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

ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS DA FERRUGEM DO EUCALIPTO CAUSADO POR *Puccinia psidii* EM PLANTIOS IRRIGADOS

CARLOS ANDRÉ GASPAR DOS SANTOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de mestre em Agronomia – Área de Concentração em Proteção de Plantas

BOTUCATU - SP
Março - 2006

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

ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS DA FERRUGEM DO EUCALIPTO CAUSADO POR *Puccinia psidii* EM PLANTIOS IRRIGADOS

CARLOS ANDRÉ GASPAR DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Furtado

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de mestre em Agronomia – Área de Concentração em Proteção de Plantas

BOTUCATU - SP
Março - 2006

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

Santos, Carlos André Gaspar dos, 1975-
S237e Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Puccinia psidii* em plantios irrigados / Car- los André Gaspar dos Santos. - Botucatu, [s.n.], 2006.
vii, 66 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2005
Orientador: Edson Luiz Furtado
Inclui bibliografia

1. Eucalipto. 2. Eucalipto - Irrigação. 3. Ferrugem nas árvores. 4. Doenças e pragas - Controle. 5. Epidemiologia. I. Furtado, Edson Luiz. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Titulo.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS DA FERRUGEM DO EUCALIPTO CAUSADO POR *Puccinia psidii* WINTER EM PLANTIOS IRRIGADOS"**

ALUNO: CARLOS ANDRÉ GASPAR DOS SANTOS

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO

PROF. DR. EDSON SEIZO MORI

DRª MARIA JOSÉ DE MARCHI GARCIA

Data da Realização: 03 de março de 2006.

À Deus

Por tudo o que sou e tenho

Aos meus avós

ANDRÉ GASPAR (IN MEMORIAN) E AURORA FERNANDES GASPAR
MANOEL LOURENÇO DOS SANTOS (IN MEMORIAN) E ALZIRA DIAS DOS SANTOS
Pelo carinho e compreensão nos momentos de ausência

Aos meus pais

NADIR GASPAR DOS SANTOS E MANOEL CARLOS DOS SANTOS
Por todo amor, ensinamento e oportunidade

A minha irmã

CARINA GASPAR DOS SANTOS
Pelo apoio, dedicação e compreensão

A minha tia, meu primo e meus afilhados

NILZA GASPAR
WANDRE GASPAR DA SILVA
GUSTAVO ALMEIDA GASPAR SILVA
RAYSSA OLIVEIRA ESCUDEIRO
CLAUDIA OLIVEIRA FRANCISCO
Pela presença constante em todos os momentos da minha vida

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. **Edson Luiz Furtado**, pela orientação, amizade e ensinamentos transmitidos.

A todos os professores e funcionários da FCA - UNESP pela dedicação e fundamental participação no meu aperfeiçoamento profissional.

A Votorantim Celulose e Papel e seus colaboradores pela amizade e apoio na realização deste trabalho, em especial a **Sérgio Dias Silva**, **Adriano Guillen**, **Celina Ferraz do Valle** e **Ernesto Norio Takahashi**.

A Veracel Celulose e Papel e seus colaboradores pelo apoio e oportunidade, em especial a **Antônio Sérgio Alípio**, **David Evandro Fernandes**, **Luciano Rodrigues Santana**, **Sérgio Ricardo Silva** e **Leonardo Novaes Rosse**.

A todos os amigos da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP e das cidades de: Botucatu/SP, em especial a **Keiko Ito Balestrim** e **Romoaldo José**

Balestrim, Cubatão/SP, Santos/SP e Eunápolis/BA, pela amizade e cumplicidade em todos os momentos.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

		Página
	RESUMO	01
	SUMMARY	03
1.	INTRODUÇÃO	05
2.	REVISÃO DE LITERATURA	09
2.1	O eucalipto	09
2.2	Ferrugem do eucalipto	10
2.3	Quantificação da ferrugem	14
2.4	Epidemiologia da ferrugem	16
3.	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Caracterização da área de estudo	26
3.2	Avaliação da doença	28
3.3	Índice de infecção	28
3.4	Desenvolvimento das plantas	30
3.5	Análise temporal	32
3.6	Análise espacial	33

3.7 Umidade do solo e sombreamento 33
3.8 Análise de danos potenciais 34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
4.1 Índice de infecção 36
4.2 Análise temporal 41
4.3 Análise espacial em linha de plantio 48
4.4 Umidade do solo e sombreamento 49
4.5 Análise dos danos potenciais 51
5. CONCLUSÕES 53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

