

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**FERRUGEM DO EUCALIPTO: PLANEJAMENTO EVASIVO,
ESTIMATIVA DE DANO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DO
CONTROLE QUÍMICO**

MARCUS VINICIUS MASSON

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU

Agosto – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**FERRUGEM DO EUCALIPTO: PLANEJAMENTO EVASIVO,
ESTIMATIVA DE DANO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DO
CONTROLE QUÍMICO**

MARCUS VINICIUS MASSON

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Furtado

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU

Agosto – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M421f Masson, Marcus Vinicius, 1984-
 Ferrugem do eucalipto : planejamento evasivo, estimativa de dano e análise da viabilidade do controle químico / Marcus Vinicius Masson.- Botucatu : [s.n.], 2009.
 v, 167 f. : il. color, gráfs., tabs.

 Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009
 Orientador: Edson Luiz Furtado
 Inclui bibliografia

 1. Epidemiologia. 2. *Puccinia psidii*. 3. *Eucalyptus*.
 I. Furtado, Edson Luiz. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

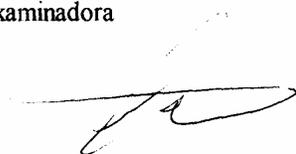
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “FERRUGEM DO EUCALIPTO: PLANEJAMENTO EVASIVO, ESTIMATIVA DE DANO E ANÁLISE DA VIABILIDADE DO CONTROLE QUÍMICO”

ALUNO: MARCUS VINICIUS MASSON

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO



PROFª DRª CHRISTIANE CERIANI APARECIDO



PROF. DR. CELSO GARCÍA AUER

Data da Realização: 10 de agosto de 2009.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais Luiz Alberto Masson e Sônia Maria Desie Masson, responsáveis pelas minhas realizações, pela condução, apoio e incentivo.

Aos meus irmãos Vitor Luis Masson e Luis Felipe Masson e familiares, pela paciência e compreensão na distância.

Ao Professor Doutor Edson Luiz Furtado, pela amizade, orientação, caráter, e toda experiência transmitida nestes anos de convivência.

À minha companheira Aline Nascimento, pelo amor, carinho e dedicação transmitidos, imprescindíveis à superação dos desafios lançados pela vida.

Aos docentes, funcionários e estagiários do Departamento de Produção Vegetal – Defesa Fitossanitária pela amizade e colaboração, em especial ao Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken.

À Veracel Celulose S.A., de modo especial ao Antônio Sérgio Alípio, pela concessão do apoio financeiro.

Ao David Evandro Fernandes, Carlos André Gaspar dos Santos e Daniela Andrade Neves (Veracel Celulose S.A.), pelo apoio irrestrito, confiança e amizade ao longo deste tempo.

Aos amigos, Alex Sander Porcena, Mário Dal Pogetto, Carlos Augusto Passos, Jovane Pereira da Cruz, Jacyr Mesquita Alves, Aline Angeli, William Matos, Jivaldo Araújo, Rodrigo Veiga de Miranda, Marivaldo Gonzaga, Arthur Vrechi, Carlos Antônio Santos de Oliveira, pelo companheirismo e auxílio na execução deste trabalho.

A todos os amigos da Veracel Celulose S.A. e Copener Florestal Ltda.

Aos amigos Thiago Petine, André Gracioso, Obede Fontes, Rodrigo Bonfim, Valdenir Soeiro, Daniel Rosa, Marco Basseto, Cecília Ohto, Haroldo Antunes, Domingos Santos, e tantos outros companheiros, pela amizade e companheirismo.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 1 |
| SUMMARY | 3 |
| 1 INTRODUÇÃO | 5 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 8 |
| 2.1 A importância da eucaliptocultura no Brasil | 8 |
| 2.2 Ferrugem do eucalipto | 11 |
| 2.2.1 Importância da doença | 11 |
| 2.2.2 Sintomatologia | 14 |
| 2.2.3 Etiologia | 17 |
| 2.3 Epidemiologia da ferrugem do eucalipto | 21 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 34 |
| 3.1 Zoneamento das áreas de plantio através do Índice de Infecção | 34 |
| 3.2 Estudo da epidemia de ferrugem no tempo e no espaço | 36 |
| 3.2.1 Comportamento de clones quanto à intensidade de ferrugem em diferentes regiões de plantio | 38 |
| 3.2.2 Estudo temporal da epidemia de ferrugem | 39 |
| 3.2.3 Estudo espacial da epidemia de ferrugem | 41 |
| 3.3 Estudo de danos causados pela ferrugem | 44 |
| 3.4 Estudo da eficiência e viabilidade econômica de fungicidas em diferentes doses no controle químico da ferrugem | 50 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 54 |
| 4.1 Índice de infecção | 54 |
| 4.1.1 Região Norte | 54 |
| 4.1.2 Região Sul | 57 |
| 4.1.3 Região Oeste | 59 |
| 4.1.4 Região Central A | 61 |
| 4.1.5 Região Central B | 64 |
| 4.2 Estudo espaço-temporal da epidemia de ferrugem | 70 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.2.1 | Comportamento de clones quanto à intensidade de ferrugem em diferentes regiões de plantio | 71 |
| 4.2.2 | Emprego de modelos para descrever as curvas de progresso da ferrugem do eucalipto ao longo do tempo..... | 77 |
| 4.2.3 | Análise de Dinâmica e Estrutura de Focos..... | 85 |
| 4.2.4 | Índice de dispersão e Lei de Taylor..... | 101 |
| 4.2.5 | Teste de <i>run</i> e <i>doublets</i> | 104 |
| 4.3 | Estimativa de dano ocasionado pela ferrugem do eucalipto..... | 113 |
| 4.4 | Análise da eficiência e viabilidade do controle químico..... | 135 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 146 |
| 6 | CONCLUSÕES | 149 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 150 |
| | Anexos..... | 165 |

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos: a) realizar estudos epidemiológicos que permitiram identificar regiões do extremo Sul do Estado da Bahia propícias ao plantio de eucalipto e desfavoráveis à ferrugem causada por *Puccinia psidii*, dentro do princípio de evasão; b) quantificar os danos ocasionados pela doença no campo; c) avaliar a viabilidade do controle químico da ferrugem de forma curativa. Para caracterizar as regiões de plantio, foram coletados dados de estações climáticas, calculados os Índices de Infecção e realizado um estudo teórico. Para caracterizar a epidemia de ferrugem no campo, foram instaladas parcelas de observação (4 blocos com 08 clones cada) em cinco diferentes regiões edafoclimáticas de plantio pertencentes à empresa Veracel Celulose. As plantas foram avaliadas atribuindo-se notas, conforme escala diagramática. No estudo de dano, foram analisadas três regiões de plantio, aferindo-se medidas de altura, e quando possível o DAP. Para o controle químico utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 3 (3 produtos e 3 doses), sendo 0,5, 1,0 e 1,5 mL ou g de Produto concentrado por Litro de solução. O ensaio químico constou de 4 repetições, com avaliação de severidade das plantas. Os tratamentos foram: 1-) Testemunha; 2-) Fungicida Amistar WG (azoxistrobina – estrobilurina); 3-) Fungicida Folicur 200 CE (tebuconazol – triazol); 4-) Fungicida Nativo SC (tebuconazol – triazol + trifloxistrobina – estrobilurina). Verificou-se que a área de plantio do extremo sul do estado da Bahia, apresentou no ano de 2008, três regiões críticas para a ocorrência de ferrugem

(Oeste, Central B e Norte). A epidemia no campo apresentou duas fases: uma de crescimento e outra de decréscimo dos sintomas. A ferrugem do eucalipto disseminou-se, de um modo geral, no sentido da linha de plantio. O maior dano médio causado pela ferrugem do eucalipto na região alcançou 27,08% em volume de madeira, aos 19 meses de idade das plantas. Verificou-se que com o aumento na dose dos fungicidas, houve maior redução da doença nas plantas, quantificada em percentual de área foliar lesionada. O fungicida tebuconazol + trifloxistrobina a 1,5 mL/L foi o mais eficiente contra a ferrugem do eucalipto em condições de campo. O fungicida tebuconazol foi o melhor em viabilidade econômica nas três doses testadas.

Palavras-chave: *Puccinia psidii*, *Eucalyptus*, zoneamento climático, dano, controle químico.

EUCALYPTUS RUST: EVASIVE PLANNING, DAMAGE ESTIMATIVE AND FEASIBILITY OF CHEMICAL CONTROL ANALISYS. 2009. 167p. Dissertation (Master Degree in Agronomy – Plant Protection) – Faculty of Agronomic Sciences – São Paulo State University (UNESP)

Author: MARCUS VINICIUS MASSON

Adviser: EDSON LUIZ FURTADO

SUMMARY

This study aimed to: a) epidemiological studies to identify regions of the extreme south of Bahia State conducive to the planting of eucalyptus and unfavorable to rust caused by *Puccinia psidii* within the principle of avoidance, b) quantify the damage caused by the disease in the field, c) assess the feasibility of chemical control rust in the healing. To characterize the regions of planting, data were collected from weather stations, calculated the Rates of infection and made a theoretical study. To characterize the epidemic of rust in the field, plots were installed for observation (4 blocks with 08 clones each) in five different climatic regions of plantation belonging to the company Veracel Celulose. The plants were evaluated giving up notes as diagrammatic scale. In the study of damage, were examined three regions of planting, checking up measures time, and where possible the DAP. For chemical control using the design in randomized blocks in factorial scheme 3 x 3 (3 products and 3 doses), with 0.5, 1.0 and 1.5 mL or g of product concentrate per liter of solution . The test chemicals consisted of 4 replicates, with assessment of severity of the plants. The treatments were: 1 -) control; 2 -) Amistar WG Fungicide (azoxystrobin - strobilurins) 3 -) 200 EC Fungicide Folicur (tebuconazole - triazole), 4 -) Nativo SC Fungicide (tebuconazole - triazole + trifloxystrobin - strobilurins). It was found that the plantation area of the southern state of Bahia, presented in 2008, three critical regions for the occurrence of rust (West, Central B and North). The epidemic in the field showed two phases: a growth and a decrease in symptoms. Eucalyptus rust has spread, in general, towards the line of planting. The highest average damage caused by eucalyptus rust in the region reached 27.08% by volume of wood at

19 months old plants. It was found that with increasing dose of fungicides, there was greater reduction of disease in plants, measured in percentage of leaf area injured. The fungicide tebuconazole + trifloxystrobin at 1.5 mL / L was the most efficient for the eucalyptus rust in field conditions. The fungicide tebuconazole was the best economic viability in the three doses tested.

KEYWORDS: *Puccinia psidii*, *Eucalyptus*, climatic zoning, damage, chemical control.

1 INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas no Brasil desempenha um papel importante no cenário sócio-econômico do país, contribuindo na geração de empregos, divisas e tributos, como também na geração de renda através de agregação de valor aos produtos madeireiros. O atual ciclo de expansão das cadeias de produção de celulose e papel, painéis de madeira e siderurgia a carvão vegetal, acompanha a retomada do desenvolvimento da atividade industrial no país, dentro do atual ciclo de crescimento da economia brasileira (ABRAF, 2008). Atualmente o Brasil detém uma das maiores áreas de reflorestamentos do mundo, com aproximadamente seis milhões de hectares, com plantios constituídos basicamente pelos gêneros de *Pinus* e *Eucalyptus* (ABRAF, 2008).

O eucalipto era considerado uma essência florestal praticamente livre de doenças até a década de 70. Entretanto, o avanço das áreas reflorestadas para regiões mais quentes e úmidas, o plantio de espécies mais suscetíveis e a utilização repetitiva de uma mesma área para plantio criaram condições favoráveis à ocorrência de doenças (JUNGHANS, 2000; FURTADO et al., 2008). Dentre elas, a ferrugem causada por *Puccinia psidii* Winter, e o cancro, causado por *Cryphonectria cubensis* (sin. *Crysoporthe cubensis*) (Bruner) Hodges, são as mais limitantes do estabelecimento de novos plantios e da condução de brotações de algumas espécies e procedências de *Eucalyptus* (RUIZ et al., 1987; FERREIRA, 1989).

A ferrugem do eucalipto causada pelo fungo Basidiomycota *Puccinia psidii*, a partir da década de noventa, vem sendo apontada como uma das principais doenças da cultura, ocasionando severos danos às plantações, com redução na produção de celulose (FERREIRA, 1989; MASSON et al., 2007).

A doença foi relatada pela primeira vez no Brasil, em 1929 (GONÇALVES, 1929), e formalmente descrita em 1944 (JOFFILY, 1944), e é considerada, atualmente, uma das mais importantes doenças na cultura do eucalipto.

Puccinia psidii é um fungo nativo da América do Sul e encontra-se amplamente distribuído nas Américas do Sul e Central e nas ilhas do Caribe (LAUDON & WATERSTON, 1965; DI STEFANO et al., 1998), havendo ainda relatos da sua presença na Jamaica (MACLACHLAN, 1938) e na Flórida – EUA (MARLATT & KIMBROUGH, 1979; RAYACHHETRY et al., 1997). Ainda não existem evidências do *Puccinia psidii* na Austrália, centro de origem do *Eucalyptus* (COUTINHO et al., 1998). Além do eucalipto, o patógeno infecta outras espécies de *Myrtaceae*, como: goiabeira, jambeiro, jabuticabeira, araçazeiro, pitangueira e jameloeiro, dentre outras (FURTADO & MARINO, 2002).

A doença incide em mudas no viveiro e em plantas jovens no campo, (até dois anos de idade) (FERREIRA & SILVA, 1982; FERREIRA, 1983) e em brotações após o corte raso. O patógeno ataca, preferencialmente, folhas jovens e terminais de galhos, causando deformações dos órgãos, perda de dominância apical e, provavelmente, redução de crescimento (KRUGNER, 1980; FERREIRA, 1983).

Estudos realizados em condições controladas indicaram que os diferentes fatores ambientais tiveram efeito sobre *Puccinia psidii* (CASTRO, 1983; FERREIRA, 1983). Sobre a doença em condições de campo, inferiu-se que o ambiente pode influenciar a severidade da doença (MORAES et alii, 1982; FERREIRA, 1983), entretanto, nenhuma correlação foi feita entre índice da doença e condições do ambiente, a partir de estudos efetuados por Takahashi (2002) e Masson (2006). Ruiz et al. (1989a) afirmam ser necessário o conhecimento de fatores meteorológicos que influem na incidência e severidade da doença para possibilitar a determinação de épocas do ano mais favoráveis ao patógeno. Através do monitoramento climático e estudos de campo, há a possibilidade de inferências direcionadas às possibilidades de ocorrência de epidemias.

Segundo Bergamin Filho & Amorim (1996), epidemia é definida pelo aumento da intensidade e, ou, extensão (área geográfica) da doença em uma dada população de plantas. No caso da ferrugem esta pode acarretar danos de até 25%, em média, na produção no Estado de São Paulo (FURTADO et al., 2001). Frente a essa situação, as estratégias de mitigação devem considerar as hipóteses de que possa ocorrer um impacto econômico ou não, pois as mudanças climáticas podem também variar sobre os diferentes patossistemas, em cada região (GHINI, 2005). E esta interferência climática pode levar à ocorrência de doenças mesmo em áreas livres de epidemias. Segundo a mesma autora, as doenças policíclicas, não podem ser estudadas em ambientes fechados, pois os resultados geralmente não são representativos.

O controle da ferrugem pode ser feito por meio de aplicação de fungicidas, plantio de materiais suscetíveis em épocas desfavoráveis à doença e plantio de materiais resistentes. Em materiais suscetíveis de alto valor comercial, pode-se aplicar o fungicida triadimenol a 0,5 g ou 0,5 mL i.a./L, a cada 20 dias, nas brotações após o corte raso e em jardins clonais (ALFENAS et al., 1993). O plantio de genótipos de *Eucalyptus* de rápido crescimento é também uma medida preconizada (FERREIRA, 1983).

Não obstante ao controle químico e genético, o princípio da evasão consiste na seleção de áreas com clima que favoreça o desenvolvimento do hospedeiro e desfavoreça o patógeno (GALLI et al., 1978). Diante do avanço de áreas reflorestadas no país, a partir da década de noventa, em concomitância com a ascensão dos níveis de incidência e severidade da ferrugem do eucalipto, o princípio da evasão, embasado em estudos climáticos apoiados por experimentações de campo, tem se mostrado uma importante ferramenta no manejo ecológico da eucaliptocultura, com resultante redução da capacidade infectiva do patógeno, acarretando em diminuição do uso de fungicidas.

Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram: a) Caracterizar as áreas de plantio da empresa quanto a favorabilidade à ferrugem, através do Índice de Infecção; b) avaliação e caracterização espaço-temporal da ferrugem para oito diferentes clones de eucalipto, inseridos em cinco diferentes regiões de plantio no extremo Sul do Estado da Bahia; c) quantificar através de estimativas volumétricas, o dano ocasionado pela doença em condições de campo; e d) analisar a eficiência do controle químico com três diferentes fungicidas e diferentes doses.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância da eucaliptocultura no Brasil

A atividade de base florestal, presente em quase todo o território nacional, divide-se em vários segmentos, como: celulose e papel, papelão ondulado, siderurgia a carvão vegetal, móveis e madeira processada mecanicamente, que engloba a produção de madeira serrada, painéis reconstituídos, compensados e laminados e produtos de maior valor agregado, além de vários produtos não madeireiros (SBS, 2008).

No Brasil, cuja área territorial é de 851,5 milhões de hectares, há 477,7 milhões ha de cobertura florestal. As plantações florestais, ocupando apenas 0,67% do território nacional, somam 5,74 milhões ha, sendo 3,55 milhões com eucalipto; 1,82 milhão com pinus e 370,5 mil de outras espécies (SBS, 2008).

O setor de base florestal brasileiro tem participação significativa no Produto Interno Bruto Nacional, representando 3,5% do PIB nacional, ou seja, US\$ 37,3 bilhões (SBS, 2008).

A área de florestas plantadas no Brasil vem crescendo em média de 2,0 a 3,0% ao ano nos últimos anos, atingindo um total de 5,5 milhões de hectares de florestas plantadas somente com *Pinus* e eucalipto, em 2007. Tanto o crescimento da área plantada

como incrementos na produtividade são insuficientes para atender a demanda crescente de madeira para diferentes segmentos do setor produtivo (ABRAF, 2008).

As exportações brasileiras alcançaram, em 2006, US\$ 137,5 bilhões. Nesse mesmo ano o setor de base florestal exportou US\$ 10,3 bilhões, correspondendo a 7,3% do total exportado pelo país. O segmento de celulose e papel teve maior participação nas exportações brasileiras de produtos florestais, com US\$ 4 bilhões com crescimento de 17,6% em relação a 2005. As exportações de madeira serrada, compensados e produtos de maior valor agregado representaram cerca de US\$ 2,9 bilhões; de móveis US\$ 1,05 bilhão e de ferro gusa a carvão vegetal US\$ 1,65 bilhão (SBS, 2008).

A cadeia produtiva do setor florestal em 2006 foi responsável por cerca de 6,9 milhões de empregos. No mesmo ano, a cadeia produtiva exclusivamente do setor de florestas plantadas (primário e transformação industrial), respondeu por 4,33 milhões de empregos, um aumento de 6,1% em relação ao ano anterior (SBS, 2008).

A produção de madeira em tora de florestas plantadas para uso industrial no Brasil cresceu 14% no decorrer dos anos. Estima-se que em 2006 a produção de madeira em tora foi da ordem de 156,2 milhões m³, um aumento de aproximadamente 3,6% em relação ao ano anterior, sendo 103,3 milhões m³ de eucalipto e 52,9 milhões m³ de pinus (SBS, 2008).

Com a necessidade do aumento da área plantada, grandes empresas têm lançado projetos de porte expressivo, com conceitos inovadores, como os baseados parcialmente ou totalmente no suprimento a partir de parcerias com pequenos e médios produtores rurais independentes e pequenas empresas. Os programas de fomento florestal buscam incentivar o plantio de florestas, sobretudo em pequenas propriedades, fornecendo ao produtor as mudas, insumos e assistência técnica, garantindo a compra de sua madeira, cuja rentabilidade hoje se apresenta acima das culturas tradicionais, principalmente quando comparada com gado, cacau, milho e algumas frutíferas (ABRAF, 2008).

Em 2006, o segmento de celulose e papel apresentava uma área de aproximadamente 1,7 milhão de hectares de florestas plantadas, compreendendo espécies como: eucalipto com 1,3 milhão há (78,7%); pinus, 343,7 mil ha (20,5%) e outras espécies com 14 mil ha (0,8%). Empresas deste segmento detêm 2,6 milhões ha de áreas de preservação permanente e de reserva legal, excedendo o disposto pela legislação ambiental

brasileira. A produção de celulose e pastas alcançou 11,2 milhões de toneladas e a de papel, 8,72 milhões de toneladas, representando um crescimento de 8% e 1,5%, respectivamente, em relação ao ano anterior (SBS, 2008).

Em 2006, o faturamento do segmento de papelão ondulado foi estimado em R\$ 5,09 bilhões, 5% inferior ao ano anterior. Neste mesmo ano a produção total, foi de 2,48 milhões de toneladas, o consumo aparente 2,18 milhões de toneladas e as exportações 2,18 milhões toneladas. A projeção para 2007 é de um crescimento de 4% nas vendas, totalizando 2,27 milhões toneladas (SBS, 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo. Em 2006, a produção nacional de carvão vegetal foi de aproximadamente 35,1 milhões mdc, sendo 17,9 milhões mdc de origem de florestas plantadas e 17,2 milhões mdc de florestas nativas (SBS, 2008).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (Abimci), em 2006, a produção de madeira serrada atingiu 23,8 milhões m³, predominando a madeira tropical (14,7 milhões m³) frente à produção de madeira de pinus (9,1 milhões m³). O consumo em 2006 totalizou 21 milhões m³ (88,4% da produção nacional). As exportações brasileiras totalizaram cerca de 2,9 milhões m³ no mesmo ano (SBS, 2008).

A produção de compensados em 2006 foi de 3,04 milhões de m³, representando uma queda de 15,1% em relação a 2005 (3,6 milhões m³). O consumo nacional, com cerca de 860 mil m³, também teve uma queda de 10,8% em relação ao consumo de 2005. As exportações totalizaram cerca de 2,2 milhões m³, com valor total de US\$ 650 milhões. Para 2007, as quedas na produção, consumo e exportação deverão persistir (SBS, 2008).

A produção brasileira de Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA) é fragmentada e diversificada. Em 2006, a produção de molduras foi de 721 mil m³; de EGP foi de 522 mil m³; de pisos de madeira foi de 34,9 milhões m², a produção de portas de madeira atingiu 8,19 milhões de unidades. As exportações de PMVA atingiram o valor de US\$ 2,2 bilhões (SBS, 2008).

A produção de painéis de madeira reconstituída em 2006, foi de 4,78 milhões m³. A maior produção de painéis de madeira foi a do aglomerado, cerca de 2,2 milhões m³, representando 46% do total, seguida pelo MDF, 35,5%, chapa de fibra, 11,2% e OSB, 7,3% (SBS, 2008).

Em média, 70% da madeira maciça utilizada pela indústria moveleira é proveniente de plantios florestais. O pinus e o eucalipto vêm se consolidando no segmento de camas e de salas de jantar e estruturas de móveis estofados e, mais recentemente, na fabricação de móveis de jardim para exportação. As exportações brasileiras de móveis de madeira totalizaram US\$ 1,048 bilhão em 2006 (SBS, 2008).

Em novembro de 2007 eram 5,05 milhões de hectares de florestas certificadas pelo FSC, sendo 2,79 milhão ha de florestas nativas (55,4%) e 2,25 milhões ha de florestas plantadas (44,6%). Outros 963,8 mil hectares de florestas certificadas pelo CERFLOR/PEFC, dos quais 890,7 mil ha de florestas plantadas (91,3%) (SBS, 2008). Frente a este cenário e, não obstante à tamanha importância da cultura do eucalipto no Brasil, aliada às mais refinadas técnicas de cultivo e multiplicação, não foram obtidos materiais totalmente resistentes à pragas e doenças, principalmente à ferrugem do eucalipto.

2.2 Ferrugem do eucalipto

2.2.1 Importância da doença

Recebem o nome de ferrugens as doenças fúngicas causadas por basidiomycotas pertencentes à Ordem Uredinales. Tais microorganismos são ditos, atualmente, parasitos ecologicamente obrigados, uma vez que algumas poucas espécies puderam ser mantidas em laboratório, graças ao desenvolvimento de culturas axênicas (COFFEY, 1975; CUTTER JR., 1959; FIGUEIREDO & COUTINHO, 1994; KATSUHIRO & KATSUYA, 1985; MARTINS et al., 1995). Os fungos representantes da Ordem Uredinales apresentam alta especificidade em relação a seus hospedeiros, sendo capazes de infectar um grande número de plantas vasculares, cultivadas e silvestres. Várias espécies consideradas como de distribuição mundial, que infectam plantas cultivadas, causam prejuízos significativos à agricultura (APARECIDO & FIGUEIREDO, 1999). A literatura cita mais de 150 espécies de ferrugens como importantes ou, potencialmente importantes para a agricultura na América do Sul (SCOTT & MACLEAN, 1969).

A ferrugem causada por *Puccinia psidii* Winter é uma das doenças mais severas na cultura do eucalipto (*Eucalyptus* spp.) no Brasil, com potencial de causar perdas em outras áreas tropicais e subtropicais do mundo que possuam florestas de eucalipto (COUTINHO et al., 1998).

Puccinia psidii Winter é, atualmente, uma doença muito comum e severa em plantações de procedências de eucalipto muito suscetíveis à doença com menos de dois anos de idade, ou até o estágio fenológico B (FERREIRA, 1986). Depois do corte destas plantações a ferrugem pode tornar-se ainda mais importante, afetando severamente os tufos de brotações recém-emitidas dos tocos. Isso pode resultar na morte total das brotações de muitos tocos. Essa perda de tocos, somada às perdas de árvores por várias causas durante o primeiro ciclo da plantação, incluindo as ausências de brotações em tocos por outras causas, pode fazer com que a reforma do povoamento seja requerida, precocemente, para poucos meses após o primeiro corte. A ferrugem do eucalipto também ocorre nos viveiros, onde aliás é facilmente controlável. Sua maior importância econômica está indubitavelmente relacionada com as condições de campo (FERREIRA, 1989).

Embora existam vagas menções de ferrugens que atacavam plantas de eucalipto no Brasil em 1912 (JOFFILY, 1944) e 1929 (GONÇALVES, 1929), em termos científicos a primeira descrição no Brasil da ferrugem do eucalipto causada por *Puccinia psidii* foi feita em 1944, por Joffily (1944), no Estado do Rio de Janeiro, em mudas de *Eucalyptus citriodora*. Todavia, a primeira constatação de que se tem notícia sobre esta ferrugem, causadora de danos preocupantes, ocorreu em 1973, num viveiro e plantações de *E. grandis* – procedência da África do Sul (A.S.), até a idade aproximada de 1,5 anos, na Costa do Estado do Espírito Santo (FERREIRA, 1983). Na ocasião, os danos mais expressivos deram-se num viveiro, em que mais de 400.000 mudas foram refugadas para o plantio no campo, em observância a uma recomendação silvicultural tomada à risca na empresa, naquela época, de levar para o campo somente mudas bem-formadas, de excelente aspecto silvicultural (o que não se observava com aquelas mudas, uma vez que a ferrugem do eucalipto mata terminais de galhos e de haste principal).

De 1974 a 1979, no Vale do Rio Doce e na Zona da Mata de Minas Gerais e Costa do Espírito Santo, vários ataques dessa ferrugem, esporádicos, porém severos, sempre afetando plantas com menos de dois de idade, foram registrados em viveiros e

principalmente em plantações comerciais da procedência de *E. grandis*, mencionada anteriormente, e em parcelas experimentais de *E. phaeotricha* – 9782, e *E. cloeziana* – 9785. Nesse mesmo período, incidência muito leve foi verificada em outras procedências de *E. grandis* e de outras espécies, em ensaios de introdução de espécies (FERREIRA, 1983), desmerecendo, entretanto, menções especiais.

De 1979 a 1980, nas regiões do Vale do Rio Doce e Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, Nordeste do Espírito Santo e Sudeste da Bahia, ocorreu mais de uma dezena de ataques severos da ferrugem do eucalipto afetando *E. grandis* – A.S. e algumas procedências de *E. cloeziana* de origens desconhecidas. Desse período, destacam-se os extensos ataques ocorridos nas regiões de Guanhães e Ipatinga - MG. Nesse último município, mais de 300 hectares de *E. grandis* – A.S., com seis meses de idade, foram varridos pela doença. Em 1981 e 1982, houve reincidência da doença nessas áreas, todavia, sem a expressão dos anos anteriores, visto que a maior parte dos plantios feitos com material mais suscetível à doença já se encontrava em idade superior a dois anos, a partir da qual a doença não tem tido mais importância nas plantações (FERREIRA, 1983).

De 1980 até nossos dias, registros de surtos importantes da ferrugem do eucalipto têm sido feitos no Sudeste da Bahia, Nordeste do Espírito Santo e Vale do Rio Doce do Estado de Minas Gerais, afetando plantações novas ou brotações novas de tocos de procedências de eucalipto altamente suscetíveis (FERREIRA, 1989).

Com esse histórico de constatações, pretendeu-se dar ciência de que a ferrugem do eucalipto deixou de ser doença cujos danos são consideráveis apenas em raras ocasiões (KRUGNER, 1980). Doravante, deve ser considerada como doença importante para procedências suscetíveis até o estágio fenológico B (FERREIRA, 1986). Até atingir tal estágio, as plantações de material suscetível, quando atacadas, têm crescimento muito prejudicado pela doença, no ano do ataque, fato claramente constatável quando plantas isentas da doença ou com apenas leves infecções, que ocorrem em baixo percentual, apresentavam crescimento contrastantemente superior ao restante da plantação, severamente afetada pela doença (FERREIRA, 1989, TAKAHASHI, 2002).

O fungo *Puccinia psidii*, atualmente representa um dos principais agentes responsáveis por prejuízos e injúrias nos reflorestamentos de eucalipto do Estado de

São Paulo, passando a ser considerada importante em meados de 1990 em plantios jovens de eucaliptos da região de Itapetininga e Vale do Paraíba, segundo Camargo et al. (1997).

Demuner & Alfenas (1991) verificaram que as espécies de *Eucalyptus* mais suscetíveis à *P. psidii* são: *E. grandis* W Hill ex Maiden, *E. pellita* F Muell, *E. phaeotricha* Blakely et Mckie e *E. cloeziana* F. Muell. Com relação a esta última espécie, os mesmos autores relataram que em 1986 cerca de 122 hectares foram quase que totalmente dizimados pelo patógeno na região de Teixeira de Freitas, BA, resultando numa perda de cerca de U\$ 73.200,00. De acordo com dados literários, *E. cloeziana* é uma espécie com grande potencialidade para reflorestamento no Sudeste da Bahia devido ao rápido crescimento e à alta densidade de sua madeira (DEMUNER & ALFENAS, 1991).

Segundo Bergamin Filho & Amorim (1996), epidemia é definida pelo aumento da intensidade e, ou, extensão (área geográfica) da doença em uma dada população de plantas, no caso da ferrugem esta pode acarretar danos de até 25%, em média, na produção no Estado de São Paulo (FURTADO et al., 2001). O dano é definido como qualquer redução na quantidade ou na qualidade da produção devido a injúrias causadas pelo patógeno (NUTTER et al., 1991). Posto isso, estimativas confiáveis dos prejuízos causados pelos patógenos são um pré-requisito para o desenvolvimento de qualquer programa bem sucedido de controle da doença (WALKER, 1983).

2.2.2 Sintomatologia

Puccinia psidii infecta tecidos jovens como folíolos, inflorescências, gemas e frutos novos (SILVEIRA, 1951; GALLI, 1980; SOUZA, 1985; FERREIRA, 1989).

É conhecida como ferrugem das mirtáceas, por infectar importantes mirtáceas florestais e frutíferas como o jambo, goiaba, jaboticaba, uvaia, araçazeiro, cambucazeiro, jambeiro, dentre outras (SILVEIRA, 1951; JOFFILY, 1944; GALLI, 1980; FERREIRA, 1989; SOUZA, 1985).

Várias espécies de eucalipto foram constatadas como hospedeiras do fungo, entre elas: *Eucalyptus grandis*, *E. phaeotricha*, *E. pilularis*, *E. citriodora*, *E. saligna* e *E. obliqua* (ALFENAS et al., 2004).

Segundo Ferreira (1989), em mudas nos viveiros e em plantas no campo, o ataque da ferrugem restringe-se aos órgãos tenros das plantas, ou seja, aos primórdios foliares com seus pecíolos e aos terminais de galhos, ramos e haste principal. Especialmente nos rebentos foliares, os primeiros indícios de ataque são minúsculas pontuações, levemente salientes, verde-claras ou vermelho-amareladas. Depois de um ou dois dias, essas pontuações são pústulas de urediniósporos amarelos, contendo 1-5 urédias. A partir de então, as pústulas aumentam de tamanho, a ponto de em uma bem desenvolvida ter-se mais de 20 urédias, cada uma com cerca de 0,2-0,3 mm de diâmetro. No início do desenvolvimento das pústulas, surgem as urédias dando a impressão de se agruparem circularmente, que é a formação vista ao microscópio estereoscópio e que, nas pústulas já totalmente desenvolvidas, é difícil de ser percebida, dada a profusão de urediniósporos produzidos. Nos próximos dias que se seguem ao surgimento das primeiras pústulas num limbo tenro, tem início as infecções secundárias dentro de uma mesma planta, especialmente pela disseminação dos urediniósporos por orvalho ou chuva. Isso faz com que, em condições favoráveis à doença, em poucos dias, os órgãos tenros de um terminal de galho ou haste principal estejam totalmente tomados pela ferrugem, em virtude da interligação das pústulas, provocada pelas infecções secundárias. Nesse estágio, a ferrugem do eucalipto tem sintomatologia inconfundível, dada pela intensa e típica esporulação uredospórica do patógeno, de coloração amarelo-gema-de-ovo, que aparece nos órgãos atacados. Os rebentos foliares e seus pecíolos, bem como as partes mais apicais dos galhos e haste principal, que são os órgãos mais suscetíveis à ferrugem, ficam encarquilhados e totalmente tomados pela esporulação mencionada. Os limbos com até 50% do desenvolvimento total apresentam essa esporulação com menos intensidade e com predominância em suas faces inferiores, onde, em algumas áreas, verifica-se ajuntamento de pústulas que provocam deformações foliares. Nos limbos com cerca de 50-80% do desenvolvimento total, é notada apenas incidência de pústulas esparsas, com tendência a se juntarem apenas em alguns poucos pontos. Quando se verificam esses ajustamentos perto da nervura principal, eles provocam fortes deformações nos limbos. Quando incidem apenas sobre nervuras secundárias, a deformação é mais leve e ocorre geralmente apenas em uma das metades do limbo, delimitada pela nervura principal. Nos limbos novos, mas já totalmente desenvolvidos, tem sido notado apenas um número muito reduzido de pústulas, esparsamente distribuídas no limbo de até 10 mm de diâmetro cada. Em quaisquer tipos de limbos, as

pústulas esparsas são irregulares e geralmente têm seus limites fixados pelas nervuras secundárias, terciárias ou quaternárias. Os limbos maduros ou velhos não se mostram atacados em condições de campo e têm-se comportado como imunes às infecções uredospóricas em condições de inoculações artificiais.

A esporulação amarelo-gema-de-ovo que perfaz a característica mais importante para a diagnose da ferrugem do eucalipto em condições de campo começa a desaparecer com cerca de uma a duas semanas depois de sua manifestação nos órgãos atacados. Assim, os terminais de galhos e haste principal apresentam áreas hipertrofiadas, verrucosas, com forte coloração ferrugínea, que aparentemente são reações da planta (uma espécie de calejamento) às infecções. Nessa fase de ressecamento de pústulas, para o diagnóstico da doença em condições de campo, é preciso ter experiência com a doença, caso contrário, o mais aconselhável é tentar encontrar, na mesma planta ou em plantas vizinhas, a esporulação fresca. A sintomatologia de hipertrofias verrucosas tem sido confundida, algumas vezes, erroneamente, no Vale do Rio Doce – MG, com sintomas de enfermidade “seca de ponteiros do eucalipto do Vale do Rio Doce (SPEVRD)”, enfermidade totalmente distinta da ferrugem do eucalipto (FERREIRA, 1989).

Em condições de ambiente favorável, o patógeno infecta órgãos tenros da parte aérea, em mudas no viveiro e em plantas jovens no campo com até 3 m de altura, e pode causar redução de crescimento e perda de dominância apical, morte de brotações após o corte raso, bem como morte e refugo de mudas para o plantio (CARVALHO et al., 1994).

A ferrugem do eucalipto raramente mata plantas, exceto quando ataca com severidade brotações novas de tocos após corte raso. As plantas mais atacadas, depois da fase de ressecamento de pústulas, recuperam-se da doença, emitindo intensa brotação, a qual poderá ser atacada novamente pela ferrugem, dependendo das condições ambientais reinantes no campo, nos dias em as brotações surgirem. Quando as condições ambientais são favoráveis ao ataque da ferrugem, os rebentos foliares e hastes das brotações mostram-se rapidamente tomados pela enfermidade, dada a grande quantidade de inoculo existente no campo, resultante das infecções anteriores. Nessas condições, as plantas apresentam sintomatologia bastante complexa, pela existência de terminais de galhos e de haste principal ressecados, com áreas hipertrofiadas verrucosas e ferrugíneas, brotações abundantes e primórdios foliares deformados pelo ataque da ferrugem. Esse aspecto de superbrotamento, deformações dos

primórdios foliares, impedindo que atinjam seu desenvolvimento completo, confere à planta um aspecto enfiado que, quando observada com altura inferior a 1,5m, dá a impressão de não ser uma planta de eucalipto, mas um pé de pimenteira miúda. Os sucessivos surtos da doença numa plantação têm acarretado, comumente, o aumento de árvores dominadas, resultante da diferença de suscetibilidade (FERREIRA, 1989).

2.2.3 Etiologia

Puccinia psidii é um fungo nativo da América do Sul e encontra-se amplamente distribuído nas Américas do Sul e Central e nas ilhas do Caribe (LAUDON & WATERSTON, 1965; DI STEFANO et al., 1998), havendo ainda relatos da sua presença na Jamaica (MACLACHLAN, 1938) e na Flórida – EUA (MARLATT & KIMBROUGH, 1979; RAYACHETRY et al., 1997). Ainda não existem evidências do *Puccinia psidii* na Austrália, centro de origem do *Eucalyptus* (COUTINHO et al., 1998). Além do eucalipto, o patógeno infecta outras espécies de *Myrtaceae*, como: goiabeira, jameiro, jabuticabeira, araçazeiro, pitangueira e jamelãozeiro, dentre outras.

Conforme classificação de doenças proposta por McNEW (1960), a ferrugem do eucalipto enquadra-se no grupo V (manchas, ferrugens, oídios, míldios).

O fungo inicia seu ciclo a partir do urediniósporo, que atinge uma brotação nova de um clone ou procedência suscetível. Iniciada a infecção, após seis a dez dias, é notável a presença de lesões, formando a nova esporulação, que se dissemina através do vento, causando epidemias (FURTADO et al., 2001).

Puccinia psidii é um patógeno de ciclo curto, da qual se conhecem seus estádios I – écio (FIGUEIREDO et al., 1984), II – urédia, III – télia e IV – basídio (MACLACHLAN, 1938; FERREIRA, 1983). Até então o estágio espermogonial é desconhecido, mas é provável que não exista. O estágio I – écio apresenta a mesma morfologia do estágio II – urédia e teve sua ocorrência mostrada, até o momento, apenas no jameiro (FIGUEIREDO et al., 1984), mas provavelmente também ocorra nas demais mirtáceas hospedeiras do patógeno. O estágio II é constantemente produzido em condições naturais ou em inoculações artificiais e, inclusive, é por meio de suas pústulas uredospóricas, de coloração amarela que, em termos práticos, se faz o diagnóstico da doença em condições de campo.

Individualmente, uma pústula bem desenvolvida pode ter mais de 20 urédias, cada uma com 0,2 – 0,3 mm de diâmetro. As pústulas podem interligar-se, e isso acontece, especialmente quando os primórdios foliares e as partes apicais tenras dos galhos e da haste principal se mostram totalmente cobertos pela esporulação. Esta esporulação aparece tomando ambas as faces dos primórdios foliares, mas, nas folhas um pouco mais desenvolvidas, é muito mais abundante nas faces inferiores dos limbos. Os urediniósporos variam quanto à forma, predominando os piriformes e de esféricos a ovais, que apresentam leves esquinulações na parede externa e medem 10-20 x 15-25 μm .

Os estádios III e IV em geral, têm sido muito pouco encontrados nas ocorrências naturais desta ferrugem do eucalipto. Em plantas de jambeiro (*Syzygium jambos*), em condições naturais, em Viçosa-MG, os teliósporos têm sido facilmente encontrados, na época mais quente do ano, de dezembro a março, sendo, inclusive, as pústulas constituídas de mistura de teliósporos e urediniósporos, reconhecidas a olho nu por suas tonalidades mais castanhas, em contraste com as pústulas amarelo-vivas, que contêm apenas urediniósporos. Nessa mesma época, mas com menor frequência do que em jambeiro, teliósporos de *P. psidii* têm sido encontrados em jaboticabeira, principalmente nas pústulas em folhas, misturadas aos urediniósporos. Ruiz (1989a) informou que situação análoga tem sido verificada com a ferrugem em *E. cloeziana* no Sudeste da Bahia nos meses mais quentes do ano. Em condições artificiais, em Viçosa-MG, tem-se obtido abundante produção de teliósporos em plantas de eucalipto, quando inoculadas, na época mais quente do ano, com urediniósporos procedentes de eucalipto ou jambeiro. Pústulas urediniais/teliais ou teliais puras, produzidas nessas condições, têm sido perceptíveis a olho nu, em decorrência da distribuição das urédias/télias, com tonalidade marrom, formando agrupamentos circulares, sempre na face inferior do limbo. De poucos a numerosos agrupamentos urediniais/teliais podem ser vistos por limbo, cada uma com diâmetro variável, tendo, individualmente, quatro a 20 télias, cada uma com 0,1 a 0,2 mm de diâmetro. Esses agrupamentos vinham intermeados ou não por pústulas uredospóricas puras, amarelo-vivas. Muitas urédias/télias continham praticamente só teliósporos, sendo os urediniósporos observados salpicadamente em suas porções superiores, onde eram facilmente visualizados sob lupa estereoscópica, pelo contraste de suas colorações amarelas sobre os teliósporos marrons. Os teliósporos de *Puccinia psidii* são pedicelados, bicelulares, clavados, achatadamente, muitos com uma papila apical na parede da célula posterior e medem 15-28 x

30-60 μ m. Suas duas células, ou apenas uma, germinam em condições naturais e em ágar-simples produzindo basídios com basidiósporos. Quando a germinação se processa em placas com ágar-ágar simples, ficando as placas dentro de ambientes com umidade saturada, a maioria dos teliósporos que germina produz basídios aberrantes, com muita variação de tamanho, de 20 a 130 μ m de comprimento, onde, nos locais em que deveriam surgir os esterigmas com basidiósporos, surgiram, na realidade, estruturas semelhantes a falanges ou denticulos, desprovidos de basidiósporos. Essas aberrações parecem ser comuns em algumas ferrugens quando seus teliósporos germinam sob condições de excesso de umidade. Todavia, mesmo em condições superúmidas, alguns teliósporos, cerca de 8% daqueles que geminavam basídios normais com 40-70 μ m de comprimento, providos de esterigmas típicos, sendo que apenas cerca de 0,1% desses basídios chegavam a produzir basidiósporos (FERREIRA, 1989).

A infectividade de basidiósporos de *P. psidii* ficou demonstrada, até o momento, apenas no jambeiro. Figueiredo et al. (1984) verificaram, aos 10-18 dias das inoculações basidiospóricas em folhas de jambeiro, estruturas reprodutivas do patógeno morfológicamente idênticas aos soros urediniais. No caso, essas estruturas seriam do estágio écio, do tipo uraécio (CUMMINS e HIRATSUKA, 1983), pois, por definição, eciósporos são os primeiros esporos (unicelulares, não produtores de basídios) no ciclo das ferrugens após as infecções basidiospóricas.

A existência de ampla variabilidade genética inter e intra-específica para resistência à ferrugem, permite o controle da doença por meio de plantios de clones, progêneses ou espécies resistentes. Dentre as espécies resistentes, destacam-se: *Corymbia citriodora*, *C. torelliana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. microcorys*, *E. pellita*, *E. pilularis*, *E. propinqua*, dentre outros. Em regiões favoráveis a ferrugem, deve-se evitar plantios seminais de *Eucalyptus grandis*, *E. phaeotricha*, *E. cloeziana*, *E. globulus* e *E. nitens*. Também é possível selecionar plantas com características de rápido crescimento escapando-se da doença pela precocidade, uma vez que a maiores alturas o patógeno, geralmente não encontra microambiente favorável à infecção (ALFENAS et al., 2004).

Quanto à resistência genética ao patógeno, muitas empresas avaliam a incidência e severidade da doença em seus testes de progêneses e clonais, buscando através de avaliações nos plantios e inoculações em mudas, avaliar sua resistência e/ou tolerância. Esta é a alternativa recomendável para o controle da doença em plantios. Em materiais mais

suscetíveis em viveiro o uso de fungicidas, como o Triadimenol e ou Azoxystrobin, em aplicações quinzenais, é viabilizado devido a danos ocasionados principalmente em cepas de jardim clonal e minijardim clonal (ALFENAS et al., 2004).

Ferreira & Silva (1982) em experimento envolvendo cerca de onze espécies de *Eucalyptus* spp, na região do Espírito Santo, constataram que apenas o *Eucalyptus torelliana* e o *Eucalyptus brassiana*, não apresentaram sintomas da doença. Porém, espécies que como essas podem ser resistentes à doença muitas vezes são pouco apropriadas para as regiões nas quais o plantio será estabelecido e sua finalidade (CASTRO, 1983).

A curto prazo, segundo Ruiz & Alfenas (1989) e Demuner & Alfenas (1991), a aplicação de fungicidas em plantas jovens ou em brotações oriundas de tocos após o corte raso, pode constituir uma alternativa viável de controle da ferrugem do eucalipto.

Coelho et al. (2001), estudaram a variabilidade fisiológica de *Puccinia psidii* e detectaram três grupos de especialização fisiológica por meio das reações diferenciais nos hospedeiros. Os grupos de especialização não apresentaram diferenças entre si quanto ao período de geração e período latente médio; todavia, diferiram em relação ao número de soros por área foliar, indicando que este parâmetro é útil na distinção da virulência dos isolados.

Os estudos sobre variabilidade fisiológica de *Puccinia psidii* são relativamente escassos. Vários autores relatam diferenças entre virulência e agressividade de isolados de *P. psidii* provenientes de vários hospedeiros e regiões. No entanto pouco se sabe sobre a variabilidade fisiológica de isolados do patógeno de diferentes regiões geográficas (COELHO et al., 2001).

Furtado et al. (2005) estudaram a variabilidade fisiológica de *Puccinia psidii* em *Eucalyptus grandis* e no híbrido “urograndis” e verificaram que em relação aos genótipos de eucalipto utilizados, verificou-se maior suscetibilidade em *E. grandis* quando comparado com o híbrido, além da existência de especializações fisiológicas em diferentes populações de *Puccinia psidii*.

Portanto devem ser desenvolvidas metodologias que possibilitem a obtenção de dados básicos à cerca deste microorganismo, proporcionando a aplicação de métodos de controle mais apropriados e específicos (APARECIDO & FIGUEIREDO, 1999).

2.3 Epidemiologia da ferrugem do eucalipto

As epidemias de doenças de plantas são o resultado da combinação dos seguintes elementos: plantas hospedeiras suscetíveis, patógenos virulentos e condições favoráveis de ambiente, ocorrendo por um período de tempo suficientemente longo. A epidemiologia tem por objetivo: estudar a evolução das doenças em populações do hospedeiro; avaliar os prejuízos absolutos e relativos causados pelas doenças nas culturas; avaliar o efeito simples e as interações entre resistência do hospedeiro, medidas sanitárias, uso dos fungicidas e outras medidas de controle das doenças; avaliar a eficiência técnica e econômica das medidas de controle em cada etapa sobre os agroecossistemas; estabelecer estratégias de controle das doenças e aperfeiçoá-las para a proteção integral das culturas. A epidemiologia é, portanto, a ligação entre os estudos envolvendo etiologia, fisiologia, ciclos de vida do patógenos e as medidas aplicáveis ao controle integrado de doenças (VALE et al., 2004).

Conforme Bergamin Filho & Amorim (1996), o conceito de epidemia é dado pelo aumento ou extensão da doença em uma dada população de plantas e, endemia consiste na presença permanente da doença em uma determinada região geográfica (país, estado, cidade), porém sem estar em expansão, ou seja, patógeno e hospedeiro estão em constante interação e equilíbrio. Não obstante, uma doença endêmica pode se tornar epidêmica, bastando, por exemplo, que ocorram mudanças no ambiente que favoreçam a rápida multiplicação e dispersão do patógeno. A possibilidade de ocorrência de uma epidemia está intimamente relacionada com a evolução de determinada doença, a qual envolve diferentes fases do ciclo de vida do patógeno. No que diz respeito ao número desses ciclos, as doenças podem ser consideradas monocíclicas ou policíclicas, ou ainda, denominadas, respectivamente, doenças de juro simples ou de juro compostos, em analogia entre o rendimento de capital num banco e a dinâmica da doença (VANDERPLANK, 1963).

O clima exerce influência marcante sobre o desenvolvimento de doenças, pois pode atuar sobre o patógeno, sobre o hospedeiro e sobre a interação patógeno x hospedeiro. O conhecimento das exigências climáticas dos fitopatógenos é de grande importância para o entendimento da evolução da doença no campo, e para se prever, com certa exatidão, a ocorrência de epidemias em determinadas condições climáticas e agrícolas de uma região (KRUGNER, 1980). Contudo é na fase de germinação e penetração da estrutura

infectiva que o clima pode atuar mais diretamente sobre o patógeno, pois este ainda não ganhou o interior do hospedeiro e está mais exposto à ação do ambiente (KRUGNER, 1980).

Para a ocorrência de uma epidemia de doença em plantas há necessidade contínua de condições favoráveis, tais como uma população de plantas suscetíveis, grande quantidade do inóculo do patógeno virulento e ambiente favorável e duradouro (VALE & ZAMBOLIM, 1996).

O ambiente é um agregado de todas as condições externas afetando a vida e o desenvolvimento de um organismo. Em doenças de plantas o ambiente pode afetar o hospedeiro, o patógeno ou os vetores. A maioria dos fungos e bactérias patogênicas necessitam de altos níveis de molhamento para infectar o hospedeiro, sendo que alguns exigem a presença de água livre na superfície do hospedeiro (VALE & ZAMBOLIM 1996).

As doenças são influenciadas mais pelos fatores microclimáticos do que pelos macroclimáticas normalmente registrados nas estações meteorológicas. Em termos meteorológicos formais, as condições presentes até 2 metros acima do nível do solo são microclimáticas. Os fitopatologistas, entretanto, consideram como condições microclimáticas aquelas que envolvem toda a planta, seja ela de pequeno ou grande porte (VALE et al., 2004).

A temperatura pode ter um efeito importante em cada componente do patossistema e constitui a variável do ambiente mais comumente correlacionada com a incidência e a severidade das doenças de plantas (VALE & ZAMBOLIM, 1996). Deste modo a infecção, a colonização, a produção de inóculo, a dispersão e sobrevivência constituem os elementos necessários para o desenvolvimento das epidemias em plantas (TENG & JOHNSON, 1988). Todos esses processos são afetados pelos fatores meteorológicos, principalmente temperatura e umidade.

As regiões em que se registraram índices severos de ocorrência de ferrugem em *Eucalyptus* spp. estão contidas em regiões bioclimáticas semelhantes, com temperatura média anual de 20° a 23°C, a precipitação média anual de 1100 a 1400 mm, apresentando déficit hídrico de 30 a 90 mm (FUJIHARA et al., 1994). Neste caso, condições como temperatura baixa e alta umidade são necessárias para infecções, o que ajuda a explicar a ocorrência de surtos esporádicos, de relativa curta duração e de rápida disseminação (FERREIRA, 1981).

