experimento, resultou em uma porcentagem média de parasitismo de 71,79%, indicando que, neste local, *D. siricidicola* já encontra-se estabelecido.

#### 4.2.1 FATORES RELACIONADOS À VARIAÇÃO, ENTRE ÁRVORES, DO NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO POR *Deladenus siricidicola*

Analisando-se as Tabelas 3 e 4, verifica-se a ocorrência de variações, entre árvores, relacionada ao número total de adultos de *S. noctilio* e os níveis de parasitismo apresentados pelo nematóide, *D. siricidicola*. Estas variações, provavelmente, estão relacionadas às condições fisiológicas das árvores avaliadas, as quais podem, ou não, ser favoráveis ao desenvolvimento do inseto e do nematóide. Sobre este aspecto, RAWLINGS (1948) verificou que a susceptibilidade das árvores ao ataque de *S. noctilio*, depende do vigor da árvore e da quantidade de fungo inoculado pela fêmea, durante a postura. Também MORGAN (1967) observou que as árvores mais adequadas à sobrevivência de *S. noctilio* são aquelas que apresentam uma rápida perda de umidade logo após o ataque da praga, e Titze (1965), citado por MORGAN (1968), verificou que a presença de teores de umidade intermediários e altos níveis de lipídeos, está relacionado ao estabelecimento e crescimento do fungo *Amylostereum areolatum*. Ainda MADDEN (1974), observou uma variação na frequência de ovos colocados em diferentes tipos de perfurações no tronco de *Pinus* spp, relacionando-a com os níveis de pressão osmótica do floema, indicando que a frequência de ovos depositados é dependente das condições fisiológicas da árvore. Desta forma, observa-se que as variações ocorridas, podem depender de uma série de condições, não controladas, as quais interferem sobre o desenvolvimento do fungo *A. areolatum* e, conseqüentemente, sobre a população de *S. noctilio* e também sobre a eficácia de *D. siricidicola*.

Com relação às variáveis, diâmetro à altura do peito (DAP), altura e teor de umidade das árvores, verificou-se que elas não apresentaram nenhuma relação com o número total de insetos que emergiu e a porcentagem de parasitismo por *D. siricidicola*. Em Encruzilhada do Sul (Tabela 3), a árvore número um, que apresentou o maior número de insetos (727), resultou em um parasitismo de 73,18%, DAP de 19,00 cm, altura de 12,30 m

e um teor de umidade de 57,44%. Comparando com a árvore de número quatro, que apresentou o menor número de insetos (142), verifica-se que esta resultou em um parasitismo de 90,14%, DAP de 20,40 m, altura de 11,30 cm e um teor de umidade de 45,11%.

Para Lages (Tabela 4), a árvore número dois, que apresentou o maior número de insetos (1.887), resultou em uma porcentagem de parasitismo de 23,95%, DAP de 19,70 cm, altura de 14,80 m e um teor de umidade de 42,62%. Comparando com a árvore de número cinco, que apresentou o menor número de insetos (630), observa-se que esta resultou em um parasitismo de 38,57%, DAP de 16,40 cm, altura de 15,50 m e um teor de umidade de 56,24%.

TABELA 3 - DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA E TEOR DE UMIDADE DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*; NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE *S. noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	DAP DA ÁRVORE (cm)	ALTURA DA ÁRVORE (m)	TEOR DE UMIDADE DA ÁRVORE (%)	NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	PORCENTAGEM DE PARASITISMO
1	19,00	12,30	57,44	727	532	73,18
2	18,70	9,70	39,03	238	169	71,01
3	16,30	9,70	41,57	452	305	67,48
4	20,40	11,30	45,11	142	126	90,14
5	16,00	10,80	49,34	488	337	69,06
TOTAL	-	-	-	2049	1471	-
MÉDIA	18,08	10,76	46,50	-	-	71,79

TABELA 4 - DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA E TEOR DE UMIDADE DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*; NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE *S. noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO. LAGES, SC. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	DAP DA ÁRVORE (cm)	ALTURA DA ÁRVORE (m)	TEOR DE UMIDADE DA ÁRVORE (%)	NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	PORCENTAGEM DE PARASITISMO
1	22,10	16,00	64,20	1.600	189	11,81
2	19,70	14,80	42,62	1.887	452	23,95
3	12,90	12,00	39,02	1.032	326	31,59
4	27,60	15,30	76,77	830	380	45,78
5	16,40	15,50	56,24	630	243	38,57
TOTAL	-	-	-	5.979	1.590	-
MÉDIA	19,74	14,72	55,77	-	-	26,59

#### 4.3 NÍVEIS DE NEMATÓIDES EM ADULTOS DE *Sirex noctilio*

Os resultados referentes aos níveis de nematóides em adultos de *S. noctilio*, estão apresentados na Tabela 5.

Em Lages foi encontrado maior número de insetos, contendo nível baixo, com 55,91% e os nematóides encontravam-se espalhados no interior do corpo do inseto. NEUMANN et al. (1987) e SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), relataram a possibilidade da ocorrência de poucos nematóides em adultos de *S. noctilio*. O total de 22,38% dos insetos apresentaram nível alto, onde os machos caracterizavam-se por possuir os testículos como uma sólida massa de nematóides (Figura 12). Nas fêmeas, os ovários estavam repletos de nematóides, localizados entre os ovariolos (Figura 13), não tendo sido encontrados nematóides dentro dos ovos. NEUMANN et al. (1987), relataram que a ocorrência, nos machos, de testículos hipertrofiados ou fusionados, indicavam a presença de nematóides e os ovos, nos ovariolos, eram transparentes, com nematóides juvenis dentro deles, visíveis, podendo também serem encontrados nematóides entre os ovariolos. Insetos contendo nível médio foram menos frequentes, com 21,70%.

A maior concentração de insetos classificados no nível alto foi verificada em Encruzilhada do Sul, com 99,46%. Neste caso também, os testículos caracterizavam-se por apresentar uma massa sólida de nematóides e os ovários apresentavam centenas deles, localizados entre os ovariolos e nunca dentro dos ovos. Nesse local, não foi registrado nenhum inseto com nível baixo e insetos com nível médio, representaram apenas 0,54%.

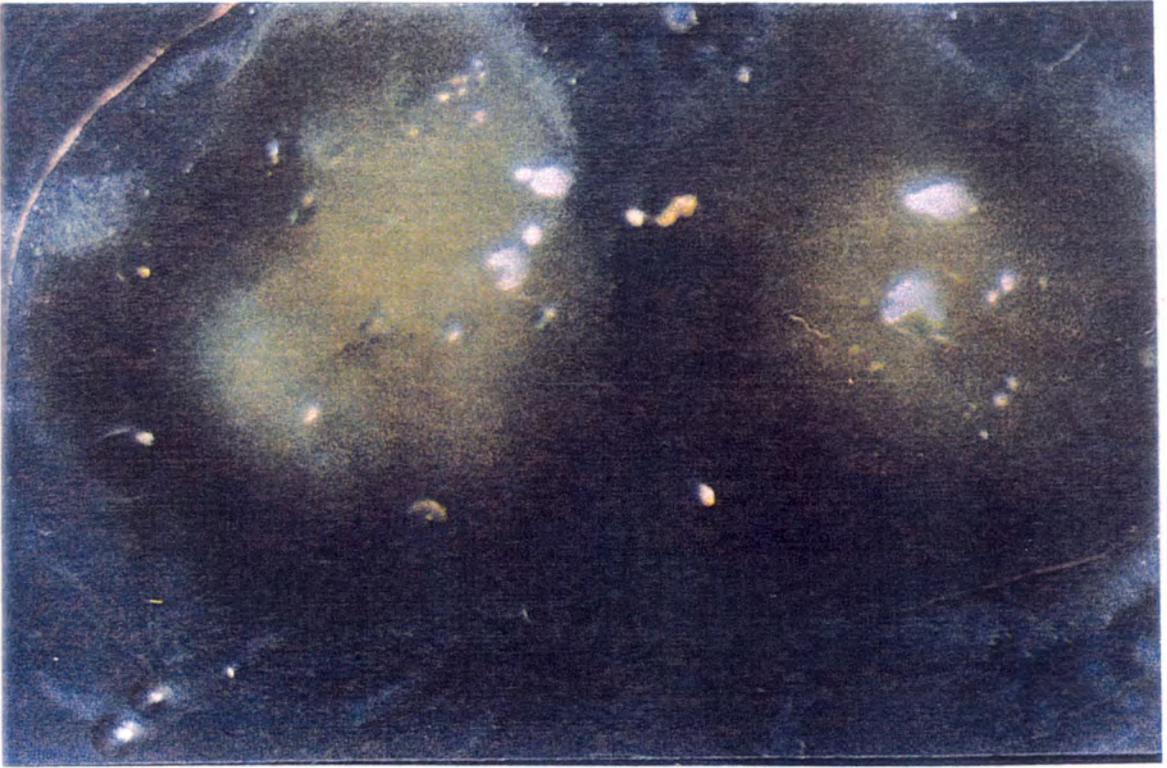


FIGURA 12 - TESTÍCULOS DE *Sirex noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola*

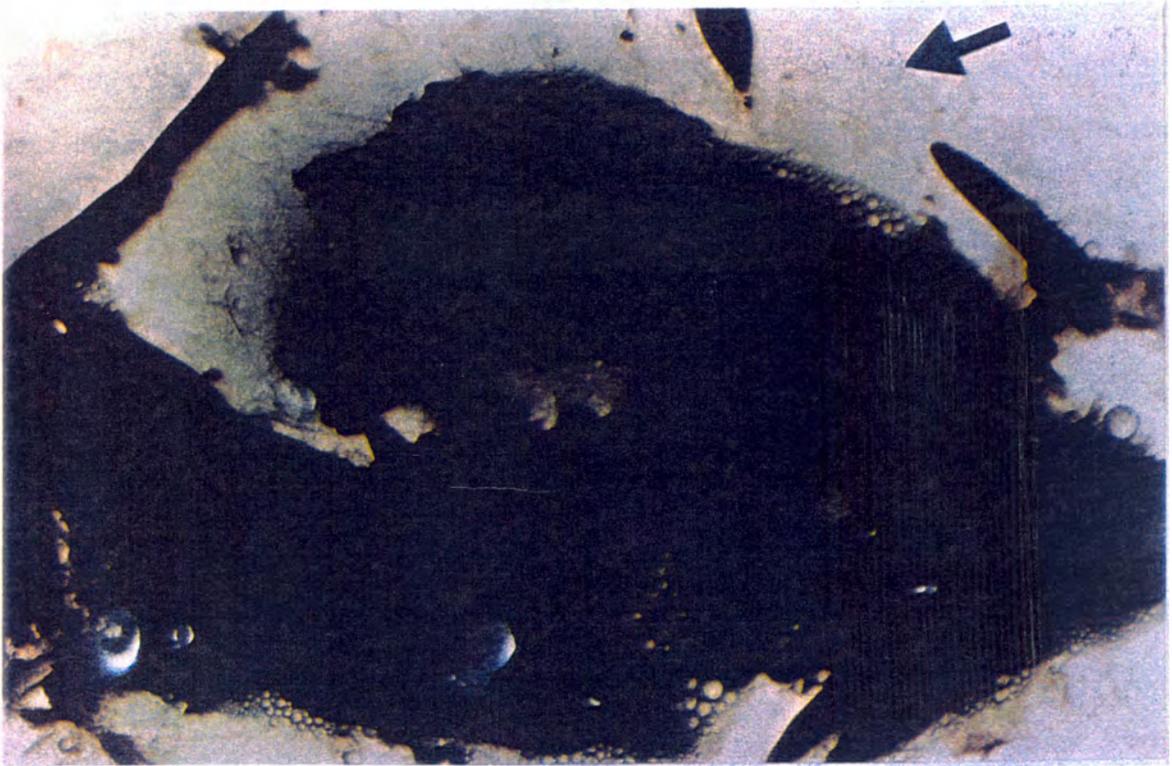


FIGURA 13 - OVÁRIOS DE *Sirex noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola*

Em relação aos insetos que apresentaram nível baixo de nematóides, em função destes terem sido encontrados na hemocele do inseto e não no seu aparelho reprodutor, supõe-se que tratam-se de fêmeas infectivas que penetraram na larva, e por alguma razão, não liberaram os juvenis durante a fase de pupa do hospedeiro. BEDDING (1992b) informou que quando a fêmea de *S. noctilio* parasitada emerge de uma árvore, ela pode conter, na sua hemocele, de uma a 100 fêmeas adultas infectivas do nematóide, e que elas, geralmente, já liberaram a maioria dos juvenis que estavam no interior do seu corpo (cerca de 10.000 juvenis, por fêmea infectiva), para a hemocele do hospedeiro. Entretanto, BEDDING (1972) observou, na Austrália, que os juvenis de *D. siricidicola*, originário do Japão, não são liberados do corpo da fêmea infectiva até bem depois do hospedeiro se transformar em adulto.