RESUMO

A ferrugem do eucalipto é uma das doenças que mais tem preocupado o setor florestal nos últimos anos, principalmente pelo aumento de sua ocorrência no território nacional e pelos danos causados. Novas informações sobre a influência do clima, tratos culturais, análise espacial, análise temporal e danos ocasionados, possibilitam a evolução do manejo integrado desta doença, tornando-o mais eficiente, econômico e sustentável. Apesar de alguns grupos de pesquisadores terem desenvolvido importantes trabalhos sobre o assunto, outras informações a respeito da epidemiologia da doença são necessárias para o seu melhor entendimento**.** Os objetivos do presente trabalho são: a) comparar o índice de infecção no macroclima (região) e microclima (local) com manejo irrigado; b) analisar o melhor modelo para a curva de progresso de doença; c) fazer a análise espacial em linha de plantio e temporal; d) avaliar a influência da umidade do solo e do sombreamento sobre a incidência e severidade da doença; e) avaliar os danos causados pela doença. Para comparação dos índices de infecção, utilizou-se um modelo matemático proposto em literatura, estimado a partir de dados climáticos diários de temperatura e período de molhamento foliar, no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004. Foram conduzidos experimentos em duas parcelas irrigadas por gotejamento com 914 plantas, num espaçamento de 2,5 x 3 metros. As duas parcelas foram

locadas no projeto Guatapará, da Votorantim Celulose e Papel, no município de Luiz Antônio/SP e observadas de julho de 2003 a junho de 2004. O material genético utilizado foi um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. No experimento foi utilizado o método de planta individual. As plantas foram expostas à infecção natural. Foram realizadas sete avaliações visuais de severidade da doença, por meio de escala de notas variando de 0 (planta sadia) a 3 (planta altamente suscetível) e obteve-se também a produtividade individual. O índice de doença utilizado, mostrou-se adequado para aferir as características climáticas da epidemia. O índice de infecção calculado para o microclima (local) irrigado foi superior em todos os meses ao macroclima (região). O modelo que se ajustou melhor a curva do progresso da doença foi o Logístico. Segundo o teste "run" para análise espacial em linha de plantio o padrão da doença é aleatório no início da epidemia e agregado após este período. O máximo desenvolvimento (severidade) foi aos dez meses de idade. O sombreamento teve alta influência sobre a incidência e a severidade da doença. O nível médio da doença correlacionou-se com a AUDPC (área abaixo da curva de progresso da doença). A AUDPC correlacionou-se com o volume médio da madeira. A redução de produtividade estimada entre plantas sadias e doentes foi em média de 48,3%. A utilização de genótipos resistentes à ferrugem, no cultivo irrigado do eucalipto na região, é recomendado, pois o microclima pode ser favorável à infecção.

EPIDEMIOLOGY STUDIES OF THE EUCALYPTUS RUST CAUSED BY *Puccinia psidii* IN THE IRRIGATED PLANTATION. Botucatu, 2006. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CARLOS ANDRÉ GASPAR DOS SANTOS
Adviser: EDSON LUIZ FURTADO

SUMMARY

The Eucalyptus rust is one of the highest worry of plants treating from the last years; specially for its increasing in this national area and to cause damages. New information on climate influence, cultural procedures, spacial analysis, temporal analysis, and cause of damages, make possible the evolution of integrated management of Eucalyptus rust, making it more efficient, economical and sustainable. Although some groups of researchers have developed important works on the matter, other information about disease epidemiology are needed for its best understanding. The present work goals: a) to compare the infection rates in macro and microclimate with irrigated management; b) to analyze the best model for disease progress curve; c) to make spacial analysis in line and temporal analysis; d) to evaluate the influence of soil moisture and soil shady on the disease incidence and severity; e) to analyse the damages caused by the disease. To compare the infections rates, a mathematical proposed model was used. Estimated through daily temperature data and periods of leafes wetting, from june 2002 to april 2004. Trials were conducted in two plots, one irrigated by dropping with 914 plants, on 2.5 x 3 spacing meters. Both plots were located on Guatapará farm, in Luiz Antonio county, São Paulo State and observed from June 2003 to April 2004. The genetic material is a hybrid clone of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla*. The