A incidência e severidade da doença variam em função da espécie e do genótipo do hospedeiro, região geográfica e época do ano, sendo particularmente exigente quanto às condições de microclima e existência de órgãos juvenis (ALFENAS et al., 2000).

O período de molhamento foliar, assim como a temperatura, é um importante parâmetro para ferrugens. Segundo Mederick & Sackston (1972), muitos patógenos de caule e folhas são intimamente afetados pelo molhamento, como água livre na superfície foliar ou como vapor d'água na atmosfera. Alguns patógenos não germinam e, conseqüentemente, não conseguem penetrar no hospedeiro na ausência de água livre.

O fato de uma cultura de eucalipto apresentar ferrugem está associado à ocorrência de períodos favoráveis durante o tempo em que a cultura apresentar brotações jovens e sobrepostas. Diferenças na época de plantio ou de procedências podem resultar em diferentes períodos de exposição que podem ou não coincidir com condições ambientais favoráveis à infecção por *Puccinia psidii* (FERREIRA, 1981).

Piza & Ribeiro (1989), avaliaram o efeito de cinco temperaturas, cinco tipos de água e sete períodos de incubação sobre a germinação de urediniósporos de *Puccinia psidii*, e constataram que temperaturas entre 15° e 18°C, um mínimo de seis horas de câmara úmida e o uso de água destilada esterilizada são as melhores condições para a germinação de urediniósporos. Foi observado o mesmo em trabalho sobre influência de diferentes temperaturas na germinação de urediniósporos de *Puccinia psidii*, por Ferreira (1981), que determinou a temperatura de 15°C como a temperatura que mais favorece o processo. Ruiz et al. (1989b), avaliando o nível de infecção em povoamentos de *Eucalyptus cloeziana*, verificaram que o maior índice de doença ocorreu nas temperaturas de 20° a 25°C e a 24 horas de água livre na superfície foliar. Segundo os mesmos autores à 20°C, o período ótimo estimado de água livre para infecção foi de 31 horas, contudo a temperatura ótima estimada para infecção foi de 23°C.

O período latente ou de geração de *Puccinia psidii* é relativamente curto, variando em média de cinco a sete dias. Infecção e esporulação variam com o período de molhamento, temperatura, fenologia do hospedeiro e luz (ALFENAS et al., 2000). No campo, sob temperaturas de 18° a 25°C e umidade relativa acima de oito horas de duração, a enfermidade incide em órgãos jovens da planta. Temperaturas menores ou iguais à 10°C e temperaturas maiores ou iguais à 30°C, presença de luz e inexistência de órgãos juvenis

limitam os processos iniciais de infecção. Temperaturas abaixo de 15°C e acima de 30°C, após incubação, limitam a esporulação (ALFENAS et al., 2000).

Em condições de infecção natural, altos níveis de intensidade da ferrugem do eucalipto são, geralmente, esporádicos sobre procedências e progênies suscetíveis, podendo ocorrer durante um mês apenas, ou de cinco a mais meses durante o ano (CARVALHO et al., 1994). Esta ocorrência é dada, segundo Ruiz et al. (1989a), quando prevalecem, durante um período mínimo de oito horas, as temperaturas noturnas entre 18° e 25°C e umidade relativa superior ou igual à 90%. Posto isso, no Brasil, as condições favoráveis para a ocorrência da ferrugem ocorrem nos meses de maio à agosto, períodos em que foram registrados altos índices da doença no campo (RUIZ et al., 1989a; TAKAHASHI et al., 1999).

Aparecido et al. (2003) avaliaram o efeito da idade e da temperatura na germinação de urediniósporo de *Puccinia psidii* em jambeiro e goiabeira, verificaram que estruturas com 10 dias, mantidas a 15, 18 e 21°C e coletadas de plantas de jambo apresentaram cerca de 30% de germinação, diferindo daquelas provenientes de goiabeira, com mesma idade e submetidas às mesmas temperaturas, que apresentaram germinação inferior a 15%. Para esporos com 14 dias, a 21°C coletados de jambeiro registrou-se a maior porcentagem de germinação, 36,4%. Com relação às estruturas coletadas na goiabeira, aos 21 dias e sob 15°C, foi registrado o maior valor, 29,4%. Aos 34 dias, registrou-se 0% de germinação a qualquer das temperaturas estudadas tanto para jambeiro como para goiabeira.

Não somente para atacar o eucalipto, mas também outros hospedeiros, *Puccinia psidii* depende muito de aspectos fenológicos específicos, tais como órgãos tenros em eucalipto, jambeiro e goiabeiras e frutos nas jabuticabeiras. Assim, quando os órgãos tenros são infectados, morrendo posteriormente, um novo ataque somente ocorrerá quando novas brotações surgirem e, além disso, se surgirem em condições ambientais propícias às infecções pelo patógeno. Desde 1979 vêm-se observando brotações em plantas de jambeiro e frutificações em jabuticabeira, principalmente as temporonas, em condições naturais, em Viçosa-MG. Sempre que as folhas tenras de jambeiro, ainda com colorações verde-arroxeadas ou róseo-arroxeadas, ou as frutificações de jabuticabeiras, surgem em dias com temperaturas relativamente baixas ou moderadas e elevada umidade, muitas vezes dias garoentos, as infecções de *P. psidii* surgem quase repentinamente e de maneira intensa, sugerindo que o

fungo tenha mecanismos de sobrevivência muito eficientes, ficando à espera apenas de que as condições ambientais e fenológicas o favoreçam para causar as infecções. Nessa sobrevivência, talvez os teliósporos possam ter lugar de destaque (FERREIRA, 1989).

Em eucaliptais jovens maciçamente atacados, como no caso das plantações de *E. grandis* – procedência da África do Sul, com cerca de seis meses de idade, em que somente no Município de Ipatinga mais 300 ha se apresentaram repentina e extensivamente atacados, fica a dúvida: - qual a procedência do inóculo primário e como é que esta doença se dissemina tão rapidamente nos plantios? – O inóculo pode ser proveniente de urediniósporos do patógeno que infecta mirtáceas nativas ou exóticas em áreas vizinhas às do reflorestamento ou mesmo dentro deste, nas veredas e brejos que ficam sem reflorestar. Segundo Maclachlan (1938), os urediniósporos de *P. psidii* perdem viabilidade permanecendo durante três semanas a 15,5°C. Uma outra hipótese para a origem do inóculo primário seria por meio dos teliósporos, que garantiriam a sobrevivência do patógeno nas mesmas mirtáceas acima. Quando as condições fossem favoráveis, esses teliósporos germinariam nas proximidades das plantações, de onde os basidiósporos poderiam ser disseminados pelo vento até as plantas do eucalipto, estabelecendo-se as primeiras infecções. Todavia, até o momento, a infectividade de basidiósporos de *P. psidii* foi demonstrada experimentalmente apenas em folhas de jambeiro (FIGUEIREDO et al., 1984). Uma vez surgidas as primeiras pústulas, as infecções secundárias, dentro de uma mesma planta, ocorreriam principalmente pela ação do orvalho, chuva, insetos e ventos, redistribuindo os uredosporos pelos órgãos tenros da planta. De uma planta para outra, os fatores ventos, principalmente em dias garoentos, e insetos parecem ser os agentes de disseminação mais importantes. A rápida disseminação da doença nos plantios dá-se pela eficiência dos agentes de disseminação, que atuam em consonância com o relativamente curto período de geração que esta ferrugem apresenta, ou seja, cinco a sete dias, definindo-se período de geração como o tempo que vai desde a inoculação até o aparecimento das primeiras pústulas. Apenas para que se tenha uma idéia desse relativo curto período de geração de *Puccinia psidii* em eucalipto, basta confrontá-lo com o apresentado por *Hemileia vastatrix* em cafeeiro, que é 20-30 dias (FERREIRA, 1989).

Os fatores temperatura, água livre e luz afetam significativamente o processo inicial de infecção de *P. psidii* em eucalipto (CASTRO, 1983; FERREIRA, 1983; RUIZ, 1988) e outras mirtáceas (MACLACHLAN, 1938). Essa fase inicial de infecção

corresponde ao processo de germinação de esporos e início de penetração e colonização do patógeno no tecido hospedeiro, equivalente ao período de permanência de plantas em câmara úmida imediatamente pós-inoculação artificial. Dentre cinco temperaturas testadas, com duração de 12 horas, e, ágar-simples, no escuro, de 10 a 30°C, em intervalo de 5°C, a temperatura mais favorável a germinação (78%) de urediniósporos de *P. psidii* procedente de eucalipto e jambeiro foi de 15°C. A 10 e 20°C houve satisfatórias percentagens de germinação de urediniósporos, de 33,7 e 46,1%, respectivamente. A 25 e 30°C houve muito pouca germinação, de 5,0 e 0,2%, respectivamente (FERREIRA, 1983). O efeito inibitório da luz na germinação de urediniósporos de *P. psidii* foi demonstrado por Ruiz (1988), que estudou a influência dos períodos crescentes de luz ou escuro, de quatro a 24 horas, na germinação dos urediniósporos a 20°C, em ágar-simples.

Várias temperaturas e tempos de água livre têm sido testados no processo inicial de infecção da ferrugem do eucalipto, envolvendo a germinação e início de penetração e colonização do patógeno. Para isso, mudas de eucalipto, depois de submetidas aos tratamentos do binômio temperatura e tempo de água livre durante seus períodos de permanência em câmara úmida, no escuro, foram posteriormente levadas para ambiente de 20°C, com 12 horas de fotoperíodo, durante 12 dias. De 10 a 25°C houve infecção de *P. psidii* nas mudas a partir de um tempo mínimo houve satisfatória infecção do patógeno. Melhor infectividade observada deu-se a 20°C com 24 horas de permanência das mudas em câmara úmida. A temperatura de 30°C durante os tempos de água livre testados na superfície foliar, de seis a 48 horas, não propiciou infecção do patógeno em mudas de eucalipto. A luz, quando aplicada durante o período de permanência das mudas inoculadas em câmara úmida, mostrou-se também inibitória do processo de germinação de urediniósporos e início de penetração e colonização do patógeno (RUIZ, 1988). Estudos realizados por Castro (1983) levaram-no a acreditar que de 17 a 25°C é provável que a infecção de *P. psidii* em eucalipto ocorra num período menor do que 12 horas de água livre na superfície foliar. Desses estudos (CASTRO, 1983; RUIZ, 1988) pode-se concluir que, para condições de campo para o Sudeste brasileiro, os períodos noturnos de abril a agosto reúnem, com maior frequência, os fatores que mais favorecem o processo de germinação de urediniósporos e início de penetração e colonização

de *P. psidii* em eucalipto (escuro, temperatura relativamente baixas ou moderadas e período de molhamento foliar por orvalho ou garoa, de seis ou mais horas).

A influência dos fatores temperatura e luz na continuidade da colonização e produção de esporos de *P. psidii* em mudas de eucalipto tem sido estudada. Esta etapa do processo infectivo corresponde à fase que ocorre após retirada das mudas inoculadas artificialmente da condição de câmara úmida. Nenhuma esporulação do patógeno foi observada em mudas que permaneceram 12 dias a 15°C, em ambiente com fotoperíodo de 12 horas de luz. Após esse período de observação (12 dias), as mudas foram transferidas para ambiente análogo, a 20°C, exibindo esporulação uredospórica dois dias depois. Isso sugeriu que a temperatura de 15°C teve efeito genestático, permitindo o crescimento micelial e a colonização dos tecidos, mas inibindo a esporulação de *P. psidii*. Presumindo que, após retiradas da câmara úmida e submetidas a 12 dias durante certa temperatura, o maior número de urédias/2,4 cm² de tecido foliar refletiria resultado da melhor condição para colonização e esporulação do patógeno de poder repetitivo do seu ciclo nos tecidos de eucalipto, a temperatura de 20°C foi a mais favorável (195 urédias/2,4 cm²), dentre quatro temperaturas testadas a intervalo de 5°C, de 15 a 30°C (RUIZ, 1988). A temperatura de 25°C foi francamente favorável à colonização do patógeno, mas pouco favorável à sua esporulação uredospórica (58 urédias/2,4 cm²) e altamente favorável à esporulação teliospórica (182 télisporos/2,4cm²). A temperatura de 30°C foi desfavorável tanto à esporulação uredospórica quanto à teliospórica. A luz aplicada nessa fase do processo infectivo favorece tanto a produção de urediniósporos quanto a de teliósporos (RUIZ, 1988). O surgimento de esporulação teliospórica predominante sobre a uredospórica de *P. psidii* deve ser interpretada como reflexo de reação na fisiologia do patógeno diante de condições de ambiente ou de hospedeiro que são desfavoráveis à repetitividade do seu ciclo pela via uredospórica, forçando-o a buscar recursos de variabilidade genética ou de produção de estruturas de resistência para sua sobrevivência. Pelo menos um desses recursos virá em decorrência da produção de teliósporos. Diante desse fato e dos resultados anteriores, pode-se presumir que temperaturas próximas de 20°C são favoráveis à repetitividade de *P. psidii* em eucalipto, ou à doença ferrugem do eucalipto em si. Condições de temperaturas relativamente baixas ou moderadas, aliadas a tempo de água livre na superfície foliar maior que seis horas e escuro,

permitem e favorecem a germinação de urediniósporos e o início de penetração e colonização de patógeno; Tais temperaturas na presença de luz, e independente de umidade, são favoráveis à continuidade da colonização e esporulação uredospórica; Temperaturas relativamente elevadas (próximas ou superiores a 30°C) impedem o processo de germinação de urediniósporos e o início de penetração e colonização, e desfavorecem a continuidade da colonização e a esporulação uredospórica (RUIZ, 1988).

Suzuki & Silveira (2003) avaliaram a germinação *in vitro* de urediniósporos de *Puccinia psidii* armazenados sob diferentes combinações de umidade relativa e temperatura e concluíram que urediniósporos com percentuais iniciais altos de germinação (76 a 83%), quando armazenados a baixas temperatura e umidade relativa (4 \pm 2°C e 40 \pm 5% UR), mantiveram-se viáveis por até 100 dias, com valores de germinação acima de 3%. A temperatura foi o fator que mais afetou a viabilidade dos esporos armazenados. O efeito deletério de temperaturas elevadas sobre urediniósporos de *Puccinia psidii* pode ser outro fator que contribui para a menor incidência da doença nas épocas mais quentes do ano.

Aparecido et al. (2003) avaliaram a influência da temperatura sobre a infecção, formação de teliósporos e produção de basidiósporos por *Puccinia psidii*, constatando que temperaturas amenas favoreceram todo o ciclo vital do patógeno uma vez que, quando as mesmas variaram de 15° a 23°C, beneficiaram a infecção e induziram à elevada produção de soros teliais e basidiósporos.

Ferreira (1981) estudando a ocorrência, temperatura para germinação de uredosporos, produção de teliósporos, hospedeiro alternativo e resistência da ferrugem do eucalipto verificou dentre as temperaturas de 15, 20, 25 e 30°C testadas para a germinação de uredosporos em agar-simples, a mais favorável foi 15°C. Inoculações com uredosporos apresentaram período latente de 5 a 7 dias. O reduzido período latente e a preferência por temperaturas relativamente baixas, aliada à necessária alta umidade para infecções, ajudam a explicar a ocorrência da doença em surtos esporádicos, de relativa curta duração e de rápida disseminação.

Outro fato importante da ferrugem do eucalipto é que, de modo geral, plantas com mais de dois anos ou no estágio fenológico C não são mais vistas sendo atacadas pelo patógeno. Isso provavelmente se deve ao fato de que a partir dessa idade, ou estágio, os órgãos suscetíveis já se encontram em alturas da planta em que o ambiente é mais ventilado,

com mais baixa umidade relativa, ou de difícil acesso ao inóculo uredospórico do patógeno pelas vias normais de sua dispersão no campo (FERREIRA, 1989).

Mesmo nas plantações mais jovens e de procedências reconhecidamente muito suscetíveis a *P. psidii*, a ferrugem do eucalipto é uma doença de surtos esporádicos. Seus ataques podem surgir, mas também desaparecerem em quaisquer épocas do ano. Uma plantação pode não ter a ferrugem ou pode tê-la durante apenas um mês por ano, ao passo que outras podem tê-la durante cinco meses ou mais. Nesse último caso, a época anual mais propícia para isso é de abril a agosto, conforme mencionado anteriormente. No caso de apenas um surto de um mês por ano, provavelmente o que acontece é o seguinte: a partir de duas semanas das infecções, a esporulação das partes tenras vai-se ressecando, deixando-as com apenas fortes necroses; com três semanas esse ressecamento já é total. A partir de quatro semanas, as brotações começam a aparecer, mas nessa época, as condições ambientais podem não ser favoráveis ao patógeno, ocorrendo em campo, por exemplo, períodos contínuos com dias quentes, ensolarados, noites com temperaturas relativamente elevadas e com menos de seis horas de água livre. Nesse caso, as brotações não seriam atacadas e desenvolver-se-iam até o amadurecimento, reinfolhando a planta, que passaria a ter, a partir daí, fenologia normal. Aparentemente, para que um surto de ferrugem do eucalipto se estabeleça extensivamente no campo, é preciso haver, após o aparecimento das primeiras pústulas uredospóricas em alguma(as) planta(s), períodos de duas a três semanas com noites de temperaturas relativamente baixas ou moderadas, e formação de água livre (orvalho ou garoa) nas superfícies dos órgãos tenros durante seis ou mais horas, continuamente ou interrompidos, esparsadamente, por uma ou duas noites sem essas condições, seguindo-se períodos durante o dia em que a temperatura média fique sempre abaixo de 25°C. A caracterização da ferrugem do eucalipto como doença favorecida por temperatura relativamente baixa ou moderada e alta umidade (água livre) decorre de observação dos surtos da doença em condições de campo (FERREIRA, 1983; RUIZ, 1988) e de estudos de fatores que mais favorecem a produção, germinação e infecções uredospóricas e a produção e germinação de teliósporos (CASTRO, 1983; FERREIRA, 1983; RUIZ, 1988). Em condições naturais, tanto eucalipto quanto jambeiro, os teliósporos surgem muito mais frequentemente nas épocas mais quentes do ano. Em condições de inoculações artificiais, após o período de

câmara úmida, manutenção das mudas inoculadas em ambiente com temperatura próxima de 25°C favorece muito mais a produção de teliósporos do que urediniósporos (RUIZ, 1988).

Aparecido et al. (2001) avaliaram o nível de severidade de *Puccinia psidii*, durante os anos de 1999 e 2000 sobre goiabeira, jambeiro, uvaia, pitanga, jamboleiro, araçá, gabirola, cravo-da-índia, cereja-do-rio-grande e diferentes espécies de eucalipto. Após calculado o nível médio de severidade para cada hospedeiro, pôde-se verificar que foram infectadas somente: jambeiro, goiabeira e as seguintes espécies de eucalipto: *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* procedências Itatinga e Anhembi, *E. cloeziana* e *E. botryodes*. Com relação ao pico da doença, sobre *E. cloeziana*, o mês de maior severidade foi março. Sobre as demais espécies de eucaliptos e, também sobre jambeiro, infecção mais severa ocorreu em abril. Para a goiabeira, o mês mais crítico foi fevereiro. Durante 1999 foram observados os ataques mais severos.

Aparecido (2001), em estudos ecológicos de *P. psidii*, constatou que temperaturas amenas favoreceram todo o ciclo vital do patógeno, sendo que, quando as mesmas variaram de 15 a 23°C beneficiaram a infecção, induziram à elevada produção de soros teliais e basidiósporos, além de beneficiar a germinação de urediniósporos.

A velocidade de maturação dos limbos foliares, que de modo geral é acelerada em temperaturas mais elevadas, deve ser também importante no contexto desta doença em eucalipto, uma vez que limbos maduros não são vistos infectados por *P. psidii* ou, caso positivo, apresentam somente pústulas esparsas. Em eucalipto, acredita-se que as folhas sejam infectadas até uma idade básica de 15 dias (RUIZ, 1988), enquanto que as de *Pimenta dióica* são suscetíveis até cerca de 30 dias de idade (HUNT, 1968).

Tessmann et al. (2001) estudaram a epidemiologia de *Puccinia psidii* em *Syzygium jambos* e verificaram que a epidemia desta ferrugem, na região central do Brasil, depende da duração da umidade na folha (molhamento foliar) à noite e também das temperaturas durante o mesmo período.

É possível concluir que a análise epidemiológica, no tempo e no espaço, desde que baseada em dados consistentes e provenientes de vários anos, pode indicar com maior ou menor precisão a natureza do agente causal, contribuindo para o delineamento das estratégias de controle (BERGAMIN FILHO et al., 2000).

A epidemiologia é a ciência que estuda as interações entre patógenos e hospedeiros sob a influência do ambiente e do homem (KRANZ, 1974). O conhecimento destas interações é imprescindível, não só para a compreensão da doença em si, mas principalmente para a elaboração de estratégias de controle, visando interferir em seu ciclo (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

A análise temporal pode ser entendida como a evolução da interação entre os componentes do patossistema, estabelecida por dados acumulados de incidência e severidade e retratada pela curva de progresso de doença (VANDERPLANK, 1963, KRANZ, 1974). A curva de progresso de doença, expressa a proporção de doença *versus* tempo e pode caracterizar, de acordo com o modelo ajustado, através de seus parâmetros, a época de início da epidemia, a quantidade de inóculo inicial, a taxa de desenvolvimento da doença, a forma da curva do progresso da doença, a área sob a curva de progresso da doença, as quantidades máximas e final de doença e a duração da epidemia (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

O fato de mais atenção ter sido dada para a análise temporal de epidemias em detrimento da espacial é um reconhecido truísmo dentro da epidemiologia (JEGER, 1989).

Pode ser construída para qualquer patossistema, seja a cultura anual ou perene, seja o patógeno ou agente etiológico (fungos, vírus, nematóide ou outro), seja epidemia de curta duração ou não, seja a área de ocorrência da epidemia pequena ou grande (VALE et al., 2004).

Alguns dos modelos mais utilizados no ajuste de dados referentes ao progresso de doença são: modelo exponencial, modelo logístico, modelo de Gompertz e modelo monomolecular (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

Os modelos são simplificações da realidade e dificilmente uma forma matemática será capaz de produzir com detalhes os fenômenos da natureza (KRANZ & ROYLE, 1978). Apesar desta afirmativa, os modelos matemáticos são umas das poucas ferramentas disponíveis para se comparar epidemias e distinguir variedades, tratamentos fungicidas, técnicas de manejo, bem como gerar modelos de previsão e auxiliar na quantificação de danos e perdas (BERGAMIN FILHO et al, 1995).

Patógenos de plantas possuem diferentes agentes de dispersão como o vento, a água, vetores, material vegetal contaminado, ou o homem com suas ferramentas e

suas máquinas (CAMPBELL & MADDEN, 1990). O padrão espacial de uma doença depende não só da forma de dispersão do patógeno, como também da arquitetura das plantas hospedeiras e do arranjo destas no campo (GILLIGAN, 1982).

A análise do padrão de distribuição de uma doença possibilita o desenvolvimento de hipóteses biológicas e ambientais plausíveis, associando esta distribuição com a presença de propágulos do patógeno ou microclima favorável (CAMPBELL & MADDEN, 1990). Essa análise é necessária no desenvolvimento de modelos e simulações, além de ser útil para a montagem de experimentos e programas amostrais para estudos epidemiológicos e de manejo da doença (SPOSITO et al., 2003).

A distribuição espacial de uma doença em uma área pode seguir três tipos de padrões: regular, aleatório ou agregado. Em doenças causadas por patógenos de plantas, os arranjos aleatórios e agregados são mais comumente observados, sendo rara a presença de arranjos regulares (CAMPBELL & MADDEN, 1990). A distribuição aleatória de uma doença indica que não há correlação entre a localização de indivíduos sintomáticos dentro de uma área (MADDEN, 1989). A distribuição agregada de uma doença indica que há uma correlação entre indivíduos sintomáticos, ou seja, há uma alta probabilidade de que indivíduos sintomáticos estejam próximos uns dos outros (MADDEN, 1989).

O conhecimento amplo de todas as características de uma epidemia (temporais e espaciais) possibilita uma visão mais completa da estrutura e do comportamento de patossistemas. Deste modo, Bergamin Filho et al. (2002), apontam que mais informações podem ser extraídas dos dados, caso as análises temporal e espacial sejam combinadas, permitindo o progresso acadêmico e a aplicação prática nos tópicos seguintes: I) otimização de planos de amostragem; II) compreensão da dinâmica populacional de um patógeno; III) correlação entre doenças e vetores e, especificamente, entre a doença e o nicho ecológico dos vetores; IV) comparação da resistência de variedades; V) caracterização do padrão ou dos padrões de dispersão da doença; VI) correlação entre tratamentos culturais, condições ambientais e dispersão da doença; VII) dedução do mecanismo de transmissão da doença; VIII) dedução da natureza biótica ou abiótica de um agente causal; IX) delineamento de estratégias de controle e, ou, de avaliação de sua eficácia; X) correlação entre a população do patógeno e a variação das características físico-químicas do solo; e XI) dedução dos centros de origem de patógenos.

A quantificação dos danos causados por doenças de plantas é um fator essencial no manejo integrado, sendo o pré-requisito para o desenvolvimento de qualquer programa de controle de doenças independente do método a ser empregado (ZADOKS & SCHEIN, 1979). O dano é definido como qualquer redução na quantidade ou na qualidade da produção devido a injúrias causadas pelo patógeno (NUTTER et al., 1991). Posto isso, estimativas confiáveis dos prejuízos causados pelos patógenos são um pré-requisito para o desenvolvimento de qualquer programa bem sucedido de controle da doença (WALKER, 1983).

Takahashi (2002) avaliou os danos da ferrugem do eucalipto e observou que existe uma diferença significativa entre plantas infectadas e plantas não infectadas. Na altura média, aos 11 meses de idade a diferença entre plantas saudas e plantas infectadas com o maior nível de severidade, a diferença foi de 35,81%. Em relação ao diâmetro à altura do peito, verificou-se que a diferença entre plantas saudas e plantas com o maior nível de severidade foi de 50,49%, também aos 11 meses de idade. Para o volume individual a diferença entre plantas saudas e plantas com o maior nível de severidade foi de 98% aos 11 meses de idade. De acordo com a mesma autora, a região do Vale do Paraíba é mais propícia à ocorrência da doença em relação a região de Ribeirão Preto, devido as condições climáticas locais; o mês mais favorável a ocorrência da doença foi setembro; *Eucalyptus grandis* apresentou-se suscetível até a idade de 1,5 ano; o nível médio de severidade correlaciona-se com a AACPD; os danos em árvores que apresentaram sintomas da ferrugem variaram de 19,79 a 41%.

Neste contexto, estimativas de dano consistem em parâmetros seguros para adoção de medidas na relação existente entre patógeno, hospedeiro e ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As parcelas de estudo espaço-temporal e dano foram instaladas em campo, nas áreas de plantio comercial de eucalipto da empresa Veracel Celulose S.A., localizadas geograficamente no extremo Sul do Estado da Bahia. A determinação da alocação das parcelas de estudo no campo foi realizada de acordo com a distribuição das diferentes áreas de plantio comercial, sendo que estas áreas são caracterizadas em cinco diferentes regiões de plantio, dotadas de diferentes características edafoclimáticas. Estas cinco diferentes regiões de plantio comercial são denominadas: Norte, Sul, Oeste, Central A e Central B. No ensaio químico, as parcelas foram conduzidas em manejo de brotação no litoral Norte do Estado da Bahia, nas áreas de plantio comercial da Bahia Pulp S.A./Copener Florestal Ltda.

3.1 Zoneamento das áreas de plantio através do Índice de Infecção

A partir de dados climáticos diários, de temperatura e período de molhamento foliar (umidade relativa maior ou igual a 90%), das regiões de plantio comercial da Veracel Celulose S.A., obtidos das estações meteorológicas monitoradas pela empresa (macroclima), no ano de 2008, determinou-se o Índice de Infecção de ferrugem diário. Utilizou-se o modelo proposto por Ruiz et al. (1989b) em estudos de *Puccinia psidii* Winter em *Eucalyptus grandis*, obtido em condições controladas fazendo-se uma relação entre

temperatura máxima e período de molhamento foliar (umidade relativa maior ou igual à 90%).

O modelo proposto compreende:

$$II = -32,2626 + 3,6999 T + 0,4613 H - 0,0018 TH - 0,0903 T^2 - 0,0068 H^2$$

Onde:

II = índice de infecção;

T = temperatura máxima (°C);

H = período de molhamento foliar (horas).

A empresa possui 7 estações meteorológicas, devidamente monitoradas para coleta de informações climáticas pertinentes às regiões de plantio comercial.

A Tabela 1 apresenta algumas características referentes às estações.

Tabela 1. Informações pertinentes às estações meteorológicas da Veracel Celulose S.A.

| Nome da Estação | Data de Instalação | Latitude em graus | Longitude em graus | Altitude (m) |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Jambeiro III (Região Sul) | 1/2/1998 | 16°41'27"S | 39°25'39"W | 129 |
| Copaíba (Região Oeste) | 1/6/2003 | 16°16'47"S | 39°50'49"W | 355 |
| Santa Maria Eterna (Região Norte) | 1/7/2003 | 15°51'47"S | 39°14'46"W | 143 |
| Fábrica (Região Central A) | 1/6/1998 | 16°05'08"S | 39°25'09"W | 154 |
| Eunápolis (Região Central B) | 1/1/1969 | 16°20'56"S | 39°35'18"W | 187 |
| Jambeiro VI (Região Sul) | 1/1/2006 | 16°47'14" S | 39°16'24" W | 57 |
| Estação Veracruz | 1/1/1972 | 16°23'17"S | 39°10'06"W | 77,4 |

Através das informações obtidas, calculou-se o Índice de Infecção para cada região de plantio, no período de janeiro a dezembro de 2008, visando análise comparativa entre doença x clima (região) x clone. Os índices foram obtidos diariamente e consolidados em valores médios mensais para cada região de plantio.

3.2 Estudo da epidemia de ferrugem no tempo e no espaço

Para a análise de distribuição espaço-temporal de ferrugem, foram alocadas parcelas de observação nas cinco regiões de plantio, com oito diferentes materiais genéticos clonais, destes, sete híbridos (Tabela 2). Estes materiais foram dispostos no campo sem inoculação artificial, visando análise da doença em condição natural, tendo em vista a alta incidência da mesma na região. As informações pertinentes aos materiais genéticos encontram-se na Tabela 2, e referente às características das parcelas, na Tabela 3.

O clone 1 refere-se a um material clonal proveniente da espécie *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden. Os demais clones (2 ao 8) são híbridos provenientes do cruzamento de duas espécies de eucalipto, *E. grandis* x *E. urophylla*, híbrido este denominado popularmente como “urograndis”.

A Tabela 3 especifica os detalhes referentes à instalação das parcelas de observação no campo por região de plantio, como: data de instalação no campo (plantio), projeto (fazenda), talhão, coordenadas geográficas (latitude e longitude), altitude do terreno em metros, espaçamento entre plantas em metros, condição do plantio (implantação ou reforma) e clone operacional plantado no talhão além da parcela experimental de oito clones. Ademais, as parcelas foram instaladas em talhões com clones suscetíveis à doença (clone 2, 7 e 8 – vide Tabela 3), sob condições de epidemia aberta.

As coordenadas geográficas estão de acordo com o Sistema de Referência SAD-69 – Datum Chuá-MG. Os dados de altitude foram extraídos indiretamente sobre o modelo digital de terreno (DTM), baseado nas altitudes da restituição de ortofocartas resultantes de aerolevantamento realizado entre 1995 e 1996.

Tabela 2. Material clonal utilizado no ensaio e espécies pertinentes.

| Clone | Espécie |
|-------|---------------------------|
| 1 | <i>Eucalyptus grandis</i> |
| 2 | "urograndis" |
| 3 | "urograndis" |
| 4 | "urograndis" |
| 5 | "urograndis" |
| 6 | "urograndis" |
| 7 | "urograndis" |
| 8 | "urograndis" |

Tabela 3. Data, projeto, talhão, coordenadas geográficas, altitude, espaçamento, condição do plantio e clone operacional das parcelas de distribuição espaço-temporal no campo.

| Região | Data plantio | Projeto | Talhão | Coordenadas geográficas | Altitude (m) | Espaçamento (m) | Condição | Clone operacional |
|-----------|--------------|---------------|--------|-------------------------|--------------|-----------------|-------------|-------------------|
| Norte | 29/04/2008 | Tarumã | 16 | Latitude 15° 37' 08" S | * | 4,0 x 3,0 | Implantação | 8 |
| | | | | Longitude 39° 16' 07" W | | | | |
| Sul | 30/04/2008 | Jambeiro VI | 108 | Latitude 16° 46' 43" S | 67,80 | 5,0 x 2,5 | Implantação | 7 |
| | | | | Longitude 39° 17' 22" W | | | | |
| Oeste | 25/04/2008 | Pati | 49 | Latitude 16° 23' 49" S | 246,18 | 4,0 x 3,0 | Implantação | 2 |
| | | | | Longitude 39° 49' 18" W | | | | |
| Central A | 22/04/2008 | Oiticica | 20 | Latitude 16° 06' 12" S | 212,70 | 4,0 x 3,0 | Implantação | 2 |
| | | | | Longitude 39° 36' 11" W | | | | |
| Central B | 23/04/2008 | Liberdade III | 75 | Latitude 16° 07' 13" S | 88,50 | 5,0 x 2,4 | Reforma | 8 |
| | | | | Longitude 39° 12' 43" W | | | | |

* Dado não obtido.

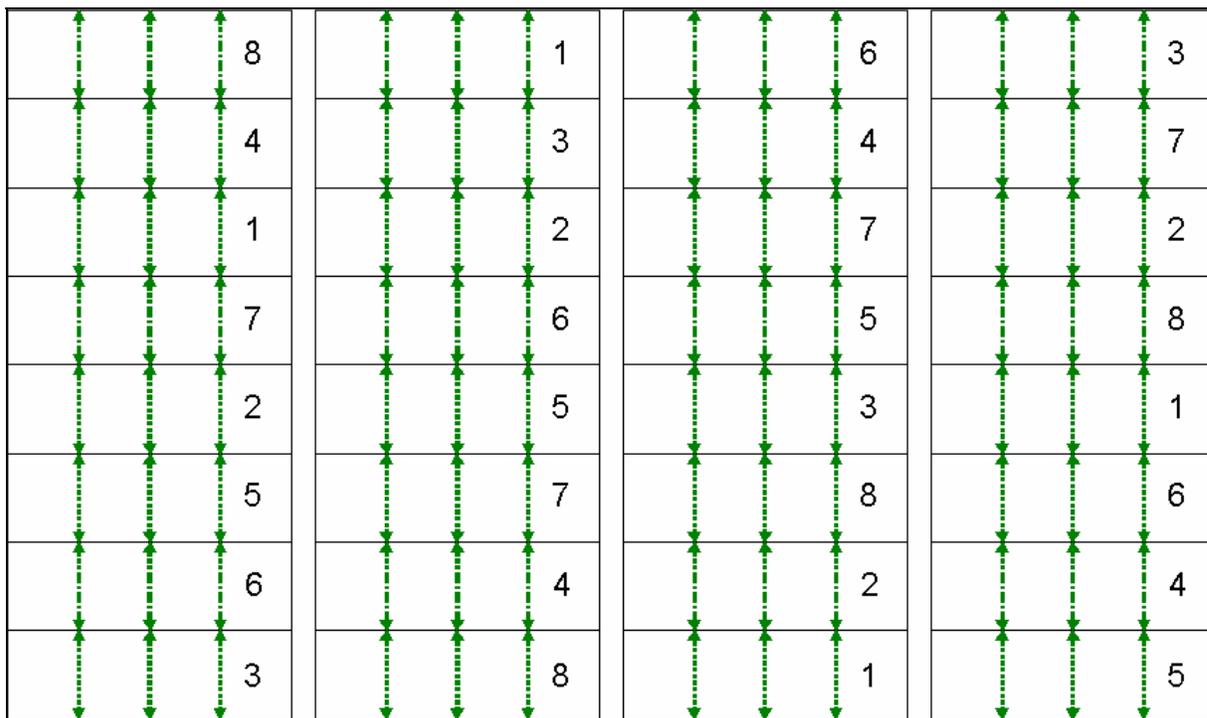


Figura 1. Croqui de alocação das parcelas de distribuição espaço-temporal.

3.2.1 Comportamento de clones quanto à intensidade de ferrugem em diferentes regiões de plantio

Este experimento foi composto por 8 tratamentos, sendo cada clone um tratamento, distribuídos no esquema fatorial 5×8 (5 regiões de plantio, 8 clones), ao acaso, com 4 repetições. Cada repetição foi composta por 45 plantas de cada clone, sendo 3 linhas de 15 plantas (Figura 1). A distância entre blocos foi de 3 linhas de plantio.

As avaliações foram realizadas a cada 30 dias a partir da data de instalação do ensaio, através de escala diagramática para determinação do percentual de área foliar lesionada, proposta para esta finalidade (Apêndice). Foram seis avaliações de incidência e severidade da doença, sendo aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias, condizendo com o período mais favorável à ocorrência da doença na região: meses de maio a outubro. Foram avaliados os cinco primeiros pares de folhas apicais de todos os ramos juvenis de cada planta, sendo que, nas duas primeiras avaliações avaliou-se a planta como um todo, tendo em vista sua massa

foliar. Foram atribuídos os níveis de severidade de ferrugem em cada planta, através da ponderação da doença como um todo na planta adequando-se a um nível médio de acordo com a escala diagramática de ferrugem. Adotou-se esta metodologia de avaliação em função da ocorrência da doença restringir-se aos ramos e folhas jovens, sendo ramos e folhas mais velhas necrosados quando do estágio tardio de alta severidade da doença.

No contexto dos fundamentos epidemiológicos, deve-se compreender profundamente os componentes do patossistema. Para tal, os dados de incidência e severidade foram analisados clone a clone, dentro de cada região de plantio, em cada avaliação (seis avaliações).

Para a análise estatística dos dados, estes foram transformados em arcsen (raiz $x/100$), tendo em vista estarem em percentual de área foliar lesionada. Os dados de incidência e severidade foram submetidos à análise estatística de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), com o auxílio do software SISVAR 5.0.

3.2.2 Estudo temporal da epidemia de ferrugem

Para a análise da epidemia no tempo, foram obtidos dados de incidência e severidade da doença no campo. Determinou-se a incidência da doença em função do tempo (seis avaliações), aplicando-se posteriormente modelos não-flexíveis empregados para descrever as curvas de progresso de ferrugem ao longo do tempo. De acordo com o cronograma das avaliações, estas foram realizadas nos seguintes meses: maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro do ano de 2008.

Para a aplicação dos modelos descritivos de curvas de progresso da ferrugem do eucalipto em função do tempo, utilizou-se dados de incidência de cada uma das seis avaliações, sendo estes dados superiores a zero, com vistas à obtenção de dados significativos. Realizou-se a média dos valores de incidência para os oito clones nas cinco regiões de plantio, obtendo-se valores médios por avaliação.

Para o estudo do progresso de doenças, tem-se usado principalmente modelos empíricos, dentre os quais: Exponencial, Logístico, de Gompertz e Monomolecular (JESUS JUNIOR et al., 2004a).

Para cálculo dos modelos, foram utilizadas as seguintes equações:

Logito: $y = \ln(y/(1-y))$

Monito: $y = \ln(1/(1-y))$

Gompito: $y = -\ln(-\ln(y))$

Exponito: $y = \ln(y)$

Onde:

y = Proporção de doença;

Proporção = incidência/100, segundo Jesus Junior et al. (2004a).

Para a determinação do R^2 e dos coeficientes (Interseção e Variável X 1) do logito, monito, gompito e exponito, realizou-se a regressão entre os valores reais de logito, monito, gompito e exponito, e período das avaliações, em dias (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias). Estes foram ajustados de acordo com dados reais e previstos, com obtenção dos coeficientes de determinação (R^2), e coeficiente de determinação ajustado da análise de regressão (R^{2*}) (JESUS JUNIOR et al., 2004a; CORNELL & BERGER, 1987).

Para o cálculo de R^{2*} foi preciso calcular os dados previstos para logito, monito, gompito e exponito. Para tal, calculou-se a variável y_0 , sendo:

Logito: $y_0 = (\exp(y))/(1+\exp(y))$

Monito: $y_0 = (\exp(y)-1)/(\exp(y))$

Gompito: $y_0 = \exp(-\exp(-y))$

Exponito: $y_0 = (\exp y)$

Posteriormente à determinação de y_0 para cada condição, calculou-se cada modelo previsto:

Logito: $Y = 1/(1+((1/y_0)-1)*\exp(-r*t))$

Onde:

y_0 = y_0 calculado para Logito;

r = Variável X1 obtida para Logito;

t = Período da avaliação.

$$\text{Monito: } Y = 1 - (1 - y_0) \cdot \exp(-r \cdot t)$$

Onde:

y₀ = y₀ calculado para Monito;

r = Variável X1 obtida para Monito;

t = Período da avaliação.

$$\text{Gompito: } Y = \exp(-(-\ln(y_0)) \cdot \exp(-r \cdot t))$$

Onde:

y₀ = y₀ calculado para Gompito;

r = Variável X1 obtida para Gompito;

t = Período da avaliação.

$$\text{Exponito: } Y = y_0 \cdot \exp(r \cdot t)$$

Onde:

y₀ = y₀ calculado para Exponito;

r = Variável X1 obtida para Exponito;

t = Período da avaliação, de acordo com Jesus Junior et al. (2004a).

Através dos dados de severidade, foram obtidos os valores totais de AACPD (Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença), dentro da epidemia total em cada clone, visando análise comparativa de suscetibilidade de material clonal à ferrugem.

3.2.3 Estudo espacial da epidemia de ferrugem

Para a análise do padrão espacial da epidemia de ferrugem, visando obter informações quantitativas sobre a dinâmica populacional do patógeno em cada material

clonal, inseridos em diferentes regiões de plantio, utilizou-se os dados de incidência para cada repetição de 45 plantas instaladas no campo, caracterizados como dados binários, sendo, portanto, as plantas classificadas como sadias e doentes, de acordo com as seis avaliações realizadas mensalmente nas parcelas, no período de maio a outubro de 2008.

Através da determinação do número de focos de doença obtidos em cada parcela (repetição), realizou-se o estudo espacial através da ADEF (Análise de Dinâmica e Estrutura de Focos) (NELSON, 1996), para obtenção de mais informações pertinentes à epidemiologia de ferrugem em campo. Segundo Bergamin Filho et al. (2004), variáveis obtidas por meio da ADEF podem ser utilizadas para testes de hipóteses ou empregadas em conjunto a outras técnicas, para melhor entender determinado patossistema.

Para a ADEF (Análise de Dinâmica e Estrutura de Focos), as plantas de cada parcela foram devidamente separadas de acordo com o material clonal, para cada repetição, sendo três linhas de 15 plantas, com um total de 45 plantas por repetição e, 180 plantas em cada região de plantio. Através de dados binários (incidência), obteve-se o número de plantas sadias e número de plantas doentes em cada uma das seis avaliações. Determinou-se o número de focos na parcela (repetição), sendo que pertencem ao mesmo foco plantas sintomáticas adjacentes, quer seja no padrão vertical, horizontal ou diagonal. Determinou-se o número de focos unitários na parcela. Posteriormente calculou-se o Índice de Compactação de Foco (ICF) por foco, sendo este determinado por: $ICF_Foco = \frac{\text{Plantas no foco}}{(\text{Número de Linhas no foco} * \text{Número de colunas no foco})}$ (NELSON, 1996). Realizou-se o cálculo do Índice de Forma de Foco (IFF) por foco, determinado por: $IFF_Foco = \frac{\text{Número de Linhas no foco}}{\text{Número de colunas no foco}}$ (NELSON, 1996). Determinou-se o número médio de plantas por foco (NMPF), sendo $NMPF = \frac{\text{Plantas em cada foco}}{\text{Número de focos}}$ (NELSON, 1996). De posse destes resultados, determinou-se o ICF e IFF para cada parcela (repetição), sendo determinados respectivamente por: $ICF_Parcela = \text{Média de } ICF_Foco$ e $IFF_Parcela = \text{Média de } IFF_Foco$. Com base nos resultados obtidos, realizou-se a análise de foco em cada clone, para a média das regiões cuja incidência foi positiva dentro das avaliações.

Para o cálculo do índice de dispersão (ID) e aplicação da Lei de Taylor aos resultados, os dados foram analisados dividindo-se em parcelas, onde cada parcela consiste em uma repetição (3 linhas de 15 plantas). A partir dos dados de distribuição espacial das populações de uma espécie, pode-se relacionar linearmente o logaritmo da variância

observada (V_{obs}) e o logaritmo da média (TAYLOR, 1961). Dividiu-se cada parcela em *quadrats*, sendo cada *quadrat* composto por 3 linhas e 3 colunas. Segundo Bergamim Filho et al. (2004), índice de dispersão, a rigor, é a relação entre a variância observada e a variância teórica do processo em estudo ($D = \text{variância observada} / \text{variância teórica}$). Com isto, realizou-se o cálculo do índice de dispersão nas parcelas, sendo $ID = V_{obs} / V_{bin}$. Para tal, realizou-se o cálculo da variância binária que, segundo Bergamim Filho et al. (2004), para distribuição binomial, a variância é igual a $V_{bin} = p \cdot (1-p) / n$, em que p é a incidência na parcela e n , o número de plantas por *quadrat*. Realizou-se o cálculo da variância observada, que segundo os mesmos autores, é calculada por $V_{obs} = \sum (X_i - np)^2 / n^2 (N-1)$, em que $\sum X_i$ é o somatório do número de plantas sintomáticas em cada *quadrat* i e N é o número total de *quadrats* em cada área.

Para a análise do padrão espacial em linhas de plantio, realizou-se o teste de “run” dentro do período de seis avaliações mensais (maio a outubro de 2008). Um “run” compreende uma seqüência de um ou mais símbolos idênticos, seguidos ou precedidos por um símbolo diferente ou por símbolo nenhum (começo ou fim de uma linha) (BERGAMIN FILHO et al., 2004). Calculou-se o valor esperado de *run* através da equação: $E(R) = 1 + 2 \cdot m \cdot (N-m) / N$, onde: N = Número de plantas na linha; m = Número de plantas doentes na linha. Subseqüentemente, calculou-se a variância correspondente através da equação $\sigma^2(R) = 2 \cdot m \cdot (N-m) \cdot [2 \cdot m \cdot (N-m) - N] / [N^2 (N-1)]$. Segundo Bergamim Filho et al. (2004), é útil proceder a standardização por meio do cálculo de Z_r , o qual tem distribuição normal: $Z_r = [R + 0,5 - E(R)] / \sigma(R)$, onde: R = Número de runs; E = Valor esperado; σ = Variância correspondente.

Segundo Bergamim Filho et al. (2004), o valor 0,5 é chamado de correção para continuidade e é introduzido para minimizar o efeito da natureza discreta do número de runs. O valor de Z_r será um grande número negativo se houver agregação, porque os runs observados (R) serão, muito menores que os runs esperados $E(R)$. Como o teste é usualmente aplicado apenas para diferenciar padrão espacial agregado de padrão espacial ao acaso, rejeita-se a hipótese de padrão espacial ao acaso se $Z_r < -1,64$. Em suma, valores de Z_r superiores a $-1,64$ contemplam runs de padrão ao acaso e, inferiores de padrão agregado.

Outro parâmetro de análise espacial adotado foi o teste de “doublet”. Um “doublet” é definido por conter duas plantas doentes adjacentes, sendo utilizado como critério de decisão (BERGAMIN FILHO et al., 2004). Calculou-se o número esperado de *doublets* através da equação: $E(D) = m \cdot (m-1) / N$, onde: m = número de plantas doentes na linha; N = número de plantas na linha. Posteriormente, calculou-se a variância correspondente: $\sigma^2(R) = m \cdot (m-1) \cdot [N \cdot (N-1) + 2 \cdot N \cdot (m-2) + N \cdot (m-2) \cdot (m-3) - (N-1) \cdot m \cdot (m-1) / N^2 \cdot (N-1)]$. Segundo Bergamim Filho et al. (2004), é útil proceder a estandardização por meio do cálculo de Z_d , com base na distribuição normal: $Z_d = (D + 0,5 - E \cdot (D)) / \sigma \cdot (D)$, onde: D = Número de doublets; E = Valor esperado; σ = Variância correspondente.

Segundo Bergamim Filho et al. (2004), no caso de agregação, o valor observado D será maior que o esperado $E(D)$ e, assim Z_d terá um grande valor positivo. Uma linha de plantas exibirá padrão agregado se $Z_d > 1,64$ ($P = 0,05$).

Para a melhor compreensão dos resultados do teste de *run* e *doublets*, os dados foram analisados quanto à incidência, sendo, portanto binários. Estes foram analisados separadamente, sendo divididos isoladamente em clones como um todo e regiões como um todo. Os valores de incidência de cada clone em cada avaliação foram submetidos a uma média entre as regiões que apresentaram tais valores positivos. O mesmo critério foi utilizado para análise por região, diferindo apenas na média da incidência dos clones que assumiram tais valores positivos em cada região.

3.3 Estudo de danos causados pela ferrugem

Para o experimento de quantificação de danos, através da comparação volumétrica, foram selecionados talhões novos já plantados em diferentes regiões, cuja severidade da doença foi previamente avaliada nas plantas em condições de epidemia aberta. Foram alocadas parcelas nas seguintes regiões: Central A, Norte e Sul.

As informações pertinentes aos materiais clonais utilizados encontram-se na Tabela 4, e referente às características das parcelas na Tabela 5.

O referido ensaio de análise de dano foi instalado nas seguintes datas: 01/08/2007 na região Norte, 02/08/2007 na região Sul e 03/08/2007 na região Central A.

Igualmente às parcelas instaladas para estudo espaço-temporal da epidemia, as coordenadas geográficas estão de acordo com o Sistema de Referência SAD-69 – Datum Chuá-MG. Os dados de altitude foram extraídos indiretamente sobre o modelo digital de terreno (DTM), baseado nas altitudes da restituição de ortofocartas resultantes de aerolevanteamento realizado entre 1995 e 1996.

Tabela 4. Material clonal utilizado no ensaio e espécies pertinentes.

| Clone | Espécie |
|-------|--------------|
| 3 | "urograndis" |
| 4 | "urograndis" |
| 7 | "urograndis" |
| 9 | * |

* Material indeterminado.

Tabela 5. Região, idade do plantio, projeto, talhão, coordenadas geográficas, altitude e clone operacional dos ensaio de análise de dano.

| Região | Idade | Projeto | Talhão | Coordenadas geográficas | Altitude (m) | Clone operacional |
|-----------|---------|----------------|--------|-------------------------|--------------|-------------------|
| Central A | 5 meses | Pau Brasil III | 23 | Latitude 16° 04' 34" S | 195,00 | 7 |
| | | | | Longitude 39° 27' 21" W | | |
| Central A | 5 meses | Pau Brasil III | 21 | Latitude 16° 03' 56" S | 156,90 | 3 |
| | | | | Longitude 39° 26' 55" W | | |
| Norte | 5 meses | Tarumã | 12 | Latitude 15° 35' 16" S | * | 3 |
| | | | | Longitude 39° 16' 57" W | | |
| Sul | 5 meses | Jambeiro V | 33 | Latitude 16° 43' 46" S | 94,10 | 9 |
| | | | | Longitude 39° 21' 27" W | | |
| Sul | 5 meses | Jambeiro VI | 67 | Latitude 16° 48' 37" S | 55,80 | 4 |
| | | | | Longitude 39° 15' 51" W | | |

Neste ensaio o método utilizado foi o de plantas individuais (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). Os indivíduos doentes e sadios substituem as parcelas do método de parcelas experimentais. As plantas foram devidamente escolhidas, marcadas e avaliadas. A escolha da planta foi realizada procurando-se representar cada nível de severidade da doença, de acordo com escala diagramática proposta por Takahashi & Furtado (n/p) e modificada por Zamprogno et al. (2008). Nesta escala há 4 diferentes níveis de doença, sendo: N0: planta isenta de sintomas (planta sadia); N1: poucas pústulas de ferrugem (difícil de serem encontradas); N2: pústulas normais de ferrugem, esparsas ou em agregados

de pústulas abundantes, nos limbos e folhas novas; N3: plantas com pústulas normais abundantes, podendo haver necrose das porções atacadas. Em estágios mais avançados da doença, apresenta pústulas nos limbos, pecíolos de folhas mais novas e nos terminais de galhos e haste principal, comprometendo a dominância apical (Figura 2). Foram marcadas 10 plantas amostrais de acordo com a severidade encontrada.