Na presente pesquisa, os adultos de *S. noctilio* avaliados, eram fixados em álcool 70% logo após a sua emergência. Assim, pode ter ocorrido dos adultos de *S. noctilio* terem morrido antes de liberarem os juvenis para a hemocele do hospedeiro. Com relação ao nível médio de nematóides, pode ter ocorrido uma situação semelhante, sendo que, neste caso, alguns nematóides juvenis teriam sido liberados da fêmea infectiva, antes da morte do adulto de *S. noctilio*.

A análise dos dados referentes ao parasitismo natural, em Lages, resultou em uma porcentagem de apenas 4,40% (Apêndice 7). Este resultado pode estar relacionado à maior ocorrência, neste local, de insetos classificados no nível baixo.

Em Encruzilhada do Sul foi adotado o mesmo procedimento utilizado para Lages, com a coleta e fixação dos adultos de *S. noctilio*, em álcool 70%, logo após a sua emergência. Entretanto, nesse local, 99,46% dos insetos apresentaram nível alto de nematóides, permitindo supor que as fêmeas infectivas tenham liberado os juvenis para a hemocele do hospedeiro ainda durante a fase de pupa, ou logo que o inseto transformou-se em adulto.

Ainda baseado nos resultados obtidos em Encruzilhada do Sul e considerando-se a porcentagem de parasitismo natural na área, a qual foi de 88,89% (Apêndice 6), pode-se inferir que as fêmeas classificadas no nível alto, além de possuírem uma grande quantidade de nematóides, são capazes de transferi-los durante a postura, mesmo sem ter sido encontrado nematóides dentro dos ovos, durante as avaliações. Existe a hipótese de que os nematóides penetram dentro dos ovos de *S. noctilio* algum tempo após a emergência dos adultos, ou durante a realização da postura. Com relação a este aspecto, BEDDING (1972) relatou que em *Sirex nitobei*, do Japão, os ovos, já totalmente desenvolvidos, não contém nematóides; todos os juvenis localizam-se entre os ovariolos e são transferidos com os ovos durante a postura.

TABELA 5 - NÚMERO E PORCENTAGEM DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* COM NÍVEIS ALTO, MÉDIO E BAIXO DO NEMATÓIDE *Deladenus siricidicola*, PROVENIENTES DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* DOS MUNICÍPIOS DE ENCRUZILHADA DO SUL, RS E LAGES, SC. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	ENCRUZILHADA DO SUL, RS				LAGES, SC			
	NÚMERO DE INSETOS				NÚMERO DE INSETOS			
	NÍVEL ALTO	NÍVEL MÉDIO	NÍVEL BAIXO	TOTAL	NÍVEL ALTO	NÍVEL MÉDIO	NÍVEL BAIXO	TOTAL
1	525	06	-	531	24	14	161	199
2	166	-	-	166	192	60	191	443
3	305	01	-	306	112	201	14	327
4	121	-	-	121	12	55	311	378
5	346	01	-	347	16	15	212	243
TOTAL	1463	08	-	1471	356	345	889	1590
%	99,46	0,54	-	-	22,39	21,70	55,91	-

- \* Nível baixo: de 1 a 10 nematóides por inseto
- \* Nível médio: de 11 a 100 nematóides por inseto
- \* Nível alto: mais de 100 nematóides por inseto

#### 4.4 PORCENTAGEM DE PARASITISMO DE *Ibalia leucospoides* EM *Sirex noctilio*

As porcentagens de parasitismo apresentadas por *I. leucospoides* em Encruzilhada do Sul, RS e Lages, SC, encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 6 e 7.

Em Encruzilhada do Sul, a ocorrência deste parasitóide foi registrada em 1991, dois anos antes da instalação do experimento e o nível de parasitismo verificado no local foi de 18,82% (Tabela 6). Em Lages, o primeiro registro do parasitóide, na área estudada, foi em 1992, um ano antes da instalação do experimento, e a média de parasitismo foi de apenas 3,97% (Tabela 7).

NEUMANN et al. (1987), relataram que em plantios comerciais de *P. radiata*, em Victoria, as espécies de *Ibalia* apresentaram um parasitismo entre 12,70% e 28,90%. REBUFFO (1990), em alguns levantamentos realizados no Uruguai, verificou um nível médio de parasitismo, por *I. leucospoides*, de 24,00%. No Brasil, CARVALHO (1993b) registrou, no município de São Francisco de Paula, RS, na revoada de abril a maio, um parasitismo por *I. leucospoides*, de 29,05% e na revoada de novembro a janeiro, de 30,09%. SILVA (1995), constatou, para a mesma espécie, uma porcentagem de parasitismo de 29,40% e 0%, em Encruzilhada do Sul e Lages, respectivamente

Pelos resultados obtidos em Encruzilhada do Sul, pode-se supor que a ocorrência de uma porcentagem de parasitismo inferior à observada por CARVALHO (1993b), REBUFFO (1990) e SILVA (1995), decorra do fato de *I. leucospoides* estar ainda em fase de estabelecimento no local.

Em Lages, a provável causa do baixo parasitismo, é a recente introdução do parasitóide no local, sendo que, SILVA (1995), registrou, na revoada de 1992/93, um nível de parasitismo de 0%, no mesmo município.

#### 4.4.1 FATORES RELACIONADOS À VARIAÇÃO, ENTRE ÁRVORES, DO NÚMERO TOTAL DE *Ibalia leucospoides* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO

Analisando-se as tabelas 6 e 7, observa-se a ocorrência de variações, entre árvores, quanto ao número de adultos de *I. leucospoides* e a porcentagem de parasitismo, em Encruzilhada do Sul, RS e Lages, SC, respectivamente. Estas variações provavelmente estejam relacionadas às condições fisiológicas das árvores avaliadas, conforme já abordado no item 4.2.1, as quais interferem no desenvolvimento de *S. noctilio* e, conseqüentemente, sobre o desenvolvimento do seu parasitóide.

Observou-se uma relação inversamente proporcional entre o teor de umidade das árvores e a porcentagem de parasitismo. Em Encruzilhada do Sul, as árvores dois e três foram as que apresentaram as maiores porcentagens de parasitismo (25,63% e 26,98%, respectivamente) e também as menores médias de umidade (39,03% e 41,57%, respectivamente). A árvore um, apresentou a menor porcentagem de parasitismo (11,25%) e também a maior média de umidade (57,44%). Em Lages, verificou-se que as árvores dois e três foram as que apresentaram as maiores porcentagens de parasitismo (8,30% e 4,18%, respectivamente) e também os menores médias de umidade (42,62% e 39,02%, respectivamente). Entretanto, a árvore quatro apresentou a menor porcentagem de parasitismo (0,36%), e também a maior de umidade (76,77%). Cabe ressaltar que os teores de umidade das árvores foram medidos no mês de maio/95 e *I. leucospoides* realizou posturas, nestas árvores, provavelmente, entre novembro/94 e fevereiro/95. Desta forma, os teores de umidade aqui considerados encontram-se abaixo daqueles existentes na época da postura do parasitóide.

Os resultados podem indicar que, em árvores com teores de umidade menores, *I. leucospoides* apresenta uma melhor eficiência. Isto pode estar relacionado ao fator responsável pela atração dos adultos de *I. leucospoides*, que segundo MADDEN (1968) e

SPRADBERY (1974) é o fungo *A. areolatum*. Desta forma, a atração do parasitóide para as árvores atacadas por *S. noctilio* começa quando o fungo inicia o seu crescimento. COUTTS & DOLEZAL (1965) verificaram que em madeira com umidade acima de 70%, o crescimento do fungo é muito lento. RAWLINGS (1953) verificou que tanto o fungo como as larvas de *S. noctilio* apresentaram um bom desenvolvimento, apenas em madeira com teores de umidade intermediários.

Portanto, as árvores que apresentaram um menor teor de umidade, favoreceram o desenvolvimento do fungo, tornando-se atrativas ao parasitóide, o qual realizou posturas preferencialmente nestas árvores. As árvores com um maior teor de umidade, tornaram-se atrativas ao parasitóide à medida em que perdiam umidade. No entanto, possivelmente nesta fase, a população do parasitóide já estaria em declínio, ocorrendo um menor número de posturas naquelas árvores.

Constatou-se que as variáveis, altura e DAP, não apresentaram relação com o número de insetos que emergiram, nem com a porcentagem de parasitismo.

TABELA 6 - DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA E TEOR DE UMIDADE DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*; NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE *Ibalia leucospoides* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	DAP DA ÁRVORE (cm)	ALTURA DA ÁRVORE (m)	UMIDADE DA ÁRVORE (%)	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>I. leucospoides</i>	PORCENTAGEM DE PARASITISMO
1	19,00	12,30	57,44	726	92	11,25
2	18,70	9,70	39,03	238	82	25,63
3	16,30	9,70	41,57	452	167	26,98
4	20,40	11,30	45,11	145	34	18,99
5	16,00	10,80	49,34	488	100	17,01
TOTAL	-	-	-	2.049	475	-
MÉDIA	18,08	10,76	46,50	-	-	18,82

TABELA 7 - DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA E TEOR DE UMIDADE DAS ÁRVORES DE *Pinus taeda*; NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE *Sirex noctilio*, NÚMERO DE ADULTOS DE *Ibalia leucospoides* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO. LAGES, SC. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	DAP DA ÁRVORE (CM)	ALTURA DA ÁRVORE (M)	UMIDADE DA ÁRVORE (%)	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>I. leucospoides</i>	PORCENTAGEM DE PARASITISMO
1	22,10	16,00	64,20	1.600	23	1,42
2	19,70	14,80	42,62	1.857	168	8,30
3	12,90	12,00	39,02	1.032	45	4,18
4	27,60	15,30	76,77	830	3	0,36
5	16,40	15,50	56,24	630	7	1,10
TOTAL	-	-	-	5.949	246	-
MÉDIA	19,74	14,72	55,77	-	-	3,97

#### 4.5 DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA DE *Pinus taeda* PARA AVALIAÇÃO POPULACIONAL DE *Sirex noctilio* E DO PARASITISMO DE *Deladenus siricidicola* E DE *Ibalia leucospoides*

Os coeficientes de variação referentes a diferentes dimensionamentos da amostra encontram-se na Tabela 8 e Figura 14, para Encruzilhada do Sul e Tabela 9 e Figura 15, para Lages. Na Tabela 10 e Figura 16 são apresentados os coeficientes de variação conjuntos para os dois locais.

Verifica-se que a medida que se aumenta o número de árvores ou de toretes amostrados, a variação tende a se tornar menor e os resultados mais precisos. Aumentando-se a amostra de uma para duas árvores, a queda nos valores do CV é significativa, diminuindo em Encruzilhada do Sul, de 43,60% para 30,83%, para um torete e, de 29,60% para 20,93%, para sete toretes (Tabela 8, Figura 14). Em Lages, os valores do CV diminuem de 42,74% para 30,22%, para um torete e, de 29,43% para 20,81%, para sete toretes (Tabela 9, Figura 15).