trial was composed by one single plot method. The plants were exposed to natural infection. Seven visual evaluations of disease seriousness were made, through the scale varying from 0 (healthy plant) to 3 (highly susceptible plant) and also were obtained the individual productivity. The disease rate is suited to measure the climate features of epidemics. The infection rate calculated for irrigated microclimate, compared to macroclimate, was superior through all of months. The model that best fit the disease progress curve was the Logístico. According to the "run" test for spacing analysis in plantation line the disease standard is randomized at the beginning of the epidemics and added after this period. The greatest developmente was when they were 10 months old. The shadowing had high influence on the disease incidence and severity. The disease level mean was according to the AUDPC. The AUDPC is related to the average of wood volume. The reduction of estimated productivity among healthy and sick plants was in overage 48,3%. The use of rust resistant genotypes in irrigated plantation of Eucalyptus in the region must be recommended, because of the microclimate is suitable for infection.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido como a nação mais competitiva do mundo para a produção de madeira por meio de florestas plantadas. A produtividade brasileira é excepcional em virtude do solo e do clima tropical, chegando a ser 10 vezes do que a de outros concorrentes. Além disso, o Brasil possui uma das tecnologias mais avançadas para desenvolvimento de florestas plantadas. Afora esses fatores de produtividade e de domínio tecnológico, existem outros pontos favoráveis, como as dimensões continentais, a facilidade de acesso marítimo e a existência de mão-de-obra qualificada (Corrêa, 2005).

O eucalipto é originário da Austrália e considerado um gênero com espécies de rápido crescimento. Entretanto, a formação de povoamentos florestais para fins econômicos originou-se no Brasil, no início do século 20, com a introdução da espécie na região de Rio Claro, estado de São Paulo, pela Companhia Paulista de Estrada de Ferro, visando à produção de dormentes (Silva, 1994).

A ferrugem do eucalipto é uma das doenças que mais tem preocupado o setor florestal nos últimos anos, principalmente pelo aumento de sua ocorrência no território nacional e pelos danos causados (Furtado & Santos, 2001).

A ferrugem é causada pelo fungo *Puccinia psidii* WINTER, nativo do Brasil, apresentando ampla distribuição geográfica no país (Castro et al., 1983).

A primeira constatação de que se tem notícia, acarretando danos preocupantes, é de 1973 em viveiros e em plantações com menos de 18 meses de idade, em *Eucalyptus grandis*, procedência África do Sul, no Espírito Santo (Ferreira, 1983). Desde então ataques esporádicos, porém severos, de ferrugem do eucalipto ocorrem em viveiros e em plantações de eucaliptos nas regiões do Vale do Rio Doce, Zona da mata e Açucena, em Minas Gerais, no Espírito Santo e no Sul da Bahia (Ferreira, 1981; Moraes et al., 1982; Castro, 1983). No estado de São Paulo a doença passou a ser considerada importante em meados de 1990, em plantios jovens de eucaliptos na região de Itapetininga e Vale do Paraíba (Camargo et al., 1997).

A Ferrugem incide em plantas jovens em viveiro e no campo. Temperatura na faixa de 18 a 25°C, sendo ótimo 23°C, períodos prolongados de molhamento foliar, orvalho noturno ou garoas por períodos superiores a 6 horas por 5 a 7 dias consecutivos, e a existência de órgãos juvenis, folhas jovens e terminais de crescimento, são favoráveis a infecção (Ruiz et al., 1989). Em geral quando as plantas atingem o estádio fenológico B (Ferreira, 1989), com cerca de 3 a 4 metros de altura, elas se tornam escape à doença, provavelmente por causa da diminuição das condições favoráveis à infecção nas partes jovens suscetíveis (Alfenas et al, 2004).

A doença é caracterizada pela esporulação urediniospórica, pulverulenta e de coloração amarela sobre os órgãos afetados. Em materiais altamente suscetíveis, causa deformações, necroses, hipertrofia, minicancros e morte das porções terminais de crescimento. Embora a fase de uredínia seja a mais comum e a principal forma de disseminação da doença, em épocas mais quentes, podem ser produzidos teliósporos. Por se tratar de um patógeno biotrófico, seu crescimento e sua multiplicação requerem tecidos vivos do hospedeiro, não sendo possível seu cultivo “in vitro”, em meios rotineiros empregados. O fungo retira seus nutrientes por meio de haustórios formados no interior das células vivas do hospedeiro (Alfenas et al., 2004).