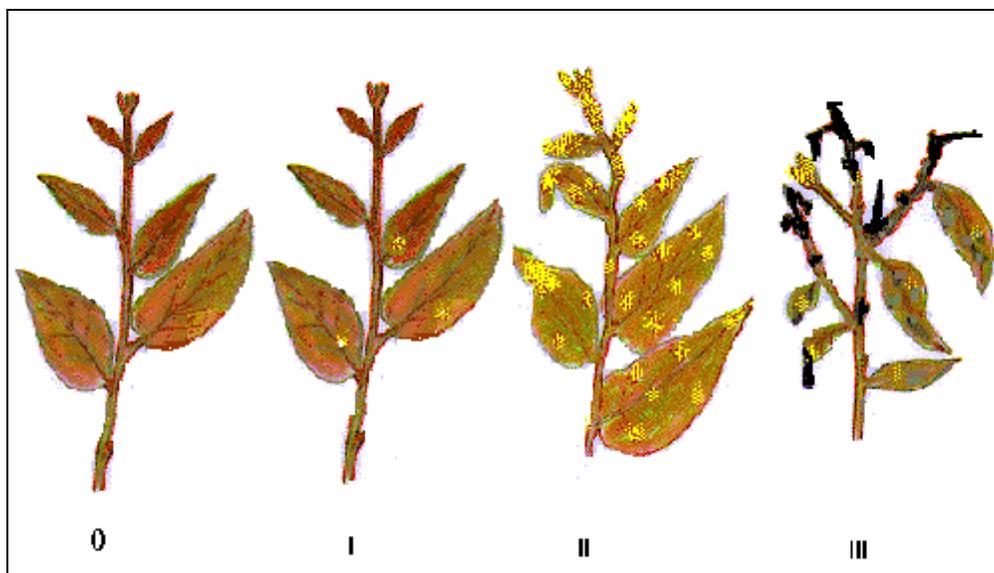


Figura 2. Escala diagramática de ferrugem do eucalipto proposta por Takahashi & Furtado (n/p), modificada por Zamprogno et al. (2008) .

O mapa de alocação das parcelas de distribuição espaço-temporal, parcelas de dano e localização das estações meteorológicas encontra-se disponível para visualização no Apêndice.

A partir da instalação de parcelas de observação para análise de dano, em nível de campo, as plantas foram avaliadas quanto à severidade de ferrugem e posteriormente marcadas de acordo com o nível encontrado.

Após a quantificação da doença, foram realizadas aferições de medidas em função do tempo (Tabela 6), obtendo-se valores de altura (metros) e DAP (Diâmetro à Altura do Peito, expresso em centímetros).

Conforme a Tabela 6, foram realizadas 4 avaliações de aferição de medidas, de acordo com as possibilidades operacionais. Estas corresponderam a 6, 10, 16 e 19 meses de idade das plantas.

Para a primeira e segunda avaliação de aferição de medidas, os dados foram comparados apenas quanto à altura das plantas (em metros), por não apresentarem desenvolvimento suficiente para estimativa de volume (em metros cúbicos). A coleta dos dados de CAP (Circunferência à Altura do Peito), em centímetros, para posterior obtenção dos dados de DAP só foi possível a partir da terceira avaliação.

Visando analisar a influência de aplicação de fungicida sobre níveis epidêmicos de ferrugem (nível 3), realizou-se um experimento em parcela pareada, cujo nível de severidade da doença encontrava-se extremo em todas as plantas (nível 3), com dominância apical, necrose de tecidos velhos e juvenis, e esporulação intensa. Foram marcadas duas linhas de 20 plantas, totalizando 40 plantas em cada parcela. Posteriormente à quantificação da doença, impreterivelmente semelhante em cada parcela, e delimitação das parcelas, realizou-se a aplicação do fungicida Azoxistrobina, a 0,25 gramas por Litro de solução. O volume de calda por planta foi ajustado para 50 mL. Posteriormente à aplicação da solução fungicida, realizou-se a aferição de medidas das árvores aos 6, 10, 16 e 19 meses de idade, na parcela de dano instalada no projeto Jambeiro V (região Sul), talhão 33. Realizou-se a análise comparativa de altura e de volume de madeira.

Tabela 6. Características, avaliações e idade das parcelas de dano.

| Região | Idade | Projeto | Talhão | Coordenadas geográficas | Data instalação | Datas avaliações | Idade (meses) |
|-----------|---------|----------------|--------|-------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Central A | 5 meses | Pau Brasil III | 23 | Latitude 16° 04' 34" S | 3/8/2007 | 11/9/2007 | 6 |
| | | | | Longitude 39° 27' 21" W | | 28/1/2008 | 10 |
| | | | | | | 4/7/2008 | 16 |
| | | | | | | 10/10/2008 | 19 |
| Central A | 5 meses | Pau Brasil III | 21 | Latitude 16° 03' 56" S | 3/8/2007 | 11/9/2007 | 6 |
| | | | | Longitude 39° 26' 55" W | | 28/1/2008 | 10 |
| | | | | | | 4/7/2008 | 16 |
| | | | | | | 10/10/2008 | 19 |
| Norte | 5 meses | Tarumã | 12 | Latitude 15° 35' 16" S | 1/8/2007 | 10/9/2007 | 6 |
| | | | | Longitude 39° 16' 57" W | | 28/1/2008 | 10 |
| | | | | | | 4/7/2008 | 16 |
| | | | | | | 10/10/2008 | 19 |
| Sul | 5 meses | Jambeiro V | 33 | Latitude 16° 43' 46" S | 2/8/2007 | 11/9/2007 | 6 |
| | | | | Longitude 39° 21' 27" W | | 29/1/2008 | 10 |
| | | | | | | 5/7/2008 | 16 |
| | | | | | | 11/10/2008 | 19 |
| Sul | 5 meses | Jambeiro VI | 67 | Latitude 16° 48' 37" S | 2/8/2007 | 11/9/2007 | 6 |
| | | | | Longitude 39° 15' 51" W | | 29/1/2008 | 10 |
| | | | | | | 4/7/2008 | 16 |
| | | | | | | 11/10/2008 | 19 |

A equação utilizada para determinação do volume individual das plantas foi elaborada de acordo com os dados obtidos no experimento, através do sistema de mensuração florestal da Veracel Celulose S.A., e consiste:

$$\ln(\text{Volume}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \ln(\text{HT})$$

Onde:

β_x - Parâmetros ajustados para o modelo;

Volume – Volume total com casca (m³);

DAP – Diâmetro tomado a 1,30 m do solo (cm);

HT – Altura total (m).

Parâmetros ajustados: $\beta_0 = -10,0954$; $\beta_1 = 1,7907$; $\beta_2 = 1,1306$.

Para a obtenção dos volumes individuais estimados, a equação acima descrita sofreu pequenos ajustes matemáticos, para correspondência do \ln , a saber:

$$V_i = \text{EXP} (-10.0954 + 1.7907 * \text{LN} (\text{DAP}) + 1.1306 * \text{LN} (\text{ALTEst.}))$$

Para avaliação dos danos potenciais, os dados foram contabilizados para comparação quanto ao volume médio das plantas, em metros cúbicos, de acordo com cada nível de severidade.

O método utilizado foi o de plantas individuais (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). Os indivíduos doentes e sadios, substituem as parcelas do método de parcelas experimentais. As plantas foram devidamente escolhidas, marcadas e avaliadas, de acordo com a severidade. Os dados em cada severidade foram adequados ao modelo de ponto crítico (JESUS JUNIOR et al., 2004b).

No presente estudo, para a obtenção de diferentes níveis de severidade utilizou-se a infecção natural (CHIARAPPA, 1971; JAMES & TENG, 1979; WALKER, 1983).

Tendo em vista que foi realizada uma única avaliação para delimitação das plantas em diferentes níveis de severidade, os dados de AACPD foram supostos de acordo com os resultados das parcelas de avaliação temporal. Portanto, o estudo de AACPD foi realizado apenas no estudo temporal. A Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) é estimada por integração trapezoidal (BERGER, 1988), e contempla:

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} [(Y_i + Y_{i+1}) / 2] (T_{i+1} - T_i)$$

Onde:

Y: é a severidade da doença;

($T_{i+1} - T_i$): é o intervalo entre duas avaliações consecutivas.

A estimativa de danos foi calculada, para cada região de plantio, através da diferença de produção entre plantas de diferentes níveis de severidade.

3.4 Estudo da eficiência e viabilidade econômica de fungicidas em diferentes doses no controle químico da ferrugem

Para a realização do ensaio de controle químico a área escolhida foi o litoral Norte do Estado da Bahia, nas áreas de plantio comercial da Bahia Pulp S.A./Copener Florestal Ltda.

Utilizou-se o manejo de brotação para a realização deste ensaio, tendo em vista a maior quantidade de ramos novos e rebentos foliares, considerados de maior suscetibilidade à infecção por *Puccinia psidii*. O material clonal utilizado foi um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (urograndis).

As plantas foram avaliadas previamente quanto à severidade. Este experimento foi composto por 12 tratamentos, separados em três diferentes doses dos produtos comerciais, considerando uma testemunha para cada dose (3 testemunhas). Os tratamentos foram distribuídos no esquema fatorial 3 x 3 (3 produtos, 3 doses), ao acaso, com 4 repetições. Cada repetição foi composta por 10 plantas, totalizando, portanto, 40 plantas por tratamento. A distância entre blocos foi de cinco plantas na linha de plantio e, de três ruas de plantio entre blocos (Figura 3). A distância entre tratamentos de diferentes doses foi de 3 plantas (Figura 3). Ressalta-se que em um mesmo bloco utilizou-se o mesmo produto comercial, com variação na dose, para que possíveis efeitos de deriva entre diferentes produtos não fossem representativos. A casualização entre tratamentos foi realizada no sentido das repetições. Ainda quanto à possibilidade de efeitos secundários, separou-se 3 ruas de plantio, com aplicação nas 3, porém, com avaliação de severidade apenas na rua do meio (Figura 3). O ensaio foi avaliado pela percentagem de área foliar lesionada.

A Tabela 7 apresenta os dados gerais referentes às parcelas do presente ensaio químico.

Tabela 7. Especificações da área utilizada no ensaio químico de ferrugem.

| Região | Idade | Projeto | Talhão | Coordenadas geográficas | Altitude (m) | Avaliação prévia | Data de aplicação | Datas avaliações |
|----------------|---------|------------|--------|-------------------------|--------------|------------------|-------------------|------------------|
| Inhambupe - BA | 2 meses | Laranjeira | 5 | Latitude 11° 51' 13" S | 233,00 | 20/11/2008 | 21/11/2008 | 27/11/2008 |
| | | | | Longitude 38° 23' 42" W | | | | 4/12/2008 |

Para o ensaio de viabilidade do controle químico, as parcelas experimentais encontravam-se sob condições de infecção natural de *Puccinia psidii* nas plantas, em talhão utilizado para condução de brotação. Operacionalmente, a escolha do talhão contemplou uma área relativamente grande para instalação do ensaio. A distribuição da severidade nas plantas foi, previamente avaliada para verificar a uniformidade, garantindo, assim, a segurança na viabilidade dos produtos testados. Utilizou-se uma parcela testemunha para cada dose de cada um dos produtos testados, ou seja, uma testemunha para 0,5 g ou mL/L, uma para 1,0 g ou mL/L e uma para 1,5 g ou mL/L. Com isto, há a garantia dos valores observados para cada produto em cada dose, impedindo omissão de resultados, como freqüentemente observado em grandes testes com testemunhas absolutas.

Realizou-se a aplicação das soluções fungicidas nas 3 ruas demarcadas, porém, a avaliação de severidade deu-se apenas na rua do meio (Figura 3). Os produtos utilizados foram: 1-) Testemunha; 2-) Fungicida azoxistrobina (Amistar) – grupo químico estrobilurina; 3-) Fungicida tebuconazol (Folicur) – grupo químico triazol; 4-) Fungicida tebuconazol + trifloxistrobina (Nativo) – grupo químico triazol e grupo químico estrobilurina respectivamente. A Tabela 8 apresenta os tratamentos utilizados.

Tabela 8. Tratamentos utilizados no ensaio químico de ferrugem no campo.

| Tratamentos | |
|-------------|------------------|
| 1 | Testemunha 0,5 |
| 2 | Amistar 0,5 g/L |
| 3 | Folicur 0,5 mL/L |
| 4 | Nativo 0,5 mL/L |
| | |
| 5 | Testemunha 1,0 |
| 6 | Amistar 1,0 g/L |
| 7 | Folicur 1,0 mL/L |
| 8 | Nativo 1,0 mL/L |
| | |
| 9 | Testemunha 1,5 |
| 10 | Amistar 1,5 g/L |
| 11 | Folicur 1,5 mL/L |
| 12 | Nativo 1,5 mL/L |

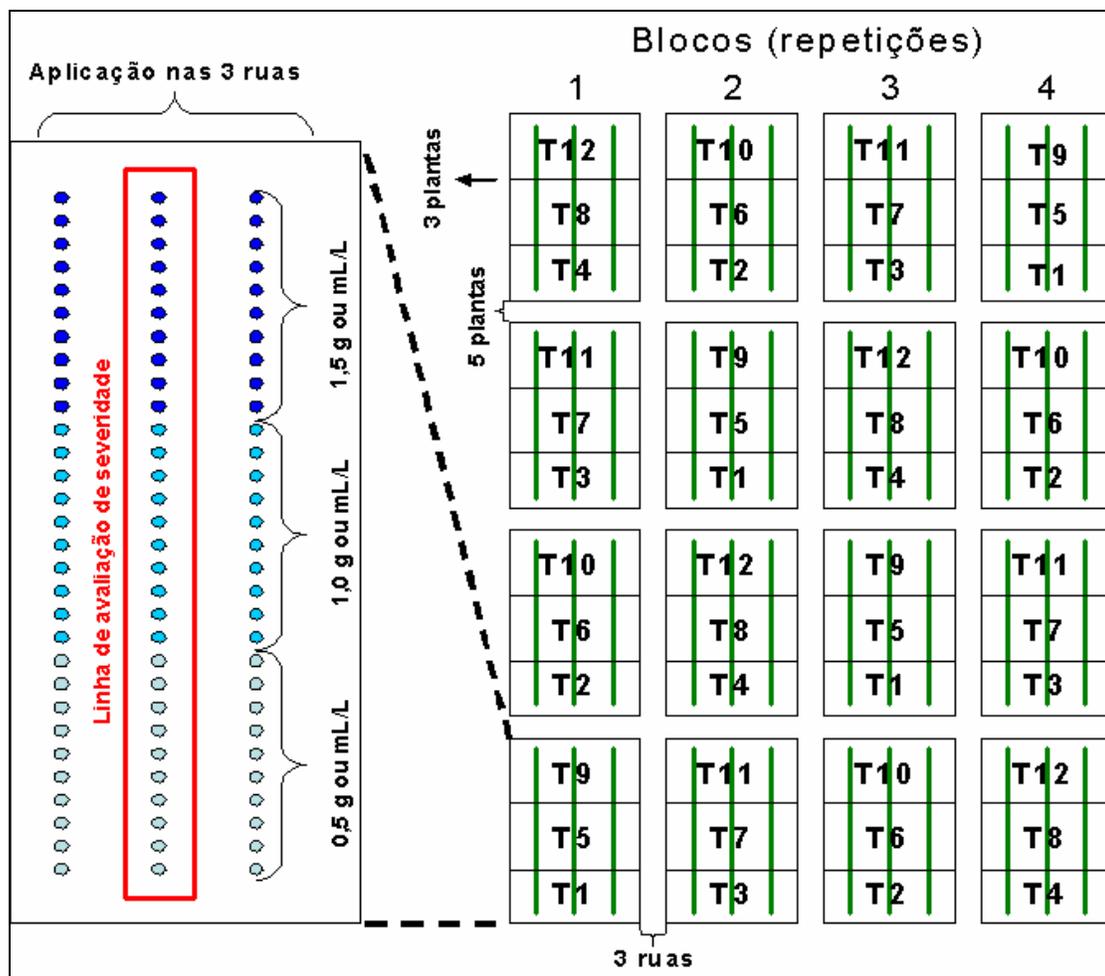


Figura 3. Croqui de alocação das parcelas do ensaio químico.

As especificações de cada produto encontram-se na Tabela 9. A classificação toxicológica de cada produto encontra-se em vigor com o M.A.P.A. (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

Tabela 9. Especificações de cada produto comercial utilizado no ensaio químico.

| Especificações | Produto comercial | | |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| | Amistar | Folicur | Nativo |
| Fabricante | Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. | Bayer CropScience Ltda. | Bayer CropScience Ltda. |
| Classe | Fungicida | Fungicida | Fungicida |
| Ingrediente ativo | Azoxistrobina | Tebuconazol | Trifloxistrobina ¹ + Tebuconazol ² |
| Concentração de i.a. | 500 g/Kg | 200 g/L | ¹ : 100 g/L; ² : 200 g/L |
| Grupo químico | Estrobilurina | Triazol | Estrobilurina ¹ + Triazol ² |
| Modalidade de emprego | Foliar | Foliar | Foliar |
| Formulação | WG - granulado dispersível | EC - concentrado emulsionável | SC - suspensão concentrada |
| Classificação toxicológica | IV - pouco tóxico | III - medianamente tóxico | III - medianamente tóxico |
| Doses (p.c) | 0,5; 1,0 e 1,5g/L | 0,5; 1,0 e 1,5mL/L | 0,5; 1,0 e 1,5mL/L |

As plantas foram avaliadas previamente quanto à severidade de acordo com percentual de área foliar lesionada, na data de 20/11/2008. Posteriormente, realizou-se a aplicação das soluções fungicidas nas plantas utilizando-se pulverizador costal, na data de 21/11/2008, de acordo com cada tratamento proposto. A vazão foi devidamente ajustada para cada planta receber 50 mL da solução fungicida.

Foram realizadas duas avaliações semanais de severidade, posteriormente à aplicação das soluções fungicidas, nas datas de 27/11/2008 e 04/12/2008, abrangendo 15 dias pós-aplicação.

Os resultados obtidos foram expressos em percentual de área foliar lesionada para subsequente análise da eficiência e viabilidade do controle químico.

Para a análise estatística, os dados foram transformados em arcsen (raiz $x/100$), tendo em vista estarem representados em percentual de área foliar lesionada. Os dados de severidade foram submetidos à análise de variância fatorial e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), com o auxílio do software SISVAR 5.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de infecção

A partir dos dados climáticos horários provenientes das estações meteorológicas da Veracel Celulose S.A., estimou-se o índice de infecção (II) para cada região de plantio no ano de 2008, sendo que só foi possível para este ano em função da consolidação e veracidade das informações obtidas. Em cada estação, os dados foram coletados a cada 30 minutos, diariamente. Portanto, foram coletados 16.434 dados climáticos para cada estação (7), com informações de temperaturas mínima, média e máxima, precipitação, umidade relativa do ar e velocidade média do vento.

Estas informações foram analisadas para cada região de plantio, onde inserem-se as parcelas de distribuição espaço-temporal.

4.1.1 Região Norte

Representativa a esta região, foram analisados os dados do ano de 2008 da estação EMA04, situada no projeto Jitáí a cerca de 100 metros da Torre 6. Verificou-se que todos os meses apresentaram valores positivos e de extrema importância, atingindo o valor máximo no mês de julho (6,23). Ademais, observou-se que o mês de outubro apresentou

um decréscimo no índice, atingindo um valor da ordem de 1,50. Com isso, em teoria, o patógeno diminui suas condições para se estabelecer no ambiente (Figura 4). Esta diminuição do índice deu-se pelo relevante aumento da média da temperatura máxima no mês (28,25 °C) e brusca redução nos valores de molhamento foliar, passando de 7,33 horas em setembro, para 4,31 horas em outubro (Figura 5). Isso possivelmente afetaria os processos envolvidos na infecção do patógeno.

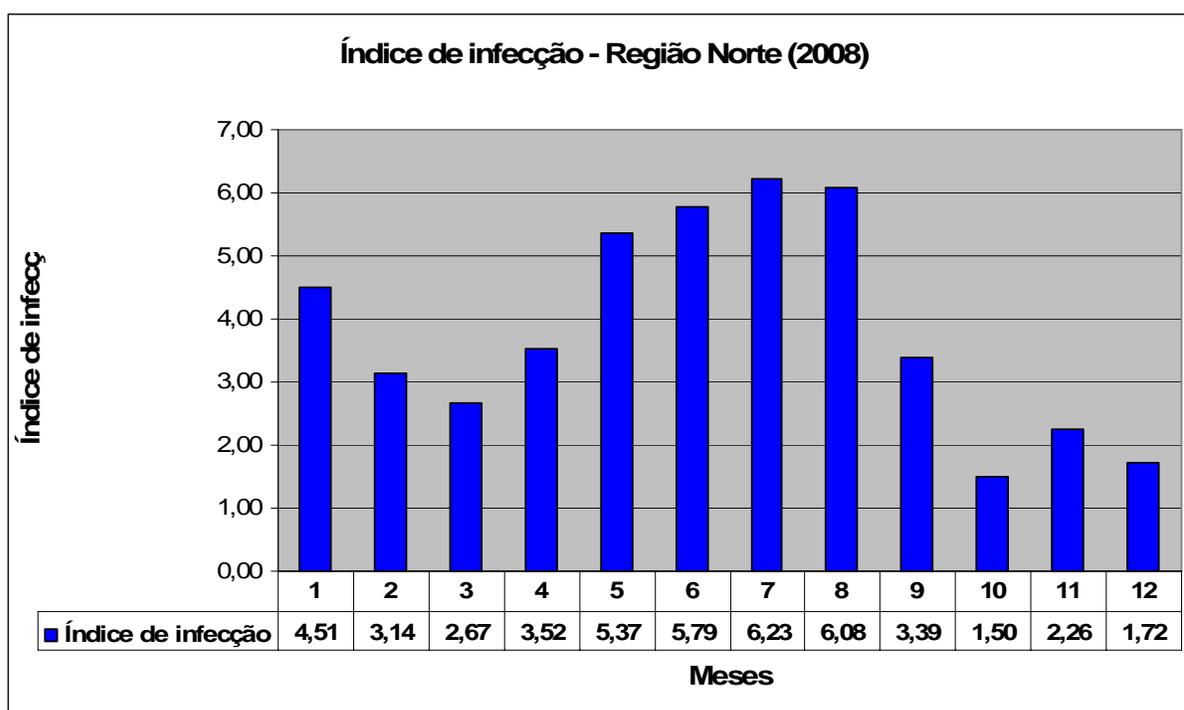


Figura 4. Índice de infecção mensal referente à região Norte, ano 2008.

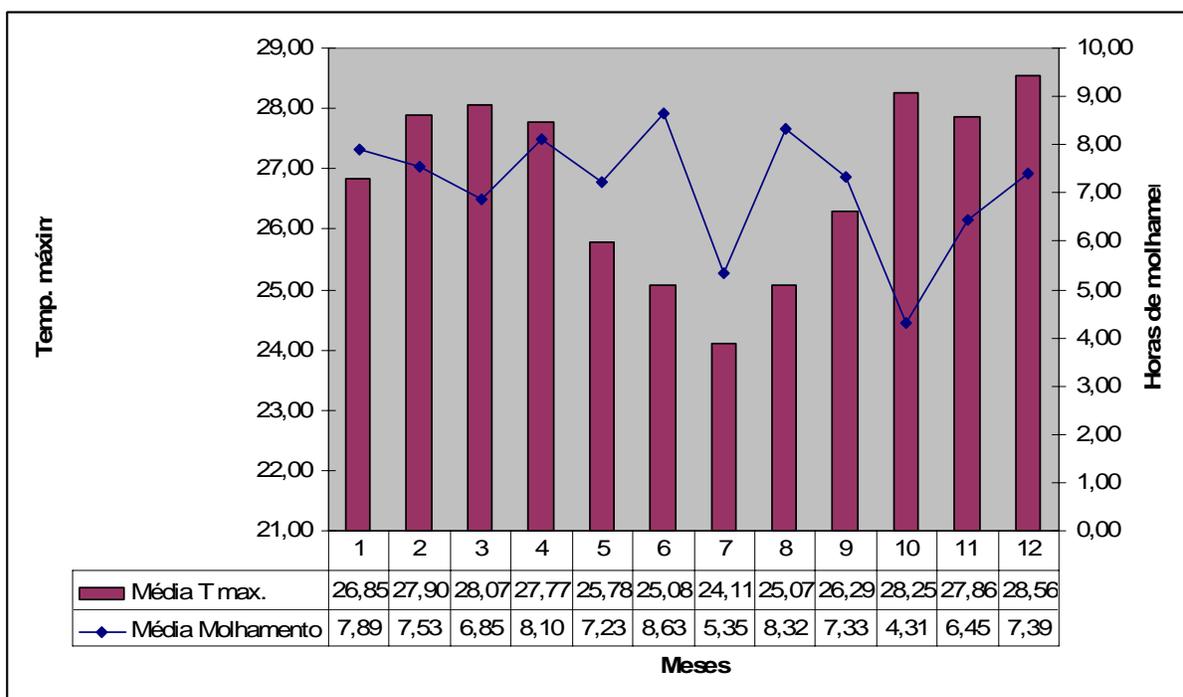


Figura 5. Flutuação mensal das médias de temperatura máxima e horas de molhamento foliar para a região Norte, ano 2008.

Masson (2006), analisando o clima da referente região para o período de julho de 2003 a outubro de 2006, verificou que para os meses de abril a novembro, os valores de índice de infecção foram positivos e enquadraram-se em um perfil de favorabilidade ao patógeno, assumindo respectivos valores médios do período de 3,75, 4,87, 7,05, 6,75, 6,17, 5,15, 3,74 e 3,24. Entretanto, para o ano de 2008, verificou-se que o período mais favorável ao patógeno foi de abril a setembro, assumindo respectivos valores de 3,52, 5,37, 5,79, 6,23, 6,08 e 3,39, com pico máximo em julho (6,23). No estudo realizado por Masson (2006), o pico ocorreu em junho com valor médio de 7,05. Ainda na Figura 5, verifica-se que no mês de outubro o número médio de horas de molhamento foliar foi 4,31, sendo a menor média do ano e, o valor médio da temperatura máxima foi o segundo maior anual (28,25 °C). Isso acarretou em um baixo valor de índice de infecção (1,50), provavelmente por dificultar os processos infectivos do patógeno.

4.1.2 Região Sul

Pertencente à região Sul de plantio comercial, a estação EMA07, inserida no projeto Jambreiro VI, apresentou inconsistência nos dados de umidade relativa, essenciais na determinação do molhamento foliar. Com isto a análise foi realizada com os dados climáticos da EMA05, inserida no projeto Jambreiro III. Esta demonstrou representar uma região propícia ao desenvolvimento da doença, pois, fundamentada no índice de infecção, verificou-se que atingiu um valor pico de 7,62 (agosto).

Verificou-se que o índice de infecção foi positivo para os meses de abril a novembro, com pico em agosto. Contudo, no mês de março a favorabilidade à infecção foi representativamente negativa, resultando em um índice de -5,98 e, depois em dezembro novamente, com um índice de -1,59 (Figura 6).

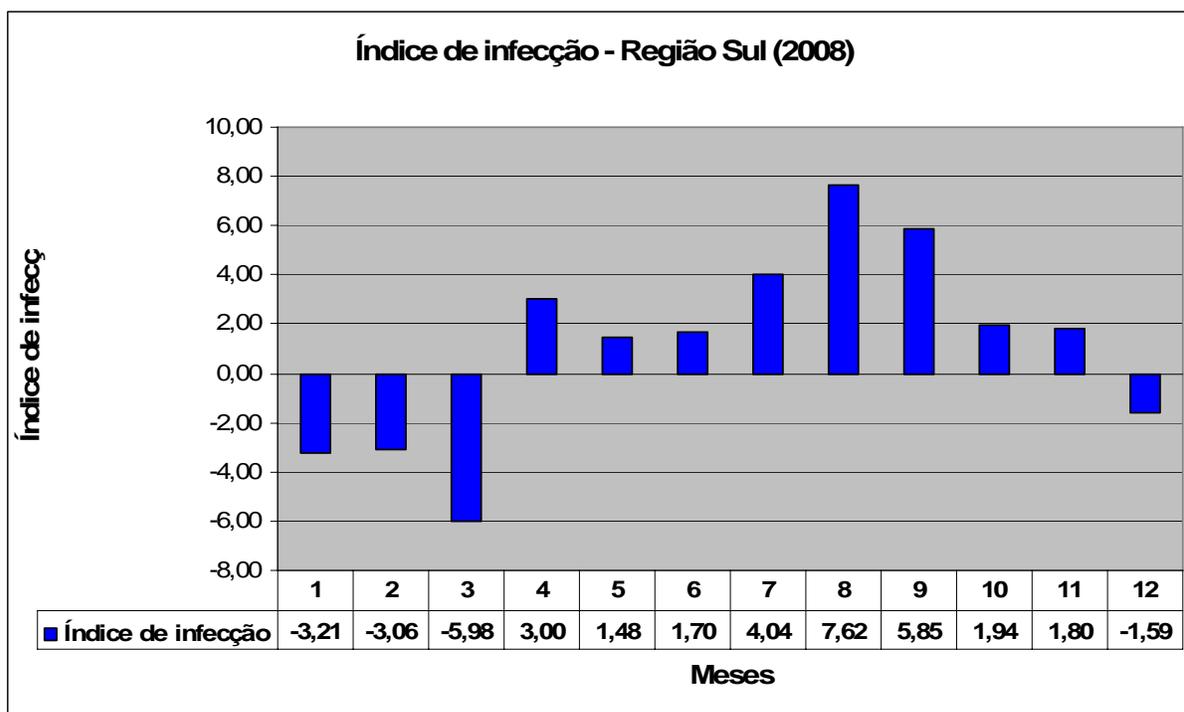


Figura 6. Índice de infecção mensal referente à região Sul, ano 2008.

Estes valores negativos de índice de infecção são resultantes da combinação de altos valores médios de temperatura máxima (Figura 7), porém com elevado

número de horas de molhamento foliar. Um fator ponderante na esporulação do patógeno *P. psidii* em condição de campo consiste em altas temperaturas. Verifica-se que para o mês de março a média da temperatura máxima foi a maior do ano, com 32,25 °C, limitante na esporulação, porém, atingiu alto número de horas de molhamento foliar (14,63) (Figura 7).

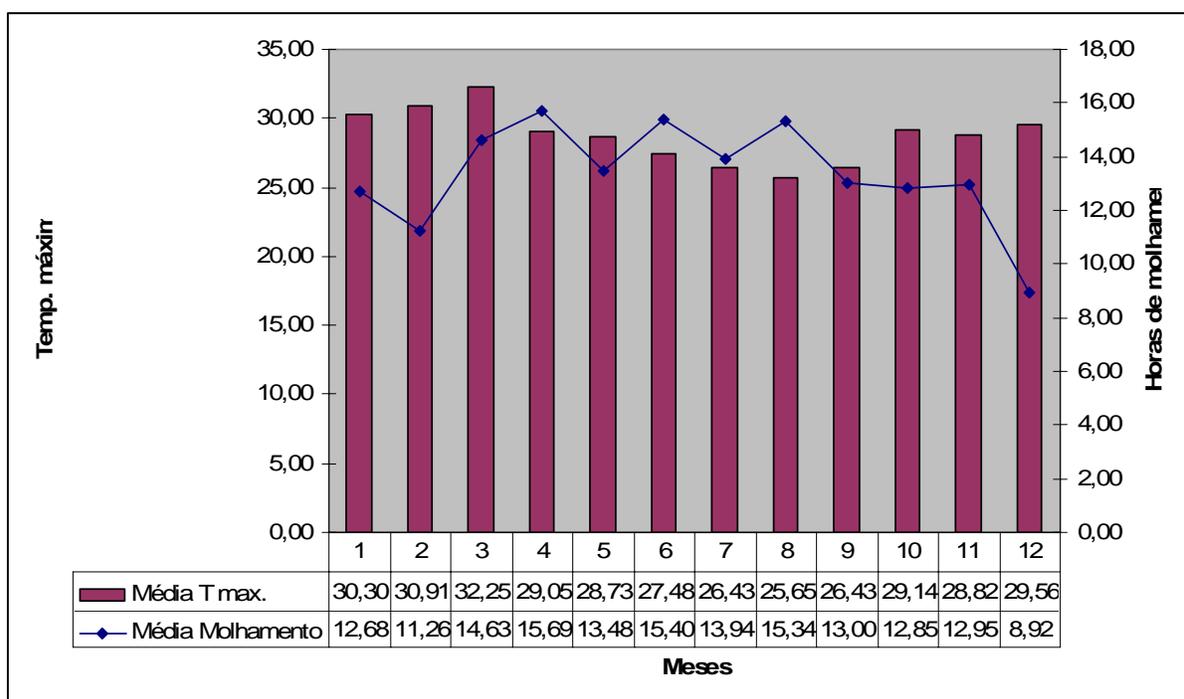


Figura 7. Flutuação mensal das médias de temperatura máxima e horas de molhamento foliar para a região Sul, ano 2008.

Masson (2006) analisou a mesma região para o período de julho de 2003 a agosto de 2006, e constatou que se considerados os períodos extremos (2003 e 2006), houve uma progressão do índice de 6,99 para 7,51, para o mês de julho e, de 5,66 para 7,93 no mês de agosto, considerando ainda as oscilações existentes dentro do período. Não obstante a este estudo, para o ano de 2008 verifica-se que para o mês de julho o índice diminuiu quando comparado a 2006, atingindo o valor médio de 4,04 em julho de 2008, e 7,62 em agosto de 2008 (Figura 6).

4.1.3 Região Oeste

Referente à região Oeste, estabeleceu-se estimativas de índice de infecção através da estação meteorológica EMA03, inserida no Projeto Copaíba, a 6,5 Km de distância da Torre 9. Verificou-se que para esta região, todos os valores de índice de infecção foram positivos, obtendo o pico máximo no mês de junho (6,91). Pode-se perceber que houve um ambiente favorável à infecção e contínuo a partir do mês de maio, admitindo um valor de 3,90 (Figura 8). Porém, fevereiro, março e abril apresentaram valores inferiores de índice de infecção, sendo respectivamente de 1,54, 2,67 e 1,37, restabelecendo em maio com 3,90. A partir de maio, a condição pode ser considerada repetitiva e essencial ao estabelecimento do patógeno.

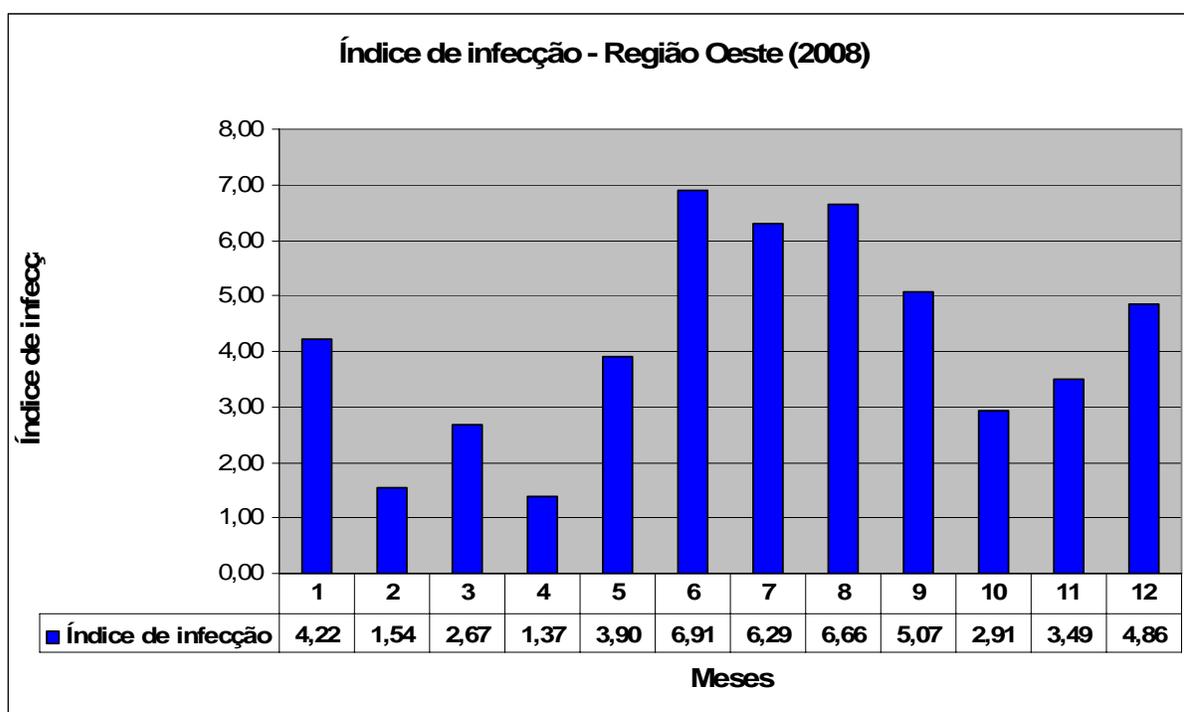


Figura 8. Índice de infecção mensal referente à região Oeste, ano 2008.

O elevado índice de infecção verificado para o mês de junho pode ser atribuído às extremas condicionantes requeridas pelo patógeno à infecção, ou seja, temperaturas máximas amenas e número de horas de molhamento foliar elevado. Com base na

Figura 9, verifica-se que a segunda menor média de temperatura máxima (23,41 °C) e a segunda maior média do número de horas de molhamento foliar (8,03) ocorreu, de fato, para o mês de junho, que no conjunto assumem o maior índice.

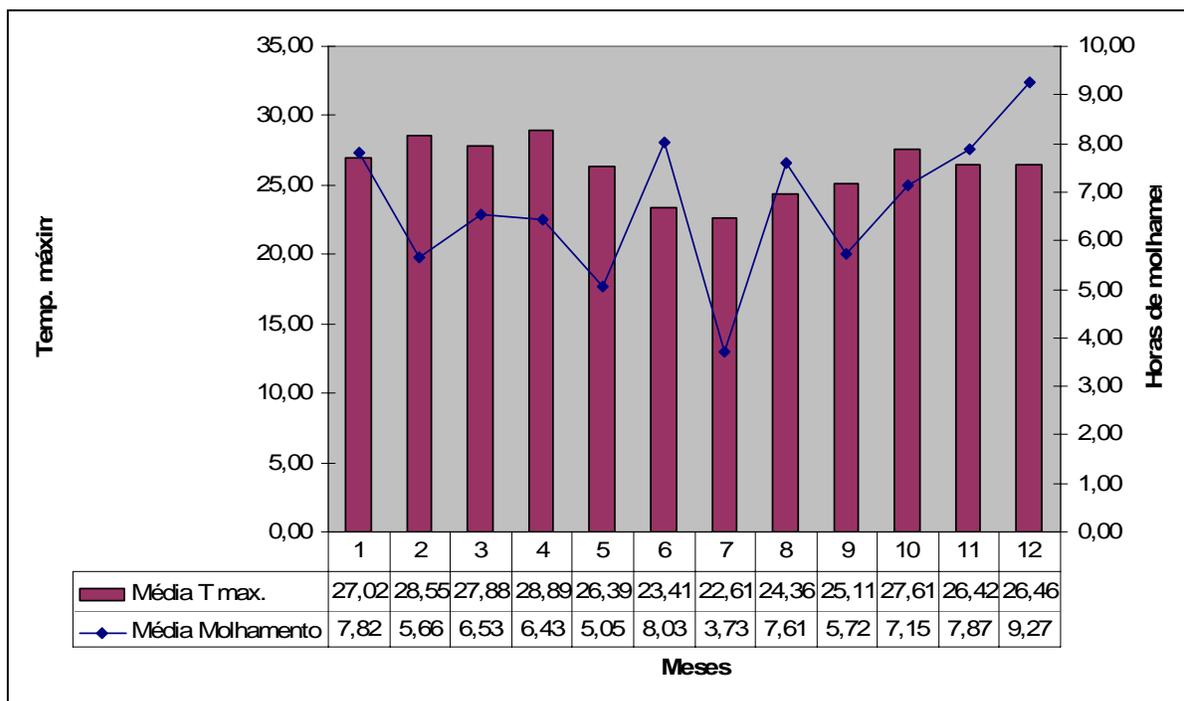


Figura 9. Flutuação mensal das médias de temperatura máxima e horas de molhamento foliar para a região Oeste, ano 2008.

De um modo geral, a condicionante temperatura máxima sofreu oscilações no período de menor proporção quando comparada às oscilações do período de molhamento foliar. Verificou-se que a melhor condição ao estabelecimento do patógeno consistiu, para a temperatura, no período de junho a setembro, com uma variação de 22,61 °C (julho) a 25,11 °C (setembro). Entretanto, o molhamento foliar sofreu oscilações bruscas, com início da condição favorável e estável no mês de junho (8,03), havendo uma severa redução no mês de julho (3,73) (Figura 9), desfavorecendo parcialmente o processo infeccioso e reprodutivo por parte do patógeno, tendo em vista a redução do molhamento na superfície das folhas. De um modo geral, o índice de julho continuou estável e favorável à infecção (Figura 8).

No estudo conduzido por Masson (2006), foi observado que para esta região, no período de julho de 2003 a outubro de 2006, verificou-se que o índice médio (todos os meses) foi de 3,46 e, este é aumentado para 4,35 quando da realização da média dos meses positivos (janeiro, março a novembro). Apesar do mês de janeiro ter admitido um valor positivo (0,44), é considerado ínfimo. O mês de junho assumiu o maior valor de índice de infecção, sendo para a presente região (Oeste) de 7,57. Para o ano de 2008, observou-se o mesmo mês como sendo o de maior índice de infecção, junho, com 6,91, de acordo com a Figura 8.

4.1.4 Região Central A

Para a região Central A, utilizou-se dados provenientes da estação meteorológica EMA02, situada no Projeto Ipê IV, a 12 Km de distância da Torre 3. Os dados demonstraram que para todos os meses, exceto março, os valores de índice de infecção foram positivos. Observou-se que o mês de junho, novamente apresentou-se mais propício do ponto de vista climático à infecção de ferrugem, adquirindo um valor de 5,25 (Figura 10). O mês de abril (coluna em vermelho) apresentou inconsistência nas informações, sendo coletados dados de apenas 7 dias do mês, devendo, portanto, ser desconsiderado da análise.

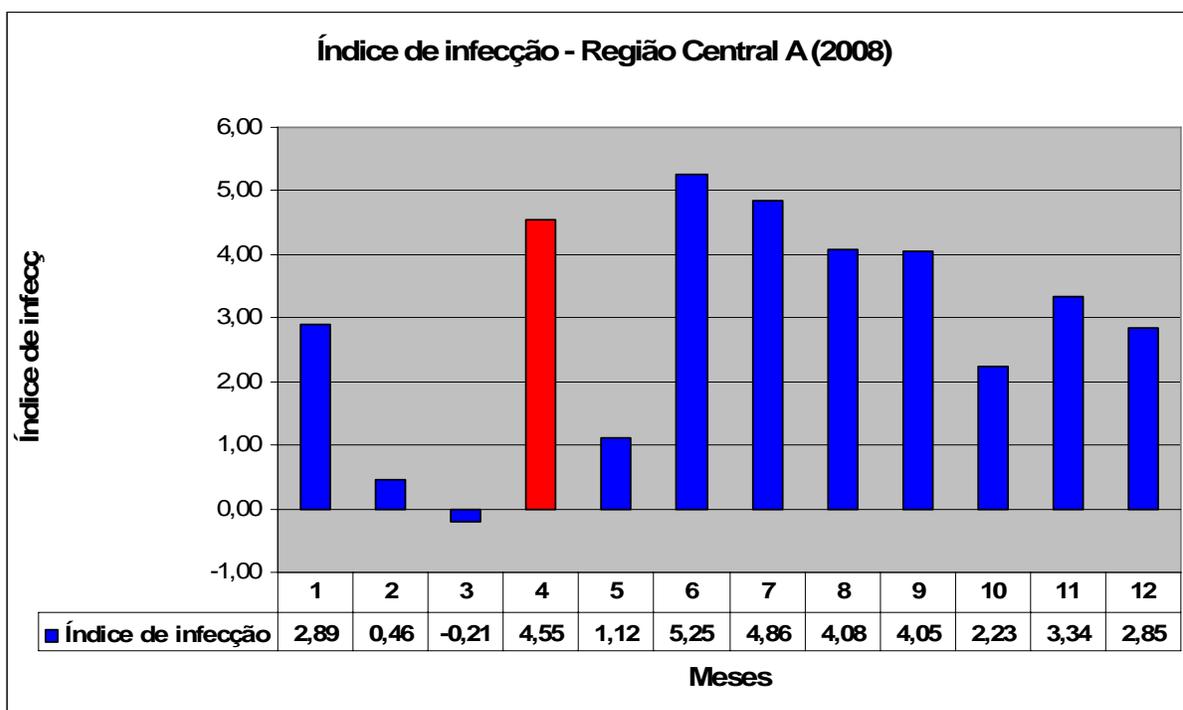


Figura 10. Índice de infecção mensal referente à região Central A, ano 2008.

O mês de maio, apesar de positivo, apresentou um baixo índice, de valor 1,12, sendo não representativo à infecção de ferrugem. A partir de junho, as condições climáticas tornaram-se extremamente favoráveis à infecção, passando por um período repetitivo e favorável até o mês de setembro. Os índices de junho a setembro foram respectivamente 5,25, 4,86, 4,08 e 4,05, sendo que houve um decréscimo no mês de outubro (2,23) e restabelecimento em novembro (3,34) (Figura 10).

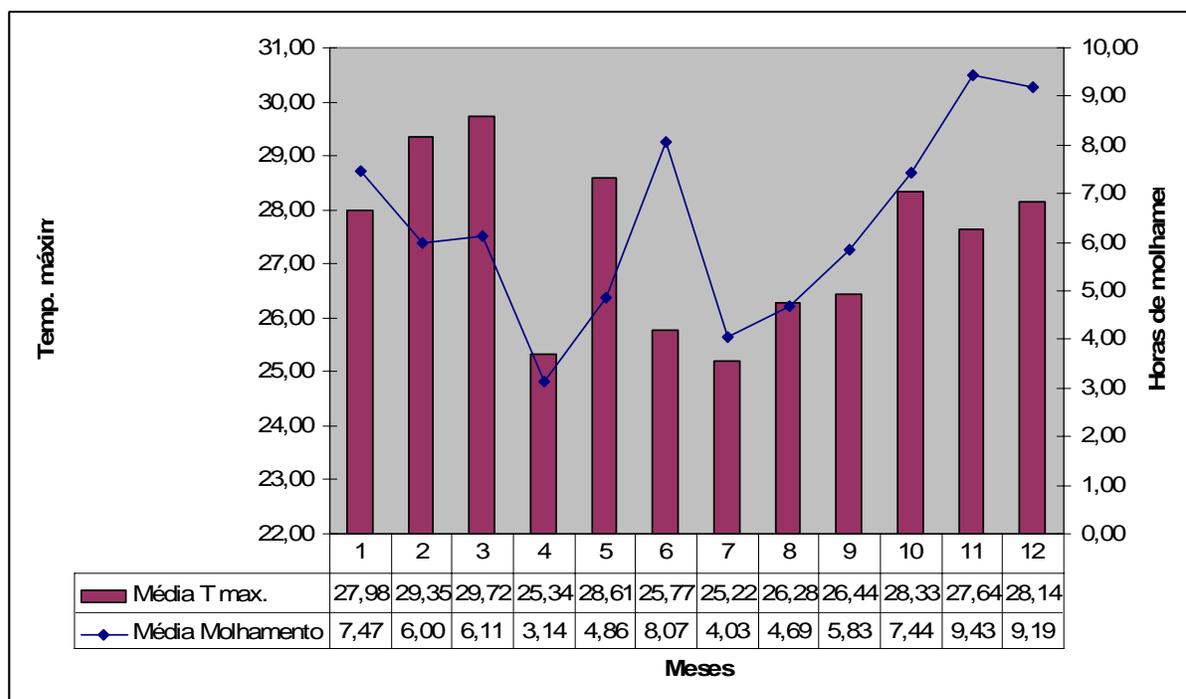


Figura 11. Flutuação mensal das médias de temperatura máxima e horas de molhamento foliar para a região Central A, ano 2008.

O maior valor de índice de infecção observado (junho) está diretamente relacionado à perfeita combinação temperatura X período de molhamento foliar, sendo verificada uma média de temperatura máxima de 25,77 °C, e uma média de horas de molhamento foliar de 8,07 (Figura 11). Dentro do período de maior probabilidade de infecção (junho a setembro), verifica-se uma suave oscilação na média da temperatura máxima, sendo de 25,77 °C para junho e 26,44 °C para setembro. Porém, para o período de molhamento a oscilação foi maior, observando-se uma brusca redução de junho para julho, sendo respectivamente de 8,07 para 4,03 (Figura 11).

Masson (2006) analisando dados climáticos para esta mesma região, no período de 2000 a 2005, verificou que nos anos de 2001 e 2002, foi possível observar que o índice calculado foi extremamente alto, admitindo valores médios anuais de 7,09 e 4,63 respectivamente e, tendo o ano de 2001 com todos os meses calculados positivos. Isto indicou que em períodos passados, a região em questão (Central A) já possuía características climáticas extremamente favoráveis a epidemias e promoção de severos danos econômicos.

Neste mesmo trabalho, analisando o período mais recente (2005), verificou-se que nos meses de junho a dezembro os valores foram positivos, atingindo o pico em agosto com 5,84, ressaltando que em função da limitação dos dados climáticos, não foi possível analisar os meses de abril e maio, meses estes considerados críticos ao ataque do patógeno (abril a setembro), segundo Takahashi (2002). Entretanto, para o ano de 2008, verificou-se que o pico ocorreu em junho, com um índice de 5,25 (Figura 10).

Ainda segundo Masson (2006), com a verificação dos meses que obtiveram valores positivos (Janeiro a Novembro), dentro da média do período (2000 a 2005), o valor do índice de infecção foi de 3,29, enquadrando-se em uma região de alerta de ferrugem, pois o número de meses consecutivos positivos foi de grande amplitude.

4.1.5 Região Central B

Para a região Central B, utilizou-se dados climáticos gerados a partir das estações meteorológicas EMA02 (Central A) e EMA03 (Oeste). Dos índices de infecção gerados bem como dos dados climáticos consolidados, realizou-se uma média aritmética, considerando que o Projeto Liberdade III, inserido na presente região de plantio (Central B), dista cerca de 30 Km de cada uma dessas estações consolidadas. Isto se deu pelo fato da estação Veracel (EMA06) apresentar inconsistência nos dados, inviabilizando o concreto estudo.

A partir da análise dos dados médios entre as duas estações, verificou-se que para todos os meses os valores de índice de infecção foram positivos. O mês de junho foi o que apresentou o pico do ano de 2008, representado um valor de 6,08 (Figura 12).