Com relação ao tamanho das amostras (toretos), constatou-se que para a finalidade deste trabalho, a utilização de toretos de 0,50 m foi adequada, uma vez que as árvores permaneceram no campo até o mês de outubro, quando então foram transferidas ao laboratório e divididas em toretos. A emergência dos adultos iniciou cerca de dez dias após o armazenamento dos toretos. Entretanto quando o período de armazenamento for maior, aquele tamanho de amostra não é o mais adequado, em função de apresentar uma mais rápida perda de umidade. Este fator pode provocar a paralisação do crescimento do fungo *A. areolatum* e, conseqüentemente, a morte de muitas larvas de *S. noctilio* e de *I. leucospoides*.

NEUMANN et al. (1987), BEDDING (1989) e CNPFLORESTAS (1992b), referiram-se à utilização de toretos de 1,0 m, os quais parecem ser mais adequados por não sofrerem uma perda tão rápida de umidade. HAUGEN & UNDERDOWN (1993)

trabalharam com toretes de 3,0 m, no entanto, este tamanho de amostra dificulta o seu armazenamento.

#### 4.5.1 UTILIZAÇÃO DAS TABELAS DE COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

Para a utilização das tabelas de CV, deve-se levar em consideração as facilidades operacionais para a condução do trabalho e o espaço disponível para o armazenamento das amostras. Em função destes aspectos, deve-se definir o CV que se deseja trabalhar e com o auxílio das tabelas, determinar o número de árvores que deverão ser amostradas e o número de toretes a serem coletados.

Analisando-se as Tabelas 8, 9 e 10, constata-se que a amostragem de três árvores e três toretes resulta em um CV próximo a 19,00%, o qual pode ser considerado satisfatório para as condições de campo. Neste caso a amostra ficará composta por nove toretes (três toretes por árvore). Aumentando-se o número de árvores, pode-se reduzir o número de toretes, como pode ser verificado quando são amostradas cinco árvores, sendo necessário apenas um torete por árvore. A amostra final será composta por cinco toretes, quase a metade da amostra anterior e com um coeficiente de variação semelhante.

A nível operacional, é possível escolher a opção mais conveniente, como por exemplo: quando o objetivo for a avaliação do parasitismo natural de *D. siricidicola*, cuja operação requer a derrubada das árvores para a coleta das amostras, é mais prática a opção pela amostragem de um menor número de árvores e maior número de toretes por árvore; quando o objetivo for avaliar o parasitismo em árvores inoculadas com o nematóide, as quais foram abatidas anteriormente, não haverá muita diferença entre a escolha de um maior número de árvores ou de toretes. Entretanto, para os dois casos, quando o fator limitante for o espaço para o armazenamento das amostras, a escolha deverá ser feita em função do tamanho final da amostra.

TABELA 8 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DO NÚMERO VARIÁVEL DE ÁRVORES E DE TORETES DE *Pinus taeda*. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

NÚMERO DE ÁRVORES	NÚMERO DE TORETES						
	1	2	3	4	5	6	7
	COEFICIENTE			DE VARIAÇÃO			
1	43,60	36,10	33,22	31,69	30,73	30,08	29,60
2	30,83	25,53	23,49	22,41	21,73	21,27	20,93
3	25,21	20,89	19,23	18,35	17,80	17,42	17,14
4	21,80	18,05	16,61	15,84	15,37	15,04	14,80
5	19,56	16,21	14,93	14,25	13,82	13,53	13,32

TABELA 9 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DO NÚMERO VARIÁVEL DE ÁRVORES E DE TORETES DE *Pinus taeda*. LAGES, SC. 1993/94.

NÚMERO DE ÁRVORES	NÚMERO DE TORETES						
	1	2	3	4	5	6	7
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO						
1	42,74	35,59	32,86	31,40	30,50	29,88	29,43
2	30,22	25,16	23,23	22,21	21,57	21,13	20,81
3	24,66	20,52	18,95	18,11	17,58	17,23	16,97
4	21,37	17,79	16,43	15,70	15,25	14,94	14,71
5	19,11	15,91	14,69	14,05	13,64	13,36	13,16

TABELA 10 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DO NÚMERO VARIÁVEL DE ÁRVORES E DE TORETES DE *Pinus taeda*. MÉDIA DE ENCRUZILHADA DO SUL, RS E LAGES, SC. 1993/94.

NÚMERO DE ÁRVORES	NÚMERO DE TORETES						
	1	2	3	4	5	6	7
	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO						
1	43,17	35,85	33,04	31,55	30,62	29,98	29,52
2	30,53	25,35	23,36	22,31	21,65	21,20	20,87
3	24,94	20,71	19,09	18,23	17,69	17,33	17,06
4	21,59	17,92	16,52	15,77	15,31	14,99	14,76
5	19,34	16,06	14,81	14,15	13,73	13,45	13,24

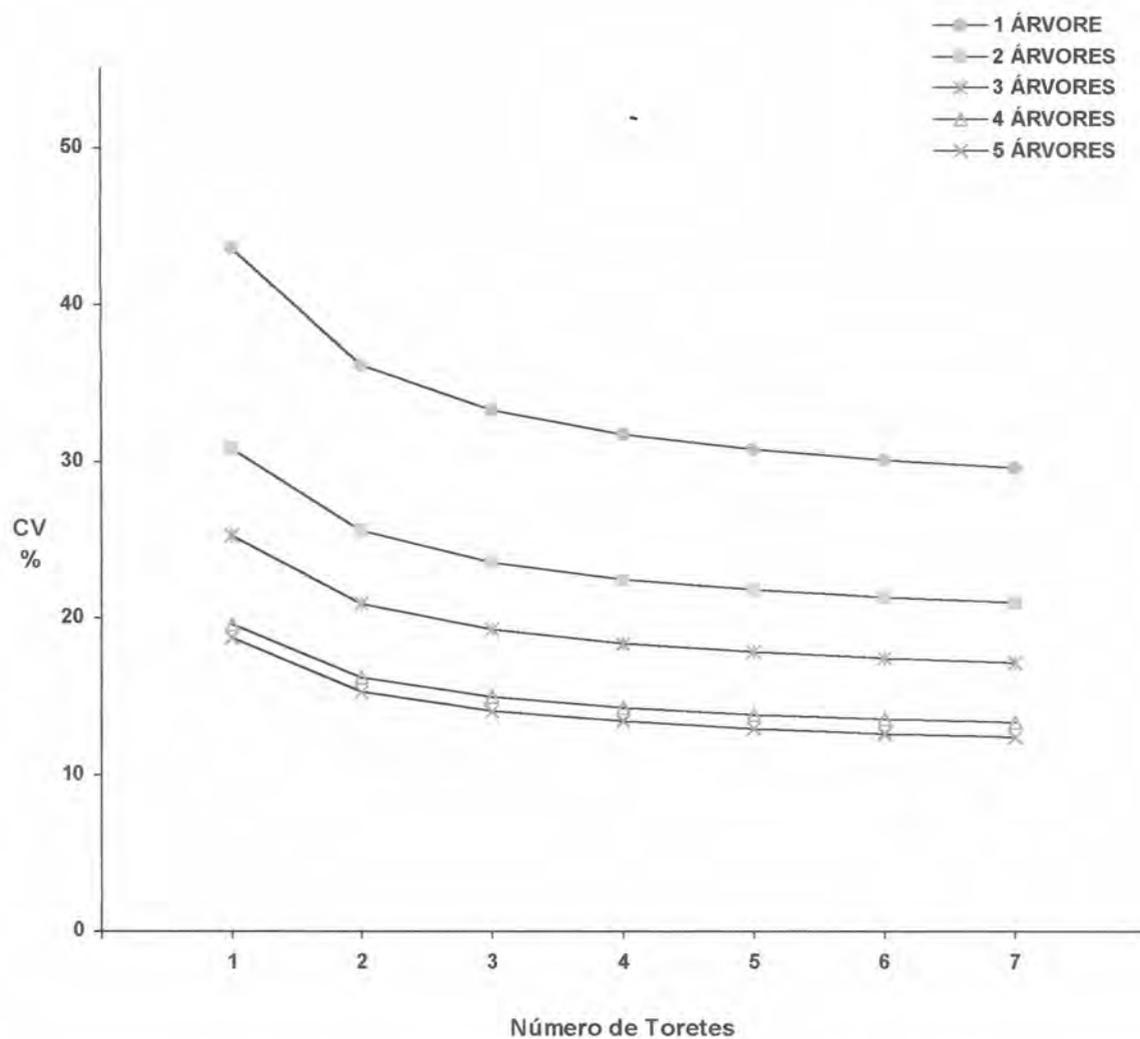


FIGURA 14 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DO NÚMERO VARIÁVEL DE ÁRVORES E DE TORETES DE *Pinus taeda*. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

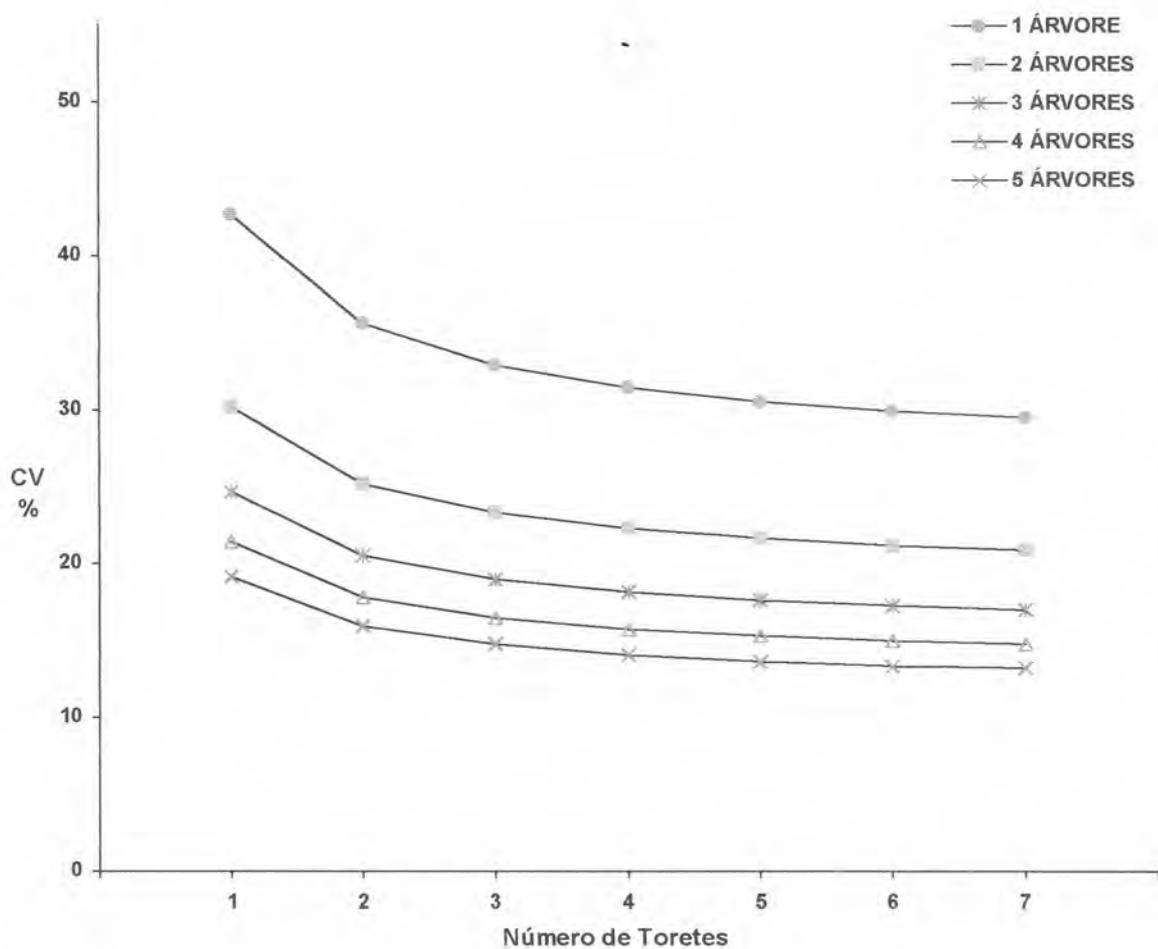


FIGURA 15 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DO NÚMERO VARIÁVEL DE ÁRVORES E DE TORETES DE *Pinus taeda*. LAGES, SC. 1993/94.