Eucalyptus grandis, *E. cloeziana*, *E. phaeotricha*, *E. globulus* e *E. nitens* são as espécies mais suscetíveis. Além do eucalipto, a ferrugem incide em várias outras

espécies nativas e exóticas da família Myrtáceae, como goiabeira, jambeiro, jabuticabeira, melaleuca, entre outras (Furtado & Marino et al., 2003).

O entendimento dos processos relacionados ao desenvolvimento de doenças de plantas está fortemente ligado ao conhecimento dos seguintes fatores: o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Cada um destes fatores exerce papel fundamental no desenvolvimento de epidemias, e deve ser estudado em particular para o entendimento dos mecanismos que afetam a doença. Entretanto, o ambiente exerce papel preponderante sobre os demais, uma vez que também os influencia. E dentre os diversos aspectos ambientais, destacam-se o clima e as condições meteorológicas (Vale et al., 2004).

O conhecimento da epidemiologia, que trata das populações de plantas e dos patógenos e suas dinâmicas, que resultam de interações com os fatores do ambiente e a interferência das várias atividades do homem, é fundamental para tornar a proteção da cultura do eucalipto mais efetiva e menos impactante.

O manejo integrado de doenças em plantas consiste na adoção de integração de medidas e princípios que se aplicam visando o patógeno, o hospedeiro e o ambiente por meio da redução ou completa eliminação de inóculo inicial, redução na taxa de progresso da doença e por meio de manipulação do período de tempo em que a cultura permanece exposta ao patógeno em condições de campo (Vale et al., 2004).

O dano é definido como qualquer redução na quantidade e qualidade de produção (Zadoks, 1985). Perdas são definidas como a redução em retorno financeiro por unidade de área devido à ação do organismo nocivo. Dano geralmente acarreta perda, mas não necessariamente, já que mecanismos de preço podem interferir (Bergamim Filho & Amorim, 1996). A quantificação de danos causados por uma doença não apenas possibilita estimar a redução na produtividade, mas também fornece bases essenciais para o manejo de doenças (Campbell & Madden, 1990).

A utilização de irrigação, no manejo da cultura do eucalipto, surge como alternativa para evitar que as plantas sofram estresse hídrico, principalmente em condições climáticas desfavoráveis. Pode proporcionar aumento da produtividade, principalmente em regiões que apresentam longos períodos de estiagem. Por outro lado o incremento de umidade do ar, do solo e da superfície foliar gerado pela irrigação pode

favorecer diferentes etapas do ciclo do patógeno, contribuindo para e explosão de determinadas doenças no campo (Vale et al., 2004).

Dentro deste contexto, os objetivos do presente trabalho foram:

- Comparar o índice de infecção no macroclima (região) e microclima (local) no cultivo irrigado de eucalipto na região de Luiz Antônio / SP;
- Descrever o modelo de curva de progresso da doença que melhor represente a epidemia em estudo;
- Realizar a análise espacial em linha de plantio e temporal da epidemia em estudo;
- Avaliar a influência da umidade do solo e do sombreamento sobre a incidência e a severidade da doença;
- Determinar os danos potenciais causados pela ferrugem em plantios clonais de eucaliptos na região de Luiz Antônio / SP.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do eucalipto

O eucalipto é a árvore mais plantada no mundo, com mais de 17,8 milhões de hectares, sendo o Brasil o segundo maior país em área plantada, com cerca de 3 milhões de hectares, ultrapassado apenas pela Índia, cujos plantios totalizam 8 milhões de hectares, aproximadamente (SBS, 2005).

Enquanto na Índia o plantio é extensivo e de baixa produtividade, no Brasil a eucaliptocultura é intensiva e baseada principalmente em florestas clonais formadas com materiais-elite e de elevada produtividade média, chegando a atingir valores da ordem de 45 a 60 m^3/ha/ano (Mora & Garcia, 2000).

O *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil em 1909 por Navarro de Andrade, quando iniciaram-se as primeiras pesquisas com esta espécie. Desta data até 1966, estima-se que a área total plantada foi de aproximadamente 400.000 hectares. Após a década de 60, devido principalmente ao programa de incentivos fiscais estabelecido pelo governo federal, para atender à crescente demanda de madeira, principalmente nas regiões sul e sudeste, a área plantada com eucalipto aumentou consideravelmente. Nos dias atuais o

eucalipto é a essência florestal com maior área cultivada no Brasil, sendo responsável, juntamente com outros produtos de base florestal, por 4% do PIB nacional e 10% das exportações, faturando US$ 5,4 bilhões por ano (SBS, 2005).