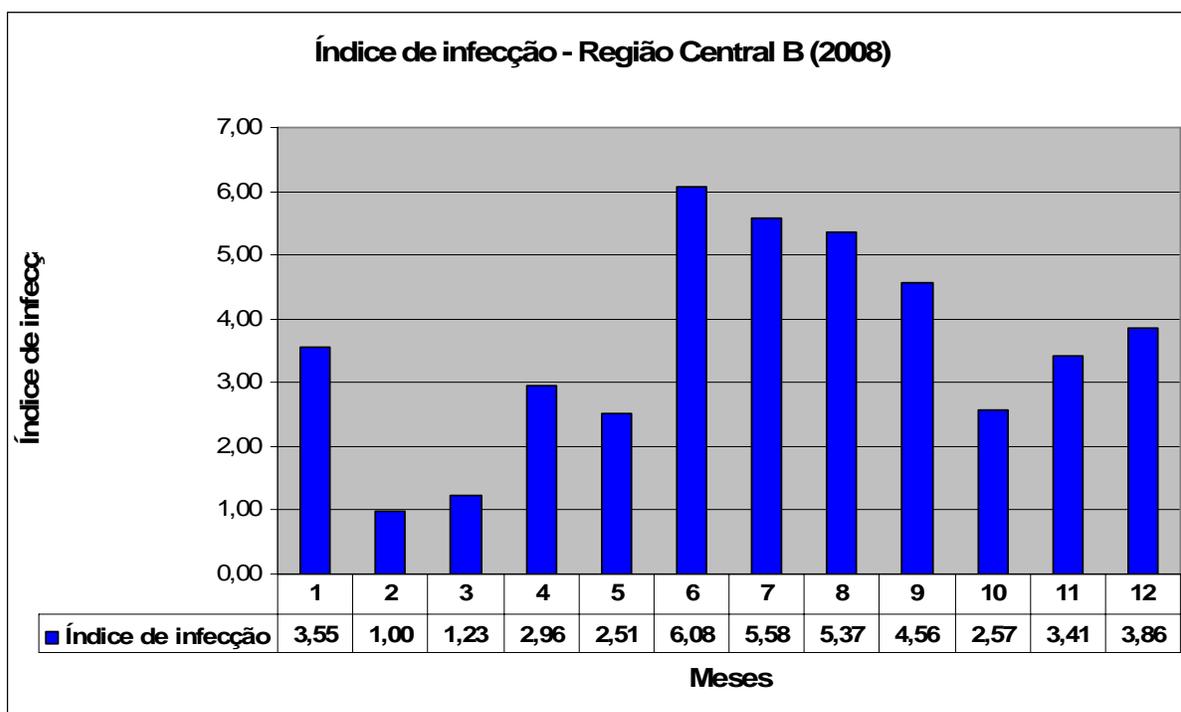


Figura 12. Índice de infecção mensal referente à região Central B, ano 2008.

Semelhantemente às demais regiões, valores altos de índice de infecção são obtidos através da combinação temperatura x molhamento foliar. Para o mês de junho, a média da temperatura máxima consistiu em 24,59 °C e, a média das horas de molhamento foliar foi de 8,05 (Figura 13). A temperatura pode ter um efeito importante em cada componente do patossistema e constitui a variável do ambiente mais comumente correlacionada com a incidência e a severidade das doenças de plantas (VALE & ZAMBOLIM, 1996). Ademais, segundo Ferreira (1981), condições como temperatura baixa e alta umidade são necessárias para infecções, o que ajuda a explicar a ocorrência de surtos esporádicos, de relativa curta duração e de rápida disseminação.

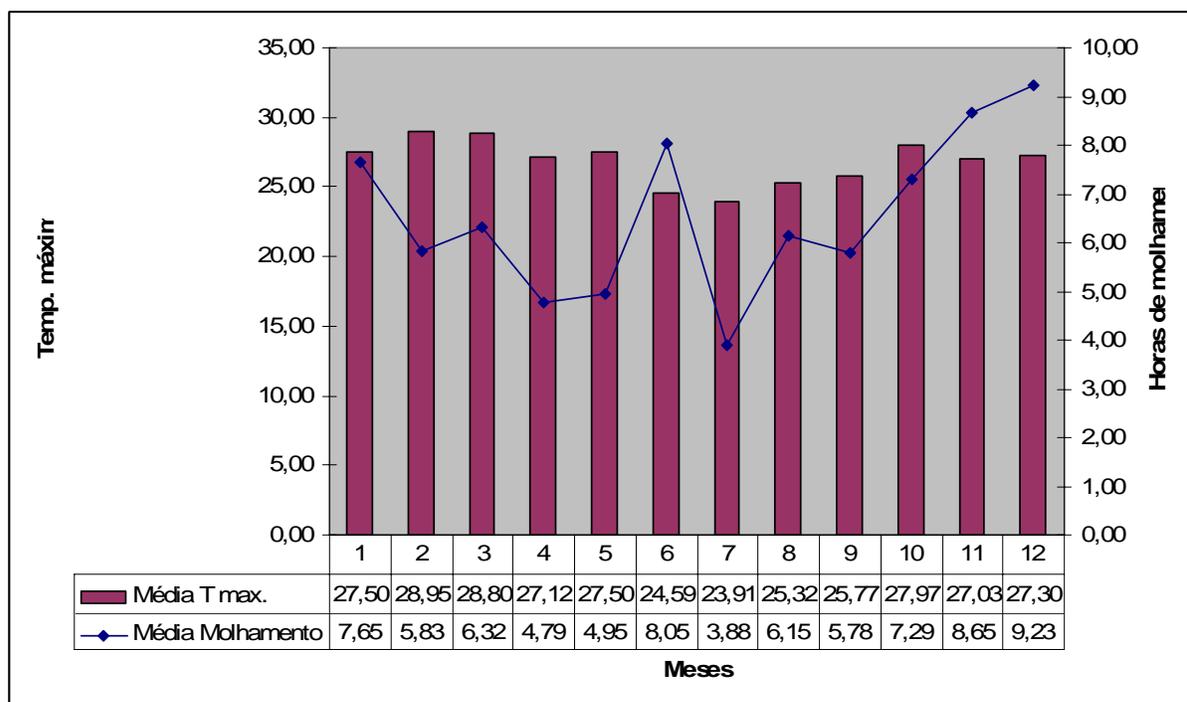


Figura 13. Flutuação mensal das médias de temperatura máxima e horas de molhamento foliar para a região Central B, ano 2008.

Diante da consolidação de todas as informações climáticas, de diferentes regiões, estabeleceu-se uma análise comparativa, na íntegra, visando menção das mais propícias regiões à infecção. Deste modo, observou-se que para o período que antecede a infecção, ou período pré-infeccioso, as regiões Sul e Central A foram as que apresentaram a menor favorabilidade ao patógeno, devido à falta total ou parcial de condições de penetração pelo patógeno no hospedeiro. Ademais, apresentaram em algumas ocasiões valores negativos de índice de infecção. Isso se dá nos períodos mais quentes do ano para a região em questão, ou seja, nos meses de janeiro, fevereiro e março (Figura 14). As demais regiões (Central B, Norte e Oeste) apresentaram valores de índice de infecção positivos para o ano todo, e representativos do ponto de vista climático para o estabelecimento da doença. A título de exemplo, quando da análise da região Norte, é possível verificar que para o mês de janeiro o índice de infecção equivale a 4,51, ou seja, há a condição, hipoteticamente, de formação de 4,51 pústulas urediniais em 2,4 cm² de área foliar, segundo Ruiz et al. (1989b). Esta condição é mantida continuamente ao longo do ano, sendo que para os meses de fevereiro, março e abril

os índices foram respectivamente de 3,14, 2,67 e 3,52 (Figura 14). Há a necessidade de considerar a existência de pequenos períodos desfavoráveis à condição positiva e contínua, tendo em vista que trata-se de médias mensais. O patógeno requer, para êxito em seu processo infeccioso, um período mínimo de oito horas de molhamento foliar noturno, temperaturas noturnas entre 18° e 25°C e umidade relativa superior ou igual a 90%, segundo Ruiz et al. (1989b). Segundo Alfenas et al. (2000), temperaturas menores ou iguais à 10°C e temperaturas maiores ou iguais à 30°C, presença de luz e inexistência de órgãos jovens limitam os processos iniciais de infecção. Temperaturas abaixo de 15°C e acima de 30°C, após incubação, limitam a esporulação.

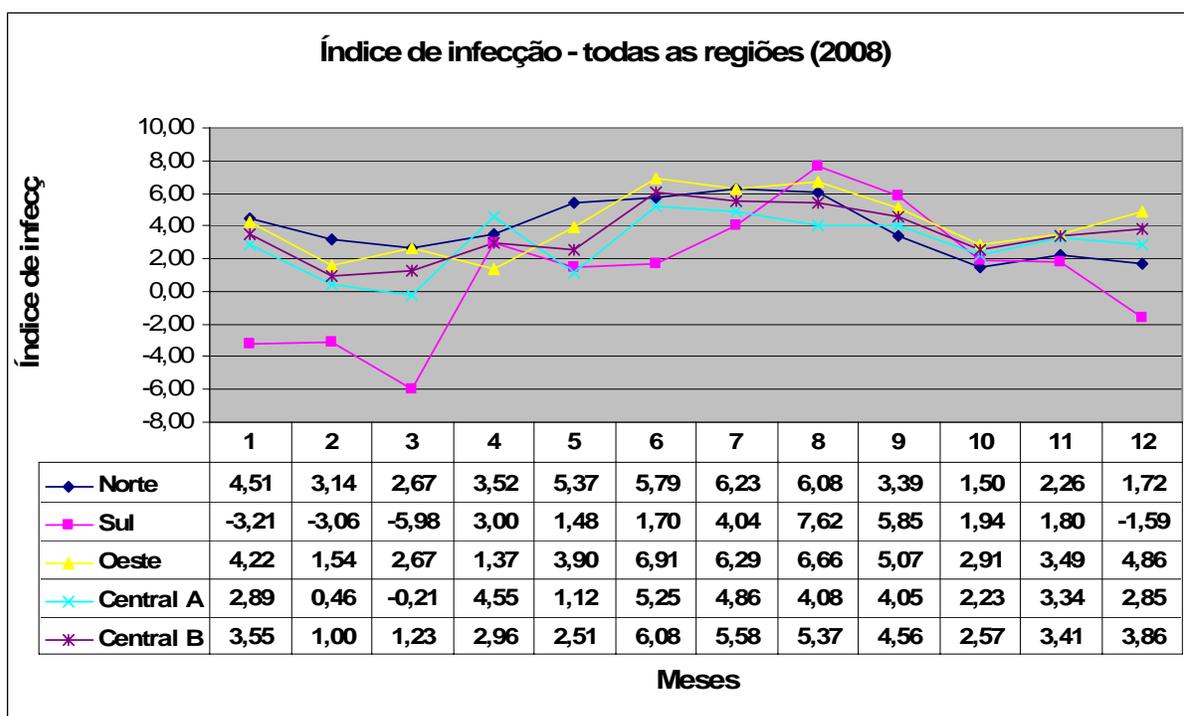


Figura 14. Comparação do Índice de infecção mensal entre regiões de plantio, ano 2008.

Os efeitos das mudanças climáticas em doenças de plantas arbóreas, segundo Lonsdale & Gibbs (1994), podem ser avaliados pela análise das informações já existentes sobre efeitos de flutuações climáticas e ocorrência das doenças. De posse dos resultados analisados, pode-se inferir sobre condições favoráveis à ferrugem na região,

ressaltando que as regiões Central B, Norte e Oeste apresentaram com maior propriedade este panorama.

De maneira geral, todas as regiões apresentaram médias anuais de índice de infecção positivas. Quando da realização da média geral anual do índice de infecção para cada região, observou-se que a região Oeste apresentou o maior valor (4,16), seguida da região Norte (3,85) (Figura 15). As regiões Central A e Central B apresentaram valores inferiores (2,96 e 3,56 respectivamente) e, representando a menor média, enquadrou-se a região Sul, com 1,13 (Figura 15).

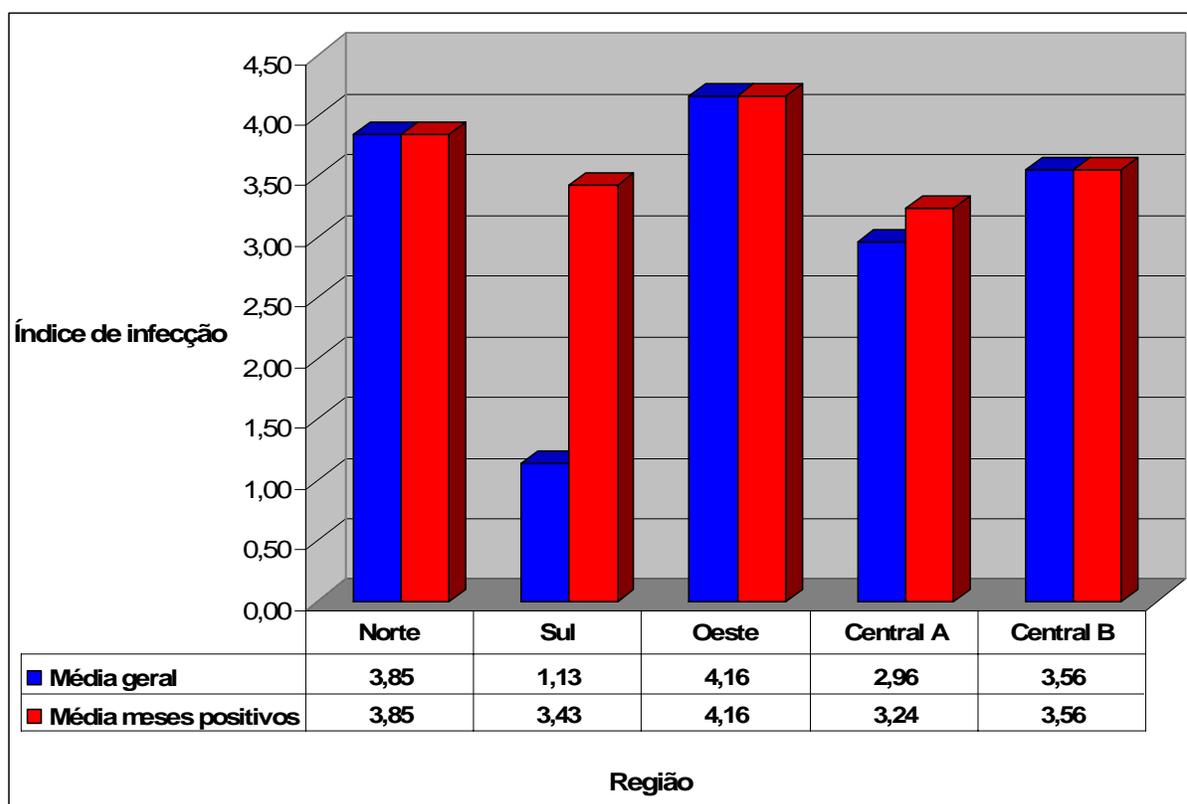


Figura 15. Média anual e média dos meses positivos de Índice de Infecção para cada região de plantio, ano 2008.

No entanto, esses valores médios são superiores quando da realização das médias dos meses com índice de infecção positivo. Observa-se que para as regiões Central B, Norte e Oeste os valores permanecem constantes (3,56, 3,85 e 4,16 respectivamente), de

fato, por apresentar todos os meses com valores positivos. Todavia, para as regiões cujo índice de infecção apresentou-se negativo ocasionalmente, os valores foram diferenciados, obtendo-se 3,43 e 3,24 respectivamente para as regiões Sul e Central A.

Realizando a média dos valores gerais de índice de infecção, Masson (2006) obteve os seguintes resultados dentro de cada período: região Norte obteve índice médio de 3,58 (período de 2005 a 2006); região Sul obteve índice médio de 2,99 (período de 2003 a 2006); região Oeste obteve 3,46 (período de 2003 a 2006); região Central A obteve 2,92 (período de 2000 a 2005) e região Central B obteve 3,66 (período de 2005 a 2006). Ainda segundo este autor, as médias dos meses com índices de infecção positivos dentro dos mesmos períodos anteriormente citados foram: Norte (3,97); Sul (4,62); Oeste (4,35); Central A (3,29) e Central B (4,36). Esses valores calculados pouco diferem do ano de 2008, sendo respectivamente para Norte, Sul, Oeste, Central A e Central B: 3,85, 3,43, 4,16, 3,24 e 3,56.

Masson (2006) relacionou os valores do índice de infecção com a severidade esperada para a doença, representada por cores:

- 0 a 2,00 – Cor verde (baixa probabilidade de ocorrência da doença);
- 2,01 a 4,00 – Cor amarela (possibilidade de surtos da doença com possíveis danos econômicos);
- 4,01 a 7,00 – Cor laranja (condição de estabelecimento e disseminação do patógeno, acarretando em epidemias seguidas de danos econômicos);
- Superior a 7,00 – Cor vermelha (condição extremamente epidêmica com severos danos econômicos).

Considerando os dados meteorológicos de 2008, pode-se dizer que estas regiões de plantio enquadraram-se nas seguintes cores: Norte, Sul, Central A e Central B – amarelo, com possibilidade de surtos da doença e possíveis danos econômicos e, Oeste – laranja, com epidemias seguidas de danos econômicos, de acordo com delimitação regional proposta de Masson (2006).

Santos (2006) em estudos epidemiológicos de ferrugem em plantios irrigados, observou diferentes padrões de índice de infecção para a região de Luiz Antônio –

SP, obtendo, para o ano de 2002, os meses de maio, junho, julho e setembro positivos, porém, inferiores a 4 e não havendo surtos da doença no campo. No ano de 2003, este autor encontrou como meses positivos janeiro, abril, maio, junho, julho e agosto, com pico do índice em maio (5,7), ocorrendo os primeiros surtos de ferrugem no plantio irrigado. No ano de 2004, também foram obtidos seis valores positivos de II (abril, maio, junho, julho, agosto e outubro), com três valores acima de 4 (maio = 6,8; junho = 7,3 e julho = 8,7), com ocorrência de ferrugem de forma epidêmica em diversos plantios na região. Entretanto, este autor observou valores mensais positivos e maiores que 5 para o ano todo, do período de maio de 2003 a dezembro de 2004, quando da análise dos dados obtidos de sensores termohigrógrafos, instalados a 1,5 metro do solo.

Segundo Takahashi (2002), em observações realizadas a campo, para a região de Ribeirão Preto, nos anos de 1993 a 1997, não foi constatada a doença no campo, a não ser em jardim clonal irrigado, provavelmente devido ao microclima gerado no interior da estufa e suscetibilidade do material genético. Em muitos casos, o fato de um campo de eucalipto apresentar ferrugem está associado à ocorrência de períodos climáticos favoráveis, durante o tempo em que a cultura apresentar brotações jovens e sobrepostas.

Em suma o conhecimento de fatores meteorológicos que influenciem a incidência e severidade da doença têm se mostrado uma ferramenta útil para a determinação das épocas do ano mais favoráveis à doença, visando a racionalização de medidas de controle (RUIZ et al., 1989b).

Em condições de infecção natural, altos níveis de intensidade da ferrugem do eucalipto são, geralmente, esporádicos sobre procedências e progênies suscetíveis, podendo ocorrer durante um mês apenas, ou de cinco a mais meses durante o ano (CARVALHO et al., 1994). A condição observada para a maioria das regiões de plantio, via índice de infecção proposto por Ruiz et al. (1989b) condiz, de um modo geral, com cinco meses propícios à infecção.

4.2 Estudo espaço-temporal da epidemia de ferrugem

4.2.1 Comportamento de clones quanto à intensidade de ferrugem em diferentes regiões de plantio

A partir dos dados obtidos das seis avaliações realizadas nas parcelas de análise espaço-temporal, verificou-se que para a média de todas as avaliações, do período de maio a outubro de 2008, a região Norte apresentou-se como a de maior nível de incidência da doença no campo para os materiais clonais analisados, ou seja, maior percentual de plantas doentes no campo.

Realizando-se uma análise clone a clone, verifica-se que o material 1, tido como resistente à ferrugem, apresentou incidência média das seis avaliações de 16,67% na região Central B (Tabela 10). Quando da análise comparativa entre clones, em uma mesma região, verifica-se que a maior média de incidência da doença na região Norte, para o período de maio a outubro de 2008, consistiu no clone 3, com 79,54%, seguido do clone 7, com 63,24%, estatisticamente diferentes. Na região Sul, os mesmos materiais foram os mais suscetíveis, com 26,30% para o clone 7 e 6,02% para o clone 3. Na região Oeste o clone mais suscetível foi o 3, com 28,06% de incidência, seguido do clone 7 com 2,96%. A região Central A demonstrou-se mais propícia à infecção por *P. psidii*, apresentando percentuais de incidência em um maior número de materiais, sendo: 30,83% clone 3, seguido do clone 8, com 10,00% de incidência. Entretanto, o teste de variância apontou uma similaridade estatística entre os materiais sadios (clone 1) e pouco incidentes: clone 2 (0,46%), clone 4 (1,85%), clone 5 (2,32%), clone 6 (0,46%), clone 7 (5,74%) e clone 8 com 10,00% (Tabela 10). A Região Central B apresentou uma incidência média de 16,67% para o clone 1, tido como resistente à doença, estatisticamente diferente dos materiais menos infestados (clones 2, 4, 5, 6). Ainda nesta região, estatisticamente igual ao clone 1, os clones 7 e 8 apresentaram-se suscetíveis à doença, com 25,28% e 12,31% respectivamente (Tabela 10).

Na análise por clone, o clone 1 apresentou-se estatisticamente diferente (doença mais incidente) apenas na região Central B. O clone 2 apresentou-se de maior incidência média na região Norte, com 4,07%. O clone 3, altamente suscetível à doença, apresentou altos níveis de incidência, tendo a região Sul como a de menor incidência média (6,02%). O clone 4 apresentou 8,70% na região Norte. Os clones 5 e 6 apresentaram baixos valores de incidência média nas regiões de plantio restringindo-se ao limite superior de 2,32%

para o clone 5 na região Central A, consistindo em bons materiais do ponto de vista fitossanitário, no que se refere à infecção por *P. psidii*. O clone 7, semelhantemente ao clone 3, apresentou-se de fácil infecção pelo patógeno, adquirindo altos valores de incidência média nas regiões, com limite superior de 63,24% na região Norte e inferior de 2,96% na região Oeste. O clone 8 apresentou valores moderados de incidência nas regiões, com limites superiores na região central, sendo de 10,00% na Central A e 12,31% na região Central B (Tabela 10).

Tabela 10. Incidência média de ferrugem para oito clones em cinco diferentes regiões de plantio – seis avaliações mensais de maio a outubro de 2008.

| Clone | Incidência Região (%) | | | | |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Norte | Sul | Oeste | Central A | Central B |
| 1 | 0,00 a A | 0,00 a A | 0,00 a A | 0,00 a A | 16,67 b B |
| 2 | 4,07 b B | 0,37 a A | 0,00 a A | 0,46 a A | 0,65 a A |
| 3 | 79,54 d D | 6,02 b A | 28,06 c B | 30,83 b B | 44,91 c C |
| 4 | 8,70 b B | 0,28 a A | 0,37 a A | 1,85 a A | 2,13 a A |
| 5 | 1,57 a A | 0,83 a A | 0,19 a A | 2,32 a A | 1,39 a A |
| 6 | 1,67 a A | 0,93 a A | 0,09 a A | 0,46 a A | 1,76 a A |
| 7 | 63,24 c C | 26,30 c B | 2,96 b A | 5,74 a A | 25,28 b B |
| 8 | 5,18 b A | 1,30 a A | 0,00 a A | 10,00 a A | 12,31 b A |
| Média região | 20,50 | 4,50 | 3,96 | 6,46 | 13,14 |
| CV % | 23,73 | 60,29 | 51,62 | 67,58 | 33,43 |

Letras minúsculas comparam os clones em cada região (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo clone nas regiões de plantio (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

As Tabelas 11 a 16 apresentam os resultados de severidade obtidos para cada clone em cada uma das cinco regiões de plantio, respectivamente para as seis avaliações mensais (maio a outubro de 2008).

Tabela 11. Severidade média de ferrugem para oito clones em cinco diferentes regiões de plantio – primeira avaliação mensal (maio de 2008).

| Avaliação de severidade 1 (maio/2008) | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|
| Severidade de ferrugem - Região de plantio | | | | | |
| Clone | Central A | Central B | Norte | Oeste | Sul |
| 1 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 2 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,07 aA | 0,00 aA | 0,03 aA |
| 3 | 1,14 bB | 0,51 bB | 2,26 cC | 1,84 bC | 0,10 aA |
| 4 | 0,08 aA | 0,04 aA | 0,32 bB | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 5 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,04 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 6 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,01 aA | 0,01 aA |
| 7 | 0,17 aA | 0,07 aA | 2,82 cC | 0,17 aA | 0,89 bB |
| 8 | 0,11 aA | 0,03 aA | 0,14 bA | 0,00 aA | 0,03 aA |
| Média região | 0,38 | 0,08 | 0,94 | 0,67 | 0,14 |
| CV % | 75,52 | | | | |

Letras minúsculas comparam os clones em cada região (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo clone nas regiões de plantio (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

Tabela 12. Severidade média de ferrugem para oito clones em cinco diferentes regiões de plantio – segunda avaliação mensal (junho de 2008).

| Avaliação de severidade 2 (junho/2008) | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|
| Severidade de ferrugem - Região de plantio | | | | | |
| Clone | Central A | Central B | Norte | Oeste | Sul |
| 1 | 0,00 aA | 0,14 aB | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 2 | 0,00 aA | 0,07 aA | 0,77 bB | 0,00 aA | 0,08 aA |
| 3 | 4,63 cB | 3,08 cB | 15,26 dC | 2,64 bB | 0,39 aA |
| 4 | 0,07 aA | 0,19 aA | 0,69 bA | 0,00 aA | 0,14 aA |
| 5 | 0,00 aA | 0,03 aA | 0,06 aA | 0,00 aA | 0,07 aA |
| 6 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,14 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 7 | 0,47 bB | 0,71 bB | 7,61 cD | 0,04 aA | 2,08 bC |
| 8 | 0,99 bB | 1,06 bB | 0,88 bB | 0,00 aA | 0,11 aA |
| Média região | 0,77 | 0,66 | 3,18 | 0,34 | 0,36 |
| CV % | 54,97 | | | | |

Letras minúsculas comparam os clones em cada região (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo clone nas regiões de plantio (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

Tabela 13. Severidade média de ferrugem para oito clones em cinco diferentes regiões de plantio – terceira avaliação mensal (julho de 2008).

| Avaliação de severidade 3 (julho/2008) | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|
| Severidade de ferrugem - Região de plantio | | | | | |
| Clone | Central A | Central B | Norte | Oeste | Sul |
| 1 | 0,00 aA | 1,96 cB | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 2 | 0,07 aA | 0,08 aA | 1,11 bB | 0,00 aA | 0,03 aA |
| 3 | 6,68 cC | 6,48 dC | 18,78 dD | 3,24 bB | 0,44 aA |
| 4 | 0,26 bA | 0,17 aA | 1,17 bB | 0,03 aA | 0,00 aA |
| 5 | 0,43 bB | 0,15 aB | 0,28 bB | 0,01 aA | 0,07 aA |
| 6 | 0,01 aA | 0,10 aA | 0,26 aA | 0,00 aA | 0,06a A |
| 7 | 0,71 bA | 2,63 cB | 6,06 cC | 0,17 aA | 1,83 bB |
| 8 | 1,41 bB | 1,31 bA | 0,50 bB | 0,00 aA | 0,08 aA |
| Média região | 1,20 | 1,61 | 3,52 | 0,43 | 0,31 |
| CV % | 47,37 | | | | |

Letras minúsculas comparam os clones em cada região (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo clone nas regiões de plantio (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

Tabela 14. Severidade média de ferrugem para oito clones em cinco diferentes regiões de plantio – quarta avaliação mensal (agosto de 2008).

| Avaliação de severidade 4 (agosto/2008) | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|
| Severidade de ferrugem - Região de plantio | | | | | |
| Clone | Central A | Central B | Norte | Oeste | Sul |
| 1 | 0,00 aA | 0,46 bB | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 2 | 0,01 aA | 0,04 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 3 | 5,10 bB | 4,67 dB | 22,89 cC | 6,68 bB | 0,49 bA |
| 4 | 0,07 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,06 aA | 0,00 aA |
| 5 | 0,01 aA | 0,03 aA | 0,00 aA | 0,06 aA | 0,06 aA |
| 6 | 0,11 aA | 0,15 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,06a A |
| 7 | 0,07 aA | 1,18 cB | 1,90 bB | 0,31 aA | 1,01 cB |
| 8 | 0,49 aB | 0,17 aB | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| Média região | 0,73 | 0,84 | 3,10 | 0,89 | 0,20 |
| CV % | 68,57 | | | | |

Letras minúsculas comparam os clones em cada região (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo clone nas regiões de plantio (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

Tabela 15. Severidade média de ferrugem para oito clones em cinco diferentes regiões de plantio – quinta avaliação mensal (setembro de 2008).

| Avaliação de severidade 5 (setembro/2008) | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|
| Severidade de ferrugem - Região de plantio | | | | | |
| Clone | Central A | Central B | Norte | Oeste | Sul |
| 1 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 2 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,13 aB | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 3 | 0,00 aA | 0,72 cB | 8,66 cC | 0,13 bB | 0,59 bB |
| 4 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,03 aA | 0,01 aA | 0,00 aA |
| 5 | 0,00 aA | 0,04 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,06 aA |
| 6 | 0,06 aA | 0,33 bA | 0,23 aA | 0,00 aA | 0,13a A |
| 7 | 0,01 aA | 0,19 bA | 1,46 bC | 0,01 aA | 0,29 bB |
| 8 | 0,07 aA | 0,10 bB | 0,13 aB | 0,00 aA | 0,03 aA |
| Média região | 0,02 | 0,17 | 1,33 | 0,02 | 0,14 |
| CV % | 85,52 | | | | |

Letras minúsculas comparam os clones em cada região (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo clone nas regiões de plantio (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

Tabela 16. Severidade média de ferrugem para oito clones em cinco diferentes regiões de plantio – sexta avaliação mensal (outubro de 2008).

| Avaliação de severidade 6 (outubro/2008) | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|
| Severidade de ferrugem - Região de plantio | | | | | |
| Clone | Central A | Central B | Norte | Oeste | Sul |
| 1 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 2 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,13 aB | 0,00 aA | 0,00 aA |
| 3 | 0,00 aA | 0,72 cB | 8,66 cC | 0,13 bB | 0,59 bB |
| 4 | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,03 aA | 0,01 aA | 0,00 aA |
| 5 | 0,00 aA | 0,04 aA | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,06 aA |
| 6 | 0,06 aA | 0,33 bA | 0,23 aA | 0,00 aA | 0,13a A |
| 7 | 0,01 aA | 0,19 bA | 1,46 bC | 0,01 aA | 0,29 bB |
| 8 | 0,07 aA | 0,10 bB | 0,13 aB | 0,00 aA | 0,03 aA |
| Média região | 0,02 | 0,17 | 1,33 | 0,02 | 0,14 |
| CV % | 85,52 | | | | |

Letras minúsculas comparam os clones em cada região (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo clone nas regiões de plantio (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

Ante aos resultados apresentados nas Tabelas 11 a 16, para a primeira avaliação, sendo as plantas com 30 dias de idade, verificou-se níveis de severidade já representativos, sendo os clones 3 e 7 tido como os mais atacados. A região Norte foi a que apresentou maior severidade média da doença, assumindo um valor de 0,94% (Tabela 11). Na

segunda avaliação, observou-se evolução nos níveis de severidade da doença, atingindo um valor médio de 15,26% de severidade no clone 3 na região Norte. A região Norte apresentou severidade média de 3,18% (Tabela 12). Na terceira avaliação, verificou-se novamente um incremento na severidade da doença em campo, sendo a avaliação com maior média admitida. O pico da severidade média consistiu nesta avaliação com 3,52% na região Norte (Tabela 13). Em termos gerais, sendo considerados todos os clones, a quarta avaliação apresentou uma redução na severidade da doença, indicando um declive na epidemia. Entretanto, o clone mais suscetível (clone 3) apresentou seu maior valor de severidade média, sendo de 22,89% na região Norte (Tabela 14). A maior severidade média apresentada consistiu, novamente, na região Norte, com 3,10% (Tabela 14). Na avaliação do mês de setembro (quinta avaliação), verifica-se uma redução nos níveis epidêmicos de severidade, sendo todos os valores médios reduzidos quando comparados com a avaliação anterior. Com isto, o clone 3 mostrou-se ser um material padrão desta redução na severidade da doença nas plantas, assumindo um valor médio de 8,66% na região Norte. Ademais, verificou-se um nível médio de 1,33% de severidade na região Norte, tida como a mais favorável à ocorrência de ferrugem (Tabela 15). Uma estabilidade da doença no campo foi observada, no que se refere à severidade, tendo em vista a avaliação de setembro e outubro (quinta e sexta avaliação) serem exatamente iguais. Todas as plantas excepcionalmente apresentaram os mesmos níveis de severidade da doença no campo. Isso indica a não evolução da doença depois de uma brusca redução da severidade observada da quarta para a quinta avaliação, possivelmente alterando o potencial de inóculo de campo aliado às condições ambientais. Verificou-se, portanto, que a severidade de ferrugem foi maior nos materiais clonais 3 e 7.

Tabela 17. Severidade média de ferrugem para cinco diferentes regiões de plantio considerando oito materiais clonais – seis avaliações mensais (maio a outubro de 2008).

| Severidade de ferrugem – Regiões | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-------|-------|------|
| Avaliação | Central A | Central B | Norte | Oeste | Sul |
| 1 | 0,38 | 0,08 | 0,94 | 0,67 | 0,14 |
| 2 | 0,77 | 0,66 | 3,18 | 0,34 | 0,36 |
| 3 | 1,20 | 1,61 | 3,52 | 0,43 | 0,31 |
| 4 | 0,73 | 0,84 | 3,10 | 0,89 | 0,20 |
| 5 | 0,02 | 0,17 | 1,33 | 0,02 | 0,14 |
| 6 | 0,02 | 0,17 | 1,33 | 0,02 | 0,14 |

Sintetizando as médias das severidades de todos os clones, verificou-se que na análise regional, a doença foi mais pronunciada nas regiões Norte, com pico de 3,52%, seguida da região Central B (pico de 1,61%). Na sequência, verificou-se que Central A, Oeste e Sul possuíram uma menor severidade média (respectivamente 1,20, 0,89 e 0,36) (Tabela 17). Verificou-se que a doença atingiu a severidade máxima para as regiões Central A, Central B e Norte na terceira avaliação (julho). A região Oeste atingiu a maior severidade média na quarta avaliação (agosto) e, a região Sul na segunda avaliação (junho) (Tabela 17). Com base nessas informações pode-se inferir sobre quais regiões foram, de fato, mais favoráveis à infecção de ferrugem.

4.2.2 Emprego de modelos para descrever as curvas de progresso da ferrugem do eucalipto ao longo do tempo

A Figura 16 apresenta a proporção de doença em função do tempo (seis avaliações – maio a outubro de 2008) para oito clones. Verifica-se que os valores máximos de proporção de doença ocorreram na terceira avaliação (julho/2008), com exceção do clone 3, cuja evolução da doença deu-se até a quarta avaliação (agosto/2008). Posteriormente, verifica-se que houve regressão da doença em níveis representativos, indicando redução na epidemia de ferrugem. Com isso, é possível apontar que para a região do extremo sul do estado da Bahia, o período favorável à infecção consiste em maio a outubro, com níveis epidêmicos extremos em julho e agosto.

De acordo com a informação de valores epidêmicos crescentes até certo ponto, realizou-se a análise dos modelos para a epidemia como um todo (maio a outubro) e para a epidemia até o pico ascendente, ou seja, até a avaliação que apresentou o pico da epidemia. Conforme citado anteriormente, apenas o clone 3 apresentou pico na quarta avaliação, sendo os demais na terceira avaliação.

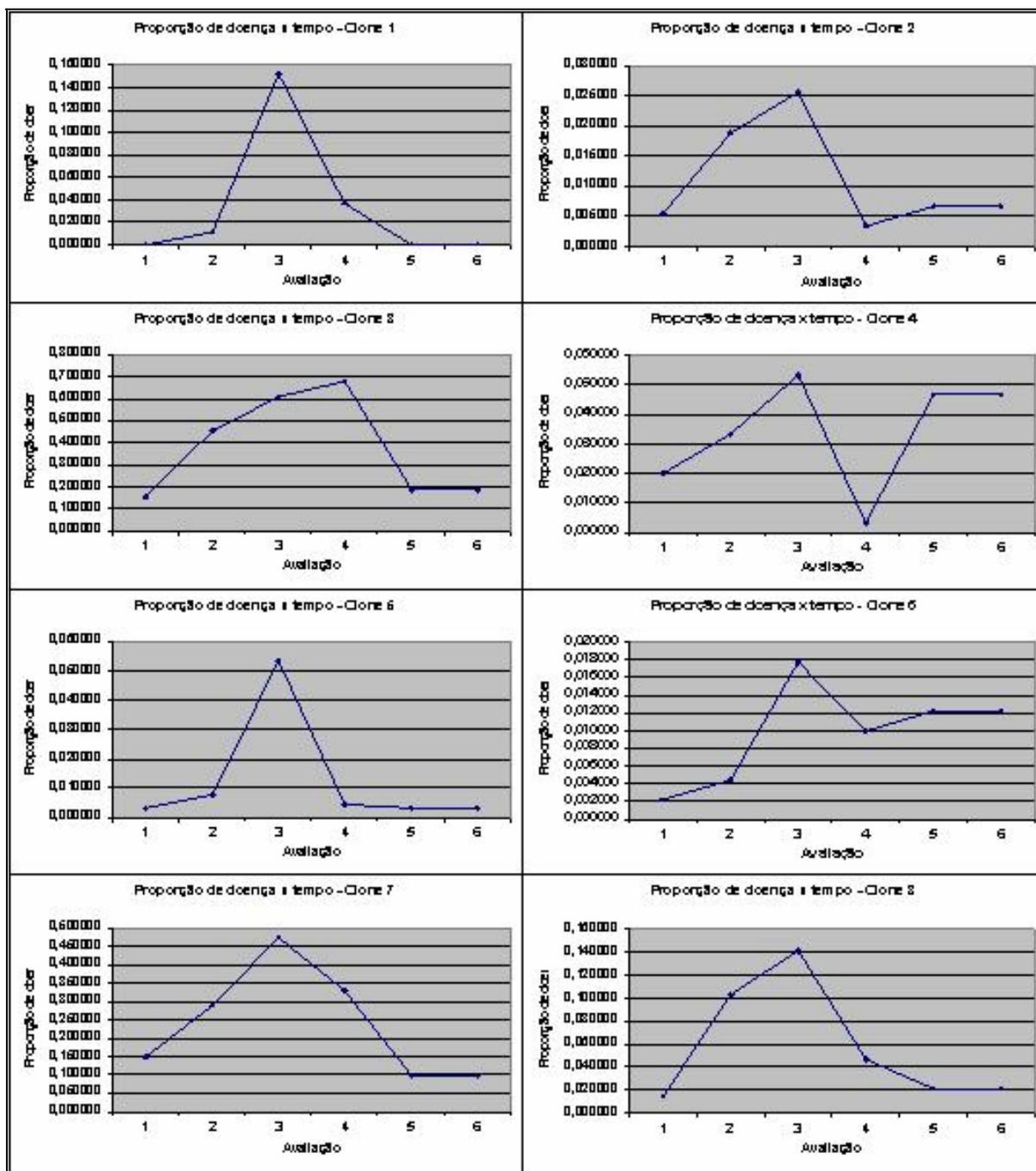


Figura 16. Proporção de doença versus avaliações mensais, para oito materiais clonais. Avaliações 1 a 6 correspondem respectivamente a maio a outubro de 2008.

Realizou-se a regressão entre os dados previstos de cada avaliação para logito, monito, gompito e exponito, e os dados de proporção de doença, obtendo os valores de R^{2*} . Não houve análise temporal para o clone 1, tendo em vista obtenção de baixos valores epidêmicos e conseqüente inconsistência para este tipo de análise. A seguir, as Tabelas 18 a 24 apresentam os resultados obtidos para cada material clonal, respectivamente de 2 a 8. Com base nas Tabelas 18 a 24, verifica-se que os valores de R^{2*} obtidos para a epidemia como um todo, ou seja, nas seis avaliações, foram exclusivamente superiores no Monito, sendo: 0,1019, 0,0191, 0,0547, 0,0278, 0,3809, 0,0892 e 0,1078, respectivamente para os clones de 2 a 8. Epidemiologicamente, a adequação da ferrugem do eucalipto aos modelos não-flexíveis, era esperada ao modelo logístico, tipicamente utilizado e adequado a doenças policíclicas, com uma curva em formato de “S” ou sigmóide. Todavia, a abrangência da epidemia como um todo acarretou no crescimento em ritmo exponencial até a terceira avaliação, e subsequente redução brusca nos níveis epidêmicos. Isso condicionou a adequação mais próxima ao modelo monomolecular ou exponencial negativo. Neste modelo, conforme descrito anteriormente, a velocidade de progresso ou aumento da epidemia, é proporcional ao inóculo inicial (y_0) e a taxa de progresso (r_m), constante. De acordo com a equação, r_m é a taxa de progresso do modelo monomolecular e $(1-y)$ representa o tecido sadio ou sem sintomas. Neste caso, há queda na velocidade de crescimento ao longo do tempo, e aproxima-se de zero a medida que o tecido sadio se esgota (JESUS JUNIOR et al., 2004a). Santos (2006), analisando a ferrugem do eucalipto em plantios irrigados, verificou que a epidemia mais se adequou ao modelo logístico, adquirindo um R^{*2} de 0,4793. Isso pôde ser observado pelo fato de o referido autor obter maiores valores de proporção de doença diretamente proporcional ao tempo.

Tabela 18. Valores correspondentes ao Logito, Monito, Gompito e Exponito, R^2 , R^{2*} , Interseção, Variável x 1, avaliação com pico epidêmico e média máxima de incidência na avaliação pico, para duas diferentes condições de epidemia: total e até pico epidêmico. Clone 2.

| | Coeficientes - Epidemia Total | | | |
|--------------|-------------------------------|---------|---------|----------|
| Clone 2 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -4,3177 | 0,0166 | -1,4521 | -4,3343 |
| Variável X 1 | -0,1230 | -0,0015 | -0,0275 | -0,1215 |
| R^2 | 0,0856 | 0,1016 | 0,0907 | 0,0853 |
| R^{2*} | 0,0763 | 0,1019 | 0,0808 | 0,0762 |

| | Coeficientes - Limite no Pico Epidêmico | | | |
|--------------|---|---------|---------|----------|
| Clone 2 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| R^2 | 0,8927 | 0,9651 | 0,9099 | 0,8916 |
| R^{2*} | 0,8525 | 0,9653 | 0,8850 | 0,8502 |
| Interseção | -5,8058 | -0,0035 | -1,7897 | -5,8023 |
| Variável X 1 | 0,0258 | 0,0003 | 0,0058 | 0,0254 |

Tabela 19. Valores correspondentes ao Logito, Monito, Gompito e Exponito, R^2 , R^{2*} , Interseção, Variável x 1, avaliação com pico epidêmico e média máxima de incidência na avaliação pico, para duas diferentes condições de epidemia: total e até pico epidêmico. Clone 3.

| | Coeficientes - Epidemia Total | | | |
|--------------|-------------------------------|---------|---------|----------|
| Clone 3 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -0,3795 | 0,6206 | 0,1780 | -1,0001 |
| Variável X 1 | -0,0639 | -0,0219 | -0,0397 | -0,0420 |
| R^2 | 0,0124 | 0,0095 | 0,0117 | 0,0141 |
| R^{2*} | 0,0128 | 0,0191 | 0,0158 | 0,0096 |

| | Coeficientes - Limite no Pico Epidêmico | | | |
|--------------|---|---------|---------|----------|
| Clone 3 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -2,5450 | -0,0986 | -1,1217 | -2,4465 |
| Variável X 1 | 0,0272 | 0,0080 | 0,0156 | 0,0192 |
| R^2 | 0,9998 | 0,9783 | 0,9972 | 0,9937 |
| R^{2*} | 0,9999 | 0,9771 | 0,9972 | 0,9940 |

Tabela 20. Valores correspondentes ao Logito, Monito, Gompito e Exponito, R^2 , R^{2*} , Interseção, Variável x 1, avaliação com pico epidêmico e média máxima de incidência na avaliação pico, para duas diferentes condições de epidemia: total e até pico epidêmico. Clone 4.

| | Coeficientes - Epidemia Total | | | |
|--------------|-------------------------------|---------|---------|----------|
| Clone 4 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -3,0107 | 0,0366 | -1,1538 | -3,0474 |
| Variável X 1 | -0,3091 | -0,0027 | -0,0640 | -0,3065 |
| R^2 | 0,1996 | 0,0523 | 0,1606 | 0,2027 |
| R^{2*} | 0,0186 | 0,0547 | 0,0298 | 0,0178 |

| | Coeficientes - Limite no Pico Epidêmico | | | |
|--------------|---|--------|---------|----------|
| Clone 4 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -4,3943 | 0,0017 | -1,5099 | -4,3960 |
| Variável X 1 | 0,0169 | 0,0006 | 0,0048 | 0,0163 |
| R^2 | 0,9996 | 0,9857 | 0,9997 | 0,9994 |
| R^{2*} | 0,9997 | 0,9856 | 0,9997 | 0,9995 |

Tabela 21. Valores correspondentes ao Logito, Monito, Gompito e Exponito, R^2 , R^{2*} , Interseção, Variável x 1, avaliação com pico epidêmico e média máxima de incidência na avaliação pico, para duas diferentes condições de epidemia: total e até pico epidêmico. Clone 5.

| Coeficientes - Epidemia Total | | | | |
|-------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| Clone 5 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -4,5310 | 0,0192 | -1,4852 | -4,5503 |
| Variável X 1 | -0,1455 | -0,0018 | -0,0313 | -0,1437 |
| R^2 | 0,0601 | 0,0273 | 0,0501 | 0,0608 |
| R^{2*} | 0,0121 | 0,0278 | 0,0141 | 0,0121 |

| Coeficientes - Limite no Pico Epidêmico | | | | |
|---|---------|---------|---------|----------|
| Clone 5 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -7,3007 | -0,0295 | -2,1316 | -7,2712 |
| Variável X 1 | 0,0471 | 0,0009 | 0,0111 | 0,0462 |
| R^2 | 0,9502 | 0,8146 | 0,9183 | 0,9521 |
| R^{2*} | 0,9874 | 0,8103 | 0,9726 | 0,9880 |

Tabela 22. Valores correspondentes ao Logito, Monito, Gompito e Exponito, R^2 , R^{2*} , Interseção, Variável x 1, avaliação com pico epidêmico e média máxima de incidência na avaliação pico, para duas diferentes condições de epidemia: total e até pico epidêmico. Clone 6.

| Coeficientes - Epidemia Total | | | | |
|-------------------------------|---------|--------|---------|----------|
| Clone 6 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -5,9242 | 0,0033 | -1,7767 | -5,9275 |
| Variável X 1 | 0,3158 | 0,0019 | 0,0607 | 0,3139 |
| R^2 | 0,5670 | 0,3779 | 0,5376 | 0,5682 |
| R^{2*} | 0,2541 | 0,3809 | 0,2844 | 0,2528 |

| Coeficientes - Limite no Pico Epidêmico | | | | |
|---|---------|---------|---------|----------|
| Clone 6 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -7,2734 | -0,0075 | -2,0473 | -7,2659 |
| Variável X 1 | 0,0349 | 0,0003 | 0,0069 | 0,0347 |
| R^2 | 0,9637 | 0,8539 | 0,9441 | 0,9642 |
| R^{2*} | 0,9849 | 0,8530 | 0,9730 | 0,9852 |

Tabela 23. Valores correspondentes ao Logito, Monito, Gompito e Exponito, R^2 , R^{2*} , Interseção, Variável x 1, avaliação com pico epidêmico e média máxima de incidência na avaliação pico, para duas diferentes condições de epidemia: total e até pico epidêmico. Clone 7.

| Coeficientes - Epidemia Total | | | | |
|-------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| Clone 7 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -0,7530 | 0,4013 | -0,1200 | -1,1543 |
| Variável X 1 | -0,1408 | -0,0288 | -0,0696 | -0,1119 |
| R^2 | 0,1076 | 0,0695 | 0,0918 | 0,1202 |
| R^{2*} | 0,0586 | 0,0892 | 0,0718 | 0,0491 |

| Coeficientes - Limite no Pico Epidêmico | | | | |
|---|---------|---------|---------|----------|
| Clone 7 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -2,1793 | -0,1013 | -0,9880 | -2,0780 |
| Variável X 1 | 0,0267 | 0,0108 | 0,0174 | 0,0159 |
| R^2 | 0,8940 | 0,9747 | 0,9351 | 0,8165 |
| R^{2*} | 0,9014 | 0,9790 | 0,9427 | 0,7789 |

Tabela 24. Valores correspondentes ao Logito, Monito, Gompito e Exponito, R^2 , R^{2*} , Interseção, Variável x 1, avaliação com pico epidêmico e média máxima de incidência na avaliação pico, para duas diferentes condições de epidemia: total e até pico epidêmico. Clone 8.

| Coeficientes - Epidemia Total | | | | |
|-------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| Clone 8 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -2,6782 | 0,0951 | -0,9595 | -2,7733 |
| Variável X 1 | -0,1393 | -0,0099 | -0,0489 | -0,1295 |
| R^2 | 0,0671 | 0,1044 | 0,0814 | 0,0648 |
| R^{2*} | 0,0668 | 0,1078 | 0,0747 | 0,0662 |

| Coeficientes - Limite no Pico Epidêmico | | | | |
|---|---------|---------|---------|----------|
| Clone 8 | Logito | Monito | Gompito | Exponito |
| Interseção | -5,1471 | -0,0457 | -1,7506 | -5,1015 |
| Variável X 1 | 0,0403 | 0,0023 | 0,0129 | 0,0380 |
| R^2 | 0,8573 | 0,9554 | 0,8873 | 0,8504 |
| R^{2*} | 0,7735 | 0,9569 | 0,8457 | 0,7548 |

Takahashi (2002), analisando epidemias de ferrugem do eucalipto no Vale do Paraíba, também verificou que o máximo de doença ocorreu em função da idade das plantas, variando de 09 aos 13 meses, conforme a região de plantio. Após este período dá-se uma desaceleração nos níveis de doença e as plantas se recuperam, sem, no entanto, recuperar os danos causados no seu desenvolvimento. No presente estudo, verificou-se que a ferrugem foi mais intensa nas plantas até os 3 meses de idade, sendo diferente do obtido por Takahashi (2002) e Santos (2006).

Ainda embasado nos resultados das Tabelas 18 a 24, é importante ressaltar que os valores de R^{2*} foram baixos, mesmo sendo os superiores enquadrados ao modelo monomolecular. Diante disso, a importância de segregar a epidemia até o ponto ascendente, ou seja, até o pico epidêmico de fato, se faz necessária para compreensão e adequação aos modelos não-flexíveis no progresso de doenças de plantas. Neste ínterim, verifica-se que os valores de R^{2*} foram substancialmente superiores, quando dessa análise isolada (Tabelas 18 a 24). Os clones 2, 7 e 8 melhor ajustaram-se ao modelo monomolecular, com R^{2*} respectivamente de 0,9653, 0,9790 e 0,9569. Os clones 3 e 4 melhor adequaram-se ao modelo logístico, com R^{2*} respectivamente de 0,9999 e 0,9997. O clone 3 pode ser um importante material padrão no que tange à evolução de ferrugem em nível de campo, sugerido pelo seu alto valor de R^{2*} . Os clones 5 e 6 adequaram-se ao modelo exponencial, adquirindo valores de R^{2*} de 0,9880 e 0,9852 respectivamente (Tabelas 18 a 24).

Outra variável que pode ser empregada para comparar tratamentos é a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Este parâmetro é empregado, principalmente, quando os dados observados não se ajustam aos modelos apresentados anteriormente, ou mesmo como variável discriminatória de tratamentos. Para a análise como um todo da ocorrência de ferrugem, em caráter epidêmico, realizou-se o cálculo da AACPD total para os dados, visando quantificar o período favorável à infecção, sendo, para a região, de maio a outubro. Com base nos dados de proporção de doença apresentados na Figura 16, realizou-se o cálculo de AACPD total para cada material clonal dentro das seis avaliações.