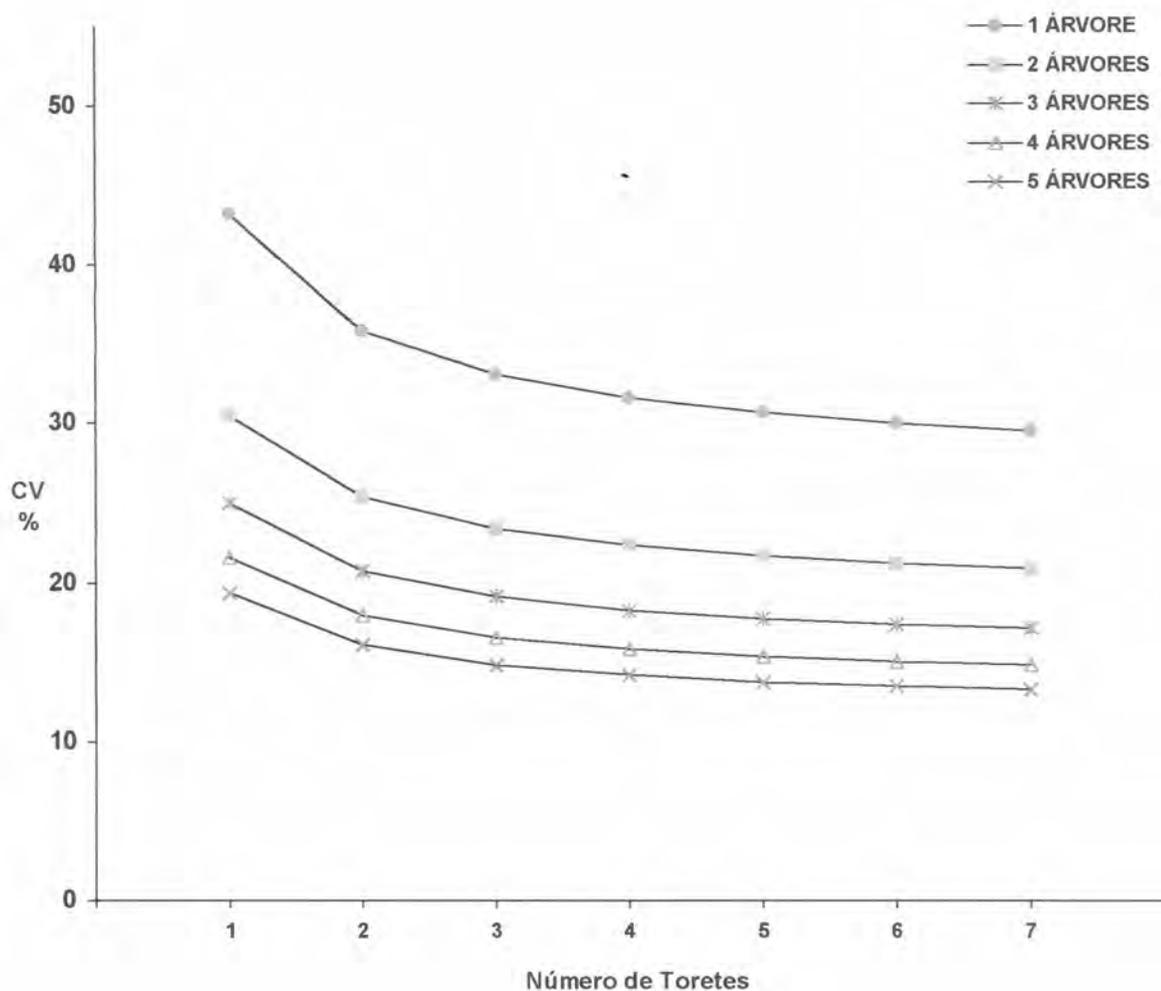


FIGURA 16 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA O NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides*, EM FUNÇÃO DO NÚMERO VARIÁVEL DE ÁRVORES E DE TORETES DE *Pinus taeda*. MÉDIA DE ENCRUZILHADA DO SUL, RS E LAGES, SC. 1993/94.

## 4.6 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL

### 4.6.1 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* PARASITADOS POR *Deladenus siricidicola* EM *Pinus taeda*

Na Tabela 11 é apresentado o número de adultos de *S. noctilio* a serem amostrados para a avaliação do parasitismo por *D. siricidicola*, considerando-se o intervalo de confiança com Z a 90% e o erro tolerável (E), equivalente a 1/5 da média.

BEDDING (1989), HAUGEN & UNDERDOWN (1993) e CNPFLORESTAS (1992b), recomendaram a avaliação de todos os adultos de *S. noctilio* que emergissem das amostras (toretas). SILVA (1995) também realizou a avaliação de todos os adultos de *S. noctilio* que emergiram. No entanto, durante as avaliações realizadas no presente trabalho, verificou-se que quando o nível de parasitismo era alto, utilizando-se um pequeno número de insetos, obtinha-se um resultado semelhante a quando se avaliavam todos os insetos. Verificou-se também que a necessidade de amostrar um número maior de insetos ocorria quando o nível de parasitismo era baixo. Entretanto, nestes casos, também é importante a definição de um número máximo de insetos a serem avaliados, em função de que a utilização de amostras muito grandes torna-se muito trabalhosa, podendo levar a ocorrência de erros não amostrais.

De acordo com PÉLLICO NETO & BRENA (1993), a intensidade da amostragem pode ser determinada, basicamente, em função de:

- não haver nenhuma limitação de tempo e recursos para a realização do processo, e neste caso, é fixado um erro de amostragem e o tamanho da amostra aumenta com o aumento da variabilidade da população.

- haver limitação de tempo e recursos disponíveis, onde o erro não é fixado, sendo maior ou menor, dependendo das condições em que se encontram as amostras. Nesse

caso, a intensidade da amostragem é determinada em função do volume de trabalho que poderá ser realizado em um tempo determinado ou em função dos recursos disponíveis.

Para o cálculo do tamanho da amostra, no presente trabalho, foram considerados os dois aspectos relacionados pelos autores, onde, inicialmente, foi calculado o número de insetos a serem amostrados em função de um erro fixado. Entretanto, pelo fato de ser a avaliação do parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*, um trabalho muito exaustivo, e que quando aplicado a amostras muito grandes, torna-se pouco prático e antieconômico, o tamanho da amostra foi fixado em 272. Nesses casos, os erros toleráveis que eram de 1/5 da média, sofreram acréscimos. No entanto, na prática esses erros são muito reduzidos, em função de o número de insetos parasitados, ser também reduzido.

O SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), recomendaram que após uma amostragem inicial de 100 insetos, dever-se-ia avaliar apenas 10% do restante dos insetos que emergissem. Entretanto, com base nos resultados apresentados na Tabela 11, aquela recomendação só se aplicaria nos casos em que o parasitismo estivesse em níveis superiores a 40%, o qual corresponde, na citada tabela, à amostragem de até 100 insetos. Contudo, nos níveis inferiores a 40%, para se ter uma confiabilidade nos resultados, a amostra deverá ir aumentando à medida que este nível vai diminuindo, e verifica-se que a amostragem de apenas 10% dos insetos restantes, poderá não ser satisfatória, resultando em dados imprecisos.

#### 4.6.1.1 UTILIZAÇÃO DA TABELA DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL

Para a utilização da Tabela 11, deve-se iniciar com a avaliação de 29 insetos, incluindo machos e fêmeas. O número de insetos parasitados da amostra deve ser anotado na segunda coluna e comparado com o número de insetos parasitados constante na terceira coluna da tabela, o qual, neste caso, é 20. Se o número de insetos parasitados da amostra for igual ou superior a este, deve-se interromper a amostragem. Se o número

obtido for inferior, deve-se continuar com a amostragem, até que o número de insetos parasitados da amostra seja igual ou superior ao número de insetos constante na terceira coluna da tabela.

O cálculo da porcentagem de parasitismo é realizado pela utilização da seguinte expressão:

$$\% \text{ de parasitismo} = 100 \left( \frac{\text{numero de insetos parasitados da amostra}}{\text{numero de insetos amostrados}} \right)$$

TABELA 11 - AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DO PARASITISMO DE *Deladenus siricidicola* EM ADULTOS DE *Sirex noctilio*, COM BASE EM INTERVALOS DE CONFIANÇA COM Z A 90% E ERRO TOLERÁVEL DE 1/5 DA MÉDIA, NOS NÍVEIS DE PARASITISMO ATÉ 20%. NOS NÍVEIS INFERIORES, O TAMANHO DA AMOSTRA É FIXO E O ERRO TOLERÁVEL VARIA.

NÚMERO DE INSETOS AMOSTRADOS	NÚMERO DE INSETOS PARASITADOS	
	PARASITADOS DA AMOSTRA	MÍNIMO PARA INTERROMPER A AMOSTRAGEM
29		20
32		22
35		23
38		24
42		26
45		27
49		28
54		30
58		31
63		33
68		34
74		36
80		37
87		38
94		39
102		41
111		42
121		44
132		45
145		46
159		48
175		49
194		50
215		52
241		53
272		54
272		49
272		44
272		38
272		33
272		27
272		22
272		16
272		11
272		5

#### 4.6.2 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DOS PERCENTUAIS DE ATAQUE DE *Sirex noctilio* EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda*

A Tabela 12 foi elaborada, considerando-se o intervalo de confiança com Z a 90% e o erro tolerável (E), equivalente a 1/5 da média. Os valores do erro tolerável (E) para os percentuais de ataque de 50 a 20%, correspondem a 20% do respectivo percentual. Nos níveis inferiores a 20%, o tamanho da amostra foi padronizado em 272 árvores e, conseqüentemente, os valores de E são maiores que os 20% anteriormente estabelecidos, aumentando com a diminuição dos percentuais de ataque.

O NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), recomendou que se realize uma amostragem aérea, com os objetivos de avaliar grandes áreas e possibilitar a estratificação destas áreas em talhões, os quais devem ser, posteriormente, inspecionados via terrestre. Acrescentaram ainda que, no início do ataque, os adultos de *Sirex* preferem árvores dominadas, as quais não são visíveis por inspeção aérea, e que os dados da amostragem aérea devem sempre ser comprovados por uma amostragem terrestre. Com relação à recomendação da inspeção aérea, é certo que esta facilita muito a definição das áreas a serem amostradas via terrestre e dá uma idéia geral da condição da praga no local. Entretanto, grande parte dos produtores não têm disponível um equipamento para realizá-la, e assim ela não apresenta-se como uma alternativa de aplicação prática.

WATERS (1955) referiu-se à utilização da amostragem sequencial como forma de comprovar os dados coletados via aérea, pelo fato de ser aquela uma técnica que permite uma avaliação mais rápida e mais precisa de toda a área. De acordo com Washington (1974), citado FERNANDES (1987), a amostragem sequencial possibilita a inspeção de maior número de amostras, num dado intervalo de tempo.

Em relação ao número de talhões a serem amostrados, O NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991) estabeleceu que este deverá ser suficiente para representar toda a variabilidade do plantio e selecionados obedecendo os critérios abaixo:

- susceptíveis ao ataque de *S. noctilio* - com mais de 10 anos;
- representatividade do talhão em relação a todo o povoamento;
- classe de infestação a que pertence - (< 1% de árvores mortas; 1 - 5% de árvores mortas; > 5% de árvores mortas)
- histórico da praga na área.