O eucalipto adaptou-se bem as condições climáticas do país e à demanda da madeira, em virtude de seu alto potencial de crescimento. O uso de sua matéria prima, a madeira, vem aumentando diariamente, principalmente nas áreas de siderurgia e carvão vegetal, celulose e papel, madeiras e móveis (SBS, 2005).

No Brasil, a substituição do uso de espécies nativas por eucaliptos plantados é uma realidade altamente positiva. Dos 300 milhões de metros cúbicos de madeira consumidos por ano, aproximadamente 100 milhões já provém de plantios florestais, a maior parte de eucaliptos (MCT, 2005).

A implantação da prática de produção de mudas de eucalipto por estaquia, ou seja, por clonagem, vêm garantindo plantios homogênios, com características genéticas favoráveis à produtividade e ao estabelecimento dos plantios no campo (Ikemori, 1975, Simões et al., 1981). No entanto, o fato de aprimorar as técnicas de produção não significou a obtenção de plantas resistentes às doenças, principalmente à ferrugem do eucalipto.

2.2 Ferrugem do eucalipto

Recebe o nome de ferrugens as doenças fúngicas causadas por basidiomicetos 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 (Scoutt & Maclean, 1969).

A ferrugem do eucalipto é causada pelo fungo *Puccinia psidii* WINTER e é nativa do Brasil, apresentando ampla distribuição geográfica no país (Castro et al., 1983), ocorrendo nas Américas, desde o Sul dos Estados Unidos até a Argentina. É conhecida também 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).

A primeira descrição da ferrugem do eucalipto foi feita em 1944 por Joffily, que observou a presença de urediniosporos sobre folhas de mudas de *Eucalyptus citriodora* (Joffily, 1944 - citado por Ferreira, 1983). A doença permaneceu sem destaque por um longo período de tempo, embora não esquecida (Castro, 1983). No entanto, com a ampliação da área de incidência da enfermidade os surtos tornaram-se cada vez mais freqüentes. A primeira constatação de que se tem notícia, acarretando danos preocupantes, é de 1973 em viveiros e em plantações com menos de 18 meses de idade, em *Eucalyptus grandis* - procedência África do Sul - no Espírito Santo (Ferreira, 1983). Desde então, ataques esporádicos, porém severos, de ferrugem do eucalipto ocorreram em viveiros e em plantações de eucaliptos nas regiões do Vale do Rio Doce, Zona da Mata e Açucena, em Minas Gerais, No Espírito Santo e no Sul da Bahia (Ferreira, 1981; Moraes et al, 1982; Castro, 1983).

É um patógeno autotécio que infecta os tecidos jovens como folíolos, inflorescências, gemas e frutos novos (Galli, 1980; Souza, 1985; Ferreira, 1989; Ruiz et al.,1989; Silveira, 1951).

Os sintomas primários da doença ocorrem inicialmente nos tecidos jovens de folhas e caule ainda em desenvolvimento. Iniciam-se por pontuações cloróticas que se transformam em pústulas ou soros, onde se expõem, com o rompimento da epiderme, massas pulverulentas de uredosporos, de coloração amarelo vivo. Estas pústulas podem coalescer, recobrindo a superfície das brotações do eucalipto quando o ataque é intenso. Em conseqüência, os tecidos afetados morrem e se secam, adquirindo coloração negra, como se fossem queimados. Dependendo das condições ambientais a planta pode reagir emitindo novas brotações. Com o desenvolvimento das folhas e do caule a massa amarela de esporos

desaparece dando lugar a lesões salientes, rugosas, de coloração marrom. Nas folhas estas lesões aparecem dispersas em ambas as faces da folha e às vezes sobre a nervura principal. São comumente delimitadas por halo escuro e arroxeado. Nos ramos a característica verrugosa das lesões se torna bastante típica. Como o ataque se dá antes das folhas completarem o seu desenvolvimento, estas freqüentemente acabam ficando deformadas. Plantas altamente suscetíveis podem ter seu desenvolvimento comprometido pela doença, sofrendo um enfezamento quando severamente atacadas. Estas plantas poderão ser dominadas pelas adjacentes, que, menos afetadas ou sadias, continuam crescendo normalmente. Deste modo, a ferrugem do eucalipto deixou de ser uma doença cujos danos eram consideráveis apenas em raras ocasiões (Krugner, 1980).