Tabela 25. AACPD obtido para cada clone em seis avaliações mensais de incidência de ferrugem (maio a outubro de 2008).

| Clone | AUDPC |
|-------|---------|
| 1 | 599,99 |
| 2 | 181,61 |
| 3 | 6303,29 |
| 4 | 509,89 |
| 5 | 216,63 |
| 6 | 154,93 |
| 7 | 3944,94 |
| 8 | 989,90 |

De acordo com a Tabela 25, verifica-se que os materiais que obtiveram maiores valores de AACPD foram, decrescentemente, os clones 3 e 7, tidos como mais suscetíveis à ferrugem. Os clones 2, 5 e 6 apresentaram os menores valores de AACPD, podendo ser julgados, epidemiologicamente, como menos favoráveis ao patógeno, do ponto de vista da incidência da doença em função do tempo. Clones 1 e 4 apresentaram valores de AACPD próximos e tidos como pouco favoráveis a níveis epidêmicos de ferrugem. Ressalta-se que o clone 1 é tido como o menos favorável à infecção, porém, este material admitiu um considerável valor proporcional de doença na terceira avaliação (julho), considerando apenas este mês favorável. O clone 8 mostrou-se relativamente promissor à ocorrência da doença com êxito e com promoção de níveis epidêmicos, quando das condições favoráveis.

Cálculos da taxa de progresso podem, como bem demonstrado anteriormente, ser utilizados para determinação da eficácia das medidas de controle, como variedades resistentes, fungicidas, práticas culturais etc. Neste sentido, quanto mais efetiva for a medida de controle, menor será a taxa de progresso (r) (JESUS JUNIOR et al., 2004a).

Alguns autores propõem três vias para se entender uma epidemia e tentar, a partir desse entendimento, gerar informações quanto ao manejo. Resumidamente, as três vias são: análise temporal; correlações entre doença e variáveis climáticas, do hospedeiro, do patógeno, e experimentação (JESUS JUNIOR et al., 2004a).

Modelos são simplificações da realidade e dificilmente uma fórmula matemática será capaz de reproduzir com detalhes os fenômenos da natureza. Apesar dessa afirmativa, os modelos matemáticos são uma das poucas ferramentas disponíveis para se comparar epidemias e distinguir variedades, tratamentos fungicidas, técnicas de manejo, bem

como gerar modelos de previsão e auxiliar na quantificação de danos e perdas (BERGAMIN FILHO, 1995). Nesse contexto, a aplicação dos dados obtidos referentes à ferrugem do eucalipto aos modelos propostos para decrever as curvas de progresso da doença ao longo do tempo, mostrou-se eficiente quando da análise até o pico epidêmico, com altos valores de coeficiente de determinação ajustados (R^{2*}). A análise de valores totais de AACPD na epidemia serviu como suporte à confirmação da suscetibilidade dos materiais clonais à ferrugem do eucalipto.

4.2.3 Análise de Dinâmica e Estrutura de Focos

Com base na Tabela 26 verifica-se que apenas para o clone 1 os dados foram positivos para as avaliações 2, 3 e 4, permitindo a análise de ADEF. Para os demais materiais, os valores das seis avaliações (maio a outubro) foram positivos. De acordo com os critérios estabelecidos que, quanto mais próximo de 1, mais compactado o foco; IFF menor que 1, foco com padrão de crescimento na entre linha; IFF igual a 1 forma quadrática, ou seja, o mesmo número de plantas na linha e entre linha e, IFF maior que 1, foco com padrão de crescimento na linha de plantio (NELSON, 1996), observou-se que com base na média dos valores obtidos de ICF e IFF, na maioria dos materiais o padrão espacial da doença estabeleceu-se na linha de plantio (Tabela 26).

Tabela 26. Número de focos unitários e não unitários, percentual dos focos unitários e não unitários, total de focos, média de ICF e IFF e resultado de cada clone em cada avaliação, para todas as regiões de plantio.

| Clone | Avaliação | Focos Unitários | Focos Não Unitários | % Focos Unitários | % Focos Não Unitários | Total Focos | Média de ICF | Média de IFF | Distribuição |
|-------|-----------|-----------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 2 | 8 | 1 | 88,89 | 11,11 | 9 | 1,00 | 0,97 | Entre Linha |
| 1 | 3 | 1 | 6 | 14,29 | 85,71 | 7 | 0,87 | 4,05 | Linha |
| 1 | 4 | 4 | 5 | 44,44 | 55,56 | 9 | 0,86 | 1,38 | Linha |
| 2 | 1 | 5 | 0 | 100,00 | 0,00 | 5 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 2 | 2 | 11 | 3 | 78,57 | 21,43 | 14 | 1,00 | 1,14 | Linha |
| 2 | 3 | 17 | 2 | 89,47 | 10,53 | 19 | 0,96 | 1,03 | Linha |
| 2 | 4 | 3 | 2 | 60,00 | 40,00 | 5 | 1,00 | 3,00 | Linha |
| 2 | 5 | 6 | 0 | 100,00 | 0,00 | 6 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 2 | 6 | 6 | 0 | 100,00 | 0,00 | 6 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 3 | 1 | 43 | 24 | 64,18 | 35,82 | 67 | 0,92 | 1,15 | Linha |
| 3 | 2 | 15 | 31 | 32,61 | 67,39 | 46 | 0,78 | 2,47 | Linha |
| 3 | 3 | 10 | 29 | 25,64 | 74,36 | 39 | 0,86 | 3,28 | Linha |
| 3 | 4 | 3 | 20 | 13,04 | 86,96 | 23 | 0,90 | 3,30 | Linha |
| 3 | 5 | 19 | 10 | 65,52 | 34,48 | 29 | 0,92 | 1,75 | Linha |
| 3 | 6 | 18 | 10 | 64,29 | 35,71 | 28 | 0,95 | 1,72 | Linha |
| 4 | 1 | 9 | 3 | 75,00 | 25,00 | 12 | 0,98 | 1,05 | Linha |
| 4 | 2 | 14 | 5 | 73,68 | 26,32 | 19 | 0,95 | 1,04 | Linha |
| 4 | 3 | 13 | 11 | 54,17 | 45,83 | 24 | 0,85 | 1,14 | Linha |
| 4 | 4 | 3 | 0 | 100,00 | 0,00 | 3 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 4 | 5 | 3 | 0 | 100,00 | 0,00 | 3 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 4 | 6 | 3 | 0 | 100,00 | 0,00 | 3 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 5 | 1 | 3 | 0 | 100,00 | 0,00 | 3 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 5 | 2 | 4 | 1 | 80,00 | 20,00 | 5 | 0,88 | 1,13 | Linha |
| 5 | 3 | 20 | 10 | 66,67 | 33,33 | 30 | 0,96 | 1,01 | Linha |
| 5 | 4 | 4 | 0 | 100,00 | 0,00 | 4 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 5 | 5 | 3 | 0 | 100,00 | 0,00 | 3 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 5 | 6 | 3 | 0 | 100,00 | 0,00 | 3 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 6 | 1 | 2 | 0 | 100,00 | 0,00 | 2 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 6 | 2 | 2 | 1 | 66,67 | 33,33 | 3 | 1,00 | 1,33 | Linha |
| 6 | 3 | 10 | 3 | 76,92 | 23,08 | 13 | 1,00 | 1,11 | Linha |
| 6 | 4 | 5 | 1 | 83,33 | 16,67 | 6 | 0,95 | 1,00 | Quadrático |
| 6 | 5 | 8 | 1 | 88,89 | 11,11 | 9 | 0,96 | 1,04 | Linha |
| 6 | 6 | 8 | 1 | 88,89 | 11,11 | 9 | 0,96 | 1,04 | Linha |
| 7 | 1 | 22 | 18 | 55,00 | 45,00 | 40 | 0,89 | 1,17 | Linha |
| 7 | 2 | 23 | 24 | 48,94 | 51,06 | 47 | 0,86 | 1,70 | Linha |
| 7 | 3 | 9 | 29 | 23,68 | 76,32 | 38 | 0,85 | 2,78 | Linha |
| 7 | 4 | 10 | 28 | 26,32 | 73,68 | 38 | 0,87 | 1,95 | Linha |
| 7 | 5 | 11 | 16 | 40,74 | 59,26 | 27 | 0,86 | 1,29 | Linha |
| 7 | 6 | 11 | 16 | 40,74 | 59,26 | 27 | 0,86 | 1,29 | Linha |
| 8 | 1 | 13 | 0 | 100,00 | 0,00 | 13 | 1,00 | 1,00 | Quadrático |
| 8 | 2 | 27 | 11 | 71,05 | 28,95 | 38 | 0,91 | 1,23 | Linha |
| 8 | 3 | 22 | 11 | 66,67 | 33,33 | 33 | 0,93 | 1,75 | Linha |
| 8 | 4 | 5 | 3 | 62,50 | 37,50 | 8 | 0,91 | 0,96 | Entre Linha |
| 8 | 5 | 15 | 1 | 93,75 | 6,25 | 16 | 1,00 | 1,03 | Linha |
| 8 | 6 | 15 | 1 | 93,75 | 6,25 | 16 | 1,00 | 1,03 | Linha |

Consolidando-se o total de focos por clone, que condicionaram o padrão de forma do foco, observou-se que para o clone 1 o padrão de forma médio do foco foi na linha de plantio, com um total de 16 focos. Ademais, observou-se que o padrão médio de forma de foco para todos os clones foi na linha de plantio, sendo 38 focos para o clone 2; 232 focos para o clone 3; 55 focos para o clone 4; 35 focos para o clone 5; 34 focos para o clone 6; 217 focos para o clone 7 e 103 focos para o clone 8 (Tabela 27). O número de focos observados em cada avaliação pode ser melhor observado na Tabela 26.

Tabela 27. Número de focos totais condicionantes dos padrões de forma por clone: entrelinha, linha e quadrático.

| Clone | Resultado | Número de focos |
|-------|-------------|-----------------|
| 1 | Entre Linha | 9 |
| 1 | Linha | 16 |
| 2 | Linha | 38 |
| 2 | Quadrático | 17 |
| 3 | Linha | 232 |
| 4 | Linha | 55 |
| 4 | Quadrático | 9 |
| 5 | Linha | 35 |
| 5 | Quadrático | 13 |
| 6 | Linha | 34 |
| 6 | Quadrático | 8 |
| 7 | Linha | 217 |
| 8 | Entre Linha | 8 |
| 8 | Linha | 103 |
| 8 | Quadrático | 13 |

De acordo com a Figura 17, é possível observar que para o clone 1, com o decréscimo do número de focos unitários da primeira (maio) para a segunda avaliação (junho), o número de focos não unitários foi inversamente proporcional, ou seja, evoluiu. Isso indica que a doença aumentou, em maior proporção no sentido da linha de plantio (Tabela 27), de uma única planta infectada para focos compostos por mais de uma planta no período de um mês. Entretanto, na terceira avaliação (julho) o número de focos unitários voltou a evoluir, acarretando no decréscimo dos não unitários, e cessou a doença neste período. Para o clone 2 a relação entre foco unitário e não unitário não foi clara, tendo apenas uma explosão de novos

focos (unitários) na terceira avaliação (julho). Para o clone 3 a relação foi clara, havendo na primeira avaliação (maio) um maior número de focos unitários. Da segunda (junho) até a quarta avaliação (agosto) os valores foram proporcionais descendentes, havendo focos unitários e não unitários para o período. Isso implica que a epidemia estaria de fato estabelecida, com valores de focos unitários condicionando a suficiente estabilidade do patógeno no ambiente, bem como valores de focos já formados por mais de uma planta permitem uma evolução substancial na quantidade de pústulas urediniais entre plantas em um mesmo sítio. Esta condição releva a hipótese do número de focos unitários permanecer maior ao número de focos não unitários na quinta e sexta avaliação (setembro e outubro), confirmando o processo disseminação da doença no campo. Não obstante ao aumento dos focos unitários, houve redução do número de não unitários explicando um declínio da doença em condição de campo para este material tido como mais suscetível à doença.

Os clones 4, 5 e 6 comportaram-se, de um modo geral, como mais tolerantes à infecção e disseminação da ferrugem, considerando um fugaz incremento de ambos os focos simultaneamente, a princípio condicionando níveis epidêmicos, da primeira (maio) a terceira avaliação (julho). Posteriormente os valores de ambos os focos apontaram para um declínio na epidemia, consistindo em uma importante informação clonal com direcionamento epidemiológico de ferrugem (Figura 17), sendo apenas estável o número de focos unitários nas últimas avaliações para o clone 6, mesmo apresentando valores extremamente inferiores aos clones 4 e 5. A relação diretamente proporcionai nestes materiais foi clara, evidenciando a progressão da doença no campo a partir de níveis a princípio epidêmicos, porém, posteriormente demonstrando declínio de ambas as condições, justificando uma menor favorabilidade dos materiais à infecção.

O clone 7 apresentou a relação inversamente proporcional entre focos unitários e não unitários a partir da terceira avaliação (julho). Com isto, infere-se que a doença iniciou-se a partir de um ponto (foco unitário). Isso foi observado nos clones 3 e 7, tidos como mais suscetíveis. Verificou-se que para estes clones a média do ICF indicou focos menos compactados (Tabela 26), apresentando valores médios menores que 1 para todas as avaliações. Isso indica que estes materiais possuem características favoráveis à mais rápida e eficaz disseminação da doença, aumentando a proporção de doença no espaço, a partir de pontos únicos, com geração de focos mais dispersos, indicando quantitativamente e

qualitativamente a favorabilidade dos tecidos desses materiais à infecção de *P. psidii*. O clone 8 apresentou altos valores de ambos os focos, com proporção direta, igualmente aos clones 2, 4, 5 e 6 (Figura 17). Realizando-se a interface entre o número de focos observados (unitários e não unitários) e o Número Médio de Plantas por Foco (NMPF), verificou-se que há relação entre a evolução do número de focos não unitários e o número médio de plantas para cada foco. Entretanto isto não foi verdadeiro para todos os materiais. Para os clones 1, 4, 7 e 8 o NMPF foi o mais alto na avaliação que apresentou o maior número de focos não unitários (Figura 18). Para os demais materiais (clone 2, 3, 5, 6), verificou-se que o NMPF foi elevado em condições cujo número de focos unitários foi o menor ou baixo, atribuindo evidentemente alto NMPF em função de focos compostos por mais de uma planta. Epidemiologicamente, o NMPF expressa uma boa representação da condição da epidemia para cada material em função do tempo, tendo em vista o padrão de agregação da doença no espaço físico do terreno, ou seja, o número médio de plantas infectadas adjacentes em um determinado espaço. A exemplo, quando da análise do clone 3, verifica-se que o NMPF apresentou-se elevado e crescente para a segunda, terceira e quarta avaliação, indicando um padrão crescente da epidemia, com uma maior quantidade de plantas inseridas em um mesmo foco, sendo respectivamente de 14,44, 23,12 e 25,21 (Figura 18).

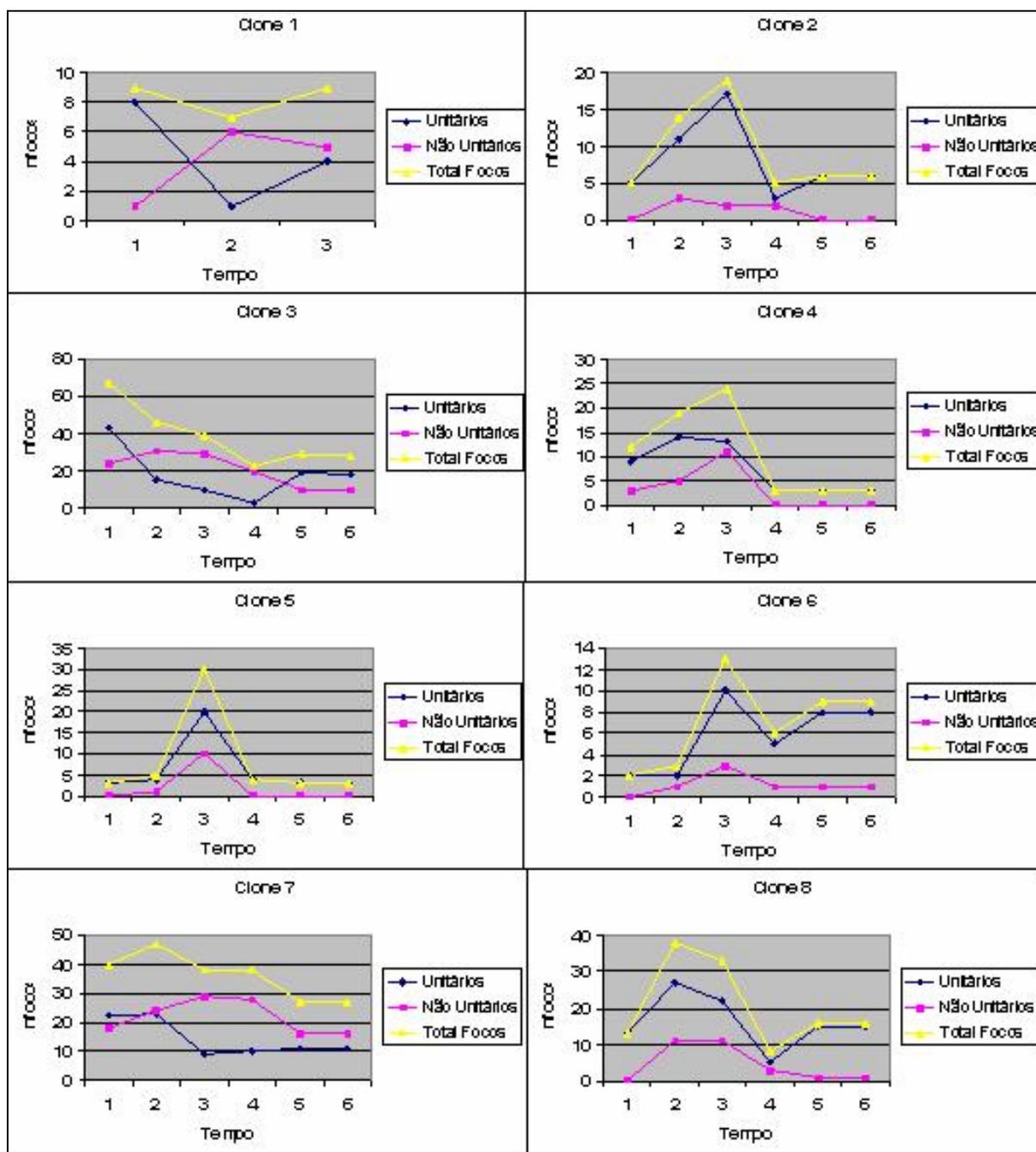


Figura 17. Número de focos unitários, não unitários e total de focos de ferrugem para cada clone, de acordo com seis avaliações mensais (período de maio a outubro de 2008).

Neste contexto, observou-se que os materiais 4, 5 e 6 apresentaram valores de NMPF reduzidos e próximos de 1 ao longo do tempo, indicando um difícil estabelecimento da doença no espaço, restringindo-se à infecção em plantas individuais (focos

unitários), com valores percentuais significativamente superiores aos focos não unitários (Tabela 26). A maior proximidade entre as plantas dispostas na mesma linha de plantio em relação à distância entre linhas, ressaltando o espaçamento padrão da cultura para a região em questão de 4 x 3 metros, facilitaria a disseminação do fungo *P. psidii* nessa direção. Os valores médios de NMPF para os clones de 1 a 8, dentro das seis avaliações realizadas foram respectivamente de 12,49, 4,72, 13,48, 1,29, 1,16, 1,16, 8,48 e 2,47. Considerando que o clone 1 obteve valores positivos apenas nas três primeiras avaliações, condicionando alto valor médio de NMPF (12,49). Fora esta ocorrência, observou-se que os maiores valores do NMPF foram apresentados pelos clones 3 e 7, sendo respectivamente de 13,48 e 8,48. Os clones 4, 5 e 6 foram os que apresentaram-se menos suscetíveis ao patógeno, com NMPF no período de 1,29, 1,16 e 1,16 respectivamente.

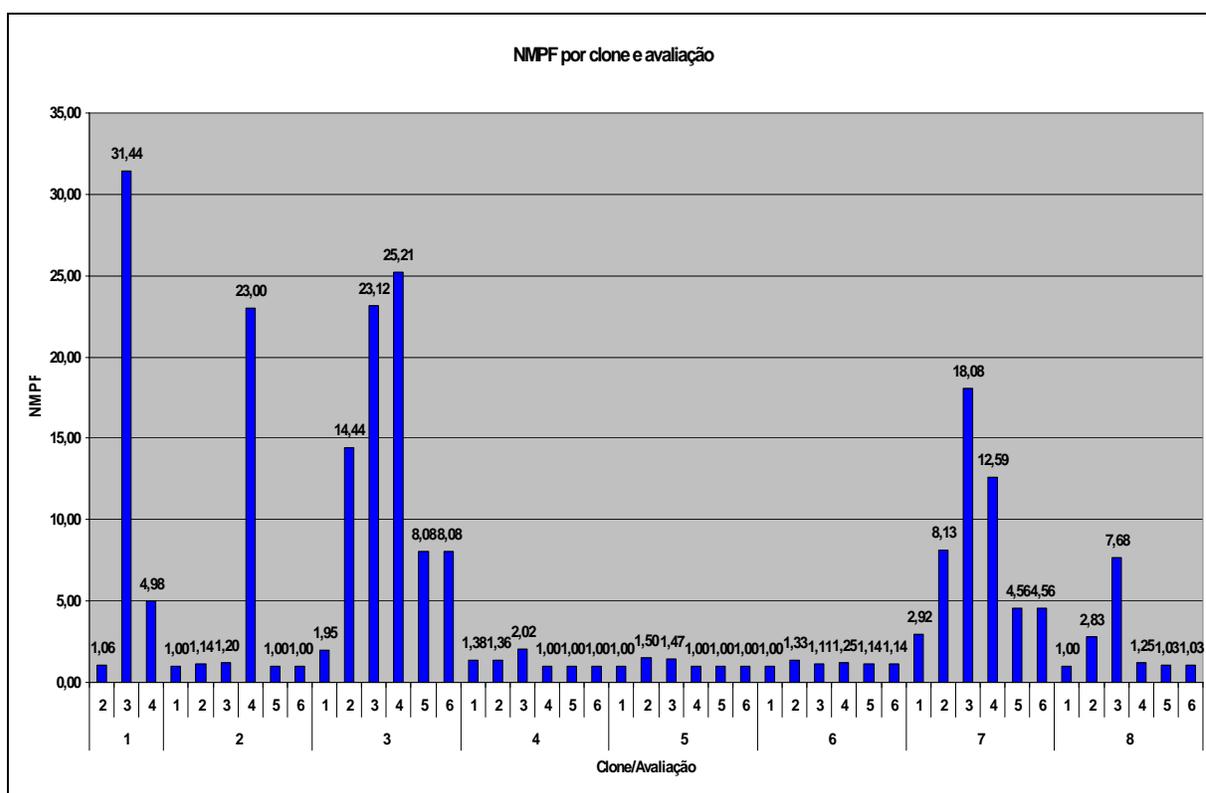


Figura 18. NMPF para cada clone em cada avaliação.

Com base na Tabela 28 verifica-se que para todas as regiões de plantio os dados foram positivos para as seis avaliações, permitindo a análise de ADEF. Quando da análise conjunta de todos os materiais, considerando valores positivos dentre as seis avaliações realizadas, observou-se que, de um modo geral, todas as regiões de plantio apresentaram um incremento no número de focos unitários e não unitários até a terceira avaliação e, uma redução nestes valores após a terceira avaliação (julho). Com isso, verifica-se que o limiar epidêmico consistiu até a terceira avaliação (maio, junho e julho). Ademais, verificou-se um padrão médio de ICF inferior a 1 na maioria dos casos, sendo focos com menor agregação, com exceção apenas da região Central A nas avaliações 1, 5 e 6.

Quanto à média dos valores de IFF, verificou-se que as regiões apresentaram similaridade na forma dos focos e conseqüente modo de dispersão da doença em campo, apresentando valores superiores a 1, na linha de plantio. Salvo exceções como nas últimas avaliações das regiões Oeste e Sul, que apresentaram padrões de forma respectivamente quadrático e na entre linha.

Tabela 28. Número de focos unitários e não unitários, percentual dos focos unitários e não unitários, total de focos, média de ICF e IFF, por região em cada avaliação, segundo os clones analisados.

| Região | Avaliação | Focos Unitários | Focos Não Unitários | % Focos Unitários | % Focos Não Unitários | Total Focos | Média De ICF | Média De IFF | Distribuição |
|-----------|-----------|-----------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Central A | 1 | 17 | 1 | 94,44 | 5,56 | 18 | 1,00 | 1,03 | Linha |
| Central A | 2 | 16 | 15 | 51,61 | 48,39 | 31 | 0,86 | 1,52 | Linha |
| Central A | 3 | 21 | 25 | 45,65 | 54,35 | 46 | 0,88 | 1,71 | Linha |
| Central A | 4 | 9 | 11 | 45,00 | 55,00 | 20 | 0,98 | 1,63 | Linha |
| Central A | 5 | 5 | 1 | 83,33 | 16,67 | 6 | 1,00 | 1,08 | Linha |
| Central A | 6 | 5 | 1 | 83,33 | 16,67 | 6 | 1,00 | 1,08 | Linha |
| Central B | 1 | 19 | 3 | 86,36 | 13,64 | 22 | 0,99 | 1,08 | Linha |
| Central B | 2 | 36 | 20 | 64,29 | 35,71 | 56 | 0,90 | 1,39 | Linha |
| Central B | 3 | 21 | 29 | 42,00 | 58,00 | 50 | 0,92 | 2,73 | Linha |
| Central B | 4 | 15 | 21 | 41,67 | 58,33 | 36 | 0,90 | 2,13 | Linha |
| Central B | 5 | 23 | 3 | 88,46 | 11,54 | 26 | 0,98 | 1,07 | Linha |
| Central B | 6 | 23 | 3 | 88,46 | 11,54 | 26 | 0,98 | 1,07 | Linha |
| Norte | 1 | 29 | 26 | 52,73 | 47,27 | 55 | 0,88 | 1,18 | Linha |
| Norte | 2 | 30 | 18 | 62,50 | 37,50 | 48 | 0,94 | 2,29 | Linha |
| Norte | 3 | 34 | 23 | 59,65 | 40,35 | 57 | 0,94 | 2,28 | Linha |
| Norte | 4 | 0 | 5 | 0,00 | 100,00 | 5 | 0,98 | 5,00 | Linha |
| Norte | 5 | 17 | 17 | 50,00 | 50,00 | 34 | 0,90 | 1,74 | Linha |
| Norte | 6 | 17 | 17 | 50,00 | 50,00 | 34 | 0,90 | 1,74 | Linha |
| Oeste | 1 | 15 | 9 | 62,50 | 37,50 | 24 | 0,92 | 1,11 | Linha |
| Oeste | 2 | 9 | 9 | 50,00 | 50,00 | 18 | 0,85 | 1,17 | Linha |
| Oeste | 3 | 11 | 13 | 45,83 | 54,17 | 24 | 0,86 | 1,54 | Linha |
| Oeste | 4 | 6 | 9 | 40,00 | 60,00 | 15 | 0,88 | 2,09 | Linha |
| Oeste | 5 | 6 | 2 | 75,00 | 25,00 | 8 | 0,93 | 1,00 | Quadrático |
| Oeste | 6 | 6 | 2 | 75,00 | 25,00 | 8 | 0,93 | 1,00 | Quadrático |
| Sul | 1 | 17 | 6 | 73,91 | 26,09 | 23 | 0,96 | 1,06 | Linha |
| Sul | 2 | 13 | 15 | 46,43 | 53,57 | 28 | 0,85 | 1,15 | Linha |
| Sul | 3 | 15 | 11 | 57,69 | 42,31 | 26 | 0,87 | 1,31 | Linha |
| Sul | 4 | 7 | 13 | 35,00 | 65,00 | 20 | 0,85 | 1,29 | Linha |
| Sul | 5 | 14 | 5 | 73,68 | 26,32 | 19 | 0,93 | 0,99 | Entre Linha |
| Sul | 6 | 14 | 5 | 73,68 | 26,32 | 19 | 0,93 | 0,99 | Entre Linha |

A partir da consolidação total de focos por região, observou-se que para as regiões Oeste e Sul apenas, houve nas duas últimas avaliações uma condição de forma quadrática e na entrelinha respectivamente para as regiões. Para a região Central A, o padrão de forma médio do foco foi na linha de plantio, com um total de 127 focos. Ademais, observou-se que o padrão médio de forma de foco para todas as regiões foi na linha de plantio,

com apenas acréscimo de outro padrão para Oeste e Sul. Na região Central B foram 216 focos condicionando o padrão médio de distribuição na linha de plantio, 233 focos para a região Norte também na linha de plantio, 81 focos para a região Oeste na linha e apenas 16 condicionantes de padrão quadrático e, 97 focos para a região Sul na linha e 38 condicionando um padrão na entrelinha (Tabela 29). Para a região Oeste verifica-se que até a quarta avaliação o padrão obtido foi na linha de plantio, com alteração para quadrático no final da epidemia, indicando uma redução na dispersão extensiva da doença no sentido da linha de plantio, reforçado pela redução no número total de focos, passando de 15 na quarta avaliação para 8 na quinta. Para a região Sul verificou-se que da quarta para a quinta avaliação o padrão alterou-se de distribuição do foco na linha de plantio para entre linha. Ressalta-se que o valor médio de IFF foi de 0,99, sendo insignificante do ponto de vista epidemiológico para esta situação. De um modo geral, verificou-se que a doença dispersou-se no sentido da linha de plantio, tanto para os clones estudados (Tabela 27) quanto para as regiões (Tabela 29).

Tabela 29. Número de focos totais condicionantes dos padrões de forma por região: entrelinha, linha e quadrático.

| Região | Resultado | Número de focos |
|-----------|-------------|-----------------|
| Central A | Linha | 127 |
| Central B | Linha | 216 |
| Norte | Linha | 233 |
| Oeste | Linha | 81 |
| Oeste | Quadrático | 16 |
| Sul | Linha | 97 |
| Sul | Entre Linha | 38 |

Com base na Figura 19 verifica-se que o Número Médio de Plantas por Foco (NMPF) foi superior, de um modo geral, nas avaliações de julho e agosto (terceira e quarta respectivamente), condizendo com a maioria das informações apresentadas na Tabela 28. A região Norte foi a que apresentou o maior NMPF em sua quarta avaliação, com um valor de 44, seguida da região Central B em sua terceira avaliação, com um valor de 17,80. Ou seja, a região Norte apresentou 5 focos na quarta avaliação, sendo a média de 44 plantas por foco, com forte padrão de crescimento no sentido da linha de plantio (IFF médio de 5,00). Na região Oeste observou-se que houve um incremento no NMPF da terceira para a quarta

avaliação, passando de 2,62 para 13,68 (Figura 19). Quando da análise da Tabela 28, verifica-se que houve uma diminuição no número de focos totais (24 para 15), porém, na maioria, os focos consistiram em não unitários (60%) na quarta avaliação, apresentando além do NMPF de 13,68 dos 15 focos, um aumento no valor médio de IFF, ou seja, houve um aumento no padrão de distribuição da doença no sentido da linha de plantio. Os valores médios de NMPF para as regiões de plantio, dentro das seis avaliações realizadas foram respectivamente de 3,93, 6,54, 15,13, 3,86 e 2,68 respectivamente para Central A, Central B, Norte, Oeste e Sul.

As variáveis calculadas de %FU, %FNU, NMPF, Total de focos, ICF e IFF foram correlacionadas com a incidência de plantas com sintomas de ferrugem no campo, considerando a incidência média da análise de todas as avaliações.

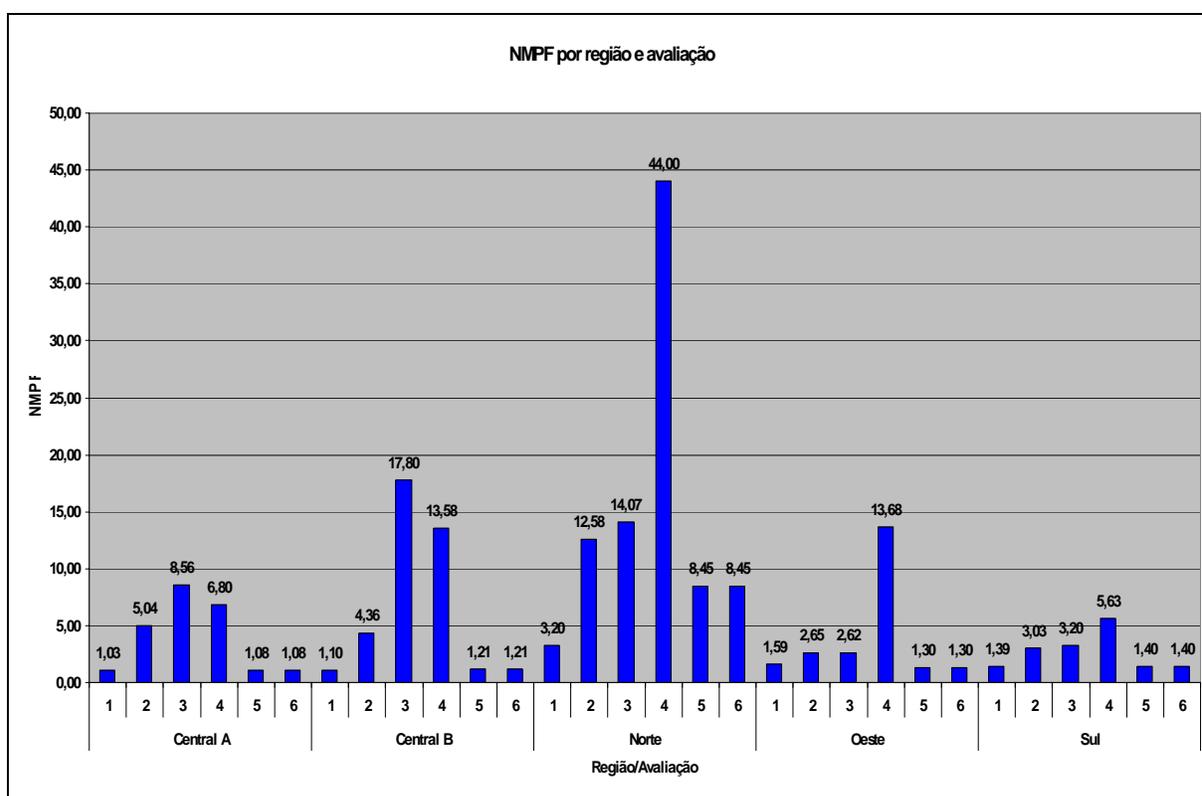


Figura 19. NMPF para cada região em cada avaliação.

Analisando a Figura 20, verifica-se que a incidência da ferrugem nos oito materiais clonais teve uma relação inversamente proporcional ao percentual de Focos

unitários, obtida pelo modelo exponencial, sendo reduzido o número de focos unitários em detrimento do aumento da incidência. Isso aponta para a caracterização epidêmica da doença no campo de maneira ostensiva, sendo os focos unitários servindo de fonte de inóculo para formação de novos focos e focos não unitários, conforme demonstrada a relação direta entre percentual de focos não unitários e incidência, acarretando em ascensão na epidemia. O ajuste do modelo não linear de focos não unitários foi melhor representado pelo modelo logarítmico, sendo o coeficiente angular (b) multiplicado pelo inverso ao exponencial (\ln) do valor da abcissa. Isso relata a caracterização inversa entre focos unitários e não unitários, com valores respectivos de R^2 de 0,6591 e 0,6441, indicando que o modo de dispersão da doença é eficiente, havendo infecção de plantas adjacentes, apontando claramente para uma doença de juro composto, ou policíclica. Porém, apesar do modelo exponencial negativo indicar uma tendência à redução dos focos unitários, pode haver formação de novos focos unitários distantes no campo, tendo em vista o eficiente modo de dispersão pelo vento, com infecção de urediniósporos em novos tecidos e formação de novas pústulas urediniais em plantas distantes, não necessariamente adjacentes. De certa forma, isso condiz com o aumento do Número Médio de Plantas por Foco (NMPF) em detrimento da incidência, sendo essa relação gerada por um modelo exponencial com R^2 de 0,6163.

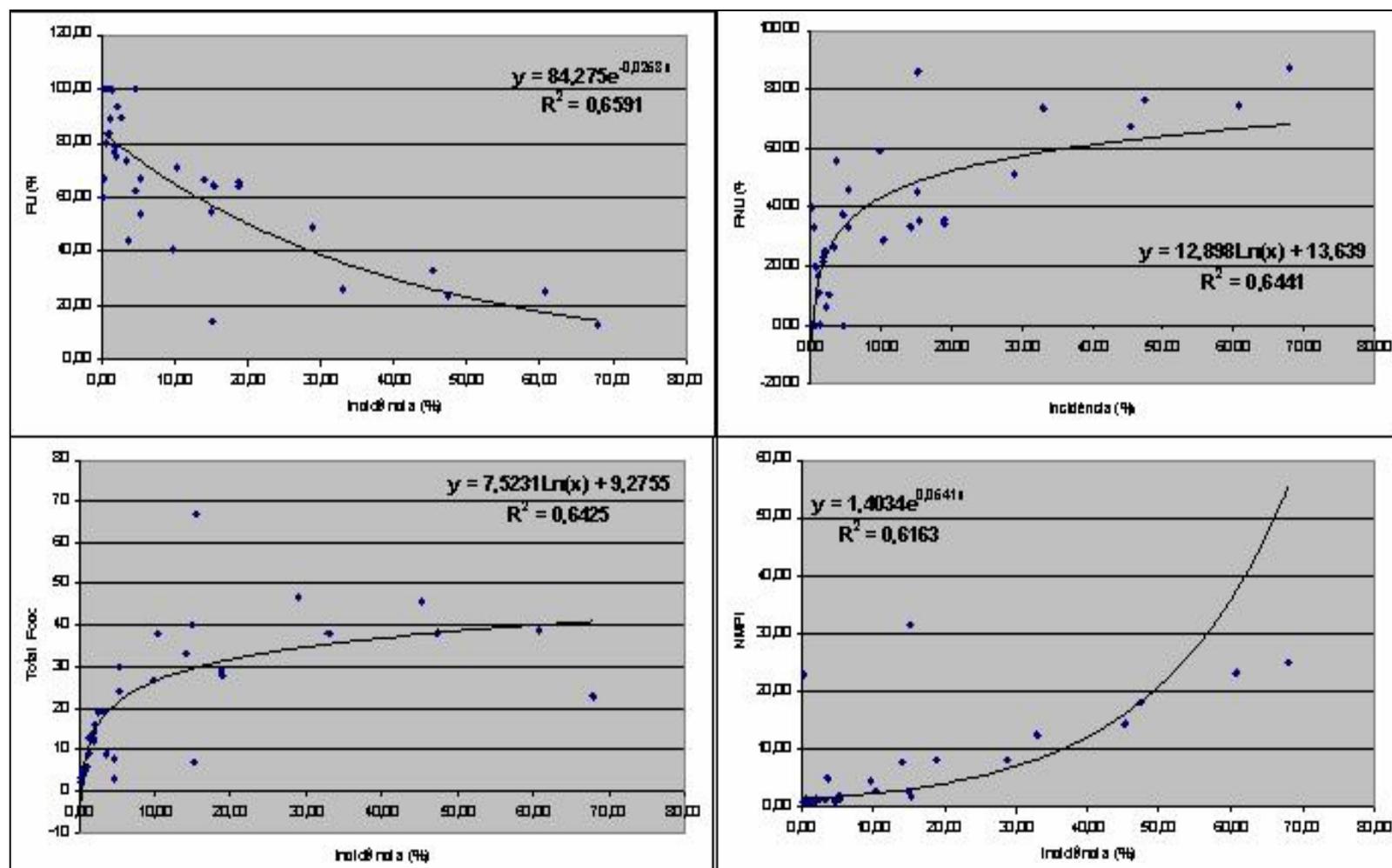


Figura 20. Dinâmica de focos da ferrugem do eucalipto. Percentual de focos unitários (FU) *versus* incidência; Percentual de focos não unitários (FNU) *versus* incidência; Total de focos *versus* incidência e; Número Médio de Plantas por Foco (NMPF) *versus* incidência por clone.

Para relacionar as variáveis IFF e ICF com a incidência, Jesus Junior e Bassanezi (2004) consideraram mapas com incidência de até 35%. Entretanto, há a consideração da dispersão da doença Morte Súbita dos Citros (MSC) ser, parcialmente, via vetores. Para o presente estudo com a ferrugem do eucalipto, os dados foram consolidados por avaliação, sendo que algumas avaliações iniciais apresentaram altos valores de incidência no campo, justificada pelo eficiente modo de dispersão da doença pelo vento, bem como período de incubação relativamente rápido no campo (cerca de 8 a 10 dias). Com isto, os dados de incidência foram relacionados com as variáveis IFF e ICF em caráter integral, ou seja, na totalidade de 0 a 100%. Através da análise de ICF e IFF, verificou-se que de um modo geral, a ferrugem do eucalipto apresentou maior número de plantas sintomáticas na direção da linha de plantio, considerando o espaçamento da cultura de 4 metros entre linhas e 3 metros entre plantas na linha, adquirindo forma com tendência elíptica e não-isodiamétrica, igualmente ao obtido no estudo de Jesus Junior e Bassanezi (2004). Quando da análise da compactidade dos focos, houve parcial diminuição no ICF quando do aumento da incidência, com leve aumento a partir de 47% de incidência, adquirindo uma curva de formato parabólica côncava. Isso indica que com o aumento dos focos maiores a tendência é que estes sejam menos compactos aos menores. Porém, a partir de 47 % de incidência, verifica-se que a compactação volta a aumentar (Figura 21), pelo fato da doença conter-se em certo espaço físico expansível até certo ponto. Isso indica que valores de incidência superiores a cerca de 50% consistem em um nível considerado epidêmico, tendo em vista a retomada ascendente da compactação dos focos, mesmo com um ICF ainda inferior a 1,00. Em contrapartida, verifica-se que com o aumento da incidência há o aumento do IFF médio, com tendência linear, apresentando valores superiores a 1,00 na incidência superior a 5% (Figura 21). Isso aponta claramente para uma estrutura de foco e distribuição da doença na linha de plantio, sugerindo uma disseminação contínua em plantas adjacentes quando do aumento da incidência no campo.

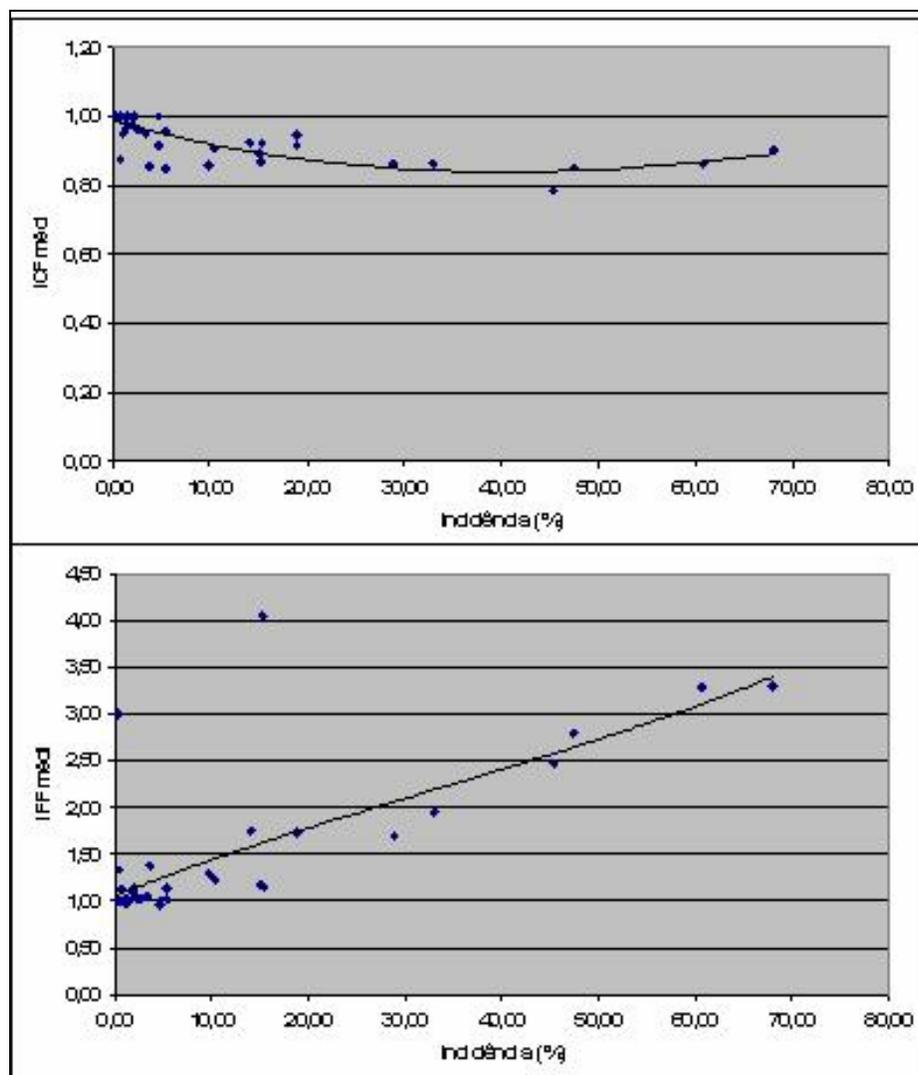


Figura 21. Estrutura de focos da ferrugem do eucalipto. ICF (Índice de Compactação de Focos) *versus* incidência e, IFF (Índice de Forma de Focos) *versus* incidência.

Analisando padrões epidemiológicos da MSC, Bassanezi et al. (2003) avaliaram 98 diferentes mapas da doença em campo, detectando agregação dentro das linhas em 81,60% e entre linhas em 57,10%. De um modo geral, a ferrugem do eucalipto apresentou-se agregada em condições de forma na linha plantio, entretanto, verificou-se que os maiores índices de agregação foram encontrados para os materiais clonais que apresentaram padrões quadráticos (Tabela 26).

Em outro estudo, Jesus Junior e Bassanezi (2004) utilizaram a técnica ADEF (NELSON, 1996), com o intuito de gerar novas informações a respeito da

epidemiologia da MSC. Foram avaliadas todas as plantas de 51 talhões de laranjeiras– doces enxertadas em limoeiro Cravo com diferentes níveis de incidência de MSC, na região norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro, entre Março de 2001 e setembro de 2002. A avaliação e localização de cada planta com sintomas típicos de MSC, em diferentes meses, geraram 166 mapas, os quais foram empregados nas análises. De acordo com os resultados, verificou-se que as curvas do número de focos por 1.000 plantas (NFM) e do número de focos unitários por 1.000 plantas (NF1M) apresentaram padrões semelhantes, porém os picos foram diferentes. Isso indica que, ao mesmo tempo em que se formam novos focos, também há aumento no número de plantas do foco em menor proporção. Igualmente ao determinado no presente estudo de ferrugem do eucalipto, os autores verificaram que o início das epidemias de MSC se dá por meio de plantas isoladas. O aumento mais acentuado no NFM sugere que as plantas isoladas estão servindo como fonte de inoculo para as plantas saudáveis adjacentes. A relação inversa entre a porcentagem de focos unitários e a proporção de plantas doentes é outra evidência da transmissão planta-a-planta do possível agente causal da MSC. Assim como ocorre com doenças de causa biótica, as plantas com sintomas de MSC influenciam o status das plantas imediatamente adjacentes. Da mesma forma que observado no presente estudo de ferrugem do eucalipto, tanto na análise clonal quanto regional, os autores Jesus Junior e Bassanezi (2004) verificaram que os focos de MSC apresentam maior número de plantas sintomáticas na direção da linha de plantio do que entre as linhas. Essa estrutura sugere aumento progressivo no comprimento dos focos, em detrimento da largura. Estes autores verificaram que os focos maiores tendem a ser menos compactos que os menores, sugerindo que a disseminação da doença não ocorre necessariamente de forma contínua e homogênea ao redor de uma primeira planta afetada, isto é, da planta afetada para a imediatamente adjacente. A disseminação de patógenos por vetores que se movimentam pelo ar normalmente ocorre de maneira não-homogênea a partir de uma planta doente, o que gera focos menos compactados (GOTTWALD et al., 1999).

Com base nos resultados obtidos para a ferrugem do eucalipto, verificou-se que a ADEF obteve estreita relação com a doença em condições de campo, servindo de importante ferramenta epidemiológica e, podendo ser comparada eficientemente com cálculos epidemiológicos como AACPD (Área Abaixo da Curva de Progresso da

Doença), no sentido de complementar a caracterização de epidemias da doença através de dados binários.

4.2.4 Índice de dispersão e Lei de Taylor

Realizou-se o cálculo do ID nas parcelas dos materiais clonais, em avaliações cuja incidência de ferrugem foi positiva. Com isso, verificou-se que 5,22% das amostras foram de ID=1, e 94,78% das amostras de ID superior a 1. Segundo Upton e Fingleton (1985), índices de dispersão podem indicar padrões espaciais regulares ($D < 1$), aleatórios ($D = 1$) ou agregados ($D > 1$), e são válidos para dados de contagem (como o número de lesões por planta ou o número de insetos por folha). Neste caso, verificou-se que a ferrugem apresentou padrão espacial de agregação nas parcelas. Apesar de muito usados, os índices de dispersão têm a grande limitação (assim como a comparação com distribuições estatísticas) de não levarem em conta a posição relativa de cada medida (NICOT et al., 1984).

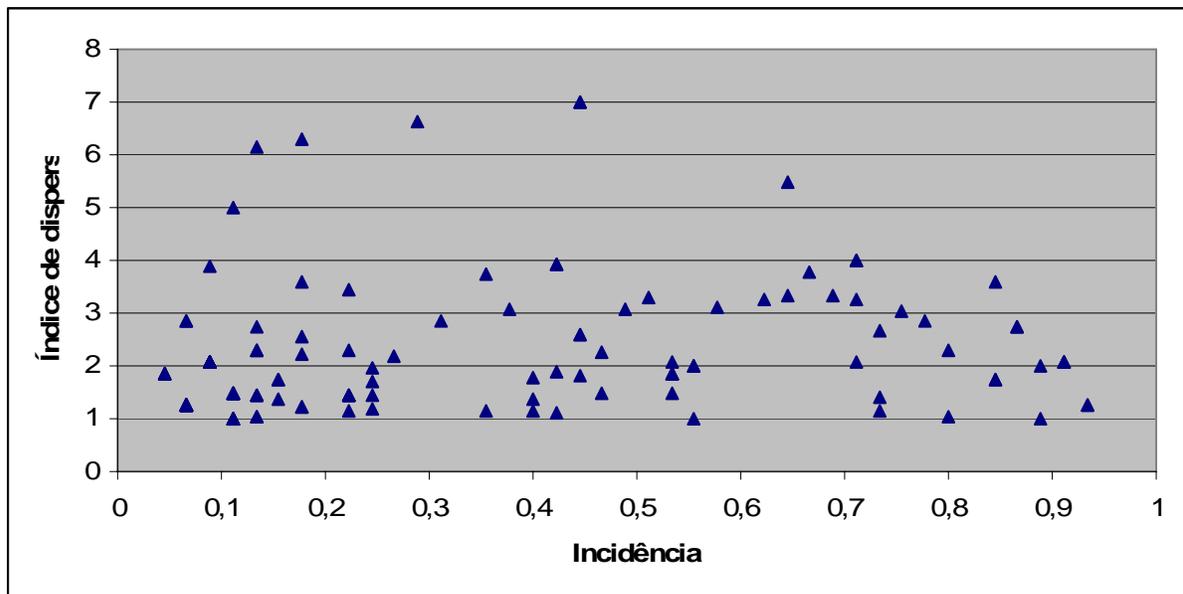


Figura 22. Índice de dispersão binomial da ferrugem do eucalipto, baseado na incidência da doença em campo. *Quadrats* de 3x3.

Com base na Figura 22, os valores de índice de dispersão binomial sugerem uma estrutura espacial de agregação, com 94,78% dos valores superiores a 1, independentemente do valor da incidência, apesar de haver uma tendência à agregação com incidência até os 50%, tendo como ID limite de 7, aos 44% de incidência.