Na metodologia desenvolvida pela presente pesquisa, o tamanho da amostra é definido em função do nível de ataque, entretanto não há necessidade de uma seleção prévia de classes de infestação, pois a amostra é dimensionada à medida em que a amostragem vai sendo realizada.

A questão da representatividade do talhão, em relação ao povoamento amostrado, poderá ser resolvida pela utilização dos critérios que definem as parcelas de inventário, onde um talhão é caracterizado em função de determinados aspectos, como: tipo de solo, relevo, sistema de manejo, idade, etc, e a amostragem deverá ser realizada por talhão, considerando este talhão como uma área homogênea.

A metodologia definida pelo NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991), constitui-se na utilização de transectos, onde são amostradas todas as árvores existentes em duas filas, enquanto se caminha por estas, devendo ser registrado o número de árvores mortas por *S. noctilio*. Quanto ao número de árvores a serem avaliadas por talhão, foi verificado que este é variável, devendo ser levado em conta as diferenças de topografia e a distribuição dos danos registrada na inspeção aérea, entretanto a avaliação de 2 a 3% do total de árvores de um talhão dá bons resultados NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE (1991). Com relação a este aspecto, em função da amostragem sequencial caracterizar-se por dimensionar a amostra em função dos resultados que vão sendo obtidos, não ocorrem desperdícios com tamanhos excessivos e nem falta de precisão com tamanhos reduzidos da amostra.

Fowler (1988), citado por BRACK & MARSHALL (1990) concluíram que quando compara-se o método de amostragem sequencial à amostragem com tamanho fixo de amostras, verifica-se que na primeira ocorre uma redução de 40 a 60% do tamanho da amostra.

De acordo com FERNANDES (1987), outro aspecto a ser considerado na utilização da amostragem sequencial é o modelo-de caminhamento para a realização das inspeções, o qual deverá propiciar a máxima cobertura da área, considerando a distância percorrida e o tempo dispendido para a sua realização. Gregg et al. (1975) citado por FERNANDES (1987) acrescentaram que as formas dos campos são irregulares e variáveis, sendo que o padrão do percurso deverá se adaptar às condições existentes. Assim, a melhor forma de caminhamento é aquela que facilite o trabalho de campo, que resulte em menor tempo dispendido para o percurso e que permita que uma maior área seja avaliada durante o processo de amostragem.

Quanto à distribuição das árvores atacadas, no campo, verificou-se que esta geralmente ocorre aleatoriamente. O NATIONAL SIREX COORDINATION COMMITTEE (1991), observou que a ocorrência de reboleiras de árvores atacadas por *S. noctilio* em povoamentos de *Pinus* spp., não é comum. Este fato contribui para a obtenção de resultados mais precisos durante a realização do processo de amostragem, pois não corre-se o risco de superestimar ou subestimar a extensão dos danos da praga.

Em relação à época de realização da amostragem, O NATIONAL SIREX COORDINATION COMMITTEE (1991) recomendaram que esta fosse conduzida entre a metade de maio e final de julho. Avaliações realizadas antes deste período poderia acarretar na perda de registro das árvores atacadas no final do período de emergência do inseto, mas poderia informar, com antecedência, o número de árvores que deveriam ser inoculadas com o nematóide. Avaliações realizadas após julho dificultaria a visualização de ataques recentes, entretanto resultaria em melhor estimativa da mortalidade total do

período. Portanto na hora de definir a época de realização da amostragem, deve-se levar em consideração o seu objetivo.

#### 4.6.2.1 UTILIZAÇÃO DA TABELA DE AMOSTRAGEM SEQUENCIAL

Para a utilização da Tabela 12, deve-se iniciar com a amostragem de 68 árvores. O número de árvores atacadas da amostra deverá ser anotado na segunda coluna da tabela e comparado ao número de árvores atacadas apresentado na terceira coluna da tabela, o qual neste caso é 34. Se o número de árvores atacadas da amostra for igual ou superior a este, deve-se considerar a amostra completada. Se este número for inferior, deve-se continuar a amostragem, até que o item anterior seja atingido.

A estimativa do percentual de árvores atacadas no povoamento amostrado pode ser obtida pela utilização da expressão abaixo:

$$\% \text{ de ataque} = 100 \left( \frac{\text{numero de arvores atacadas}}{\text{numero de arvores amostradas}} \right)$$

TABELA 12 - AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES ATACADAS POR *Sirex noctilio* EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda*, COM BASE EM INTERVALOS DE CONFIANÇA COM Z A 90% E ERRO TOLERÁVEL DE 1/5 DA MÉDIA, NOS NÍVEIS DE ATAQUE ATÉ 20%. NOS NÍVEIS INFERIORES, O TAMANHO DA AMOSTRA É FIXO E O ERRO TOLERÁVEL VARIA.

NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS	NÚMERO DE ÁRVORES ATACADAS	
	ATACADAS DA AMOSTRA	MÍNIMO PARA INTERROMPER A AMOSTRAGEM
68		34
74		36
80		37
87		38
94		39
102		41
111		42
121		44
132		45
145		46
159		48
175		49
194		50
215		52
241		53
272		54
272		49
272		44
272		38
272		33
272		27
272		22
272		16
272		11
272		5

## 5 CONCLUSÕES

A região do tronco correspondente aos 30% iniciais, é menos preferida por *S. noctilio* e pelos seus inimigos naturais;

A partir dos 30% iniciais, a distribuição dos insetos é regular e, proporcional ao diâmetro do tronco;

As amostras para avaliação da população de *S. noctilio* e para definição dos níveis de parasitismo de *D. siricidicola* e *I. leucospoides* em árvores de *P. taeda*, deverão ser coletadas na região compreendida entre 30% e 80% da altura do tronco, correspondendo, aproximadamente, ao terço médio e metade do terço superior da árvores;

A utilização das tabelas de coeficiente de variação permite o planejamento das atividades de monitoramento da praga e de seus inimigos naturais, considerando a precisão dos resultados, armazenamento das amostras e custos da operação.

A amostragem sequencial para avaliação do parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*, permite a redução de trabalho, tempo e conseqüentemente, dos custos desta atividade, além de fornecer boa precisão dos resultados.

A utilização da amostragem sequencial para definição dos percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*, permite a obtenção de resultados com maior rapidez e a um custo mias baixo quando comparado à utilização de parcelas com tamanho fixo de amostras.

As regiões do tronco com teores de umidade mais elevados (acima de 80%), resultam na emergência de um menor número de adultos de *S. noctilio* e uma menor porcentagem de parasitismo de *D. siricidicola* e *I. leucospoides*, quando comparado a outras regiões do tronco onde os teores de umidade são duas a três vezes menores.

A maior proporção de insetos com nível alto de nematóides, resulta em altos níveis de parasitismo e a maior proporção de insetos com nível baixo e médio de nematóides, resulta em uma menor porcentagem de parasitismo. Assim, a porcentagem média de parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio*, está diretamente relacionada ao nível de nematóides nesses adultos.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Pela utilização das tabelas de coeficientes de variação, é possível definir o número de árvores e de toretes a serem amostrados. Entretanto, a escolha das árvores é uma parte muito importante de todo o processo. Devido à ocorrência de variação entre árvores, quanto ao número de adultos de *S. noctilio* que emergem destas, é recomendável que durante a escolha das amostras, tenha-se o cuidado de coletar toretes com bastante respingos de resina, devido à postura de *S. noctilio*. Isto é importante para garantir a presença de um número razoável de insetos nestes toretes.

Deve-se levar em consideração, também, para a utilização das tabelas de CV, que as variações existentes em um mesmo plantio, tais como, solo, idade das plantas, manejo, etc., poderão interferir na precisão dos resultados, e se necessário, deverão ser coletadas amostras para as diferentes condições.

A amostragem sequencial para avaliação do parasitismo de *D. siricidicola* em adultos de *S. noctilio* poderá ser aplicada a amostras pertencentes a um mesmo talhão de *Pinus* spp, ou para diferentes talhões dentro de uma mesma fazenda ou plantio. Isto dependerá do objetivo da avaliação. Assim, todos os insetos que emergirem das amostras, devem ser agrupados, compondo uma só amostra, e a partir daí deve se dar início ao procedimento amostral.

Para a utilização da amostragem sequencial para definição dos percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*, deve-se sempre considerar a homogeneidade da área. Se ocorrerem variações dentro de um mesmo plantio, este deverá ser estratificado e ser realizada uma avaliação em cada estrato.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEDDING, R.A. Parasitic and free-living cycles in entomogenous nematodes of the genus *Deladenus*. Nature, London, v. 214, p. 174-175, 1967.
- \_\_\_\_\_. Biology of *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) an entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricidae woodwasps. Nematologica, Leiden, v.18, p. 482-493, 1972.
- \_\_\_\_\_. Nematode parasites of hymenoptera, In: NICKLE, W.R. Plant and insect nematodes. New York: M. Dekker, 1984. p. 755 -795.
- \_\_\_\_\_. Relatório e recomendações sobre o ataque de *Sirex noctilio* no Brasil, Curitiba: EMBRAPA - CNPF, 1989, 8p. (não publicado).
- \_\_\_\_\_. Strategy to overcome the crisis in control of sirex by nematodes. Australian Forest Grower. (Sum.), 1992a.
- \_\_\_\_\_. Biological control of *Sirex noctilio* using the nematode *Deladenus siricidicola*. In: BEDDING, R.A.; AKHURST, R.J; KAYA, H. Nematodes and the biological control of insect pests. Melbourne: CSIRO, 1992b. 10 p.
- BEDDING, R.A.; AKHURST, R.J. Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. Journal of Australian Entomological Society, Brisbane, v.13, n. 2, p. 129 -135, 1974.

\_\_\_\_\_ Geographical distribution and host preferences of *Deladenus* spp. (Nematoda:Neotylenchidae) parasitic in siricid woodwasp and associated hymenopterous parasitoides. Nematologica, Leiden, v. 24, p. 286 - 294, 1978.

BEECHE CISTERNAS, M.; CERDA MARTINEZ, L.; HERRERA AUTTER, S.; LERMANDA FUSHLOCHER, M.E.; MORENO LEHUEDE, I.; VERGARA BAHNEN, C. Manual de reconocimiento de plagas forestales cuarentenarias. Santiago, Chile: Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura de Chile, 1993. 169 p.

BRACK, C.L.; MARSHALL, P. Sequential sampling and modeling for mean dominant height estimation. Australian Forestry, n. 53, v. 1, p. 41 - 46. 1990.

CAMERON, E.A. The Siricinae (Hymenoptera:Siricidae) and their parasites. Commonwealth Institute of Biological Control Technical Bulletin, Fontana, n. 5, p.1-31, 1965.

CARVALHO, A.G. Bioecologia de *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera:Siricidae) em povoamentos de *Pinus taeda* L. Curitiba, 1992. 127 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

\_\_\_\_\_ Parasitismo de *Ibalia* sp. (Hymenoptera: Ibalidae) em *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera:Siricidae) em São Francisco de Paula - RS. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 26/27, 1993a. (no prelo)

\_\_\_\_\_ Aspectos bioecológicos de *Ibalia leucospoides* (Hockenwarth), (Hymenoptera:ibaliidae). In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA-DA-MADEIRA, *Sirex noctilio*, NA AMÉRICA DO SUL (1992: Florianópolis). Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/FUNCEMA, 1993b. p. 11 - 120.

CHRYSTAL, R.N. Studies of sirex parasites. The Empire Forestry Journal, London, v. 2, n. 7, p. 145 - 154, 1928.