A aplicação da Lei de Taylor ($\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$) aos dados espaciais da ferrugem do eucalipto assemelha-se à hipótese proposta por Bergamin Filho et al. (2000), na qual aponta a diferença estatística de A e b com o parâmetro 1. No caso da ferrugem do eucalipto, estabeleceram-se os coeficientes A e b de acordo com os dados de V_{obs} e V_{bin} , sendo respectivamente de 0,872 para A e 1,3271 para b , com um coeficiente de determinação de 0,7206. O valor de A foi estatisticamente igual a 1 quando da aplicação do teste t ($P < 0,05$ e $P < 0,01$). Entretanto, para o valor de b , sendo este o coeficiente angular e , de fato, o mais representativo, demonstrou-se estatisticamente diferente de 1. Segundo Madden e Hughes (1995), se $b > 1$, o $\log(V_{obs})$ aumenta com o $\log(V_{bin})$ a uma taxa maior que V_{bin} , isto é, D varia com mudanças na incidência. Neste contexto, b é considerado um índice de agregação, embora a interpretação do valor de b nunca deva ser separada do valor de A .

Com isto, segregou-se o padrão espacial da doença de acordo com a Lei de Taylor e conforme proposto por Bergamin Filho et al. (2000) (Figura 23). Com base na Figura 23, verifica-se que de um modo geral a ferrugem apresentou um padrão espacial agregado, com pontos inseridos acima da linha binomial (amarela), diferentemente do encontrado por Bergamin Filho et al. (2000), com pontos encontrados abaixo, sobre e acima da linha binomial.

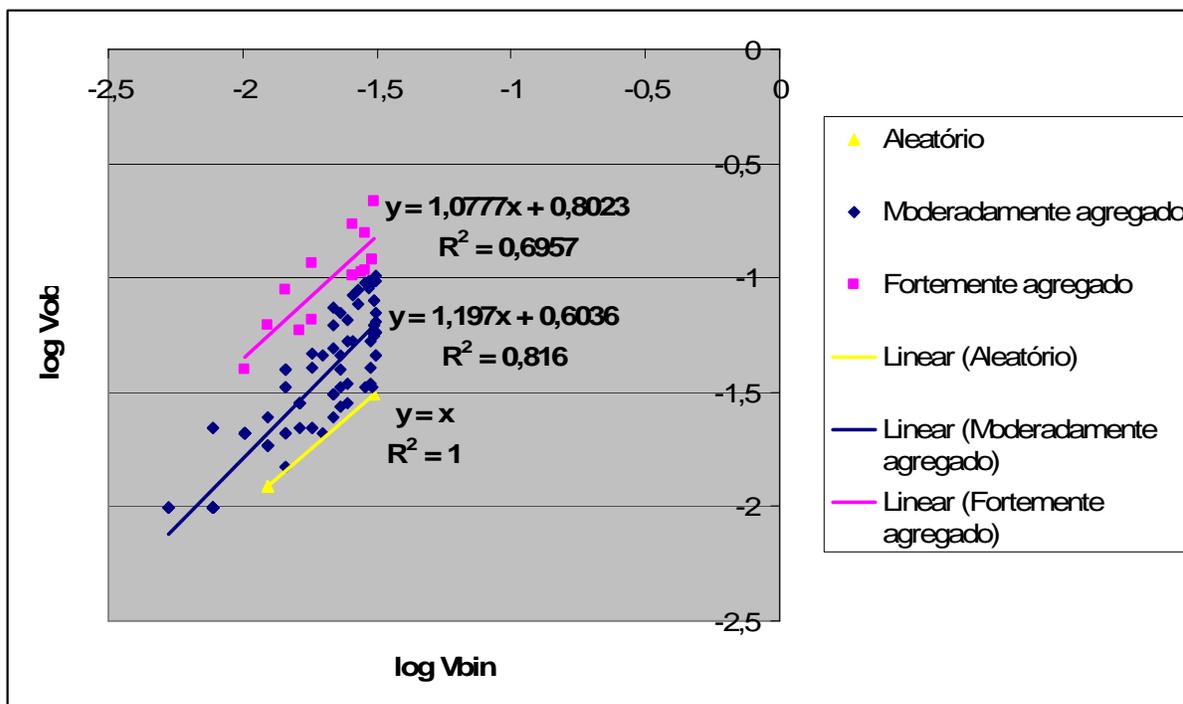


Figura 23. Relação entre logaritmos das variâncias observadas (Vobs) e binomial (Vbin) da incidência de ferrugem do eucalipto. *Quadrats* de 3x3. Linhas de coloração azul e rosa representam a equação $\log(Vobs) = \log(A) + b \log(Vbin)$ ajustada aos dados para cada situação (azul – $1 < D < 3,5$) (rosa $D > 3,5$); Linha amarela representa a linha binomial ($Vobs = Vbin$) ($D = 1$).

Bergamin Filho et al. (2000), estudando cancro cítrico, na análise conjunta de diversos pomares, obtiveram $b = 1,21$ e $A = 9,95$, com $R^2 = 0,95$. Tanto b quanto A diferiram estatisticamente de 1, mostrando que o cancro cítrico, de modo geral, tem padrão espacial agregado, o que não causa surpresa. No entanto, verificaram algo incomum na análise espacial de epidemias: há pomares com padrão espacial ao acaso (pontos sobre a linha binomial), pomares com padrão espacial altamente agregado (pontos bem acima da linha binomial) e pomares com padrão espacial moderadamente agregado (pontos pouco acima da linha binomial) em praticamente toda a gama de incidências da doença, como se o cancro fosse produto de diferentes mecanismos de dispersão, cada um deles capaz de produzir seu próprio padrão espacial característico. Estes autores ajustaram três linhas de regressão aos dados para pomares agrupados de acordo com índice de dispersão D ($D = 1$; $1 < D < 3,5$; $D >$

3,5): ao acaso ($b = 0,99$; $A = 1,04$; $R^2 = 0,99$), moderadamente agregado ($b = 1,05$; $A = 3,19$; $R^2 = 0,95$) e fortemente agregado ($b = 1,04$; $A = 5,52$; $R^2 = 0,99$). Esses três grupos, de acordo com a interpretação de Bergamin Filho et al. (2000), são pouco influenciados pela incidência de cancro no pomar e estão ligados aos três processos de dispersão predominantes: I) sem o minador (fortemente agregado), II) com o minador (moderadamente agregado) e III) com o minador e alto potencial de inóculo nas proximidades (ao acaso).

Para a análise dos dados de ferrugem clone a clone, foram estabelecidos os coeficientes A e b , sendo estes estandardizados em função das amostras encontrarem-se em diferentes localidades e condições. A partir da análise de regressão, dividiu-se cada coeficiente pelo seu correspondente erro padrão estabelecido em cada material clonal, sendo o valor do Teste t de fato. Segundo Bergamin Filho et al. (2004), quando a Lei de Taylor for usada para comparar diferentes doenças ou uma mesma doença em diferentes condições, cuidado deverá ser tomado para que as amostragens sejam feitas considerando-se gama semelhante de intensidades de doença, caso contrário, resultados errôneos poderão ser obtidos. Nesse ínterim, observou-se que todos os materiais clonais apresentaram coeficientes estatisticamente superiores a 1, indicando padrão espacial da doença agregado no campo. Da mesma forma, foram estabelecidos os coeficientes para análise das regiões de plantio, indicando o mesmo padrão (agregado), sendo apenas o intercepto (A) da região Oeste inferior a 1, apontando, parcialmente, padrão ao acaso. De um modo geral, verificou-se um padrão agregado da doença no campo, através dos valores de b superiores a 1, sendo esta agregação função da incidência.

A interpretação dos resultados sugere que a ferrugem do eucalipto é causada por um agente biótico, com alto poder infectivo quando do plantio com materiais suscetíveis no campo, e de rápida e eficaz disseminação, infectando plantas sadias em diferentes direções, sendo preferencialmente no sentido da linha de plantio. A doença exibe um padrão de agregação desde baixos valores de incidência no campo, com tendência ascendente em função do tempo e do aumento da incidência.

4.2.5 Teste de *run* e *doublets*

A Tabela 30 apresenta os valores de *runs* e *doublets* em cada critério (ao acaso e agregado), neste caso, por clone em todas as regiões de plantio.

Tabela 30. Número de *runs* e *doublets* ao acaso e agregados, relação *doublets* ao acaso e agregado e incidência para cada clone em cada avaliação.

| Avaliação | Clone | Runs Ao Acaso | Runs Agregados | Doublets ao Acaso | Doublets Agregados | Relação Doublets Ao acaso/Agregado | Incidência (%) |
|-----------|-------|---------------|----------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|
| 2 | 1 | 12 | 0 | 8 | 4 | 2,00 | 1,11 |
| 3 | 1 | 11 | 1 | 6 | 6 | 1,00 | 15,22 |
| 4 | 1 | 6 | 6 | 5 | 7 | 0,71 | 3,67 |
| 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2,00 | 0,56 |
| 2 | 2 | 21 | 0 | 13 | 8 | 1,63 | 1,89 |
| 3 | 2 | 29 | 1 | 23 | 7 | 3,29 | 2,55 |
| 4 | 2 | 6 | 0 | 3 | 3 | 1,00 | 0,33 |
| 5 | 2 | 9 | 0 | 3 | 6 | 0,50 | 0,67 |
| 6 | 2 | 9 | 0 | 3 | 6 | 0,50 | 0,67 |
| 1 | 3 | 44 | 1 | 29 | 16 | 1,81 | 15,33 |
| 2 | 3 | 50 | 7 | 31 | 26 | 1,19 | 45,33 |
| 3 | 3 | 50 | 4 | 23 | 31 | 0,74 | 60,78 |
| 4 | 3 | 46 | 11 | 13 | 44 | 0,30 | 68,00 |
| 5 | 3 | 42 | 0 | 25 | 17 | 1,47 | 18,89 |
| 6 | 3 | 42 | 0 | 25 | 17 | 1,47 | 18,89 |
| 1 | 4 | 21 | 0 | 11 | 10 | 1,10 | 2,00 |
| 2 | 4 | 32 | 1 | 18 | 15 | 1,20 | 3,33 |
| 3 | 4 | 27 | 3 | 18 | 12 | 1,50 | 5,33 |
| 4 | 4 | 6 | 0 | 3 | 3 | 1,00 | 0,33 |
| 5 | 4 | 9 | 0 | 6 | 3 | 2,00 | 4,67 |
| 6 | 4 | 9 | 0 | 6 | 3 | 2,00 | 0,33 |
| 1 | 5 | 6 | 0 | 3 | 3 | 1,00 | 0,33 |
| 2 | 5 | 12 | 0 | 6 | 6 | 1,00 | 0,78 |
| 3 | 5 | 38 | 1 | 25 | 14 | 1,79 | 5,33 |
| 4 | 5 | 12 | 0 | 8 | 4 | 2,00 | 0,44 |
| 5 | 5 | 6 | 0 | 3 | 3 | 1,00 | 0,33 |
| 6 | 5 | 6 | 0 | 3 | 3 | 1,00 | 0,33 |
| 1 | 6 | 6 | 0 | 4 | 2 | 2,00 | 0,22 |
| 2 | 6 | 8 | 1 | 6 | 3 | 2,00 | 0,44 |
| 3 | 6 | 24 | 0 | 18 | 6 | 3,00 | 1,78 |
| 4 | 6 | 9 | 0 | 6 | 3 | 2,00 | 1,00 |
| 5 | 6 | 21 | 0 | 12 | 9 | 1,33 | 1,22 |
| 6 | 6 | 21 | 0 | 12 | 9 | 1,33 | 1,22 |
| 1 | 7 | 45 | 0 | 32 | 13 | 2,46 | 15,00 |
| 2 | 7 | 53 | 1 | 36 | 18 | 2,00 | 28,89 |
| 3 | 7 | 54 | 3 | 33 | 24 | 1,38 | 47,44 |
| 4 | 7 | 44 | 4 | 23 | 25 | 0,92 | 33,00 |
| 5 | 7 | 36 | 0 | 27 | 9 | 3,00 | 9,78 |
| 6 | 7 | 36 | 0 | 27 | 9 | 3,00 | 14,11 |
| 1 | 8 | 21 | 0 | 15 | 6 | 2,50 | 1,44 |
| 2 | 8 | 35 | 1 | 26 | 10 | 2,60 | 10,33 |
| 3 | 8 | 36 | 0 | 23 | 13 | 1,77 | 14,11 |
| 4 | 8 | 15 | 0 | 9 | 6 | 1,50 | 4,67 |
| 5 | 8 | 30 | 0 | 15 | 15 | 1,00 | 2,11 |
| 6 | 8 | 30 | 0 | 15 | 15 | 1,00 | 1,89 |

Com base na Tabela 30, verifica-se que o número de *runs* ao acaso observados é substancialmente superior ao número de *runs* agregados, ou seja, o número observado de *runs* é maior que o número esperado, obtido conjuntamente com valores de $Z_r > 1,64$. O aumento do número de *runs* agregados acontece somente quando da evolução da incidência da doença no tempo, observado apenas no período abrangente da segunda à quarta avaliação (junho a agosto).

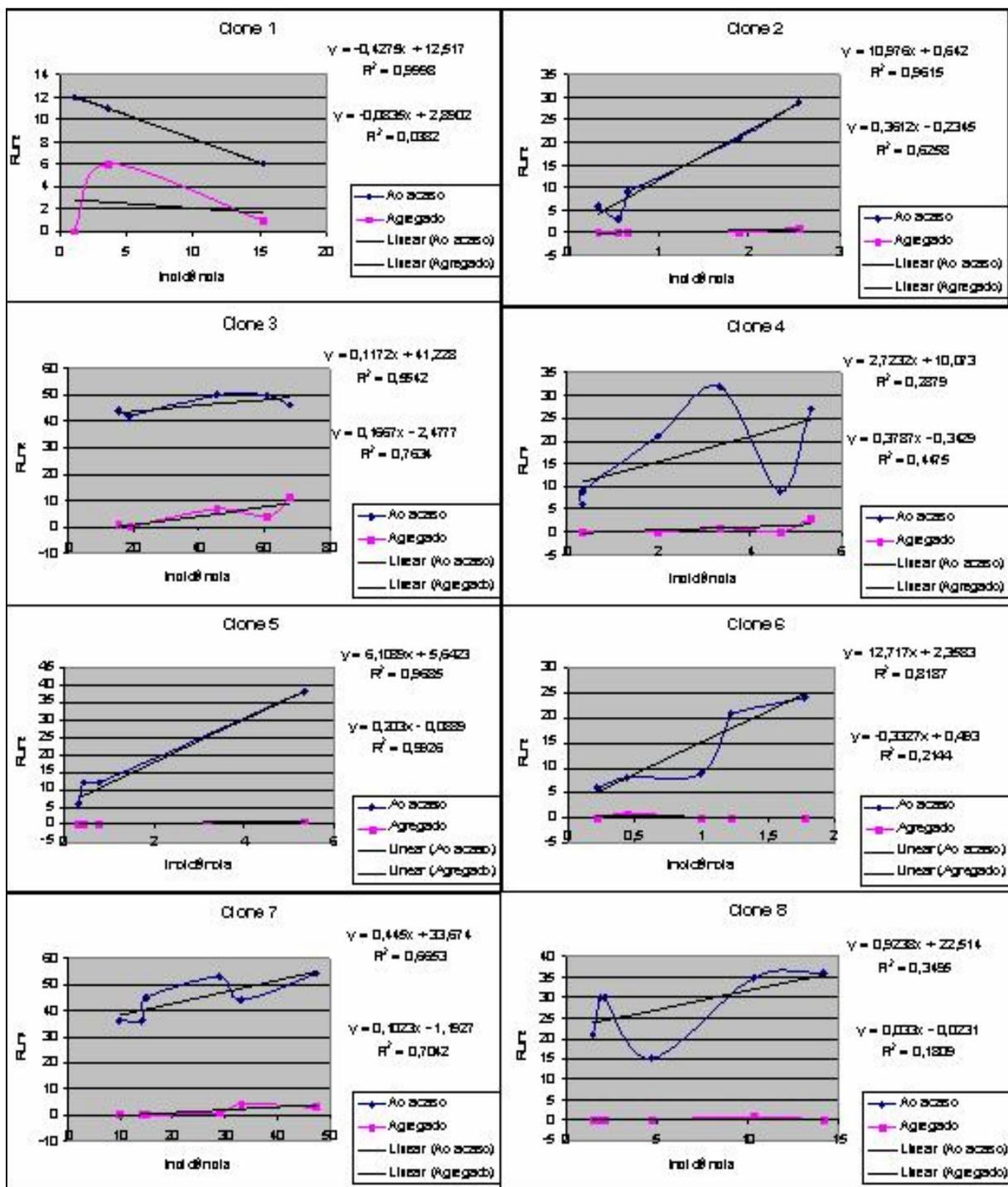


Figura 24. Relação entre número de *runs* ao acaso e agregados em função da incidência de ferrugem no campo.

Realizou-se uma análise de runs clone a clone, relacionando os valores do número de *runs* ao acaso e agregados em função da incidência, objetivando obter qual a maior relação existente. De acordo com a Figura 24, verificou-se que os clones 1, 2, 6 e 8 apresentaram maior correlação entre o número de runs ao acaso em função da incidência, assumindo valores de coeficiente de determinação respectivamente de 0,9998, 0,9615, 0,8187 e 0,3495. Ressalta-se que para a presente explanação, os dados de incidência foram plotados crescentemente. Isso indica que para estes materiais a ferrugem está mais distribuída ao acaso na linha de plantio, sendo os valores observados de runs maiores que os valores esperados, em detrimento da ascensão da incidência da doença no campo. Em contrapartida, os materiais 3, 4, 5 e 7 apresentaram maior correlação entre o número de runs agregados em detrimento da incidência, adquirindo valores de R^2 respectivamente de 0,7634, 0,4475, 0,9926 e 0,7042. Isso indica um aumento do número de runs agregados com o aumento da incidência da doença, apontando para uma disseminação do patógeno planta a planta na linha de plantio, onde plantas doentes devem estar agregadas. Para análise conjunta dos dados, realizou-se uma análise de regressão para cada tipo de run em função da incidência, para o total de dados observados. Obteve-se R^2 de 0,5553 para runs ao acaso *versus* incidência e 0,5826 para runs agregados *versus* incidência, com N de 45 observações, comprovando a maior relação entre agregação e incidência de ferrugem no campo.

Para o número de *doublets*, isto é, duas plantas doentes adjacentes, utilizou-se a mesma gama de informações. Segundo Bergamin Filho et al. (2004), *doublets* são utilizados como critério de decisão. Com base na Tabela 30, verifica-se que de um modo geral o número de *doublets* ao acaso foi superior ao número de *doublets* agregados, com algumas exceções. Essa observação pode ser visualizada na razão entre número de *doublets* ao acaso e agregados (Tabela 30). Isso indica que na maioria dos valores observados, estes obtiveram $Z_d < 1,64$, sendo estes valores observados menores que os esperados sob a hipótese de aleatoriedade.

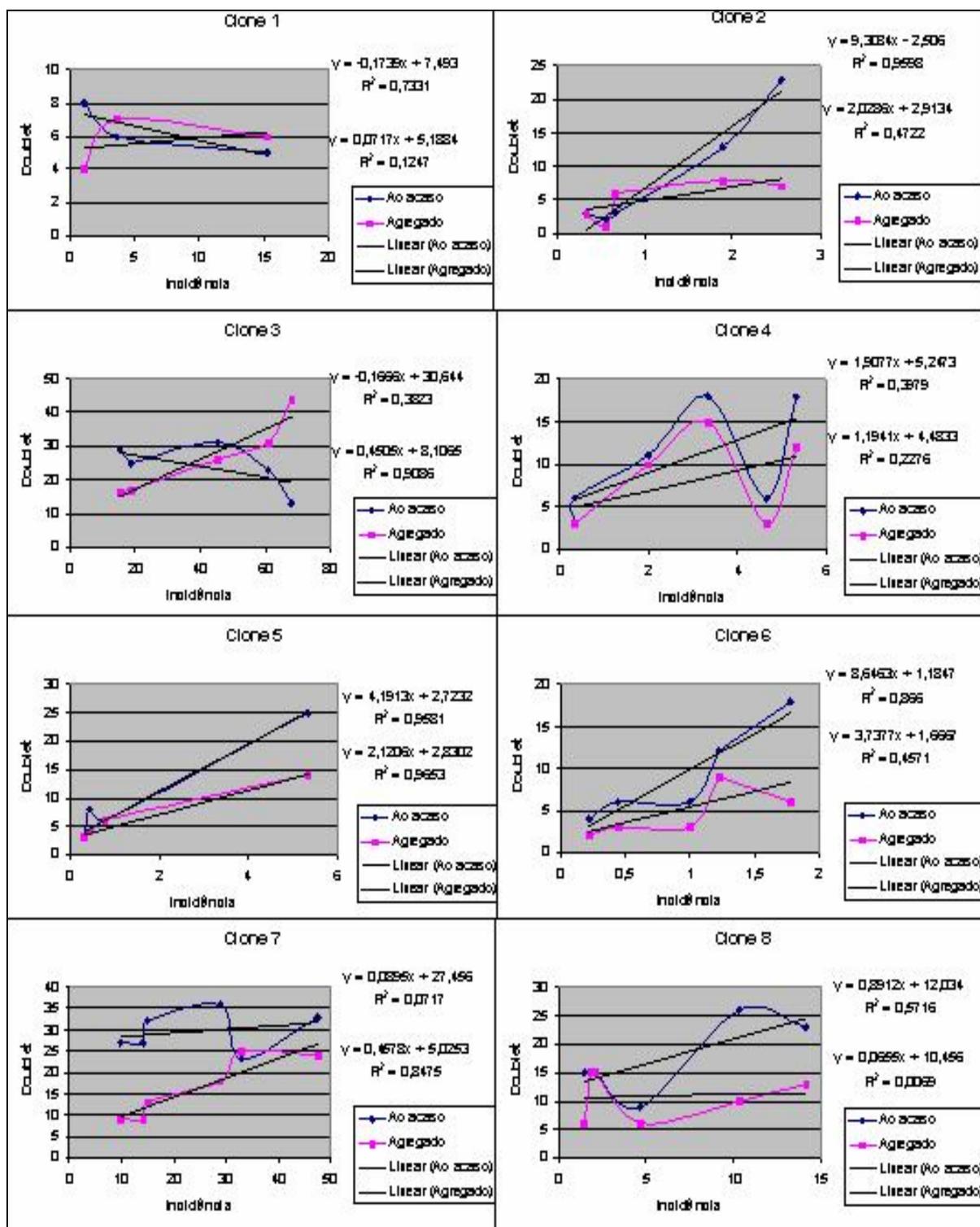


Figura 25. Relação entre número de *doublets* ao acaso e agregados em função da incidência de ferrugem no campo.

De acordo com a Figura 25, observa-se que os materiais clonais 1, 2, 4, 6 e 8 apresentaram maior correlação entre o número de *doublets* ao acaso em função da incidência, apresentando valores de R^2 de 0,7331, 0,9598, 0,3979, 0,866 e 0,5716 respectivamente. Em contrapartida, os materiais 3, 5 e 7 apresentaram maior correlação entre o número de *doublets* agregados em função da incidência, com valores de R^2 respectivamente de 0,9086, 0,9653 e 0,8475. Ressalta-se que esta maior relação foi estabelecida nos materiais 3 e 7, tido como os mais suscetíveis, com evolução do número de *doublets* agregados com o aumento da incidência da doença. Na análise conjunta dos dados dos clones, verificou-se que a relação *doublets* agregados *versus* incidência foi superior à de *doublets* ao acaso, com R^2 respectivamente de 0,8272 e 0,3058. Neste caso, os valores observados maiores que os esperados, com valores de $Z_d > 1,64$ ($P=0,05$), indicam que a disseminação da doença é fato, com formação de novos focos, bem como evolução dos focos estabelecidos (agregação). Apesar de Bergamin Filho et al. (2004), considerar *doublets* como critério de decisão, Madden et al. (1982) consideram superior a análise de *runs*. Todavia, há de se considerar que o tamanho das linhas analisadas contemplaram 15 plantas espaçadas de 3 metros. Bergamin Filho et al. (2004) sugere que para parcelas experimentais com muitas linhas de plantio, tais linhas sejam combinadas para formar uma linha maior. Ainda segundo estes autores, deve-se levar em conta a transição entre diferentes linhas, sendo que, um par de plantas doentes não deverá ser contado como um *doublet* se as plantas doentes estiverem em linhas adjacentes. O presente estudo para a ferrugem do eucalipto contemplou esta observação, sendo as análises realizadas apenas para cada linha.

Na análise comparativa de regiões de plantio, considerando os materiais clonais como um todo, observou-se que, igualmente aos materiais clonais, o número de *runs* ao acaso foi superior ao número de *runs* agregados e, em grande maioria, o número de *doublets* ao acaso também foi superior ao número de *doublets* agregados (Tabela 31). Isso indica a formação recorrente de novos focos de doença, sugerindo pleno estabelecimento da mesma em condições de campo, tendo em vista a eficiente disseminação e infecção em plantas sadias.

Tabela 31. Número de *runs* e *doublets* ao acaso e agregados, relação *doublets* ao acaso e agregado e incidência para cada região nas seis avaliações.

| Região | Runs Ao Acaso | Runs Agregados | Doublets ao Acaso | Doublets Agregados | Relação Doublets Ao acaso/Agregado | Incidência (%) |
|-----------|---------------|----------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|
| Central A | 23 | 1 | 18 | 6 | 3,00 | 1,32 |
| Central A | 38 | 4 | 21 | 21 | 1,00 | 9,17 |
| Central A | 59 | 4 | 35 | 28 | 1,25 | 18,12 |
| Central A | 26 | 7 | 14 | 19 | 0,74 | 9,17 |
| Central A | 12 | 0 | 7 | 5 | 1,40 | 0,49 |
| Central A | 12 | 0 | 7 | 5 | 1,40 | 0,49 |
| Central B | 27 | 0 | 17 | 10 | 1,70 | 1,81 |
| Central B | 62 | 4 | 36 | 30 | 1,20 | 13,40 |
| Central B | 76 | 2 | 46 | 32 | 1,44 | 37,29 |
| Central B | 45 | 9 | 23 | 31 | 0,74 | 21,46 |
| Central B | 39 | 0 | 23 | 16 | 1,44 | 2,43 |
| Central B | 39 | 0 | 23 | 16 | 1,44 | 2,43 |
| Norte | 45 | 0 | 28 | 17 | 1,65 | 13,12 |
| Norte | 62 | 1 | 45 | 18 | 2,50 | 24,30 |
| Norte | 66 | 3 | 42 | 27 | 1,56 | 28,61 |
| Norte | 21 | 0 | 3 | 18 | 0,17 | 21,53 |
| Norte | 54 | 0 | 30 | 24 | 1,25 | 17,71 |
| Norte | 54 | 0 | 30 | 24 | 1,25 | 17,71 |
| Oeste | 24 | 0 | 16 | 8 | 2,00 | 2,99 |
| Oeste | 17 | 1 | 13 | 5 | 2,60 | 3,68 |
| Oeste | 26 | 1 | 19 | 8 | 2,38 | 4,58 |
| Oeste | 25 | 2 | 13 | 14 | 0,93 | 10,97 |
| Oeste | 15 | 0 | 10 | 5 | 2,00 | 0,76 |
| Oeste | 15 | 0 | 10 | 5 | 2,00 | 0,76 |
| Sul | 27 | 0 | 17 | 10 | 1,70 | 2,57 |
| Sul | 44 | 1 | 29 | 16 | 1,81 | 7,01 |
| Sul | 42 | 3 | 27 | 18 | 1,50 | 6,74 |
| Sul | 27 | 3 | 17 | 13 | 1,31 | 6,53 |
| Sul | 33 | 0 | 21 | 12 | 1,75 | 2,15 |
| Sul | 33 | 0 | 21 | 12 | 1,75 | 2,01 |

Os valores de R^2 obtidos para a relação *runs* ao acaso *versus* incidência foram: 0,905, 0,8557, 0,0493, 0,3317 e 0,4277, respectivamente para as regiões Central A, Central B, Norte, Oeste e Sul, sendo o R^2 geral das 30 observações de 0,6297. Para a relação *runs* agregados e incidência, os valores de R^2 foram: 0,5203, 0,2171, 0,7802, 0,9978 e 0,2894 respectivamente para as mesmas regiões, gerando um valor de R^2 geral de 0,1401. Isso indica que com o aumento da incidência, as regiões que apresentaram padrão de agregação da doença na linha de plantio foram Norte e Oeste, sendo estas consideradas regiões

de maior favorabilidade ao patógeno. Padrão ao acaso em função da incidência, apresentaram as regiões Central A, Central B e Sul. Na análise de *doublets*, verificou-se que todas as regiões apresentaram padrão de agregação quando do aumento da incidência, sendo os coeficientes de determinação respectivamente de 0,9625, 0,7936, 0,0904, 0,6246 e 0,5329 para as regiões Central A, Central B, Norte, Oeste e Sul, sendo o R^2 geral de 0,6841. Na análise *doublets* ao acaso *versus* incidência, os valores obtidos de R^2 foram respectivamente: 0,7823, 0,7936, 0,0521, 0,0879 e 0,4546, com um R^2 geral de 0,4819. Em suma, o padrão de agregação foi pouco observado em termos numéricos, entretanto, apresentou maior relação com a incidência da doença no campo, condizendo com os estudos anteriores.

Em estudos epidemiológicos de ferrugem em plantios irrigados no Estado de São Paulo, em três períodos distintivos (junho de 2003, março de 2004 e junho de 2004), Santos (2006) obteve padrão ao acaso em uma parcela, nas duas primeiras avaliações (junho de 2003 e março de 2004) e agregado na última (junho de 2004). Em outra parcela, o padrão encontrado foi ao acaso para a primeira avaliação (junho de 2003) e agregado nas duas últimas (março de 2004 e junho de 2004).

Os testes de *runs* e *doublets* apresentaram bons resultados do ponto de vista epidemiológico, confirmando o eficiente modo de dispersão do patógeno via vento, bem como de seu potencial infectivo em nível de campo, ocorrendo tanto em plantas sadias com formação de novos focos casualizados, quanto, principalmente, em plantas doentes adjacentes, acarretando em um padrão de agregação da doença no campo.

A análise epidemiológica da ferrugem do eucalipto, a partir de dados binários, consiste em uma importante ferramenta para a compreensão da epidemia em nível de campo, fornecendo subsídios para entendimento dos mecanismos de dispersão do patógeno a partir de uma fonte de inóculo. O êxito na epidemia exige do patógeno a eficiência nos mecanismos de dispersão, atrelada à infecção bem sucedida e recorrente, como no caso de doenças policíclicas como a ferrugem. O mecanismo de sobrevivência do patógeno tem como quesito a infecção bem sucedida e condições climáticas favoráveis para que exista a esporulação, permitindo que pústulas urediniais estejam facilmente expostas às vias de dispersão, neste caso, o vento. Quando deste patossistema admitido, o patógeno necessita que este agente de dispersão seja eficiente sob dois diferentes critérios: dispersão a curtas distâncias para que haja infecção e colonização em áreas já infestadas, permitindo a

superposição de ciclos de infecção através de infecções recorrentes, e dispersão a longas distâncias para que o patógeno possa infectar plantas saudáveis e ampliar seu espectro de ação, garantindo o mecanismo de sobrevivência e reprodução em um diferente espaço físico. No contexto epidemiológico, isso permitiria a continuidade espacial da doença, aliada à infecção e reprodução do patógeno em diferentes hospedeiros pertencentes à família Myrtaceae. No entanto, a ausência de fatores climáticos continuamente ao longo do ano impede que este estabelecimento aconteça, sendo esta caracterização epidêmica tida como intermitente. Com isso, cabe ao fungo exercer pequenas modificações para adaptar-se aos diferentes hospedeiros, considerando basicamente as fases uredinial e telial no Brasil, modificações estas que alteram o potencial infectivo e reprodutivo do fungo Basidiomycota *Puccinia psidii*. Essas atribuições naturais, estrategicamente exercidas pelo patógeno em determinado hospedeiro, sob determinada condição ambiental, consistem na raça fisiológica. Esta pode ser responsável, em partes, pela variabilidade do patógeno no ambiente, sendo ainda, em uma análise mais ampla, pelo seu ciclo de vida no Brasil.

4.3 Estimativa de dano ocasionado pela ferrugem do eucalipto

De acordo com as parcelas de análise dano instaladas no campo, os resultados foram obtidos e serão apresentados quanto à altura das plantas, em metros, e volume de madeira, em metros cúbicos, de acordo com o período de aferições de medidas realizadas, contemplando a idade das plantas de 6, 10, 16 e 19 meses. A explanação dos resultados de altura será completa, ou seja, para as quatro aferições e, da análise volumétrica, apenas para as duas últimas avaliações (16 e 19 meses), tendo em vista aferições de DAP só terem sido realizadas nessas avaliações, permitindo o cálculo de volume individual das plantas.

Referente à altura média das plantas, verificou-se que na região Central A, na parcela instalada no projeto Pau Brasil, talhão 23, plantas com nível 2 de severidade apresentaram um maior incremento médio em altura com relação às plantas com nível 1. Da primeira para a segunda avaliação (6 para 10 meses), plantas nível 1 apresentaram 131,81% de incremento médio em altura e, plantas nível 2, 150,30%. Da segunda para a terceira avaliação (10 para 16 meses), os incrementos foram de 77,99% e 81,93%

respectivamente para nível 1 e 2. Da terceira para a quarta avaliação (16 para 19 meses), os incrementos em altura foram de 23,03% e 19,21% respectivamente para nível 1 e 2. Na média destes incrementos, observou-se um valor de 77,61% de incremento em altura para plantas nível 1 e, de 83,81% de incremento para plantas nível 2. Teoricamente, plantas nível 2 apresentariam um menor crescimento em função do tempo, porém, observou-se o contrário do esperado, para esta situação. A Figura 26 apresenta os valores absolutos de altura média em cada avaliação, para cada nível de severidade. O modelo de crescimento em altura que mais se ajustou foi o quadrático. Para plantas com nível 1, a equação para estimativa de altura em função do tempo foi $y = -0,0019x^2 + 0,6203x - 1,7938$, com R^2 de 0,9502 e, para plantas nível 2, $y = -0,0071x^2 + 0,7435x - 2,5562$, com R^2 de 0,9406; onde y = altura das plantas em metros e x = tempo em meses. Ademais, verificou-se que a variação na altura de plantas foi maior quando do aumento do tempo, em meses, e em plantas com maior nível de severidade (nível 2), conforme a Figura 26.

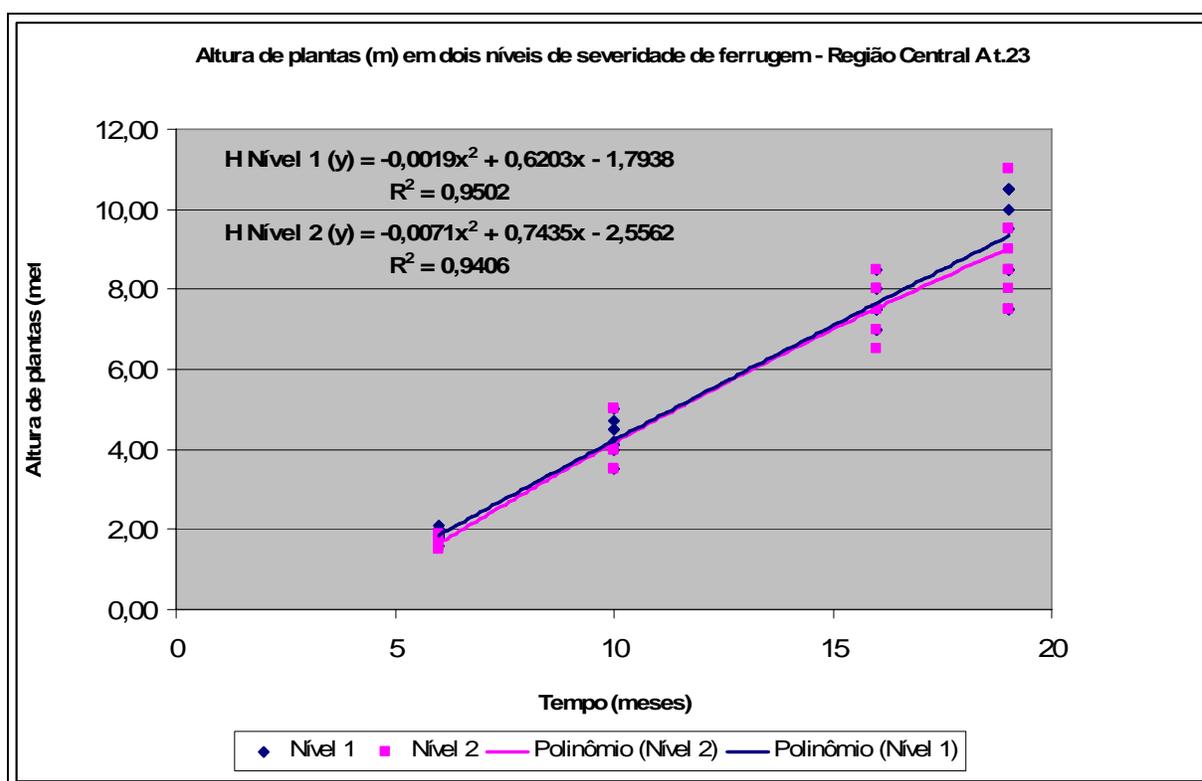


Figura 26. Altura média de plantas em dois diferentes níveis de severidade, em quatro aferições de medidas (6, 10, 16 e 19 meses de idade das plantas). Região Central A, Pau Brasil talhão 23.

Referente à parcela instalada na região Central A, projeto Pau Brasil, talhão 21, verificou-se que o incremento em altura de plantas foi o maior para o nível 3 de severidade (155,80%), da primeira para a segunda avaliação (6 para 10 meses), quando comparado aos níveis 1 e 2 (109,91% e 149,36% respectivamente). Da segunda para a terceira avaliação (10 para 16 meses) ocorreu o inverso, assumindo o menor incremento percentual em altura e, da terceira para a quarta avaliação (16 para 19 meses), plantas nível 3 apresentaram novamente o maior incremento médio percentual (14,84%) (Tabela 32). Ao contrário do esperado, na média dos incrementos no período, observou-se que plantas nível 2 e 3 apresentaram maiores valores com relação ao incremento de plantas nível 1, conforme a Tabela 32. Isso demonstra que não houve diferença significativa no desenvolvimento das plantas quanto à altura, em termos percentuais. Porém, os dados devem ser analisados absolutos pelo fato de plantas mais atacadas aparentemente já apresentarem menor altura. Acredita-se que o ataque do patógeno em maiores intensidades possa ter promovido estímulo aos mecanismos de defesa das plantas, fazendo com que houvesse um “estiolamento” das plantas no campo. Contudo, é sabido que há o aumento de metabólitos secundários produzidos pela planta, quando do severo ataque de um agente patogênico. Isso acarretaria em um possível aumento dos teores de lignina na planta, pouco viáveis e prejudiciais no processo de produção de celulose, devendo haver estudos deste gênero.

Tabela 32. Incremento médio percentual na altura de plantas para três níveis de severidade de ferrugem. 1 para 2 representa primeira para segunda avaliação (6 para 10 meses). 2 para 3 representa 10 para 16 meses, 3 para 4 representa 16 para 19 meses e, média dos incrementos percentuais no período. Região Central A.

| % crescimento em altura | | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------|-------|
| | 1 para 2 | 2 para 3 | 3 para 4 | Média |
| % Nível 1 | 109,91 | 90,98 | 13,19 | 71,36 |
| % Nível 2 | 149,36 | 83,46 | 14,08 | 82,30 |
| % Nível 3 | 155,80 | 75,82 | 14,84 | 82,16 |

Os dados brutos de altura média das plantas encontram-se na Figura 27. Para estimativa da altura média das plantas em cada nível de severidade, foram ajustados

modelos quadráticos, obtendo as seguintes equações: Altura de plantas com nível 1: $y = -0,0067x^2 + 0,671x - 2,0738$, com R^2 de 0,9551. Altura de plantas com nível 2: $y = -0,0116x^2 + 0,8015x - 2,8832$, com R^2 de 0,972. Altura de plantas com nível 3: $y = -0,012x^2 + 0,7595x - 2,7158$, com R^2 de 0,9001. Onde: y = altura das plantas em metros e x = tempo em meses. Com base na Figura 27, observa-se que com a evolução do tempo bem como dos níveis de severidade, a amplitude dos valores de altura aumenta. Quando da análise em larga escala, em nível de talhões comerciais de plantio, isso indica que plantas mais atacadas por ferrugem apresentam maior heterogeneidade no desenvolvimento, em função da dominância ocorrida nas porções terminais da planta, com comprometimento dos ramos e folhas novas. Isso gera um problema de ordem de qualidade de plantio, com altos índices percentuais de coeficiente de variação, sendo este, inversamente proporcional à qualidade de florestas de eucalipto e ponderante em grandes sistemas de produção.

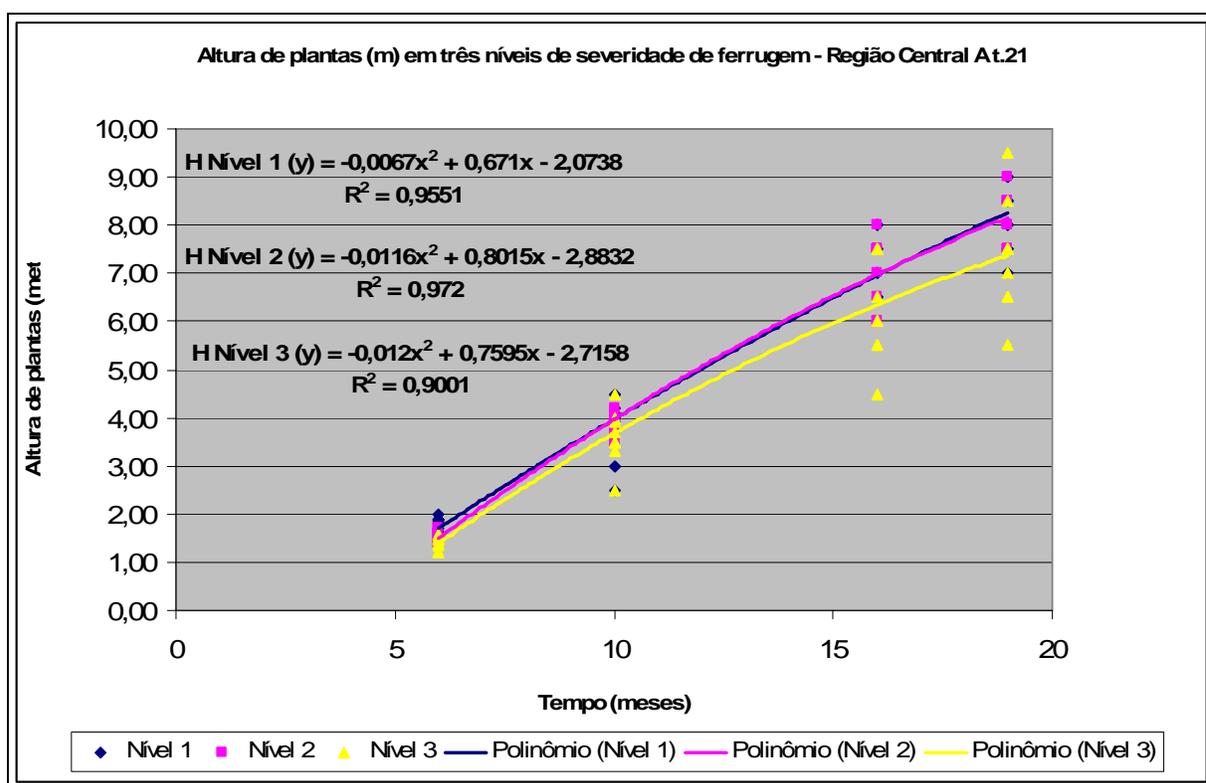


Figura 27. Altura média de plantas em três diferentes níveis de severidade, em quatro aferições de medidas (6, 10, 16 e 19 meses de idade das plantas). Região Central A, Pau Brasil talhão 21.

Para a análise volumétrica de dano, tida como a mais importante do ponto de vista epidemiológico, realizou-se a consolidação dos dados da região Central A, tendo em vista serem parcelas muito próximas (talhões 21 e 23, projeto Pau Brasil). Ressalta-se que a análise volumétrica só foi possível para as avaliações 3 e 4 (16 e 19 meses). A Tabela 33 apresenta os valores médios de volume de madeira, em metros cúbicos, para cada nível de severidade de ferrugem na região Central A, com 16 e 19 meses de idade das plantas.

Tabela 33. Volume médio de madeira para três diferentes níveis de severidade de ferrugem, aos 16 e 19 meses, em metros cúbicos. Região Central A.

| Volume médio de madeira (m ³) | | |
|---|----------|----------|
| | 16 meses | 19 meses |
| Nível 1 | 0,013195 | 0,021863 |
| Nível 2 | 0,012128 | 0,018267 |
| Nível 3 | 0,009752 | 0,016719 |

Com base na Tabela 33, verifica-se que houve um incremento volumétrico de madeira, de 16 para 19 meses de 65,69%, 50,63% e 71,44% respectivamente para os níveis 1, 2 e 3 de severidade de ferrugem. Isso indica que houve um maior crescimento das árvores que classificaram-se como nível 3. Todavia, verifica-se que os valores volumétricos absolutos são extremamente inferiores quando comparados aos valores dos níveis 1 e 2 (Tabela 33). Com base nestes dados, realizou-se a análise de dano, expressa em percentual da diferença volumétrica entre diferentes níveis de severidade de ferrugem.

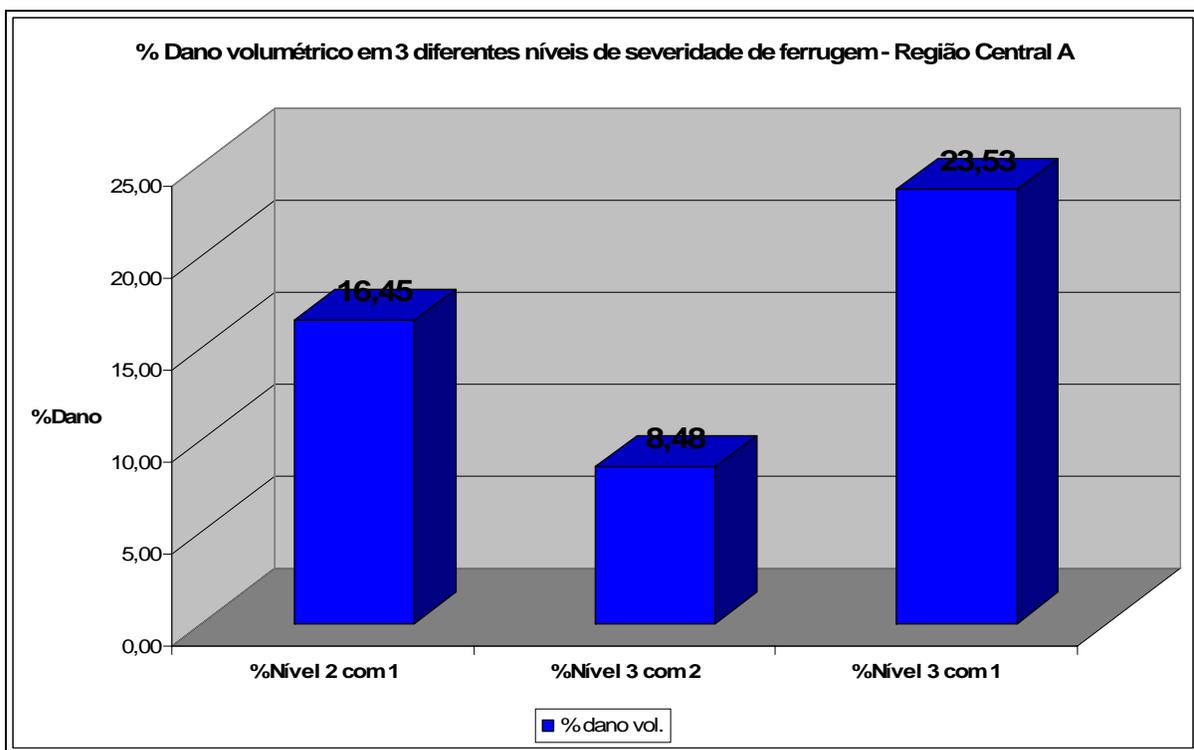


Figura 28. Dano percentual para três classes comparativas de severidade de ferrugem. Região Central A.

Para a análise de dano ocasionado pela ferrugem, foram comparados os volumes médios em cada classe de severidade, de maneira a hierarquizar as classes comparativas de maior dano. Desta forma, e tendo em vista que nenhuma das parcelas de dano obteve nível 0, ou seja, sem doença, realizou-se a comparação segregativa entre as possíveis combinações hierárquicas de dano, sendo: Nível 2 com Nível 1; Nível 3 com Nível 2; e Nível 3 com Nível 1. Neste contexto, observou-se um dano médio de 16,45% de plantas com nível 2 comparando-se ao nível 1, 8,48% de dano de plantas com nível 3 comparando-se ao nível 2 e, 23,53% de dano de plantas com nível 3 comparando-se ao nível 1, sendo este último, o dano máximo, de fato, observado na região Central A. Apesar das plantas apresentarem um maior incremento médio percentual em altura (Tabela 32), e um maior incremento médio percentual em volume de madeira (Tabela 33), para plantas que obtiveram nível 3 de severidade de ferrugem, observou-se um dano médio de 23,53% (Figura 28) nesta mesma severidade, indicando que há um agravante de dano quando do aumento da severidade de ferrugem no campo.

Para a estimativa volumétrica de madeira em função dos níveis de severidade da doença, realizou-se regressão linear simples entre o volume médio de madeira (eixo y) em cada nível de severidade (eixo x). Foram utilizados dados médios para a análise de regressão para estimativa de volume, pelo fato dos dados apresentarem alta amplitude, acarretando a não consistência dos modelos quando do uso dos dados amostrais absolutos. Modelos gerados a partir de valores médios podem ser utilizados, desde que se conheça os valores de estatística descritiva, com ênfase ao desvio padrão da amostra. A estatística descritiva de valores mínimos, médios, máximos, soma e desvio padrão dos volumes, para cada nível de severidade na região Central A, aos 16 e 19 meses de idade, encontram-se na Tabela 34.

Tabela 34. Estatística descritiva do volume de madeira para três diferentes níveis de severidade, aos 16 e 19 meses. Região Central A.

| | | Estatística descritiva do volume - metros cúbicos | | | | |
|---------|----------|---|----------|----------|----------|---------------|
| | | Mínimo | Média | Máximo | Soma | Desvio padrão |
| Nível 1 | 16 meses | 0,007044 | 0,013195 | 0,019031 | 0,263910 | 0,002936 |
| | 19 meses | 0,011470 | 0,021863 | 0,030558 | 0,437261 | 0,004704 |
| Nível 2 | 16 meses | 0,007044 | 0,012128 | 0,021124 | 0,242550 | 0,003419 |
| | 19 meses | 0,009635 | 0,018267 | 0,032208 | 0,365347 | 0,005477 |
| Nível 3 | 16 meses | 0,003363 | 0,009752 | 0,015933 | 0,097521 | 0,003927 |
| | 19 meses | 0,010284 | 0,016719 | 0,027289 | 0,167187 | 0,005468 |

Com base na Tabela 34, verifica-se que o desvio padrão das amostras para cada nível de severidade foi maior para os níveis 2 e 3, quando comparados ao nível 1. Isso indica que conforme a severidade aumenta, há uma redução no volume médio de madeira e um aumento no desvio padrão da amostra, ou seja, há maior dano nas plantas e maior heterogeneidade no plantio.

Foram obtidas duas equações de estimativa volumétrica, sendo uma para cada avaliação realizada (16 e 19 meses), considerando de maior representabilidade estimativa a que se refere ao maior período, ou seja, 19 meses. A equação obtida para os 16 meses foi: $y = -0,0017x + 0,0151$, com R^2 de 0,9541. Para os 19 meses de idade, a equação de estimativa volumétrica obtida foi: $y = -0,0026x + 0,0241$, com R^2 de 0,9499 (Figura 29), onde

y representa o volume de madeira, em metros cúbicos, e o x representa a severidade da doença, em nível médio.

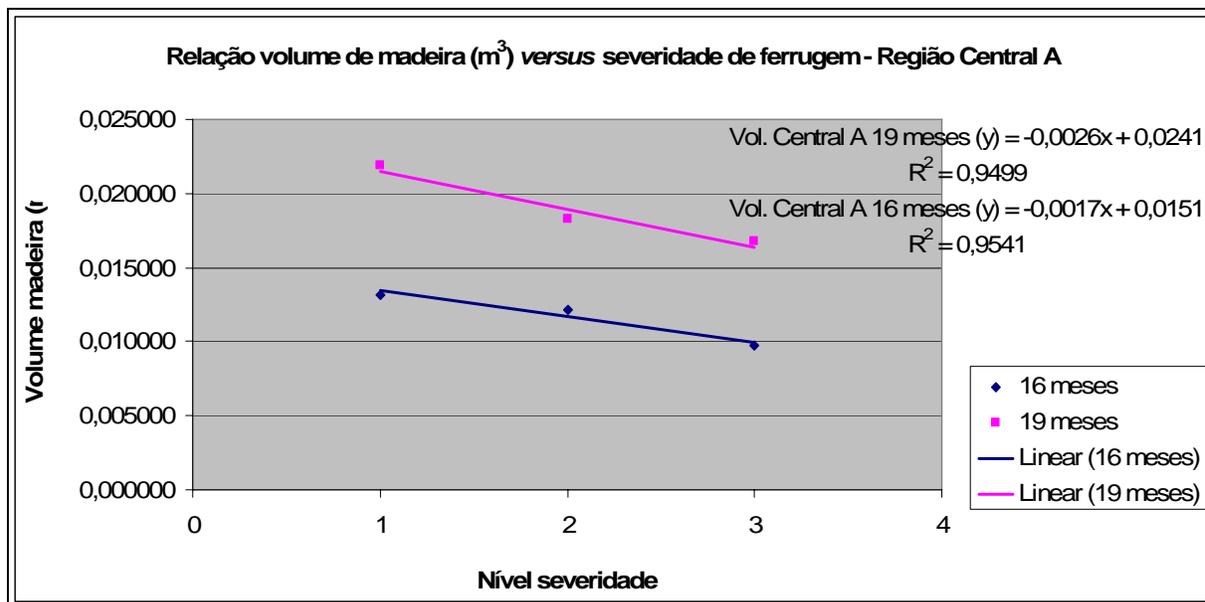


Figura 29. Estimativa de volume de madeira, em metros cúbicos, em função da severidade de ferrugem do eucalipto, para 16 e 19 meses de idade de plantas. Região Central A.

Verificou-se que o coeficiente angular (b) da equação obtida para estimativa volumétrica aos 19 meses de idade foi inferior ao da equação obtida para os 16 meses, indicando maior declividade descendente na reta em função do aumento da severidade de ferrugem. Em suma, quanto maior a severidade de ferrugem, menor o volume médio de madeira na região em questão.

Referente à Região Norte de plantio, cuja parcela de dano instalada no campo contemplou os níveis de severidade de 1 a 3, no projeto Tarumã, talhão 12, realizou-se a análise comparativa de altura e de volume de madeira. Verificou-se que o incremento em altura de plantas foi o maior para o nível 1 de severidade (190,87%), da primeira para a segunda avaliação (6 para 10 meses), quando comparado aos níveis 2 e 3 (172,08% e 183,77% respectivamente). Da segunda para a terceira avaliação (10 para 16 meses), verificou-se que o incremento médio das plantas nível 3 foi superior (119,56%). Da terceira para a quarta avaliação (16 para 19 meses), plantas nível 1 apresentaram novamente o maior incremento

médio percentual (36,84%) (Tabela 35). Ao contrário do ocorrido na região Central A, cujo incremento médio em altura das plantas foi maior para o nível 3 de severidade, a média dos incrementos no período foi superior para o nível 1 de severidade, ou seja, com menor intensidade da doença nas plantas, assumindo um valor de 115,01% (Tabela 35). Porém, os valores médios de incremento foram próximos entre nível 1 (115,01%) e nível 3 (112,87%).

Tabela 35. Incremento médio percentual na altura de plantas para três níveis de severidade de ferrugem. 1 para 2 representa primeira para segunda avaliação (6 para 10 meses). 2 para 3 representa 10 para 16 meses, 3 para 4 representa 16 para 19 meses e, média dos incrementos percentuais no período. Região Norte.

| % crescimento em altura | | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------|--------|
| | 1 para 2 | 2 para 3 | 3 para 4 | Média |
| % Nível 1 | 190,87 | 117,32 | 36,84 | 115,01 |
| % Nível 2 | 172,08 | 119,16 | 32,59 | 107,94 |
| % Nível 3 | 183,77 | 119,56 | 35,29 | 112,87 |

Os dados brutos de altura média das plantas estão apresentados na Figura 30. Para estimativa da altura média das plantas em cada nível de severidade, realizou-se a análise entre severidade da doença e altura das plantas, através de modelos quadráticos. Foram obtidas as seguintes equações: Altura de plantas com nível 1: $y = 0,0155x^2 + 0,2255x - 0,8246$, com R^2 de 0,9241. Altura de plantas com nível 2: $y = 0,0129x^2 + 0,2787x - 1,0019$, com R^2 de 0,9669. Altura de plantas com nível 3: $y = 0,0132x^2 + 0,2127x - 0,7783$, com R^2 de 0,957. Onde: y = altura das plantas em metros e x = tempo em meses. De acordo com as equações obtidas para estimativa de altura em função da severidade da doença, nas regiões Central A e Norte, é possível observar que o coeficiente b_0 na região Central A é negativo, e na região Norte positivo. Isso indica que as curvas dos modelos obtidas para a região Central A possuem forma convexa, tendendo à estabilidade em função do tempo. Em contrapartida, na região Norte, valores de b_0 positivos indicam que as curvas dos modelos possuem forma côncava, com aumento progressivo da altura em função do tempo. De certa forma, isso aponta para um maior incremento em altura observado na região Norte, tendendo à evolução exponencial. Ressalta-se que tais modelos gerados são limitados, devendo ser aplicados

apenas no âmbito de se obter estimativas de altura, e dentro da faixa de amplitude das idades analisadas, ou seja, de 6 a 19 meses.

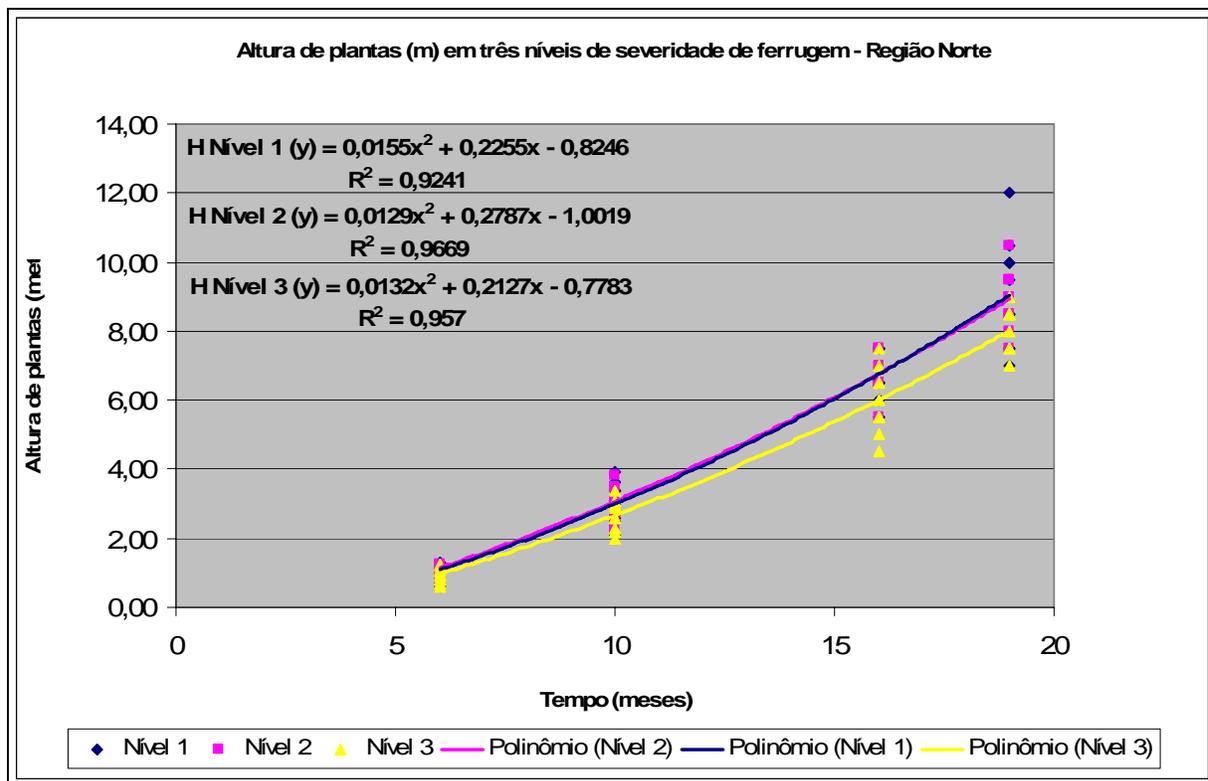


Figura 30. Altura média de plantas em três diferentes níveis de severidade, em quatro aferições de medidas (6, 10, 16 e 19 meses de idade das plantas). Região Norte.

Para a análise volumétrica de dano na região Norte, realizou-se a média dos dados obtidos de volume individual de plantas em cada nível de severidade. A Tabela 36 apresenta os valores médios de volume de madeira, em metros cúbicos, para cada nível de severidade de ferrugem na região Norte, com 16 e 19 meses de idade das plantas.

Tabela 36. Volume médio de madeira para três diferentes níveis de severidade de ferrugem, aos 16 e 19 meses, em metros cúbicos. Região Norte.

| Volume médio de madeira (m ³) | | |
|---|----------|----------|
| | 16 meses | 19 meses |
| Nível 1 | 0,009274 | 0,020236 |
| Nível 2 | 0,009554 | 0,020795 |
| Nível 3 | 0,006119 | 0,015164 |

Verificou-se que houve incremento volumétrico de madeira, de 16 para 19 meses de 118,19%, 117,66% e 147,83% respectivamente para os níveis 1, 2 e 3 de severidade de ferrugem. Igualmente à região Central A, houve um maior incremento volumétrico percentual das árvores que classificaram-se como nível 3. Todavia, verifica-se que os valores volumétricos absolutos são inferiores aos valores dos níveis 1 e 2 (Tabela 36). A análise de dano realizada para a presente região, embasada em dados brutos de produtividade aos 19 meses, apresentou um dano médio de -2,76% de plantas com nível 2 comparando-se ao nível 1, ou seja, não houve dano. 27,08% de dano de plantas com nível 3 comparando-se ao nível 2 e, 25,07% de dano nas plantas com nível 3 comparando-se às plantas com nível 1. Ou seja, teoricamente deveria haver maior dano na análise comparativa entre plantas nível 3 e 1, porém, verificou-se que plantas com nível 2 apresentaram maior volume médio, gerando maior diferença entre plantas nível 3 e 2, sendo o dano, de fato. Não necessariamente plantas nível 1 desenvolvem-se mais, apesar de situarem-se em um mesmo sítio que plantas nível 2 e 3, justificando a presente análise “hierárquica” de dano que, em teoria, deveria ser crescente quando da comparação respectiva entre níveis 2 e 1, 3 e 2 e, 3 e 1. Verificou-se, portanto, que o dano máximo promovido pela doença na região Norte foi de 27,08% (Figura 31).

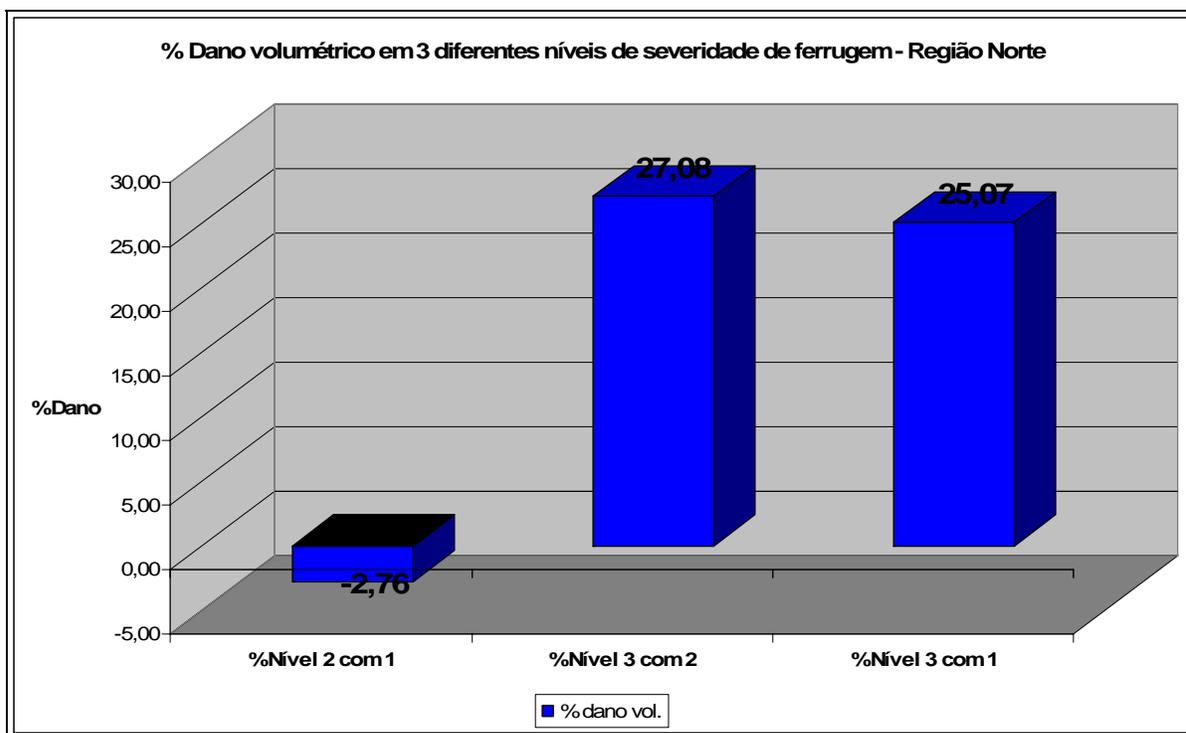


Figura 31. Dano percentual para três classes comparativas de severidade de ferrugem. Região Norte.

Referente à estimativa volumétrica de madeira em função da média dos níveis de severidade da doença na região Norte, foram obtidas duas equações, sendo uma para cada avaliação realizada (16 e 19 meses). A equação obtida para os 16 meses de idade das plantas foi: $y = -0,0016x + 0,0115$, com R^2 de 0,6841. Para os 19 meses de idade, a equação de estimativa volumétrica obtida foi: $y = -0,0025x + 0,0238$, com R^2 de 0,6683 (Figura 32), onde y representa volume de madeira, em metros cúbicos, e x representa severidade de ferrugem, em nível médio.

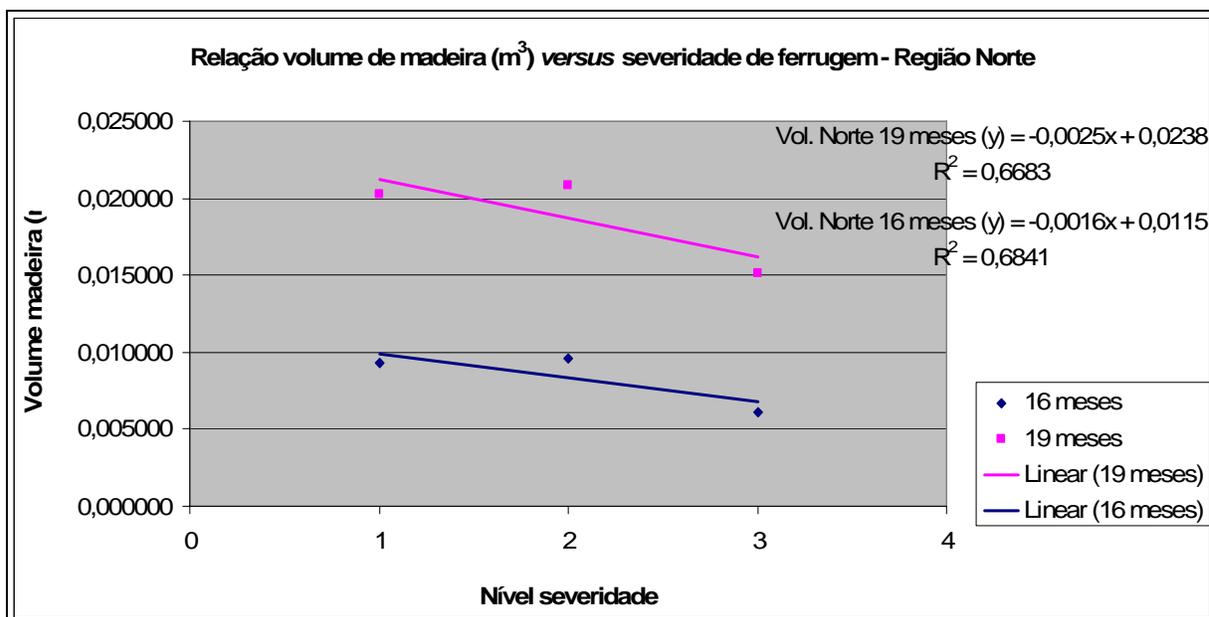


Figura 32. Estimativa de volume de madeira, em metros cúbicos, em função da severidade de ferrugem do eucalipto, para 16 e 19 meses de idade de plantas. Região Norte.

Semelhantemente à região Central A, verificou-se que o coeficiente angular (b) da equação obtida para estimativa volumétrica aos 19 meses de idade foi inferior ao da equação obtida para os 16 meses, indicando maior declividade descendente na reta em função do aumento da severidade de ferrugem, sendo reduzido o volume conforme o aumento da severidade. Com base nos dados de estatística descritiva do volume para a região Norte (Tabela 37), verificou-se que o desvio padrão das amostras de volume em cada severidade foi alto, justificando a análise volumétrica a partir de médias para maior consistência.

Tabela 37. Estatística descritiva do volume de madeira para três diferentes níveis de severidade, aos 16 e 19 meses. Região Norte.

| | | Estatística descritiva do volume - metros cúbicos | | | | |
|---------|----------|---|----------|----------|----------|---------------|
| | | Mínimo | Média | Máximo | Soma | Desvio padrão |
| Nível 1 | 16 meses | 0,004119 | 0,009274 | 0,014787 | 0,092744 | 0,003659 |
| | 19 meses | 0,010979 | 0,020236 | 0,032258 | 0,202358 | 0,007046 |
| Nível 2 | 16 meses | 0,006677 | 0,009554 | 0,015356 | 0,095539 | 0,002568 |
| | 19 meses | 0,013463 | 0,020795 | 0,026379 | 0,207945 | 0,003955 |
| Nível 3 | 16 meses | 0,002209 | 0,006119 | 0,010106 | 0,061186 | 0,003014 |
| | 19 meses | 0,007596 | 0,015164 | 0,021550 | 0,151636 | 0,004699 |

Com base na Tabela 37, verifica-se que a média dos valores de volume foi menor no nível 3, porém, médias de nível 2 foram superiores às médias de nível 1. Quanto ao desvio padrão, verificou-se que este foi superior para as amostras de nível 1, seguido do nível 3 de severidade.

Referente à Região Sul de plantio, cuja parcela de dano instalada no campo contemplou os níveis de severidade 1 e 2 apenas, no projeto Jambreiro VI, talhão 67, realizou-se a análise comparativa de altura e de volume de madeira. Verificou-se que o incremento em altura de plantas foi o maior para o nível 2 de severidade (213,14%), da primeira para a segunda avaliação (6 para 10 meses), quando comparado ao nível 1 (208,00%). Na segunda para a terceira avaliação (10 para 16 meses), verificou-se que o incremento médio em altura das plantas com nível 2 de severidade foi superior (175,55%). Da terceira para a quarta avaliação (16 para 19 meses), plantas nível 1 apresentaram o maior incremento médio percentual em altura (36,64%) (Tabela 38). Observou-se um incremento médio em altura para o período de 119,10% para plantas com nível 1 de severidade, e de 139,94% para plantas com nível 2 de severidade de ferrugem (Tabela 38).

Tabela 38. Incremento médio percentual na altura de plantas para dois níveis de severidade de ferrugem. 1 para 2 representa primeira para segunda avaliação (6 para 10 meses). 2 para 3 representa 10 para 16 meses, 3 para 4 representa 16 para 19 meses e, média dos incrementos percentuais no período. Região Sul.

| % crescimento em altura | | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------|--------|
| | 1 para 2 | 2 para 3 | 3 para 4 | Média |
| % Nível 1 | 208,00 | 112,66 | 36,64 | 119,10 |
| % Nível 2 | 213,14 | 175,55 | 31,13 | 139,94 |

A partir dos dados consolidados de incrementos médios em altura, é possível observar que a região Sul apresentou as maiores taxas de crescimento em altura, indicando uma favorabilidade ao hospedeiro, possivelmente explicado pelas condições climáticas locais. Isso permitiria um escape ou evasão à doença por parte do hospedeiro no que se refere à infecção, tendo em vista ter ocorrido um ligeiro incremento na avaliação de 6 a 10 meses, período este favorável à infecção por *P. psidii*, e ter assumido valores da ordem de 208%, no mínimo. Na média geral, verificou-se a maior taxa de incremento percentual em

altura, quando comparada às regiões Norte e Central A, assumindo um valor médio da ordem de 119,10%, no mínimo.

Para estimativa da altura média das plantas em cada nível de severidade, foram obtidas seguintes equações a partir de modelos quadráticos, a saber: Altura de plantas com nível 1: $y = 0,0134x^2 + 0,2694x - 1,0536$, com R^2 de 0,9058. Altura de plantas com nível 2: $y = 0,0193x^2 + 0,2273x - 1,266$, com R^2 de 0,9837. Onde: y = altura das plantas em metros e x = tempo em meses (Figura 33). Semelhantemente à região Norte, valores de b_0 positivos indicam que as curvas dos modelos possuem forma côncava, com aumento progressivo da altura em função do tempo, tendendo à evolução exponencial. É importante frisar que tais modelos gerados são limitados, devendo ser aplicados apenas no âmbito de se obter estimativas de altura, e dentro da faixa de amplitude das idades analisadas, ou seja, de 6 a 19 meses.

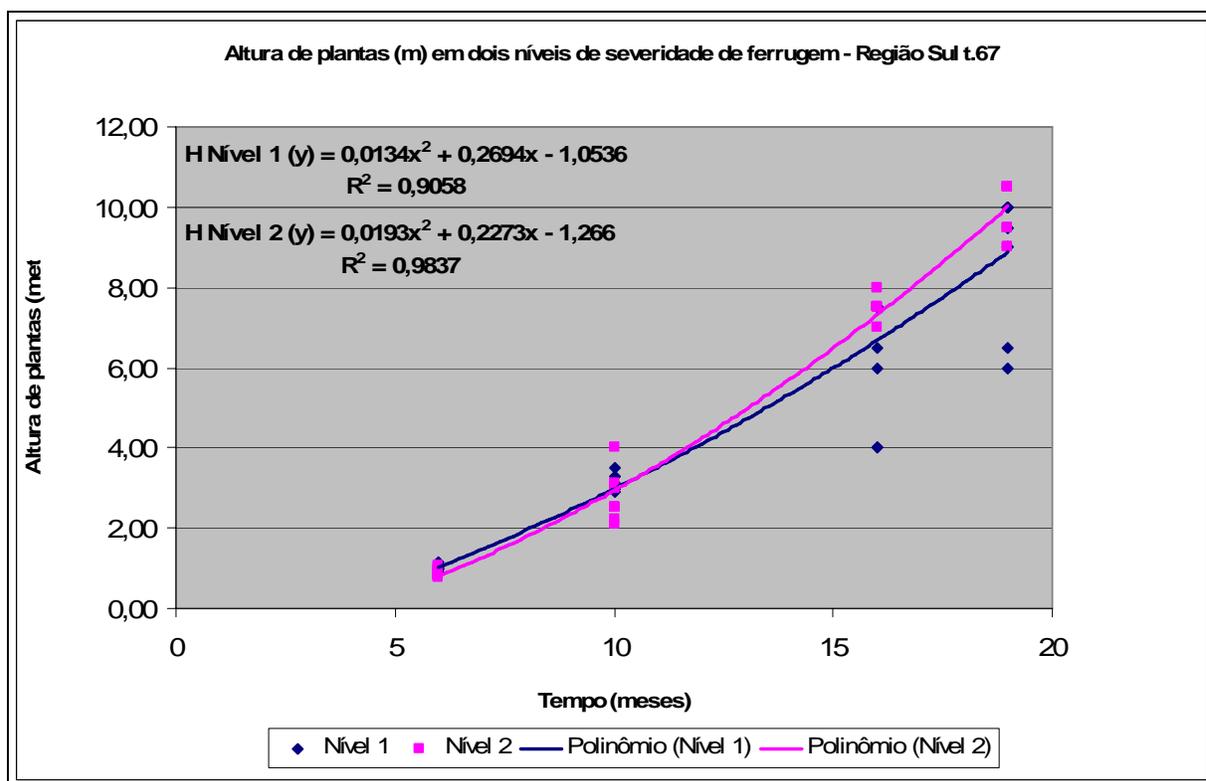


Figura 33. Altura média de plantas em dois diferentes níveis de severidade, em quatro aferições de medidas (6, 10, 16 e 19 meses de idade das plantas). Região Sul.

Para a análise volumétrica de dano na região Sul, realizou-se a média dos dados obtidos de volume individual de plantas em cada nível de severidade. A Tabela 39 apresenta os valores médios de volume de madeira, em metros cúbicos, para os dois níveis de severidade de ferrugem, com 16 e 19 meses de idade das plantas. Verificou-se que não houve dano volumétrico percentual quando da análise entre nível 2 de severidade, e o parâmetro mínimo de severidade (nível 1). O valor obtido na relação percentual entre volume médio de nível 2 e nível 1, na avaliação aos 19 meses de idade, foi de -9,80%.

Tabela 39. Volume médio de madeira para dois diferentes níveis de severidade de ferrugem, aos 16 e 19 meses, em metros cúbicos. Região Sul.

| Volume médio de madeira (m ³) | | |
|---|----------|----------|
| | 16 meses | 19 meses |
| Nível 1 | 0,009210 | 0,024860 |
| Nível 2 | 0,013921 | 0,027296 |

Com base nos valores médios de volume para cada nível de severidade na região Sul, estabeleceu-se a regressão linear simples entre níveis de severidade (eixo x) e valores médios de volume (eixo y). A equação obtida para os 16 meses de idade das plantas foi: $y = 0,0047x + 0,0045$, com R^2 de 1. Para os 19 meses de idade, a equação de estimativa volumétrica obtida foi: $y = 0,0024x + 0,0224$, com R^2 de 1 (Figura 34). É importante frisar que os coeficientes de determinação foram iguais a um, ou seja, com apenas dois pontos, não devendo ser um bom parâmetro para aplicabilidade. Tais equações foram apenas apresentadas para esboçar o incremento volumétrico positivo quando do aumento da severidade da doença, ao contrário do obtido nas regiões Norte e Central A.

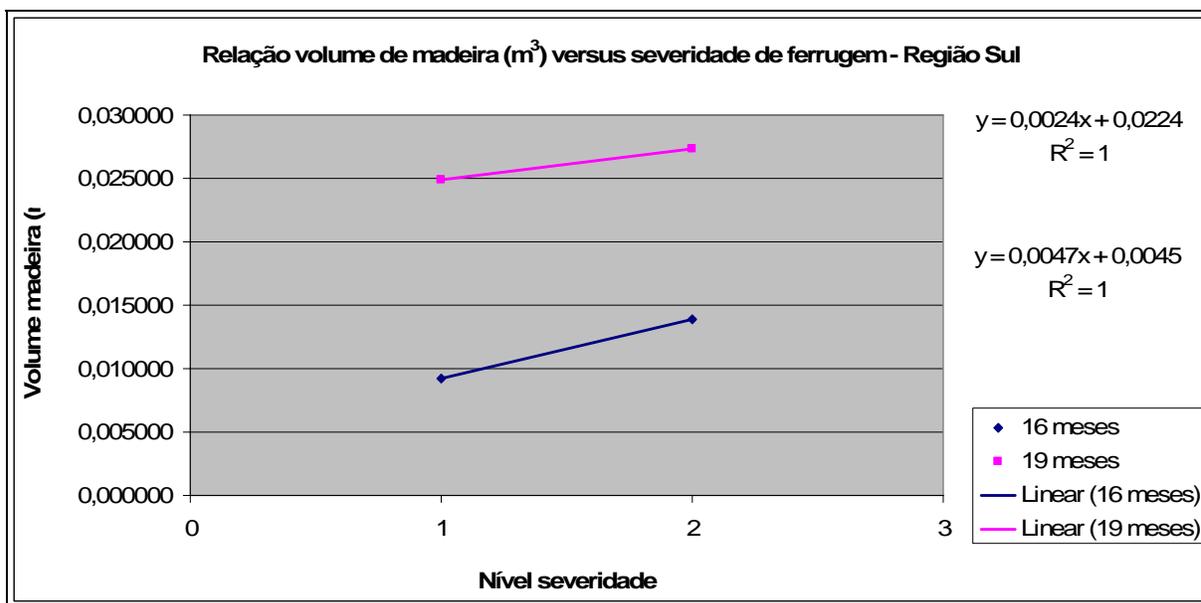


Figura 34. Estimativa de volume de madeira, em metros cúbicos, em função da severidade de ferrugem do eucalipto, para 16 e 19 meses de idade de plantas. Região Sul.

Com base na Tabela 40, verifica-se que a média dos valores de volume foi maior no nível 2, porém, indicando que as plantas desenvolveram-se mais que plantas nível 1. Quanto ao desvio padrão, verificou-se que este foi superior para as amostras de nível 1, seguido do nível 2 de severidade, adquirindo valores aos 19 meses de 0,008539 e 0,003858 respectivamente para níveis 1 e 2. Ou seja, neste caso da região Sul, não houve relação entre doença e dano nas plantas de acordo com os níveis de severidade analisados.

Tabela 40. Estatística descritiva do volume de madeira para três diferentes níveis de severidade, aos 16 e 19 meses. Região Sul.

| | | Estatística descritiva do volume - metros cúbicos | | | | |
|---------|----------|---|----------|----------|----------|---------------|
| | | Mínimo | Média | Máximo | Soma | Desvio padrão |
| Nível 1 | 16 meses | 0,001055 | 0,009210 | 0,015933 | 0,092096 | 0,004881 |
| | 19 meses | 0,004960 | 0,024860 | 0,033423 | 0,248599 | 0,008539 |
| Nível 2 | 16 meses | 0,008912 | 0,013921 | 0,017139 | 0,139211 | 0,002644 |
| | 19 meses | 0,023612 | 0,027296 | 0,035523 | 0,272959 | 0,003858 |

Referente à parcela pareada de dano, comparativa entre plantas que sofreram aplicação do fungicida azoxistrobina e não sofreram, verificou-se que o incremento

em altura de plantas foi o maior sem aplicação de fungicida (136,87%), da primeira para a segunda avaliação (6 para 10 meses), quando comparado com aplicação (128,29%). Na segunda para a terceira avaliação (10 para 16 meses), verificou-se que o incremento médio em altura das plantas com aplicação foi superior (124,13%). Da terceira para a quarta avaliação (16 para 19 meses), plantas com aplicação de fungicida apresentaram o maior incremento médio percentual em altura (50,89%) (Tabela 41). Observou-se um incremento médio em altura para o período de 101,10% para plantas com aplicação de fungicida, e de 97,41% para plantas sem aplicação de fungicida (Tabela 41).

Tabela 41. Incremento médio percentual na altura de plantas, com aplicação e sem aplicação do fungicida azoxistrobina. 1 para 2 representa primeira para segunda avaliação (6 para 10 meses). 2 para 3 representa 10 para 16 meses, 3 para 4 representa 16 para 19 meses e, média dos incrementos percentuais no período. Região Sul.

| % crescimento em altura | | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------|--------|
| | 1 para 2 | 2 para 3 | 3 para 4 | Média |
| Com aplicação | 128,29 | 124,13 | 50,89 | 101,10 |
| Sem aplicação | 136,87 | 112,81 | 42,53 | 97,41 |

Com base na Tabela 41, verificou-se que as plantas que foram aplicadas com a solução fungicida azoxistrobina a 0,25 g/L apresentaram maior incremento percentual em altura nas duas últimas avaliações, atribuindo média de 101,10%. Talvez isso se deva à relação existente entre fungicidas do grupo químico das estrobilurinas e efeito fisiológico em plantas.

Para estimativa da altura média das plantas nas duas condições (com aplicação e sem aplicação de fungicida), foram obtidas equações a partir de modelos quadráticos, sendo: Altura de plantas Sem aplicação: $y = 0,0299x^2 + 0,214x + 0,5163$, com R^2 de 0,9446. Altura de plantas Com aplicação: $y = 0,0401x^2 - 0,2448x + 1,6276$, com R^2 de 0,8895. Onde: y = altura das plantas em metros e x = tempo em meses (Figura 35). Semelhantemente à região Norte e nesta mesma região (Sul), valores de b_0 positivos indicam que as curvas dos modelos possuem forma côncava, com aumento progressivo da altura em função do tempo, porém, conforme ressaltado, com limite estabelecido de idade de plantas de 6 a 19 meses.

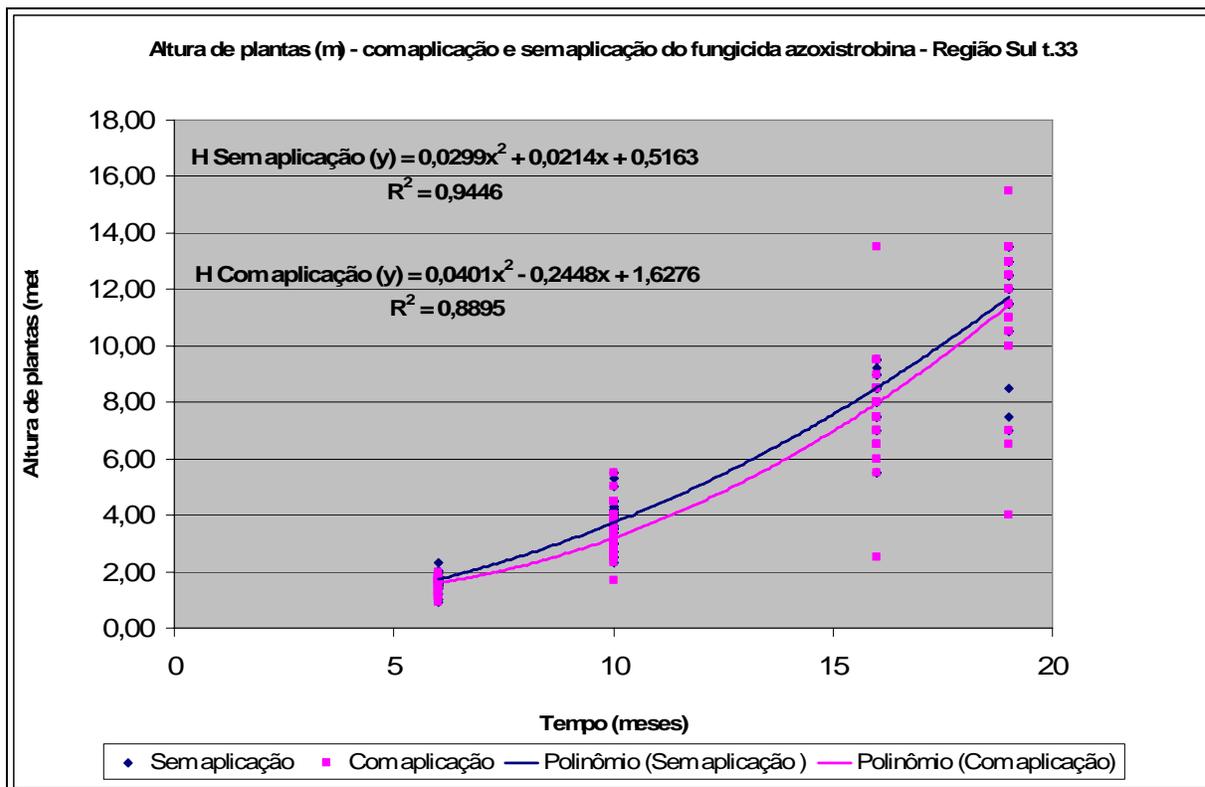


Figura 35. Altura média de plantas com e sem aplicação de fungicida, em quatro aferições de medidas (6, 10, 16 e 19 meses de idade das plantas). Região Sul.

Na análise volumétrica de dano na região Sul sob diferentes manejos adotados (com e sem aplicação de fungicida), realizou-se a média dos dados obtidos de volume individual de plantas em cada nível de severidade. De acordo com a Tabela 42, verifica-se que houve um incremento médio em volume de 95,55% sem a aplicação de solução fungicida nas plantas e, de 111,87% com a aplicação de fungicida, dos 16 para os 19 meses. Observou-se que a diferença percentual entre plantas que sofreram aplicação de fungicida e as que não sofreram foi de 10,81%, sendo o volume médio inferior das plantas que sofreram aplicação.

Tabela 42. Volume médio de madeira para dois diferentes manejos, com e sem aplicação de fungicida, aos 16 e 19 meses, em metros cúbicos. Região Sul.

| Volume médio de madeira (m ³) | | |
|---|----------|----------|
| | 16 meses | 19 meses |
| Sem aplicação | 0,020202 | 0,039505 |
| Com aplicação | 0,016630 | 0,035236 |

De acordo com os valores médios de volume para cada tipo de manejo, estabeleceu-se a regressão linear simples entre as avaliações (eixo x) e valores médios de volume (eixo y). A equação obtida para o manejo Sem aplicação foi: $y = 0,0193x + 0,0009$, com R^2 de 1. Para o manejo Com aplicação, a equação de estimativa volumétrica obtida foi: $y = 0,0186x - 0,002$, com R^2 de 1 (Figura 36). É importante frisar que tais equações são de baixa aplicabilidade, servindo apenas para esboçar o resultado obtido.

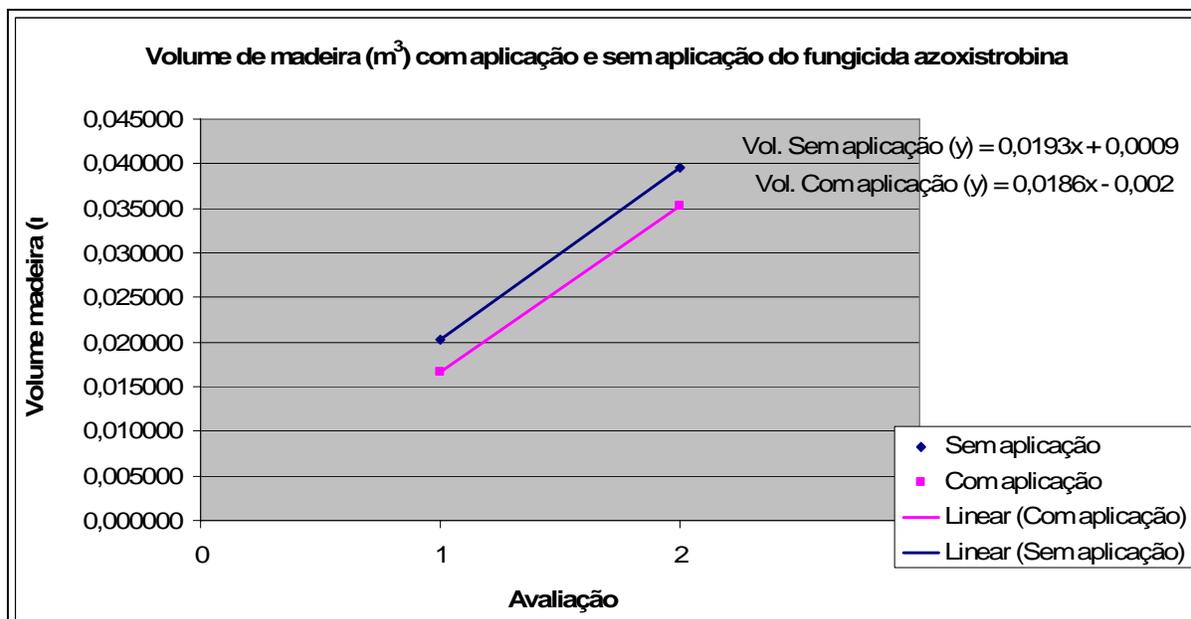


Figura 36. Estimativa de volume de madeira, em metros cúbicos, em função do tempo (16 e 19 meses), para dois diferentes manejos, com e sem aplicação de fungicida. Região Sul.

Tabela 43. Estatística descritiva do volume de madeira para dois diferentes manejos, com e sem aplicação do fungicida azoxistrobina, aos 16 e 19 meses. Região Sul.

| | | Estatística descritiva do volume - metros cúbicos | | | | |
|---------------|----------|---|----------|----------|----------|---------------|
| | | Mínimo | Média | Máximo | Soma | Desvio padrão |
| Sem aplicação | 16 meses | 0,003363 | 0,020202 | 0,037429 | 0,808096 | 0,006522 |
| | 19 meses | 0,006618 | 0,039505 | 0,064791 | 1,580203 | 0,011635 |
| Com aplicação | 16 meses | 0,000691 | 0,016630 | 0,028152 | 0,665215 | 0,006915 |
| | 19 meses | 0,001717 | 0,035236 | 0,057162 | 1,409423 | 0,014082 |

Com base na Tabela 43, verifica-se que a média dos valores de volume foi maior sem aplicação em ambas avaliações. Na somatória do volume das 40 plantas em cada tratamento, é possível observar que este foi superior para plantas que não sofreram aplicação de fungicida. Quanto ao desvio padrão, verificou-se que este foi superior para as amostras com aplicação de fungicida, adquirindo valor aos 19 meses de 0,014082. De acordo com os resultados obtidos, é possível perceber que a aplicação do fungicida azoxistrobina não foi eficaz do ponto de vista de produtividade, sendo os valores médios de volume inferiores aos valores médios de volume obtidos para plantas que não foram submetidas à aplicação do defensivo.

Santos (2006), analisando o dano promovido pela ferrugem em parcelas irrigadas, obteve um dano médio de 48,3% em termos de produção de volume de madeira. Quanto à análise de regressão, o autor obteve coeficiente de determinação de 0,8978 na relação obtida entre AACPD e volume médio de madeira, em metros cúbicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Takahashi (2002).

No presente estudo não se realizou a análise de variáveis integrais (AACPD), devido à única avaliação de severidade encontrada em estágio final da doença no campo. O modelo integral tem sido mais recomendado para epidemias de curta duração e que surgem no final do ciclo de plantio (TENG, 1985), bem como para culturas cujo período em que se concentra a produção é curto (CAMPBELL & MADDEN, 1990). Para a quantificação de danos em culturas cujo ciclo é grande, no caso do eucalipto, sete anos, modelos de variáveis integrais podem ser consistentes até certo limite, sendo estimados os danos até o período analisado. No caso de epidemias de ferrugem, cuja duração resume-se em, no máximo, sete meses consecutivos, deve-se aplicar o modelo de variáveis integrais no período

da epidemia, e o modelo de ponto crítico a partir de aferições de medidas a médio e longo prazo, a partir do conhecimento da situação da doença no campo.

Com a finalidade de adequar as pesquisas de análise de dano, sugere-se que primeiramente haja diferenciação de culturas no que tange ao período de ciclo, sinteticamente, culturas perenes e anuais. No caso de culturas perenes, a análise de dano deve ser diferenciada da análise de doenças de culturas anuais, de fato, pelo ciclo ser absolutamente superior, o que não acontece na prática. O crescimento e desenvolvimento de plantas que compõem uma floresta, quanto à altura e volume de madeira, é de uma forma nos primeiros anos, e de outra ao longo do tempo. Nesse ínterim, quando da experimentação em médio e longo prazo, a análise de altura de plantas e análise volumétrica em função do tempo deve ser realizada a partir de modelos quadráticos, definido por:

$$y = -b_0x^2 + b_1x - b_2$$

Onde:

y = Altura de plantas (metros); ou Volume de madeira (metros cúbicos);

x = Tempo (meses)

b_0, b_1, b_2 = Coeficientes da equação.

Os dados devem ser submetidos à estimativa de altura e/ou volumétrica para cada severidade da doença encontrada no campo, cabendo a geração de uma curva para cada nível de intensidade da doença. A estimativa de dano deve ser realizada a partir da diferença percentual de altura e/ou volume entre plantas sadias e plantas com diferentes níveis de severidade.

Tendo em vista que a doença encontrava-se em período terminal no ato da alocação de parcelas do presente estudo de dano (agosto de 2007), realizou-se a quantificação da severidade em ponto crítico nas plantas, ao fim do período epidêmico na região.

O método empregado no presente estudo de dano foi o de plantas individuais, contemplando o modelo de ponto crítico (JESUS JUNIOR et al., 2004b). O método de plantas individuais atendeu aos objetivos propostos, de análise de altura e volumétrica. Porém, segundo Bergamin Filho & Amorim (1991; 1996), sua maior

desvantagem está associada a alta variação natural na produção individual. Segundo Walker (1983), em culturas perenes essa variação pode ser de ano a ano.

Na análise volumétrica, a adequação dos dados ao modelo de ponto crítico consistiu no importante indicativo do dano volumétrico promovido pela doença. Segundo Jesus Junior et al. (2004b), o modelo de ponto crítico (PC) é um dos mais simples modelos, talvez por isso o mais utilizado em fitopatologia, e é definido por: $y = b_0 + b_1x$, em que y representa valores de produção ou produtividade de uma única planta ou de várias, podendo também ser danos em porcentagem. A variável x assume valores de intensidade (severidade ou incidência) de doença, como severidade máxima ou severidade observada em determinado estágio, fisiológico ou cronológico, do desenvolvimento da cultura. O pressuposto do modelo de PC é que existe um ponto “crítico” da relação patógeno-hospedeiro-tempo, quando a cultura é mais sensível à ocorrência de fatores limitantes à produção (JESUS JUNIOR et al., 2004b).

4.4 Análise da eficiência e viabilidade do controle químico

O efeito curativo variou de acordo com os tratamentos em função do tempo, sendo que a avaliação de 15 dias após a aplicação surtiu mais efeito dos fungicidas sobre a ferrugem em condições de campo, ante aos 7 dias pós-aplicação. Verificou-se que na primeira avaliação (antes da aplicação), a severidade da doença foi semelhante, sendo estatisticamente igual para todos os tratamentos (Tabela 44). Após uma semana da aplicação das soluções fungicidas (segunda avaliação), verificou-se que houve considerável redução da doença em termos de percentual de área foliar lesionada, sendo as médias dos valores estatisticamente diferentes do obtido nas testemunhas (Tabela 44). Todavia, observou-se diferença estatística entre os tratamentos (coluna segunda avaliação – Tabela 44), sendo que o fungicida Azoxistrobina a 0,5 g/L foi estatisticamente igual à testemunha, os três fungicidas testados a 1,0 g ou mL/L foram iguais entre si e diferentes da testemunha e, a 1,5 ml/L, os fungicidas Tebuconazol e Tebuconazol + Trifloxistrobina foram superiores ao Azoxistrobina e à testemunha, sendo o Tebuconazol + Trifloxistrobina com maior efeito curativo sobre a doença na segunda avaliação (Tabela 44).

Da segunda para a terceira semana após aplicação das soluções fungicidas, observou-se estabilidade da doença nos tratamentos testemunhas (tratamentos 1, 5 e 9). Houve redução da doença nos tratamentos de 0,5 g ou mL/L, estatisticamente diferentes da segunda avaliação. Porém, verificou-se que nos tratamentos de 1,0 g ou mL/L não houve diferença estatística da segunda para a terceira avaliação, indicando que o efeito curativo dos produtos foi pronunciado na primeira semana pós-aplicação. Os fungicidas Azoxistrobina e Tebuconazol a 1,5 g ou mL/L apresentaram resultados estatisticamente iguais na terceira avaliação com relação à segunda, mesmo havendo redução de percentual de área foliar lesionada, conforme Tabela 44. Apenas o fungicida Tebuconazol + Trifloxistrobina a 1,5 mL/L mostrou-se superior aos demais, reduzindo a doença a 0,31% de área foliar lesionada, estatisticamente diferente quando comparado à segunda avaliação, e indicando ação curativa sobre a doença 15 dias pós-aplicação em condições de campo (Tabela 44).

Quanto aos tratamentos na terceira avaliação, verificou-se que a 0,5 mL/L os fungicidas Tebuconazol e Tebuconazol + Trifloxistrobina foram estatisticamente iguais no efeito curativo, sendo o Azoxistrobina inferior aos mesmos. Nesta mesma linha, verificou-se que a 1,0 g ou mL/L, os fungicidas Tebuconazol e Tebuconazol + Trifloxistrobina foram estatisticamente iguais, ambos com médias de 1,13% de área foliar lesionada, e mais eficientes do ponto de vista curativo em relação ao Azoxistrobina, com um valor médio de 1,88%. A 1,5 g ou mL/L, observou-se maior efeito curativo dos fungicidas sobre a ferrugem, sendo Azoxistrobina e Tebuconazol estatisticamente iguais, e Tebuconazol + Trifloxistrobina superior e diferente dos demais, de acordo com os dados observados na Tabela 44.

Tabela 44. Efeito curativo de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do eucalipto sob três diferentes doses, expressa em percentual de área foliar lesionada.

| Tratamentos | | Área foliar lesionada (%) | | |
|-------------|---|---------------------------|--------------|--------------|
| | | 1a avaliação | 2a avaliação | 3a avaliação |
| 1 | Testemunha 0,5 | 3,38 aA | 3,06 aA | 2,94 aA |
| 2 | Azoxistrobina 0,5 g/L | 3,94 aA | 3,00 aB | 2,44 bC |
| 3 | Tebuconazol 0,5 mL/L | 3,38 aA | 2,31 bB | 1,31 cC |
| 4 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 0,5 mL/L | 3,75 aA | 2,25 bB | 1,13 cC |
| | | | | |
| 5 | Testemunha 1,0 | 3,31 aA | 3,44 aA | 3,19 aA |
| 6 | Azoxistrobina 1,0 g/L | 3,44 aA | 1,94 cB | 1,88 bB |
| 7 | Tebuconazol 1,0 mL/L | 3,75 aA | 1,69 cB | 1,13 cB |
| 8 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 1,0 mL/L | 3,75 aA | 1,56 cB | 1,13 cB |
| | | | | |
| 9 | Testemunha 1,5 | 3,31 aA | 2,88 aA | 2,81 aA |
| 10 | Azoxistrobina 1,5 g/L | 3,56 aA | 1,69 cB | 1,50 cB |
| 11 | Tebuconazol 1,5 mL/L | 3,31 aA | 1,19 dB | 0,88 cB |
| 12 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 1,5 mL/L | 3,88 aA | 1,00 dB | 0,31 dC |
| CV% | | 25,72 | 53,79 | 66,26 |

Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada avaliação (coluna)

Letras maiúsculas comparam o mesmo tratamento nas três avaliações (linha)

Médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$)

De acordo com os resultados obtidos, foram estabelecidas as taxas percentuais de controle efetivo da doença em detrimento dos tratamentos adotados. Para tal, determinou-se no presente estudo, a “Taxa Percentual de Eficiência de Fungicida - %EF”, determinada pela equação:

$$\%EF = \frac{\%AFF_i - \%AFF_f}{\%AFF_i} \times 100$$

Onde:

%EF – Taxa Percentual de Eficiência de Fungicida;

%AFF_i – Percentual de Área Foliar com Ferrugem inicial;

%AFF_f – Percentual de Área Foliar com Ferrugem final.

Para aplicação da equação supra citada, exige-se que a doença seja quantificada em nível de campo, em percentual de área foliar lesionada, conforme escala

diagramática (Apêndice). Calculou-se a %EF para os tratamentos em caráter curativo, da primeira para a segunda avaliação, da segunda para a terceira, e efeito total curativo, sendo da primeira para a terceira avaliação. A Tabela 45 apresenta os resultados das taxas percentuais de eficiência de controle para cada tratamento.