\_\_\_\_\_ Studies of the Sirex parasites: The biology and post-embryonic development of *Ibalia leucospoides* Hochenw. (Hymenoptera:Cynipoidea). Oxford Forestry Memories, Oxford, série B, n.11, p. 1 - 63. 1930.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS, EMBRAPA. Inoculação de nematóides. Colombo, 1992a. Folder.

\_\_\_\_\_ Programa de avaliação de parasitismo e dispersão de *Deladenus siricidicola* e *Ibalia leucospoides*. Colombo, 1992b. Folder.

CLAUSEN, C.P. Entomophagous insects. New York: Hafner Publishing Company, 1962.

CONSERVATION FOREST & LANDS. Sirex wasp control with nematodes and trap trees. Lands & Forests Division, n. 14, Sep. 1989.

COUTTS, M.P. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I. Effects of symbiotic fungus *Amylostereum* sp (Thelophoraceae). Australian Journal of Biological Science, Melbourne, v. 22, p. 915-924, 1969.

- COUTTS, M.P.; DOLEZAL, J.E. *Sirex noctilio*, its associated fungus, and some aspects of wood moisture content. Australian Forest Research, Melbourne, v. 1, n. 4, p. 3 - 13, 1965.
- DURAFLORE. Surceptibilidade de toras de pinheiros tropicais ao ataque da vespa-da-madeira *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA-DA-MADEIRA, *Sirex noctilio*, NA AMÉRICA DO SUL (1992: Florianópolis). Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/FUNCEMA, 1993. p. 97 - 110.
- ECHEVERRIA, N.E. Avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). IFONA. Centro Forestal Castelar. Buenos Aires, n. 3, p. 22 - 23, 1986.
- FABER, R.; SHEATSLEY, P.; TURNER, A.; WAKSBERG, J. What is a survey. Washington. American Statistical Association, 1980.
- FERNANDES, E. J. Sistemas de amostragem e decisão sequencial e não sequencial em inspeções de campos de produção de sementes de soja. Jaboticabal. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP. 1987.
- GILBERT, J.M.; MILLER, L.W. An outbreak of *Sirex noctilio* (F.) in Tasmania. Australian Forestry, Melbourne, v. 16, p. 63 - 69, 1952.
- HANSON, H.S. Ecological notes on the sirex woodwasps and their parasites. Bulletin of Entomological Research, Wallingford, v. 30, n. 1, p. 27 - 65, 1939.

HAUGEN, D.A.; BEDDING, R.A.; UNDERDOWN, M.G.; NEUMANN, F.G. National strategy for control of *Sirex noctilio* in Australia. Australian Forest Grower, v.13, n.2, 1990. 8p.

HAUGEN, D.A.; UNDERDOWN, M.G. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 Green Triangle outbreak. Australian Forestry, Melbourne, v. 53, n. 1, p. 33 - 40, 1990.

\_\_\_\_\_. Reduced parasitism of *Sirex noctilio* in radiata pines inoculated with the nematode *Beddingia siricidicola* during 1974 - 1989. Australian Forestry, Melbourne, v. 56, n. 1, p. 45 - 48, 1993.

IEDE, E.T.; PENTEADO, S.R.C.; BISOL, J.C. Ocorrência de ataque de siricídios (Hymenoptera:Siricidae) em *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Florestal do Paraná, 2. Anais. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná, 1988a. p. 2.

\_\_\_\_\_. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. Colombo: EMBRAPA - CNPF, 1988b, 12p. (EMBRAPA - CNPF, Circular Técnica, 20).

IEDE, E.T.; BEDDING, R.A.; PENTEADO, S.R.C.; MACHADO, D.C. Programa nacional de controle da vespa-da-madeira - PNCVM. Colombo: EMBRAPA - CNPF, 1989. 10p.

IRVINE, C.J. Forest and timber insects in Victoria. Victoria's Resources, v. 4, p. 40 - 43, 1962.

KILE, G.A.; TURNBULL, C.R.A. Drying in the sapwood of radiata pine after inoculation with *Amylostereum areolatum* and *Sirex mucus*. Australian Forestry Research, Melbourne, v. 6, n. 4, p. 35 - 40, 1974.

LIMA, P.C. Método de amostragem para a avaliação do índice de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*, Berk. E Br.). Piracicaba, 1979, 65p. Tese (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz".

MADDEN. J.L. Behavioral responses of parasites to the symbiotic fungus associated with *Sirex noctilio* F. *Nature*, London, v. 218, n. 13, p. 189 - 190, 1968.

\_\_\_\_\_. Oviposition behavior of the woodwasp *Sirex noctilio* F. Australian Journal of Zoology, Melbourne, v. 22, p. 341-351, 1974.

\_\_\_\_\_. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research, Wallingford, v. 65, p. 491 - 500, 1975.

\_\_\_\_\_. Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Bulletin of Entomological Research, Wallingford, v. 67, p. 405 - 426, 1977.

\_\_\_\_\_. *Sirex* in Australasia. In: BERRYMAN, A. A. Dynamics of forest insect populations. New York: Plenum, 1988. p. 407 - 429.

- MENDENHALL, W. Probabilidade e estatística. Rio de Janeiro: Campus, 1985. 489 p.
- MENDES, J.C. Manual de controle à vespa-da-madeira. Florianópolis: Associação Catarinense dos Reflorestadores, 1992. 3p.
- MEYER, P.L. Probabilidade: aplicações à estatística. Rio de Janeiro, Livros Técnicos Editora, 1983. 426 p.
- MILLER, D.; CLARK, A.F. *Sirex noctilio* and its parasite in New Zealand. Bulletin of Entomological Research, Wallingford, v. 26, p.149 - 154, 1935.
- MINKO, G. Chemicals for non-commercial thinning of *Pinus radiata* by basal stem injection. Australian Weeds, Myrtleford, v.1, n.1, p. 5 - 7, 1981.
- MORGAN. D.F. Bionomics of Siricidae. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v.13, p. 239 - 256, 1968.
- MORGAN. D.F.; STEWART, N.C. The biology of the woodwasp *Sirex noctilio* (F) in New Zealand. Transactions of the Royal Society of the New Zealand, Wellington. v. 7, n. 14, p. 195 - 204, 1966.
- MORRIS, R.F. A sequential sampling technique for spruce budworm egg surveys. Canadian Journal of Zoology, n. 32, p. 302 - 313. 1954.
- NATIONAL SIREX CO-ORDINATION COMMITTEE. National sirex control strategy - Operations worksheets, Australia, 1991. 10p.

- NETER, J.; WASSERMAN, W. Applied linear statistical models. Richard D. Irwin, Inc., 1974. 842 p.
- NEUMANN, F.G.; MOREY, J.L.; MCKIMM, R.J. The sirex wasp in Victoria. Department of Conservation. Forest and Lands, Victoria, 1987. 41 p. (Bulletin 29).
- NUTTAL, M.J. Insect parasites of *Sirex* (Hymenoptera: Ichneumonidae, Ibalidae and Orussidae). Forest and Timber Insects in New Zealand. Forest Research Institute, Rotorua, n. 47, 1980. 11p.
- PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D.A. Inventário florestal. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 268 p.
- PENTEADO, S.R.C.; IEDE, E.T. Utilização de insetos parasitóides para o controle biológico de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA-DA-MADEIRA, *Sirex noctilio*, NA AMÉRICA DO SUL (1992: Florianópolis). Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/FUNCEMA, 1993. p.149 - 159.
- PENTEADO, S.R.C.; OLIVEIRA, E.B.; IEDE, E.T. Amostragem sequencial para determinação de níveis de ataque de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) em povoamentos de *Pinus* spp. In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA-DA-MADEIRA, *Sirex noctilio*, NA AMÉRICA DO SUL (1992: Florianópolis). Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/FUNCEMA, 1993. p.175 - 181.
- POINAR, G.O. Entomogenous nematodes. Leiden: E. J. Brill, 1975. 315p.

PRODAN, M. Holzmesselekre. Sauerlanders Verlag Fankfurt am Main. 1965. 644 p.

RAWLINGS, G.B. Recent observations on the *Sirex noctilio* population in *Pinus radiata* forests in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry, North Wellington, v.5, n. 11, p. 411 - 421, 1948.

\_\_\_\_\_. Rearing of *Sirex noctilio* and its parasite *Ibalia leucospoides*. New Zealand Forest Research, Notes, v.1, n. 8, p. 20 - 34, 1953.

RAWLINGS, G.B.; WILSON, N.M. *Sirex noctilio* as a beneficial and destructive insect to *Pinus radiata*. New Zealand Journal of Forestry, North Wellington, v. 6, n. 1, p.1 - 11, 1949.

REBUFFO, S. La "avispa de la madera" *Sirex noctilio* F. en el Uruguay. Montevideo: Ministerio de Ganaderia, Agricultura y Pesca, Direccion Forestal, 1988. 14p. (Serie Proteccion Forestal v.1, n. 1).

\_\_\_\_\_. La "avispa de la madera" *Sirex noctilio* F. en el Uruguay. Montevideo: Ministério de Ganaderia, Agricultura y Pesca, Dirección Forestal 1990. 17 p.

SANTOS, H.R.; SANTOS, R.M.G.; CONTO, I.; DIODATO, M.A.; PIRES, P.T. Avaliação da eficiência do nematóide *Deladenus siricidicola* Bedding, em adultos da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* Fabricius, 1793. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7), 1993: Anais. Curitiba: 1993. p. 173 - 175.

SILVA, S.M.S. Avaliação do estabelecimento e eficiência de agentes de controle biológico de *Sirex noctilio* F., 1793 (Hymenoptera: Siricidae), em *Pinus taeda* L., nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Curitiba, 1995. 92p. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

SMITH, D.R. Hymenopterum catalogus - Suborder Symphita (Xyelidae, Pararchexyelidae, Parapamphiliidae, Xyelydidae, Karatavitidae, Gigasiridae, Sepulcidae, Pseudosiricidae, Anaxylidae, Siricidae, Xiphydriidae, Paroryssidae, Xyelotomidae, Blasticotomidae, Pergidae). W. Junk B. V. : Holand, v. 14, p. 59 - 63, 1978.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. Métodos Estadísticos. Compania Editorial Continental, S.A. México, 1978. 703 p.

SPRADBERY, J.P. A comparative study of the phytotoxic effects of siricid woodwasps on conifers. Annual Applied Biology. Camberra, v. 75, p. 309 - 320, 1973.

\_\_\_\_\_. The responses of *Ibaliia* species (Hymenoptera: Ibaliidae) to the fungal symbiontes of siricid woodwasp host. Journal of Entomology, Série A, Oxford, v. 48, n. 2, p. 217 - 222, 1974.

SPRADBERY, J.P.; KIRK, A.A. Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey, with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. Bulletin of Entomological Research, Wallingford, v. 68, p. 341 - 359. 1978.

\_\_\_\_\_ Experimental studies on the responses of european siricid woodwasps to host trees. Annual Applied Biology, Camberra, v. 98, p. 179 - 185, 1981.

SUTTON, W.R.J. New Zealand experience with radiata pine. The H.R.Mac-Millan Lectureship in Forestry, Vancouver, n. 23, 1984. 24 p.

TALBOT, P.H.B. Taxonomy of the fungus associated with *Sirex noctilio*. Australian Journal Bot., n. 12, p. 46 - 52, 1964.

TAYLOR, K.L. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania. 1962 - 67. Melbourne: CSIRO, 1967. 19 p (CSIRO, Paper 8).

\_\_\_\_\_ The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga, Paris, v. 21, n. 4, p. 429 - 440, 1976.

\_\_\_\_\_ The Sirex woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. In: KITCHING, R.L.; JONES, R.E. The ecology of pests; some australian case histories. Melbourne: CSIRO, 1981, p. 231-248.

VIZCARRA SÁNCHEZ, J. Consideraciones sobre *Sirex noctilio* y otros insectos que constituyen "plagas" en la principal provincia forestal argentina: Misiones. In: CONFERÊNCIA REGIONAL DA VESPA-DA-MADEIRA, *Sirex noctilio*, NA AMÉRICA DO SUL (1992: Florianópolis). Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/FUNCEMA, 1993. p. 73 - 76.

WALD, A. Sequential analysis of statistical data: theory. Columbia Univ. Stat. Res. Gp. Rpt. 75 and Office Sci. Res. and Devlpmt. Rpt. 1943.

WARREN, W.G.; CHEN, P.W. The impact of misspecification of the negative binomial shape parameter in sequential sampling plans. Canadian Journal Forestry Research, n. 16, p. 608 - 611. 1986.

WATERS, W.E. Sequential sampling in forest insect surveys. Forestry Science, n. 1, p. 68 - 79. 1955.

WELD, L.H. Cynipoidea (Hym.) 1905 - 1950. Michigan: Privately Printed, 1952. 150 p.

ZONDAG, R. A nematode infection of *Sirex noctilio* F., in New Zealand. New Zealand Journal Forestry Science, Wellington. v. 12, n. 4, p. 732 - 747, 1969.

\_\_\_\_\_ Control of *Sirex noctilio* F. with *Deladenus siricidicola* Bedding. Part II. Introductions and establishments in the South Island, 1968 - 1975. New Zealand Journal Forestry Science, Rotorua, v.9, n. 1, p. 68 - 76, 1979.

ZONDAG, R.; NUTTALL, M.J. *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae). Forest and Timber Insects in New Zealand. New Zealand Forest Service, Rotorua, n. 20, p. 1 - 7, 1977.

APÊNDICE 1 - DADOS DE DIÂMETRO E COMPRIMENTO DOS TORETES DE *Pinus taeda*; NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides* QUE EMERGIU, POR TORETE E POR ÁRVORE DE *Pinus taeda*. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	TERÇO DA ÁRVORE	NÚMERO DO TORETE	DIÂMETRO DO TORETE (CM)	COMPRIMENTO DO TORETE (CM)	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>I. leucospoides</i>
1	INFERIOR	1	20,0	52,0	0	0	0
1	INFERIOR	2	18,7	52,0	1	1	0
1	INFERIOR	3	19,2	49,0	23	23	2
1	INFERIOR	4	20,1	43,0	50	48	7
1	INFERIOR	5	19,5	52,0	42	41	2
1	INFERIOR	6	18,8	52,0	60	53	8
1	INFERIOR	7	18,4	51,0	34	26	4
1	INFERIOR	8	17,6	48,0	38	35	1
1	INFERIOR	9	17,4	47,0	52	49	5
1	MÉDIO	10	17,3	43,0	56	42	9
1	MÉDIO	11	16,5	50,0	52	46	10
1	MÉDIO	12	16,7	52,0	50	46	3
1	MÉDIO	13	16,0	51,0	30	22	3
1	MÉDIO	14	14,5	46,0	29	22	4
1	MÉDIO	15	15,3	50,0	29	22	3
1	MÉDIO	16	13,9	49,0	28	15	5
1	MÉDIO	17	12,1	51,0	38	11	9
1	SUPERIOR	18	12,1	44,0	23	2	4
1	SUPERIOR	19	11,8	50,0	44	15	4
1	SUPERIOR	20	10,1	50,0	26	10	6
1	SUPERIOR	21	9,9	49,0	13	1	2
1	SUPERIOR	22	9,2	50,0	6	0	1
1	SUPERIOR	23	7,8	29,0	1	0	0
1	SUPERIOR	24	6,4	49,0	2	2	0
1	SUPERIOR	25	4,5	52,0	0	0	0
2	INFERIOR	1	20,0	51,0	2	2	0
2	INFERIOR	2	18,9	51,0	2	2	0
2	INFERIOR	3	18,6	50,0	3	3	2
2	INFERIOR	4	19,5	45,0	10	10	0
2	INFERIOR	5	18,2	52,0	9	8	3
2	INFERIOR	6	18,1	50,0	11	9	2
2	INFERIOR	7	17,7	51,0	24	20	5
2	INFERIOR	8	17,4	53,0	7	7	2
2	MÉDIO	9	17,1	51,0	2	1	1
2	MÉDIO	10	16,4	50,0	14	14	5
2	MÉDIO	11	16,9	50,0	3	1	7
2	MÉDIO	12	16,1	46,0	11	6	3
2	MÉDIO	13	14,8	51,0	37	32	13
2	MÉDIO	14	14,3	49,0	24	18	10

Continuação ...

2	MÉDIO	15	14,1	42,0	12	8	2
2	MÉDIO	16	12,4	53,0	20	10	8
2	SUPERIOR	17	11,3	51,0	21	3	10
2	SUPERIOR	18	11,2	50,0	15	12	9
2	SUPERIOR	19	11,2	46,0	7	3	0
2	SUPERIOR	20	8,9	51,0	3	0	0
2	SUPERIOR	21	8,8	59,0	1	0	0
2	SUPERIOR	22	6,5	51,0	0	0	0
2	SUPERIOR	23	4,7	45,0	0	0	0
3	INFERIOR	1	17,5	53,0	13	13	1
3	INFERIOR	2	16,3	51,0	26	25	7
3	INFERIOR	3	16,2	51,0	13	13	4
3	INFERIOR	4	15,8	43,0	37	36	11
3	INFERIOR	5	15,1	51,0	55	54	23
3	INFERIOR	6	15,1	49,0	57	56	22
3	INFERIOR	7	15,0	35,0	18	17	7
3	MÉDIO	8	13,8	51,0	30	22	6
3	MÉDIO	9	12,9	50,0	53	24	24
3	MÉDIO	10	12,1	51,0	37	20	11
3	MÉDIO	11	11,9	46,0	29	10	12
3	MÉDIO	12	12,1	51,0	19	2	11
3	MÉDIO	13	10,9	51,0	18	5	13
3	MÉDIO	14	10,2	52,0	27	7	6
3	SUPERIOR	15	9,8	44,0	5	1	3
3	SUPERIOR	16	10,0	50,0	6	0	6
3	SUPERIOR	17	8,8	50,0	5	0	0
3	SUPERIOR	18	8,6	32,0	3	0	0
3	SUPERIOR	19	6,8	51,0	1	0	0
3	SUPERIOR	20	6,5	48,0	0	0	0
4	INFERIOR	1	21,7	49,0	2	2	0
4	INFERIOR	2	21,6	50,0	3	3	2
4	INFERIOR	3	20,3	49,0	2	2	0
4	INFERIOR	4	19,4	47,0	22	22	3
4	INFERIOR	5	19,1	51,0	23	23	0
4	INFERIOR	6	18,7	51,0	17	17	0
4	INFERIOR	7	18,6	50,0	14	14	2
4	INFERIOR	8	18,4	51,0	5	4	1
4	MÉDIO	9	17,8	51,0	1	1	0
4	MÉDIO	10	16,5	50,0	3	3	1
4	MÉDIO	11	16,5	50,0	0	0	2
4	MÉDIO	12	15,9	48,0	1	0	0
4	MÉDIO	13	15,2	56,0	5	3	3
4	MÉDIO	14	13,8	50,0	11	9	8
4	MÉDIO	15	13,5	51,0	11	9	5
4	SUPERIOR	16	12,6	49,0	6	5	1
4	SUPERIOR	17	12,0	44,0	7	6	0
4	SUPERIOR	18	12,1	51,0	2	1	3
4	SUPERIOR	19	11,2	51,0	3	0	1
4	SUPERIOR	20	10,1	51,0	2	2	0

Continuação ...

4	SUPERIOR	21	9,9	42,0	0	0	2
4	SUPERIOR	22	7,5	69,0	2	2	0
5	INFERIOR	1	17,5	51,0	2	2	1
5	INFERIOR	2	16,4	50,0	4	4	1
5	INFERIOR	3	15,9	51,0	7	7	3
5	INFERIOR	4	15,7	47,0	21	21	4
5	INFERIOR	5	15,6	53,0	21	20	2
5	INFERIOR	6	15,1	49,0	28	26	5
5	INFERIOR	7	14,7	51,0	40	39	5
5	INFERIOR	8	14,3	51,0	48	42	8
5	MÉDIO	9	13,7	50,0	48	35	9
5	MÉDIO	10	13,5	51,0	59	41	3
5	MÉDIO	11	13,4	45,0	42	20	9
5	MÉDIO	12	13,4	50,0	15	6	7
5	MÉDIO	13	12,8	50,0	34	24	14
5	MÉDIO	14	12,3	51,0	32	18	9
5	MÉDIO	15	12,2	43,0	38	26	7
5	MÉDIO	16	12,0	48,0	22	3	3
5	SUPERIOR	17	11,1	51,0	12	3	2
5	SUPERIOR	18	10,3	48,0	5	0	1
5	SUPERIOR	19	9,5	45,0	3	0	3
5	SUPERIOR	20	9,3	49,0	7	0	4
5	SUPERIOR	21	8,8	49,0	0	0	0
5	SUPERIOR	22	7,5	28,0	0	0	0
5	SUPERIOR	23	6,4	51,0	0	0	0
5	SUPERIOR	24	5,7	49,0	0	0	0
<hr/>							
TOTAL	-	-	-	-	2.047	1.471	478

APÊNDICE 2 - DADOS DE DIÂMETRO E COMPRIMENTO DOS TORETES E DE *Pinus taeda*; NÚMERO TOTAL DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides* QUE EMERGIU, POR TORETE E POR ÁRVORE DE *Pinus taeda*. LAGES, SC. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	TERÇO DA ÁRVORE	NÚMERO DO TORETE	DIÂMETRO DO TORETE (CM)	COMPRIMENTO DO TORETE (CM)	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	NÚMERO DE ADULTOS DE <i>I. leucospoides</i>
1	INFERIOR	1	21,0	44,0	31	1	6
1	INFERIOR	2	22,0	51,0	29	3	0
1	INFERIOR	3	22,2	50,0	48	1	0
1	INFERIOR	4	21,8	47,0	21	3	0
1	INFERIOR	5	23,1	51,0	7	0	0
1	INFERIOR	6	23,1	49,0	0	0	0
1	INFERIOR	7	22,0	51,0	0	0	0
1	INFERIOR	8	20,3	44,0	14	0	0
1	INFERIOR	9	20,1	66,0	114	1	1
1	INFERIOR	10	20,5	51,0	85	3	0
1	INFERIOR	11	22,2	48,0	100	16	1
1	INFERIOR	12	19,2	49,0	89	29	4
1	MÉDIO	13	18,8	46,0	85	22	0
1	MÉDIO	14	19,8	50,0	55	3	0
1	MÉDIO	15	18,0	50,0	77	5	1
1	MÉDIO	16	18,9	50,0	53	5	0
1	MÉDIO	17	20,0	45,0	44	0	0
1	MÉDIO	18	15,0	50,0	51	5	0
1	MÉDIO	19	14,6	49,0	63	11	0
1	MÉDIO	20	14,3	51,0	73	1	0
1	MÉDIO	21	13,9	43,0	15	1	0
1	MÉDIO	22	13,3	51,0	60	0	0
1	MÉDIO	23	12,8	51,0	88	3	0
1	MÉDIO	24	12,3	48,0	74	7	1
1	SUPERIOR	25	12,1	45,0	77	3	0
1	SUPERIOR	26	11,7	49,0	33	6	2
1	SUPERIOR	27	11,3	51,0	25	3	3
1	SUPERIOR	28	11,0	49,0	45	6	1
1	SUPERIOR	29	10,3	45,0	24	8	1
1	SUPERIOR	30	10,1	49,0	38	7	2
1	SUPERIOR	31	9,9	50,0	27	14	0
1	SUPERIOR	32	9,7	50,0	41	17	0
1	SUPERIOR	33	8,3	46,0	2	1	0
1	SUPERIOR	34	6,9	53,0	11	4	0
1	SUPERIOR	35	6,8	47,0	1	0	0
1	SUPERIOR	36	6,0	62,0	0	0	0
2	INFERIOR	1	20,9	50,0	14	2	0
2	INFERIOR	2	19,8	51,0	42	12	0

Continuação ...