Tabela 45. Taxas Percentuais de Eficiência de Fungicida (%EF) sobre a ferrugem do eucalipto, sob aplicação de três fungicidas sistêmicos em três diferentes doses. 1 para 2 representa primeira para segunda avaliação; 2 para 3 representa segunda para terceira avaliação; e 1 para 3 representa primeira para terceira avaliação.

| Tratamentos | | %EF | | |
|-------------|---|----------|----------|----------|
| | | 1 para 2 | 2 para 3 | 1 para 3 |
| 1 | Testemunha 0,5 | 9,47 | 3,92 | 13,02 |
| 2 | Azoxistrobina 0,5 g/L | 23,86 | 18,67 | 38,07 |
| 3 | Tebuconazol 0,5 mL/L | 31,66 | 43,29 | 61,24 |
| 4 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 0,5 mL/L | 40,00 | 49,78 | 69,87 |
| 5 | Testemunha 1,0 | -3,93 | 7,27 | 3,63 |
| 6 | Azoxistrobina 1,0 g/L | 43,60 | 3,09 | 45,35 |
| 7 | Tebuconazol 1,0 mL/L | 54,93 | 33,14 | 69,87 |
| 8 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 1,0 mL/L | 58,40 | 27,56 | 69,87 |
| 9 | Testemunha 1,5 | 12,99 | 2,43 | 15,11 |
| 10 | Azoxistrobina 1,5 g/L | 52,53 | 11,24 | 57,87 |
| 11 | Tebuconazol 1,5 mL/L | 64,05 | 26,05 | 73,41 |
| 12 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 1,5 mL/L | 74,23 | 69,00 | 92,01 |

Com base na Tabela 45, verifica-se que as taxas percentuais de eficiência de fungicidas foram altas no primeiro intervalo semanal, ou seja, da primeira para a segunda avaliação. Os tratamentos que contemplaram a dose de 1,5 g ou mL/L apresentaram as maiores taxas neste período, sendo de 52,53%, 64,05% e 74,23%, respectivamente para os fungicidas Azoxistrobina, Tebuconazol e Tebuconazol + Trifloxistrobina. Observou-se efeito residual dos produtos quando da dose de 0,5 g ou mL/L, havendo valores de %EF próximos da primeira para a segunda semana e, da segunda para a terceira. Isso indica que a dose dos produtos concentrados mantiveram-se ativas para o período de 15 dias pós-aplicação, assumindo um valor total de %EF de 38,07%, 61,24% e 69,87% respectivamente para Azoxistrobina, Tebuconazol e Tebuconazol + Trifloxistrobina. Ressalta-se que os tratamentos

testemunhas (1, 5 e 9) surtiram redução da doença naturalmente, indicando um declive da doença em nível de campo. Porém, os valores observados para os tratamentos fungicidas foram substancialmente superiores, devendo ser considerados. A Figura 37 apresenta graficamente os resultados.

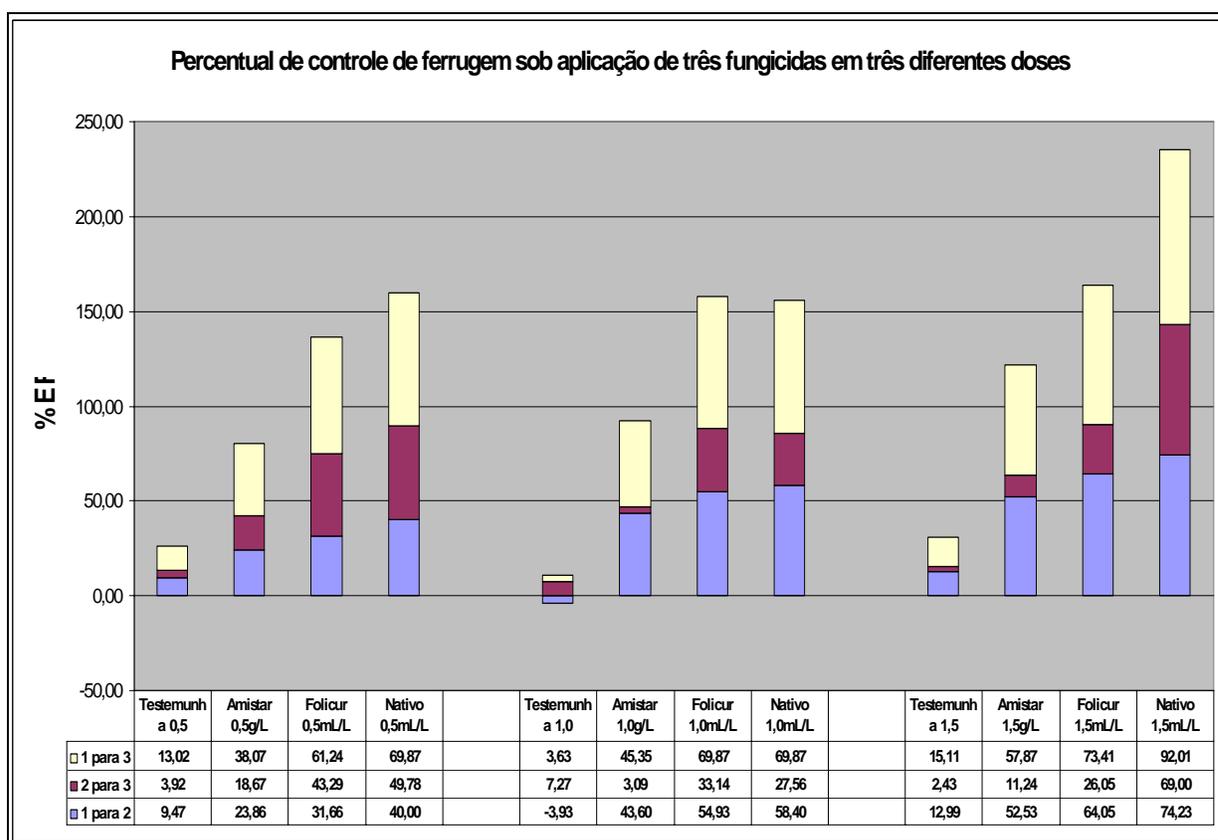


Figura 37. Taxas Percentuais de Eficiência de Fungicida (%EF) sobre a ferrugem do eucalipto, sob aplicação de três fungicidas sistêmicos em três diferentes doses. 1 para 2 representa primeira para segunda avaliação; 2 para 3 representa segunda para terceira avaliação; e 1 para 3 representa primeira para terceira avaliação.

Com base na Figura 37, verifica-se que os maiores valores de %EF foram obtidos na dose de 1,5 g ou mL/L. O fungicida Tebuconazol + Trifloxistrobina nesta dose apresentou 92,01% de %EF 15 dias pós-aplicação, seguido do Tebuconazol, com 73,41%. O fungicida Azoxistrobina nesta dose apresentou inferioridade aos demais fungicidas, com %EF de 57,87%. Ressalta-se que é necessário considerar uma %EF de 15,11% no

tratamento testemunha para esta dose, ocorrendo tal taxa de redução naturalmente. Portanto, os tratamentos devem ser analisados conjuntamente com os valores obtidos de %EF para os tratamentos testemunhas.

Para a análise de viabilidade do controle químico, realizou-se a cotação comercial dos valores dos Produtos concentrados de mercado, em duas diferentes distribuidoras, extraindo-se a média dos valores comerciais. Com isso, foram obtidos os seguintes valores:

- Fungicida Amistar (Azoxistrobina) – R\$ 445,20/Kg;
- Fungicida Folicur (Tebuconazol) – R\$ 63,05/L;
- Fungicida Nativo (Tebuconazol + Trifloxistrobina) – R\$ 88,57/L

De posse dos valores comerciais dos produtos, realizou-se a análise de viabilidade econômica de aplicação de cada produto em cada dose. Para tal, desenvolveu-se no presente estudo o termo “VCF – Viabilidade de Controle de Ferrugem”, cuja expressão matemática é função do valor do produto concentrado vendido comercialmente, e da Taxa Percentual de Eficiência de Fungicida (%EF). Definiu-se, portanto, a expressão de Viabilidade do Controle de Ferrugem, a saber:

$$VCF = Vp.c. \times (1 / \%EF)$$

Onde:

VCF – Viabilidade de Controle de Ferrugem;

Vp.c. – Valor comercial do Produto Concentrado, em Reais por unidade de Litro ou Kilograma (R\$/L ou R\$/Kg);

%EF – Taxa Percentual de Eficiência de Fungicida.

Realizou-se a delimitação dos valores de VCF de acordo com as variáveis em questão, levando em conta o percentual ideal para redução de ferrugem quinzenal, adotado como 60% (%EF). Em suma, valores de VCF inferiores a 1,0 podem ser

apontados como um bom indicativo de viabilidade econômica de controle de ferrugem, sendo valores de VCF inversamente proporcional à viabilidade, ou seja, quanto menor o VCF, maior a viabilidade econômica. Ademais, de acordo com pesquisas de valores de mercado de fungicidas sistêmicos, determinou-se o valor ótimo por unidade de Litro ou Kilograma de R\$ 60,00. Ponderou-se o rendimento do produto e seu valor de mercado, ao nível seguro de aplicação de uma quinzena, sendo que 60% de %EF a um valor de mercado de R\$ 300,00/L ou Kg limitante. Dentro deste contexto, foram definidas as Classes limites de VCF com relação à viabilidade econômica, ou seja, dentro da relação custo-benefício:

- Classe I: $VCF < 0,6$ – Viabilidade econômica de controle de ferrugem máxima e segura;
- Classe II: $VCF = 0,6$ – Viabilidade econômica de controle de ferrugem ótima;
- Classe III: $1,0 \Rightarrow VCF > 0,6$ – Viabilidade econômica de controle de ferrugem alta;
- Classe IV: $2,5 \Rightarrow VCF > 1,0$ – Viabilidade econômica de controle de ferrugem aceitável;
- Classe V: $5,0 \Rightarrow VCF > 2,5$ – Viabilidade econômica de controle de ferrugem moderada;
- Classe VI: $VCF > 5,0$ – Viabilidade econômica de controle de ferrugem baixa e insegura.

Para a utilização dos limites acima descritos, deve-se quantificar a ferrugem do eucalipto de posse da escala diagramática para quantificação em percentual de área foliar lesionada (Apêndice), em caráter de campo.

Fungicidas capazes de reduzir quantidade de inóculo na planta, a uma taxa quinzenal de 100%, com um valor comercial de R\$ 60,00/L ou Kg, são considerados de viabilidade econômica ótima.

Posteriormente à definição e atribuições do novo termo Viabilidade de Controle de Ferrugem (VCF), juntamente com a Taxa Percentual de Eficiência de Fungicida (%EF), realizou-se o cálculo dos valores de VCF diante dos resultados encontrados. A Tabela 46 apresenta os resultados de VCF.

Com base na Tabela 46, observa-se que para a dose de 0,5 mL/L, os fungicidas Tebuconazol e Tebuconazol + Trifloxistrobina enquadraram-se na Classe IV, com valores de VCF entre 1,0 e 2,5, representando viabilidade econômica de controle de ferrugem aceitável. Na dose de 1,0 mL/L, o fungicida Tebuconazol + Trifloxistrobina apresentou o mesmo VCF, tendo em vista os mesmos valores absolutos. Em contrapartida, o fungicida Tebuconazol apresentou VCF de 0,90, enquadrando-se na Classe III ($1,0 \Rightarrow VCF > 0,6$), sendo de alta viabilidade econômica de controle de ferrugem. Referente à dose de 1,5 mL/L, os fungicidas Tebuconazol e Tebuconazol + Trifloxistrobina enquadraram-se na Classe III ($1,0 \Rightarrow VCF > 0,6$), sendo de alta viabilidade econômica de controle de ferrugem. O fungicida Azoxistrobina mostrou-se inviável economicamente ao controle de ferrugem, para as três doses analisadas (0,5, 1,0 e 1,5 g ou mL/L), enquadrando-se na Classe VI ($VCF > 5,0$), representativa de viabilidade econômica de controle de ferrugem baixa e insegura.

Tabela 46. Valores de Viabilidade de Controle de Ferrugem (VCF) para tratamentos compostos por três fungicidas, sob três diferentes doses.

| Tratamentos | | VCF |
|-------------|--|-------|
| 1 | Testemunha 0,5 | |
| 2 | Azoxistrobina 0,5g/L | 11,69 |
| 3 | Tebuconazol 0,5mL/L | 1,03 |
| 4 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 0,5mL/L | 1,27 |
| | | |
| 5 | Testemunha 1,0 | |
| 6 | Azoxistrobina 1,0g/L | 9,82 |
| 7 | Tebuconazol 1,0mL/L | 0,90 |
| 8 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 1,0mL/L | 1,27 |
| | | |
| 9 | Testemunha 1,5 | |
| 10 | Azoxistrobina 1,5g/L | 7,69 |
| 11 | Tebuconazol 1,5mL/L | 0,86 |
| 12 | Tebuconazol + Trifloxistrobina 1,5mL/L | 0,96 |

Zauza et al. (2008), avaliando os efeitos curativos e protetor, e o tempo de absorção de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do eucalipto, verificaram que os fungicidas azoxystrobin, triadimenol, tetraconazole, tebuconazole e epoxiconazole + pyraclostrobin apresentaram 100% de ação curativa quando aplicados até quatro dias após a inoculação. Aplicados após sete dias, apenas azoxystrobin, tebuconazole e epoxiconazole +

pyraclostrobin mantiveram o efeito curativo. Aos 10 dias depois da inoculação, os fungicidas reduziram a infecção, mas não controlaram totalmente a doença. Além do efeito curativo, azoxystrobin e triadimenol proporcionaram efeito protetor quando aplicados até 21 dias antes da inoculação de *P. psidii*. Avaliou-se o tempo mínimo de absorção de azoxystrobin, tebuconazole, triadimenol e trifloxystrobin. Esses quatro fungicidas foram absorvidos pela planta em todos os intervalos testados – 30, 60, 90 e 120 min – e inibiram a infecção de *P. psidii* em mudas de eucalipto.

No mercado há vários fungicidas eficientes para o controle de ferrugens, como as estrobilurinas e os triazóis (NARUZAWA et al., 2006; GODOY & CANTERI, 2004; MUELLER et al., 2004; CHALFOUN & CARVALHO, 1999). As estrobilurinas têm atividade biológica variada e potencial de controle de ampla gama de fungos. Inibem a respiração mitocondrial ao bloquearem a transferência de elétrons entre os citocromos B e C, o que interfere na formação de ATP (KOELLER, 1998; YPEMA & GOLD, 1999), atuando nos estádios de pré-penetração e inibindo a germinação de esporos, o desenvolvimento de tubos germinativos e a formação de apressórios. Apresentam, também, ação curativa, por inibirem o desenvolvimento do fungo nos estágios pós-germinação e causarem o colapso do micélio dentro do tecido colonizado, bem como ação antiesporulante (VENÂNCIO et al., 1999).

As estrobilurinas podem induzir alterações fisiológicas em várias culturas e levar ao acréscimo da produtividade (BERTELSEN & SMEDEGAARD-PETERSEN, 1998), aumento da tonalidade da cor verde das folhas e atraso da senescência e elevação na concentração de clorofila, proteínas e biomassa, o que favorece o índice de colheita (HABERMEYER et al., 1998; VENÂNCIO et al., 1999). As moléculas desses compostos têm difusão translaminar e decomposição rápida no ambiente são absorvidas pelas folhas de forma gradual e constante, o que confere proteção mais prolongada na superfície (VENÂNCIO et al., 1999).

A maioria dos fungicidas do grupo dos triazóis tem ação sistêmica acropetal, inibindo a biossíntese de esteróis, especialmente do ergosterol. A deficiência desse esterol e o acúmulo de compostos intermediários induzem a formação de membranas alternativas e a desorganização celular (FORCELLINI et al., 2001). Tem efeito fungitóxico elevado e penetração e translocação rápida nos tecidos vegetais, o que evita perda por

lixiviação, efeito residual prolongado, agindo como protetores nos eventos pré-penetração e como curativo nos eventos pós-penetração (FORCELLINI, 1994).

O efeito curativo significativo dos fungicidas aplicados até sete dias da inoculação de *P. psidii* possibilita estabelecer melhores intervalos de aplicação desses produtos (ZAUZA et al., 2008). Fungicidas com efeito curativo inibem o desenvolvimento do haustório e, ou, crescimento micelial no interior dos tecidos (FORCELLINI, 1994).

Os triazóis têm como principais características: penetração e translocação rápidas, ação curativa sobre infecções já iniciadas e reduzida perda por lixiviação (FORCELLINI, 1994). No caso do presente ensaio químico, verificou-se que os fungicidas compostos por triazóis apresentaram maior resposta na primeira semana (7 dias) comparando-se aos 15 dias. No caso da estrobilurina (Amistar), verificou-se que a resposta foi semelhante aos triazóis, porém, a 0,5 g/L a tendência foi gradativa ao longo dos 15 dias. As estrobilurinas são um grupo de fungicidas sistêmicos que atuam inibindo a respiração fúngica (WU & TIEDEMANN, 2001). Zauza et al. (2008) aponta que o controle de 100% com a aplicação de epoxiconazole + pyraclostrobin até sete dias da inoculação possivelmente ocorreu pelo aumento do espectro de ação e da duração da atividade antifúngica, proporcionado pela mistura de produtos com modos de ação diferentes (REUVENI, 2001). Semelhantemente, observou-se no presente estudo, em caráter de campo, que o Produto concentrado misturado demonstrou-se eficiente em infecções tardias, havendo pústulas urediniais pouco vigorosas quando do tempo passado de 15 dias.

A eficiência do azoxystrobin, aplicado até 28 dias antes da inoculação, deveu-se à proteção e redistribuição superficial, a difusão translaminar e a proteção sistêmica do produto (ZAUZA et al., 2008). Os fungicidas com ação protetora atuam inibindo a germinação de esporos, durante a formação do tubo germinativo e do apressório (FORCELLINI, 1994).

Através dos resultados obtidos, pode-se estabelecer critérios de aplicação de soluções fungicidas de acordo com a severidade de ferrugem no campo. Caso as características climáticas estejam nas condições favoráveis à doença, com médias de temperaturas diárias de 20 °C, e umidade relativa do ar média igual ou superior a 90%, aplicações em caráter curativo são de suma importância no controle da ferrugem em materiais suscetíveis, em níveis infestantes iniciais (maior que 2,5% de área foliar lesionada). Todavia,

deve-se realizar o estudo de viabilidade econômica dentro do contexto do manejo integrado da ferrugem, visando aliar eficiência de produtos e custo de operação em níveis epidêmicos. Nestes níveis, o recomendado é que sejam utilizados fungicidas do grupo dos triazóis, com alternância com fungicidas compostos, caso perceba-se aumento no diâmetro de pústulas urediniais e concentração dos soros urediniais após quinze dias. A agregação de soros urediniais indica que o patógeno possa estar sofrendo alterações fisiológicas, surtindo estratégias de perpetuação da espécie via aumento na massa de esporos, cabendo o manejo da resistência do fitopatógeno através da intercalação quinzenal com fungicidas compostos, sendo parte dos ingredientes ativos do grupo estrobilurinas. No entanto, o manejo da doença a partir de fungicidas deve receber tratamento cauteloso, avaliando-se a necessidade de aplicação a partir da severidade da doença observada em campo, ressaltando que a cultura do eucalipto não possui registro de produtos para utilização, justificando análises de caráter experimental.

Os resultados encontrados no presente trabalho, aliados às novas propostas para caracterização epidemiológica de ferrugem do eucalipto, consistiram em importantes ferramentas analíticas do ponto de vista da epidemiologia de doenças florestais, permitindo melhor compreensão dos processos envolvidos nos patossistemas perenes, limitantes no processo de produção da eucaliptocultura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário ascendente da eucaliptocultura no Brasil nos últimos anos, doenças de alto potencial infectivo e epidêmico têm acompanhado a crescente demanda florestal em caráter extensivo, assumindo regiões antes isentas de ocorrências, promovendo danos econômicos nas florestas plantadas.

Medidas estrategistas de caráter profilático e terapêutico são de grande importância no contexto econômico do manejo de doenças em florestas plantadas, havendo a necessidade de embasamento teórico aliado à experimentação, na busca da caracterização de epidemias de patossistemas florestais. Nesse ínterim, a obtenção de dados que permitam a aplicabilidade da análise conjunta entre teoria e prática, se faz necessária para a caracterização dos aspectos epidemiológicos de doenças de plantas, permitindo que medidas preventivas e/ou mitigadoras sejam aplicadas ao manejo integrado de doenças de plantas.

O conhecimento de cenários climáticos para caracterização de epidemias de ferrugens, com ênfase à ferrugem do eucalipto, consiste na premissa básica para compreensão dos componentes do patossistema, possibilitando o sucesso epidemiológico da doença em determinada região. Análises climáticas através de modelos matemáticos para previsão de ferrugem, são consideradas importantes ferramentas para compreensão da doença no campo, apontando para cenários epidemiológicos em regiões cujo clima apresenta temperaturas amenas, com médias diárias em torno de 20 °C e, médias diárias de umidade

relativa do ar igual ou superior a 90%. Apesar de uma mesma região apresentar uma caracterização climática semelhante, diferentes padrões de doença podem ser encontrados no campo, tendo em vista a frequência climática variar em um raio de pequenas distâncias, ressaltando ainda que há a necessidade de considerar não apenas fatores edafoclimáticos, mas também planialtimétricos. Neste contexto, observou-se que regiões relativamente próximas inseridas na macro-região do extremo sul do estado da Bahia, apresentaram índice de infecção diferentes, sendo a região Oeste mais promissora à ocorrência da doença do ponto de vista climático, seguida da região Norte, e condizendo com a severidade da doença encontrada no campo.

O entendimento da disposição do patógeno no campo, incidindo sobre diferentes materiais clonais sob diferentes níveis de severidade, permite confrontar informações climáticas de modo a validar equações matemáticas propostas para previsão de ferrugem no campo em função do tempo. De um modo geral, verificou-se que a doença ocorreu na região no período de maio a outubro, com picos epidêmicos em julho e agosto. A análise espaço-temporal da doença fornece subsídios essenciais para confirmar hipóteses de dispersão da doença no campo, sendo que no caso da ferrugem, esta ocorreu no sentido da linha de plantio, permitindo que plantas adjacentes sejam facilmente infectadas e conseqüentemente formando novos sítios de infecção, sendo a infecção recorrente a principal via estratégica de perpetuação de doenças policíclicas, como no caso da ferrugem.

A resposta positiva de determinado material clonal à infecção de ferrugem, muitas vezes é eficientemente observada quando da condição climática favorável à doença, a partir da observação de altos níveis de severidade em determinados materiais suscetíveis no campo. Isso permite identificar materiais tolerantes ao patógeno e promissores do ponto de vista genético, pois a expressão genética fenotípica conferida por muitos genes, faz com que a resistência horizontal à doença, no hospedeiro, seja efetiva. Todavia, estratégias do patógeno podem ser observadas em campo, quando da compatibilidade entre genes de virulência de *P. psidii* e genes de resistência do eucalipto. Quando isso ocorre, o número de pústulas urediniais é inferior, com poucos focos unitários em campo, porém, Soros urediniais tornam-se visivelmente mais vigorosos e, o diâmetro das pústulas aumentado. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando do aumento da dose de fungicidas aplicados em curto espaço de tempo. Tal estratégia confere ao patógeno o mecanismo de sobrevivência, permitindo que as

vias de disseminação façam-no extensivo, ocupando novas áreas no espaço físico, permitindo a superposição dos ciclos de infecção, podendo, em outros hospedeiros, ocorrer em caráter intensivo. Daí, o surgimento de diferentes raças fisiológicas do fungo, infectando hospedeiros alternativos. Isso pode ocorrer mesmo em materiais clonais de *Eucalyptus* tidos como tolerantes à doença. Neste contexto, o principal objetivo do patógeno quando da parcial resistência do hospedeiro apresentada, consiste em colonizar diferentes hospedeiros, expressando diferentes raças fisiológicas no ambiente, sendo que espécies de plantas da família *Myrtaceae* consistem em primordiais à existência deste patógeno, bem como de fundamental importância em seu ciclo vital.

Ferramentas epidemiológicas aliadas à aplicação de estratégias de controle da doença no campo, contemplam o manejo integrado da ferrugem do eucalipto, permitindo que seja possível a projeção de cenários futuros de estimativas de danos, bem como de compreensão do ciclo epidemiológico deste importante agente limitante à eucaliptocultura no Brasil.

6 CONCLUSÕES

- De acordo com o índice de infecção, as regiões Norte, Sul, Central A e Central B apresentaram-se passíveis de surtos da doença com possibilidade de danos econômicos; a região Oeste enquadrou-se em condição de estabelecimento e disseminação do patógeno, acarretando em epidemias seguidas de danos econômicos;
- A distribuição da ferrugem do eucalipto no espaço deu-se no sentido da linha de plantio, de modo agregado, com período favorável à ocorrência de maio a outubro; No tempo, picos epidêmicos ocorreram nos meses de julho e agosto na região do extremo sul do Estado da Bahia;
- Na análise volumétrica de dano aos 19 meses de idade, verificou-se que plantas no campo com severidade máxima da doença na região Norte apresentaram um dano médio de 27,08%. Na região Central A, o dano médio observado foi de 23,53% em plantas que atingiram a severidade máxima da doença. Não foi observado dano na região Sul;
- O fungicida Tebuconazol + Trifloxistrobina mostrou-se o mais eficiente no controle da ferrugem do eucalipto aos 7 e 15 dias pós-aplicação, nas três doses analisadas (0,5, 1,0 e 1,5 mL/L), seguido dos fungicidas Tebuconazol e Azoxistrobina. O fungicida Tebuconazol foi o melhor em termos de viabilidade econômica nas três doses testadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Anuário estatístico da Abraf 2008 – Ano base 2007. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2008. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF08-BR.asp>. Acessado em: 15-mar-2009.

ALFENAS, A.C., ZAUZA, E.A.V., MAFIA, R.G. & ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, UFV, 2004. 442 p.

ALFENAS, A.C., BROMMONSCHENKEL, S.H., MAFFIA, L.A., JUNGHANS, D.T., XAVIER, A.A., RUIZ, R.A.R., ODA, S., MELLO, E.J. Ferrugem do eucalipto: etiologia, epidemiologia e controle. In: **Seminário de ferrugem do eucalipto**, 1, 2000. 6p.

ALFENAS, A. C. et al. Eficiência de triadimenol, oxicarboxin e diniconazole para o controle a ferrugem (*Puccinia psidii*) em brotações de *Eucalyptus cloeziana*, em condições de campo. **Revista Árvore**, v.17, n. 2, p.247-263, 1993.

APARECIDO, C.C., FIGUEIREDO, M.B. *Puccinia psidii* – Efeito da temperatura na produção de basidiosporos. In: XXXII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Curitiba, Paraná,. **Anais...** p.263, 1999.

APARECIDO, C.C., FURTADO, E.L., SANTOS, C.A.G. dos., FIGUEIREDO, M.B. Evolução dos sintomas de *Puccinia psidii* em diferentes espécies de Myrtaceae. **Fitopatologia Brasileira**, v.26 (supl.), p.437, 2001.

APARECIDO, C.C., FIGUEIREDO, M.B., FURTADO, E.L. Efeito da idade e temperatura na germinação de uredíniosporos de *Puccinia psidii* coletados de jameiro (*Syzygium jambos*) e de goiabeira (*Psidium guajava*). **Summa Phytopathologica**, v.29, p.30-3, 2003.

APARECIDO, C.C. **Estudos ecológicos sobre Puccinia psidii Winter – ferrugem das mirtáceas**. Botucatu, 2001. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP), Botucatu, 2001.

BASSANEZI, R.B.; BERGAMIN FILHO, A. et al. Spatial and temporal analyses of Citrus Sudden Death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology**, v.93, p.502-512, 2003.

BERGAMIN FILHO A., AMORIM, L. Avaliação de perdas causadas pelas doenças. **Summa Phytopathologica**, v.17, p.57-67, 1991.

BERGAMIN FILHO, A. & AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1996. 299p.

BERGAMIN FILHO, A., LOPES, D.B., AMORIM, L., GODOY, C.V. BERGER, R.D. Avaliação de danos causados por doenças de plantas. **Revisão anual de Patologia de Plantas**, v.3, p.133-84, 1995.

BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L. et al. Epidemiology of citrus canker in Brasil with and without the asian citrus leaf miner. **Proc. Int. Citrus Caker Res. workshop**. 2000.

BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; AMORIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. Análise espacial de epidemias. In: VALE, F.X.R., JESUS JUNIOR, W. C., ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**, Belo Horizonte, Perffil, 2004. p. 195-236.

BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B. et al. Análise especial de epidemias. **Revisão Annual de Patologia de Plantas**, v. 10, p. 155-218, 2002.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 1995. v.1.

BERGER, R.D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J. ROTEM, J. (Eds) **Experimental techniques in plant disease epidemiology**, Heidelberg, Springer-Verlag, 1988, p.137-51.

BERTELSEN, J. R.; SMEDEGAARD-PETERSEN, V. Effect of the strobilurin fungicide azoxystrobin on leaf sprophytes, host physiology and yield of wheat crops. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 7., 1998, Glasgow. **Abstract**...Glasgow: Br. Soc. Plant Pathol., 5.6.1. 1998.

CAMARGO, F.R.A., TAKAHASHI, S.S., FURTADO, E.L., VALLE, C.F., BONINE, C.A.V. Ocorrência e evolução da ferrugem do eucalipto em duas regiões do Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 254, 1997. (Abstract 129).

CAMPBELL, C.L., MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**, New York, John Wiley & Sons, 1990.

CARVALHO, A.O., ALFENAS, A.C., MAFFIA, L.A., CARMO, M.G.F. Avaliação do progresso da ferrugem (*Puccinia psidii*) em brotações de *Eucalyptus cloeziana* no sudeste da Bahia, de 1987 a 1981. **Revista Árvore**, v. 3, n.º 18, p. 265-74, 1994.

CASTRO, H.A. de. **Padronização de metodologia de inoculação e avaliação de resistência de *Eucalyptus* sp. à ferrugem causada por *Puccinia psidii* Winter.** Piracicaba, 1983. 116 p. Tese de Doutorado. ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. Controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* berk & br.) do cafeeiro através de diferentes esquemas de aplicação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.3, p.363-367, 1999.

CHIARAPPA, L. **Crop loss assessment methods: FAO manual on the evaluation and prevention of losses by pests, disease and weeds.** FAO and Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, U.K, 1971. 124p.

COELHO, L., ALFENAS, A.C., FERREIRA, F.A. Variabilidade fisiológica de *Puccinia psidii* – Ferrugem do eucalipto. *Summa Phytopathologica*, v.27, p.295-300, 2001.

COFFEY, M.B. Obligate parasites of higher plants, particularly rust fungi. **Symp. Soc. Exp. Biol.** v. 29, p. 297-323, 1975.

CORNELL, J.A., BERGER, R.D. Factors that influence the value of the coefficient of determination in simple linear and non linear regression models. **Phytopathology**, v.77, p.63-70, 1987.

COUTINHO, T.A., WINGFIELD, M.J., ALFENAS, A.C. & CROUS, P.W. Eucalyptus rust: a disease with the potential for serious international implications. **Plant Disease**, v.82, p. 819-925, 1998.

CUMMINS, G.B.; HIRATSUKA, Y. Illustrated genera of rust fungi. 1983, 152 p. In: FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil.** Viçosa: SIF, 1989. 570p.

CUTTER JR., V.M. Studies on the isolation and growth of plant rusts in host tissue cultures and upon synthetic media I Gymnosporangium. **Mycologia**, v. 51, p. 248-95, 1959.

DEMUNER, N.L., ALFENAS, A.C. Fungicidas sistêmicos para controle da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em *Eucalyptus cloeziana*. **Fitopatologia Brasileira**, v.16, n.3, p.174-7, 1991.

DI STEFANO, J.F., FOURNIER, L.A., CARRANZA, J., MARIN, W., MORA, A. Invasive potential of *Syzygium jambos* (Myrtaceae) in forest fragments: the case of Ciudad Colon, Costa Rica. **Revista Biologia tropical**, v. 46, p. 567-573, 1998.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 706p.

FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: SIF, 1989. 570p.

FERREIRA, F.A. & SILVA, A.R. Comportamento de procedência de *Eucalyptus grandis* e de *E. saligna* à ferrugem (*Puccinia psidii*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, p. 23-8, 1982.

FERREIRA, F.A. Ferrugem do eucalipto: ocorrências, temperatura para germinação de uredosporo, produção de teliosporo, hospedeiro alternativo e resistência. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 603-4, 1981.

FERREIRA, F.A. Ferrugem do eucalipto. **Revista Árvore**, 7 (2): 92-109. 1983.

FERREIRA, F.A. Enfermidades do eucalipto. **Informe agropecuário**, 12 (141): 59-70. 1986.

FIGUEIREDO, M. B., COUTINHO, L. N. Avaliação da capacidade de produção de basidiosporos pelos soros teliais de *Puccinia mogiphanes* Arthur. In: Reunião Anual do Instituto Biológico, 7, 1994, São Paulo. **Resumos**. São Paulo, 1994, p.26.

FIGUEIREDO, M.B., COUTINHO, L.N. & HENNEN, J.F. Estudos para determinação do ciclo vital de *Puccinia psidii* Winter. **Summa Phytopathologica**, v. 10, p.32, 1984.

FORCELLINI, C. A.; GOELLNER, C. I.; MAY-DEMIO, L. L. Resistência de fungos a fungicidas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.9, p.339-381, 2001.

FORCELLINI, C. A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. Tiazoles. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.2, p.335-355, 1994.

FUJIHARA, A.K., KAZI, M.C.M., SARTORI, M.S. **Zoneamento de *Eucalyptus* spp. no Brasil e ocorrência de patógenos.** Trabalho apresentado na disciplina de Patologia Florestal, UNESP, Botucatu, 1994, 35p. (datilografado).

FURTADO, Q.G., CASTRO, H.A., POZZA, E.A. Variabilidade fisiológica de *Puccinia psidii* Winter em *Eucalyptus grandis* e no híbrido urograndis. **Summa Phytopathologica**, v.31, p.227, 2005.

FURTADO, E.L., SANTOS, C.A.G., TAKAHASHI, S.S. & CAMARGO, F.R.A. **Doenças de *Eucalyptus* em viveiro e plantio: diagnose e manejo.** (Votorantim Celulose e Papel, Unidade Florestal – Boletim técnico), 48p., 2001.

FURTADO, E.L. & MARINO, C.L. Eucalyptus rust management in Brazil. **Forest Research**, New Zealand, v. 16, p. 118-124, 2003 (suppl.).

FURTADO, E.L.; SANTOS, C.A.G.; MASSON, M.V. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a ferrugem do eucalipto no Estado de São Paulo. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.273-286.

GALLI, F., TOKESHI, H., CARVALHO, P.C.T., BALMER, E., KIMATI, H., CARDOSO, C.O., SALGADO, C.L., KRUGNER, T.L., CARDOSO, E.J.B.N. & BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. v. 1, 2ª ed., Agronômica Ceres. São Paulo, 1978. 373 p.

GALLI, F. Doenças da goiabeira. In: **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, p. 335-7.

GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 331 p.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104 p.

GILLIGAN, C.A. Statistical analysis of the spatial pattern of *Botrytis fabae* on *Vicia faba*: a methodological study. **Transactions of the British Mycology Society**, v.79, p.193-200, 1982.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.1, p.97-101, 2004.

GONÇALVES, S. **Lista preliminar das doenças das plantas do estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro. Ministério da agricultura. p. 1-12, 1929.

GOTTWALD, T.R.; GIBSON, G.J. et al. Examination of the effect of aphid vector population composition on the spatial dynamics of *Citrus tristeza virus* spread by stochastic modeling. **Phytopathology**, v.89, p.603-608, 1999.

HABERMEYER, J.; GERHARD, M.; ZINKERNAGEL, V. The impact of strobilurins on the plant physiology of wheat. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 7., 1998, Glasgow. **Abstract...** Glasgow: Br. Soc. Plant Pathol., 5.6.3. 1998.

HUNT, P. Cuticular penetration by germinating uredospores. 1968. p. 103-112. In: FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: SIF, 1989. 570p.

JAMES, W.C., TENG, P.S. The quantification of production constraints associated with plant diseases. **Annual Applied Biology**, v.4, p.201-67, 1979.

JEGER, M.J. **Spatial Components of Plant Disease Epidemics**. New Jersey: Prentice-Hall, 1989.

JESUS JUNIOR, W.C.; POZZA, E.A.; VALE, F.X.R. do; MORA-AGUILERA, G. Análise temporal de epidemias. In: VALE, F.X.R., JESUS JUNIOR, W. C., ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**, Belo Horizonte, Perffil, 2004a. p. 127-188.

JESUS JUNIOR, W.C.; VALE, F.X.R. do; BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de danos e perdas. In: VALE, F.X.R., JESUS JUNIOR, W. C., ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**, Belo Horizonte, Perffil, 2004b. p. 127-188.

JESUS JUNIOR, W.C.; BASSANEZI, R.B. Análise da dinâmica e estrutura de focos da Morte Súbita dos Citros. **Fitopatologia Brasileira**, 2004 (aceito).

JOFFILY, J. Ferrugem do eucalipto. **Bragantia**, 4 (8): 475-487. 1944.

JUNGHANS, D.T. **Quantificação da severidade, herança da resistência e identificação de marcadores RAPD ligados à resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*) em *Eucalyptus grandis***. Viçosa, 2000. 53p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

KATSUHIRO, A., KATSUYA, K. Occurrence of different races during axenic culture of *Puccinia recondita* f. sp. *Tritici* race 45. **Ann. Phytopat. Soc. Jap.**, v.51, p.421-5, 1985.

KOELLER, W. Mode of action of fungicides in real plant pathogens. In: **VII INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY**, 7., 1998, Glasgow. **Abstract**...Glasgow: Br. Soc. Plant Pathol., 5.5.1S, 1998.

KRANZ, J.; ROYLE, D.J. Perspectives in mathematical modeling of plant disease epidemics. In: SCOTT, P.R.; BAINBRIDGE, A. (Eds.). **Plant Disease Epidemiology**. Oxford: Blackwell Scientific Pub, 1978. p. 111-121.

KRANZ, J. Comparision of epidemics. **Annual Review of Phytopathology**, 12, p.355-74, 1974.

KRUGNER, T.L. Doenças do eucalipto. In: GALLI, F. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**, 2ª ed. São Paulo, Agronômica Ceres, v. 2, 1980, p. 275-96.

LAUDON, G.F. & WATERSTON, J.M. *Puccinia psidii*. **CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacteria**. n.56, 1965.

LONDSALE, D. & GIBBS, J.N. Effects of climate change on fungal diseases of trees. In: FRANKLAND, J.C., MAGAN, N., GADD, G.M. (Ed.). **Fungi and environmental change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. p. 1-19.

MACLACHLAN, J.D. A rust of the pimento tree in Jamaica, **B.W.I. Phytopathology**, v. 28, p. 157-170, 1938.

MADDEN, L.V.; LOUIE, R. et al. Evaluation of tests for randomness of infected plants. **Phytopathology**, v.72, p.195-198, 1982.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity and temporal analysis. **Annual Review of Phytopathology**, v.33, p.529-564, 1995.

MADDEN, L.V. Dynamic nature of within-field disease and pathogen distributions. In: JEGER, M.J. (Ed.). **Spatial Components of Plant Disease Epidemics**. New Jersey: Prentice-Hall, 1989. p.96-126.

MARLATT, R.B. & KIMBROUGH, J.W. *Puccinia psidii* on *Pimenta dioica* in South Florida. **Plant Disease Rep.**, v. 63, p. 510-512, 1979.

MARTINS, E.M.F., CARVALHO JR., A.A., FIGUEIREDO, M.B. Relação entre *Capsicum frutescens* e os micélios mono e dicarióticos de *Puccinia pampeana*. **Fitopatologia Brasileira.**, v.20, p. 613-7, 1995.

MASSON, M.V. **Identificação de áreas de evasão do eucalipto ao fungo *Puccinia psidii*, causador de ferrugem das mirtáceas, em áreas da Veracel Celulose**. Eunápolis, 2006. 118p. Relatório de estágio curricular supervisionado – Veracel Celulose S.A.

MASSON, M.V.; FURTADO, E.L.; SANTOS, C.A.G. Zoneamento climático e ocorrência de ferrugem do eucalipto no extremo Sul do Estado da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 40, 2007, Maringá. **Anais...**Maringá. 2007.

MEDERICK, F.M., SACKSTON, W.E. Effects of temperature and duration of dew period on germination of rust urediniospores on corn leaves. **Can. J. Plt. Sci.** v. 52, p. 551-7, 1972.

McNEW, G.L. The nature, origin, and evolution of parasitism. In: HORSFALL, J.G.; DIMOND, A.E. **Plant Pathology. An advanced Treatise**. New York, Academic Press, v.2, 1960. p. 19-69.

MORAES, T. S. de A., GONÇALVES, E.L., REZENDE, G.C. de, MENDES, J., SUITER, F.W. Evolução da ferrugem causada pela *Puccinia psidii* WINTER em *Eucalyptus* spp. Dados preliminares. **IPEF, Circular Técnica** 144, p.1-12, 1982.

MUELLER, D. S.; JEFFERS, S. N.; BUCK, J. W. Effect of timing of fungicide applications on development of rusts on daylily, geranium, and sunflower. **Plant Disease**, v.88, n.6, p.657-661, 2004.

NARUZAWA, E. S. et al. Estudos epidemiológicos e controle químico de *Phakopsora euvtis*. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, n.1, p.41-45, 2006.

NELSON, S.C. A simple analysis of disease foci. **Phytopathology**, v. 86, p. 332-339, 1996.

NICOT, P.C.; ROUSE, D.I. et al. Comparison of statistical methods for studying patterns of soilborne plant pathogens in the field. **Phytopathology**, v.74, p.1399-1402, 1984.

NUTTER, F.W., TENG, P.S., SHOKES, F.M. Disease assesment terms and concepts. **Plant Disease**, v. 75, p.1187-8, 1991.

PIZA, S.M. de T., RIBEIRO, I.J.A. Influência da luz e da temperatura na germinação de uredosporos de *Puccinia psidii*. **Bragantia**, v. 47, p. 75-8, 1989.

RAYACHHETRY, M.B., ELLIOTT, M.T., VAN, T.K. Natural epiphytotic of the rust *Puccinia psidii* in *Malaleuca quinquenervia* in Florida. **Plant Disease**, v. 81, p. 831, 1997.

REUVENI, M. Improved control of powdery mildew (*Spharatheca pannosa*) of nectarines in Israel using strobilurin and polyoxin B fungicides; mixtures with sulfur; and early bloom applications. **Crop Protection**, v.20, n.8, p.663-668, 2001.

RUIZ, R.A.R. **Epidemiologia e controle químico da ferrugem (*Puccinia psidii* Winter) do eucalipto**. Viçosa, 1988, 108 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

RUIZ, R.A.R., ALFENAS, A.C. Absorção e translocação de fungicidas sistêmicos em *Eucalyptus grandis* para o controle da ferrugem do eucalipto, causada por *Puccinia psidii*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 47-9, 1989.

RUIZ, R.A.R., ALFENAS, A.C., FERREIRA, F.A., ZAMBOLIM, L. Fungicidas protetores e sistêmicos para o controle da ferrugem do eucalipto, causadas por *Puccinia psidii*, **Revista árvore**, v.11, p.56-65, 1987.

RUIZ, R.A.R., ALFENAS, A.C., MAFFIA, L.A., BARBOSA, M.M. Progresso da ferrugem do eucalipto, causada por *Puccinia psidii*, em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 73-81, (1989a).

RUIZ, R.A.R., ALFENAS, A.C., FERREIRA, F.A., VALE, F.X.R. do. Influência da temperatura, do tempo de molhamento foliar, fotoperíodo e da intensidade de luz sobre a infecção de *Puccinia psidii* em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 55-61, (1989b).

SANTOS, C.A.G. **Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Puccinia psidii* em plantios irrigados**. Botucatu, 2006, 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006.

SBS. Sociedade Brasileira de Silvicultura. Fatos e números do Brasil Florestal 2008. Ano base 2007. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>. Acessado em: 18-mar-2009.

SCOTT, K.J., MACLEAN, D.J. Culturing of Rust Fungi. **Ann. Rev. Phytopathol.**, v.7, p.123-46, 1969.

SILVEIRA, V.D. Elementos de Fitopatologia: *Puccinia psidii*, ferrugem das Mirtáceas. **Agronomia**, v.10, p. 218-24, 1951.

SOUZA, S.M.C. de. Doenças de Plantas – Goiaba. **Inf. Agropec.**, v.11, p.26, 1985.

SPOSITO, M.B., AMORIM, L., BELASQUE JUNIOR, J., BASSANESI, R.B., AQUINO, R. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da mancha preta em frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.231, 2003.

SUZUKI, M.S., SILVEIRA, S.F. Germinação *in vitro* de uredosporos de *Puccinia psidii* armazenados sob diferentes combinações de umidade relativa e temperatura. **Summa Phytopathologica**, v.29, p.188-192, 2003.

TAKAHASHI, S.S. **Ferrugem do eucalipto: Índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionados à intensidade da doença no campo**. Botucatu, 2002, 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2002.

TAKAHASHI, S.S., FURTADO, E.L., CAMARGO, F.R.A., RAMIRO, G.A. Teste de modelo para estimativa da incidência e evolução da ferrugem do eucalipto *Puccinia psidii* Winter em duas regiões de plantio no Estado de São Paulo. In: **Forest: Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas**, 5, Curitiba, 1999. (CD-ROM).

TAYLOR, L.R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, v.189, p.732-735, 1961.

TENG, P.S., JOHNSON, K.B. Analysis of epidemiological components in yield loss assesment. In: KRANZ, J., ROTEM, J. (Eds.) **Experimental techniques in plant disease epidemiology**, Springer-Verlag, New York, p. 179-89, 1988.

TENG, P.S. Construction of predictive models. II. Forecasting crop losses. In: GILLIGAN, C.A. (ed.). **Advances in Plant Pathology**. London: Academic Press, 1985. v.3.

TESSMANN, D.J., DIANESE, J. C., MIRANDA, A. C., CASTRO, L.H.R. Epidemiology of a neotropical rust (*Puccinia psidii*): periodical analysis of the temporal progress in a perennial host (*Syzygium jambos*). **Plant Pathology**, v.50, p.725-731, 2001.

UPTON, G.; FINGLETON, B. **Spatial data analysis by example: Point pattern and quantitative data**. Chichester: Wiley, 1985. v.1.

VALE, F.X.R. & ZAMBOLIM, L. Influência da temperatura e da umidade nas epidemias de doenças de plantas. **Revisão anual de patologia de plantas**, v. 4, p. 149-207, 1996.

VALE, F.X.R., JESUS JUNIOR, W. C., ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**, Belo Horizonte, Perffil, 2004. 531p.

VANDERPLANK, J.E. **Plant diseases: epidemics and control**. Academic Press, New York, 1963. 349p.

VENÂNCIO, W. S. et al. Novos fungicidas. Produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.7, p.103-155, 1999.

WALKER, P.T. Crop losses: the need to quantify the effects of pests, diseases and weeds on agricultural production. **Agriculture, Ecosystems and environment**, v. 9, p. 119-58, 1983.

WU, Y.; TIEDEMANN, A. V. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.71, n.1, p.1-10, 2001.

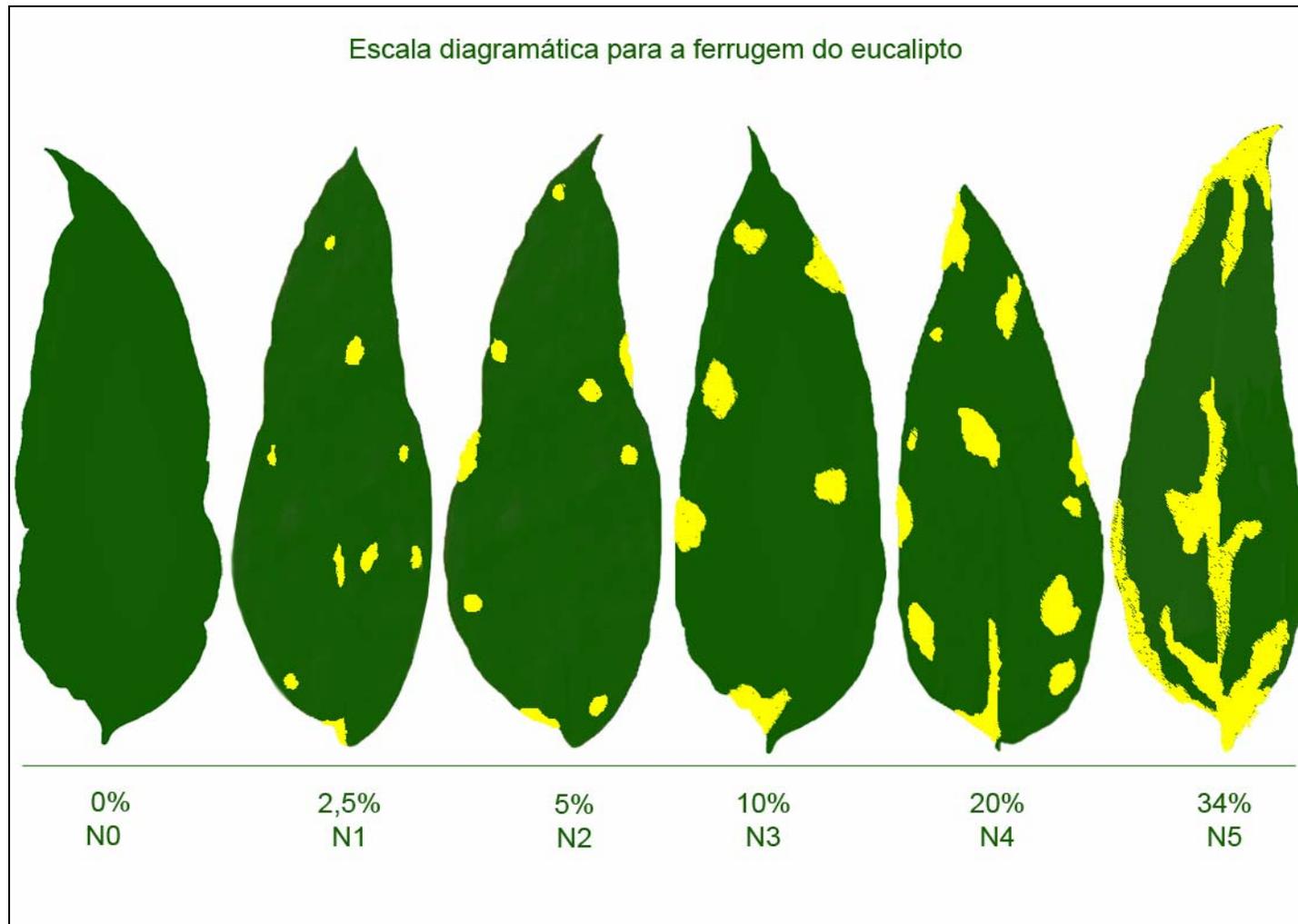
YPEMA, H. L.; GOLD, R. E. Kresoxim-methyl: modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide. **Plant Disease**, v.83, n.1, p.4-19, 1999.

ZADOKS, J.C., SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**. New York: Oxford University Press, 1979. 427p.

ZAMPROGNO, K.C.; FURTADO, E.L.; MARINO, C.L.; BONINE, C.A.; DIAS, D.C. Utilização de análise de segregantes agrupados na identificação de marcadores ligados a genes que controlam a resistência à ferrugem (*Puccinia psidii* Winter) em *Eucalyptus* sp.. **Summa Phytopathologica**, v.34 (3), p.253-255, 2008.

ZAUZA, E.A.V.; COUTO, M.M.F.; MAFFIA, L.A.; ALFENAS, A.C. Eficiência de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.32, n.5, p.829-835, 2008.

Anexos



Anexo 2 - Escala diagramática para quantificação da severidade da ferrugem do eucalipto, expressa em percentual de área foliar lesionada.