2	INFERIOR	3	19,7	50,0	49	31	0
2	INFERIOR	4	19,0	42,0	48	26	0
2	INFERIOR	5	17,5	52,0	93	44	5
2	INFERIOR	6	19,8	50,0	172	54	4
2	INFERIOR	7	18,8	50,0	215	75	1
2	INFERIOR	8	18,4	47,0	120	50	2
2	INFERIOR	9	15,2	49,0	9	4	0
2	INFERIOR	10	13,1	40,0	62	22	2
2	INFERIOR	11	12,6	50,0	69	14	0
2	INFERIOR	12	12,5	50,0	107	23	3
2	INFERIOR	13	12,4	48,0	77	17	2
2	INFERIOR	14	12,2	55,0	69	5	2
2	INFERIOR	15	11,8	50,0	73	3	2
2	INFERIOR	16	11,7	51,0	108	10	9
2	INFERIOR	17	11,6	45,0	64	14	8
2	SUPERIOR	18	11,4	52,0	78	19	7
2	SUPERIOR	19	11,2	49,0	61	13	12
2	SUPERIOR	20	11,1	49,0	69	6	13
2	SUPERIOR	21	10,3	42,0	34	6	10
2	SUPERIOR	22	10,2	50,0	53	0	16
2	SUPERIOR	23	9,7	49,0	49	0	8
2	SUPERIOR	24	9,3	50,0	63	1	28
2	SUPERIOR	25	9,1	45,0	43	0	6
2	SUPERIOR	26	8,8	55,0	46	1	28
3	INFERIOR	1	13,7	49,0	39	0	0
3	INFERIOR	2	12,9	50,0	22	0	0
3	INFERIOR	3	12,8	51,0	14	0	0
3	INFERIOR	4	12,6	45,0	23	0	0
3	INFERIOR	5	13,0	50,0	36	3	0
3	INFERIOR	6	12,3	50,0	26	5	0
3	INFERIOR	7	11,5	63,0	49	7	1
3	MÉDIO	8	11,6	52,0	89	12	0
3	MÉDIO	9	11,2	51,0	42	13	3
3	MÉDIO	10	10,9	50,0	69	23	1
3	MÉDIO	11	10,4	49,0	44	21	0
3	MÉDIO	12	10,2	46,0	56	37	1
3	MÉDIO	13	10,0	50,0	86	51	0
3	MÉDIO	14	9,8	50,0	51	39	0
3	MÉDIO	15	9,1	49,0	54	34	5
3	SUPERIOR	16	8,8	45,0	47	27	2
3	SUPERIOR	17	9,2	49,0	49	8	2
3	SUPERIOR	18	8,8	64,0	45	6	10
3	SUPERIOR	19	8,2	59,0	48	21	4
3	SUPERIOR	20	7,2	50,0	48	11	3
3	SUPERIOR	21	7,0	50,0	46	5	3
3	SUPERIOR	22	6,7	48,0	27	2	4
3	SUPERIOR	23	6,1	42,0	22	1	6
4	INFERIOR	1	29,7	51,0	0	0	0
4	INFERIOR	2	27,8	52,0	0	0	0

Continuação ...

4	INFERIOR	3	27,2	51,0	0	0	0
4	INFERIOR	4	24,6	49,0	14	3	0
4	INFERIOR	5	26,2	50,0	12	1	0
4	INFERIOR	6	25,5	51,0	28	3	0
4	INFERIOR	7	23,7	51,0	37	8	0
4	INFERIOR	8	25,8	42,0	1	1	0
4	INFERIOR	9	25,0	50,0	18	1	0
4	INFERIOR	10	24,5	50,0	28	4	1
4	INFERIOR	11	23,9	52,0	32	14	0
4	MÉDIO	12	23,4	44,0	26	6	0
4	MÉDIO	13	23,0	50,0	16	3	0
4	MÉDIO	14	21,1	49,0	20	6	0
4	MÉDIO	15	20,8	51,0	12	9	0
4	MÉDIO	16	20,0	52,0	20	2	0
4	MÉDIO	17	20,2	44,0	12	2	0
4	MÉDIO	18	19,9	48,0	35	15	0
4	MÉDIO	19	18,0	44,0	58	43	0
4	MÉDIO	20	18,2	51,0	49	33	0
4	MÉDIO	21	18,4	49,0	55	34	0
4	MÉDIO	22	19,3	52,0	31	5	0
4	SUPERIOR	23	19,2	51,0	18	6	0
4	SUPERIOR	24	18,8	47,0	43	23	1
4	SUPERIOR	25	13,1	51,0	21	10	1
4	SUPERIOR	26	12,5	50,0	103	74	0
4	SUPERIOR	27	12,3	50,0	71	43	0
4	SUPERIOR	28	11,9	44,0	38	24	0
4	SUPERIOR	29	10,4	39,0	17	5	0
4	SUPERIOR	30	10,3	39,0	15	2	0
4	SUPERIOR	31	8,1	50,0	0	0	0
4	SUPERIOR	32	7,6	50,0	0	0	0
4	SUPERIOR	33	7,3	51,0	0	0	0
5	INFERIOR	1	17,4	51,0	1	0	0
5	INFERIOR	2	16,5	51,0	5	0	0
5	INFERIOR	3	16,2	49,0	0	0	0
5	INFERIOR	4	15,6	43,0	9	4	0
5	INFERIOR	5	16,1	49,0	11	7	1
5	INFERIOR	6	15,4	51,0	7	0	0
5	INFERIOR	7	15,1	51,0	15	5	1
5	INFERIOR	8	14,8	41,0	19	4	2
5	INFERIOR	9	14,3	46,0	22	2	0
5	INFERIOR	10	14,1	45,0	18	5	0
5	MÉDIO	11	14,2	51,0	26	15	0
5	MÉDIO	12	13,4	51,0	24	13	0
5	MÉDIO	13	13,1	50,0	58	21	0
5	MÉDIO	14	12,8	42,0	57	26	0
5	MÉDIO	15	13,5	49,0	56	35	0
5	MÉDIO	16	13,1	50,0	46	20	0
5	MÉDIO	17	12,4	51,0	56	21	0
5	MÉDIO	18	11,4	43,0	30	13	0
5	MÉDIO	19	11,5	50,0	37	13	1

Continuação ...

5	MÉDIO	20	10,7	51,0	32	7	0
5	SUPERIOR	21	10,8	50,0	29	10	0
5	SUPERIOR	22	9,7	44,0	11	4	0
5	SUPERIOR	23	10,1	53,0	27	6	0
5	SUPERIOR	24	9,1	56,0	13	8	1
5	SUPERIOR	25	8,9	61,0	3	0	1
5	SUPERIOR	26	7,9	50,0	11	3	0
5	SUPERIOR	27	7,3	50,0	3	0	0
5	SUPERIOR	28	6,6	50,0	2	0	0
5	SUPERIOR	29	6,4	44,0	1	0	0
5	SUPERIOR	30	6,0	77,0	1	1	0
TOTAL	-	-	-	-	5.979	1.590	246

APÊNDICE 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides* QUE EMERGIU DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* EM ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F	ESTIMATIVA DOS COMP. DE VARIÂNCIA
Árvore	4	29,1051	13,41	0,00001	$s_a^2 = 1,28$
Estrato (A1)	2	19,7020	9,08	0,00048	
Estrato (A2)	2	9,0891	4,19	0,01786	
Estrato (A3)	2	52,6483	24,25	0,00001	
Estrato (A4)	2	3,6448	1,68	0,19050	
Estrato (A5)	2	39,2695	18,09	0,00001	
Estrato (Árv.)	10	24,8707	11,46	0,00013	
Resíduo	90	2,1707			$s_t^2 = 2,17$

Média Geral = \* transformada: 4,26      \* não transformada: 21,34

Coefficiente de Variação = 34,62 %

APÊNDICE 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* E DE *Ibalia leucospoides* QUE EMERGIU DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* EM LAGES, SC. 1993/94.

FONTES DE VARIACÃO	G.L.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F	ESTIMATIVA DOS COMP. DE VARIÂNCIA
Árvore	4	61,8799	14,22	0,00001	$s_a^2 = 2,74$
Estrato (A1)	2	8,4162	1,93	0,14843	
Estrato (A2)	2	3,3408	0,77	0,52887	
Estrato (A3)	2	4,2082	0,97	0,61402	
Estrato (A4)	2	1,0994	0,25	0,78052	
Estrato (A5)	2	21,1404	4,86	0,00996	
Estrato (Árv.)	10	7,6410	1,76	0,17664	
Resíduo	90	4,3509			$s_t^2 = 4,35$

Média Geral = \* transformada: 6,23      \* não transformada: 41,38

Coeficiente de Variação = 33,49 %

APÊNDICE 5 - DADOS DE DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA E TEOR DE UMIDADE (BASEADO NO PESO SECO), REFERENTE ÀS ÁRVORES DE *Pinus taeda* SELECIONADAS PARA INOCULAÇÃO DO NEMATÓIDE, *Deladenus siricidicola* EM ENCRUZILHADA DO SUL, RS E LAGES, SC. 1993/94.

LOCAL	DAP (cm)	ALTURA (m)	TEOR DE UMIDADE (%)			MÉDIA
			TERÇO INFERIOR	TERÇO MÉDIO	TERÇO SUPERIOR	
Encruzilhada do Sul - RS						
Árvore 1	19,00	12,30	119,86	29,78	22,68	57,44
Árvore 2	18,70	9,70	64,15	29,77	23,17	39,03
Árvore 3	16,30	9,70	72,28	29,30	23,14	41,57
Árvore 4	20,40	11,30	80,07	31,61	23,64	45,11
Árvore 5	16,00	10,80	95,64	29,37	23,02	49,34
Média	18,08	10,76	86,40	29,97	23,31	46,50
Lages - SC						
Árvore 1	22,10	16,00	126,35	35,23	31,02	64,20
Árvore 2	19,70	14,80	59,73	38,80	29,32	42,62
Árvore 3	12,90	12,00	49,57	38,69	28,79	39,02
Árvore 4	27,60	15,30	146,80	50,40	33,11	76,77
Árvore 5	16,40	15,50	98,69	35,11	34,93	56,24
Média	19,74	14,72	96,23	39,65	31,43	55,77

APÊNDICE 6 - NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO POR *Deladenus siricidicola* EM ÁRVORES DE *Pinus taeda* NÃO INOCULADAS COM O NEMATÓIDE. ENCRUZILHADA DO SUL, RS. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	NÚMERO TOTAL DE MACHOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO TOTAL DE MACHOS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	NÚMERO TOTAL DE FÊMEAS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO TOTAL DE FÊMEAS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	PORCENTAGEM MÉDIA DE PARASITISMO
1	46	42	13	11	89,83
2	5	4	1	1	83,33
3	36	32	7	6	88,37
TOTAL	87	78	21	18	88,89

APÊNDICE 7 - NÚMERO TOTAL DE ADULTOS DE *Sirex noctilio* E PORCENTAGEM DE PARASITISMO POR *Deladenus siricidicola* EM ÁRVORES DE *Pinus taeda* NÃO INOCULADAS COM O NEMATÓIDE. LAGES, SC. 1993/94.

NÚMERO DA ÁRVORE	NÚMERO TOTAL DE MACHOS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO TOTAL DE MACHOS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	NÚMERO TOTAL DE FÊMEAS DE <i>S. noctilio</i>	NÚMERO TOTAL DE FÊMEAS DE <i>S. noctilio</i> PARASITADOS POR <i>D. siricidicola</i>	PORCENTAGEM MÉDIA DE PARASITISMO
1	36	3	4	0	7,50
2	71	3	9	0	3,75
3	32	1	7	0	2,56
TOTAL	139	7	20	0	4,40