Com relação à disseminação das estruturas infectivas, esta se dá pela ação dos ventos, das chuvas, insetos e pássaros. Porém para que a infecção ocorra devem existir tecidos novos em desenvolvimento e, também condições abióticas favoráveis. A existência de tecidos novos está relacionada à fenologia do hospedeiro, conforme já havia observado Ferreira (1989) e, as condições abióticas favoráveis referem-se a temperaturas amenas e umidade relativa bastante elevada (Galli, 1980; Ruiz et al., 1989).

Essas condições são importantes para o desenvolvimento da doença porque atuam sobre o patógeno, possibilitando a propagação e germinação de suas estruturas infectivas, a fenologia do hospedeiro e, conseqüentemente sobre a interação patógeno *versus* hospedeiro (Piza & Ribeiro, 1988). Conforme relatam Ruiz et al., (1989) e Carvalho et al. (1991), surtos de ferrugem no campo são, provavelmente, influenciados pela temperatura e umidade relativa. Devido a tais dependências, o patógeno deve possuir mecanismos de sobrevivência altamente eficientes, uma vez que ambas as condições não ocorrem, ao mesmo tempo, em qualquer época do ano. Na ausência de condições favoráveis, ocorre a formação de estruturas denominadas teliósporo, que possibilitam a sobrevivência do patógeno. Estas estruturas também apresentam em suas paredes uma substância auto-inibidora da germinação (Figueiredo & Carvalho Jr., 1994, 1995). Tais substâncias podem ser removidas pela água da chuva ou irrigação.

Como resultado dessas estratégias de sobrevivência, a infecção primária pode ocorrer assim que as condições tornam-se favoráveis, devido à liberação dos

basidiósporos infectivos produzidos em decorrência da germinação dos teliósporos, dando continuidade à disseminação da doença (Ferreira, 1983).

Em decorrência da habilidade que têm as ferrugens de enfrentar condições ambientais adversas e, também devido à plasticidade de seus ciclos vitais, pode-se perceber a considerável importância destes patógenos no que se refere aos significativos prejuízos que podem causar à agricultura (Figueiredo & Aparecido, n.p.).

No país a doença constitui um sério problema principalmente devido à ocorrência de condições ambientais favoráveis praticamente durante todo o ano. Desde 1973 perdas econômicas preocupantes, de até 100%, tem sido registradas sobre espécies do gênero *Eucalyptus* (Aparecido et al., 2003a).

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, progênies ou espécies resistentes. Dentre as espécies resistentes, destacam-se: *Corymbia citriodora*, *C. torelliana*, *Eucalyptus camaldulenses*, *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 há 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). Ressalta-se, no entanto, que, no Brasil, não há fungicidas registrados para eucaliptocultura.

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 no qual 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.

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*.

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).

Aparecido et al. (2003b) identificaram grupos de variabilidade fisiológica de *Puccinia psidii* através das variáveis intensidade e freqüência da infecção devido à obtenção de reações diferenciais nos hospedeiros utilizados.

Sendo assim 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 Quantificação da ferrugem do eucalipto

Os estudos epidemiológicos requerem métodos padronizados para avaliação da severidade da doença nos plantios, visto que a quantificação da intensidade é

considerada umas das etapas mais importantes no manejo de doenças de planta, motivo pelo qual o desenvolvimento e a comparação dos métodos de quantificação pode prevenir sérios erros na aquisição de dados (Kranz, 1988). Para escolher o método de quantificação de doença, os graus de acurácia e precisão precisam ser obrigatoriamente considerados, uma vez que estas determinam a qualidade das estimativas (Large, 1966; Kranz, 1994; Bergamin Filho & Amorim, 1991).

Ferreira & Silva (1982) avaliaram as plantas através da descrição dos sintomas: altamente suscetíveis, moderadamente suscetíveis ou resistentes.

Os parâmetros de quantificação da doença, incluem a proporção da doença por folhas e ramos e a quantidade e tipo de pústulas (Castro, 1983; Takahashi et al., 1997).

A severidade da ferrugem em *Eucalyptus* spp. também pode ser avaliada, normalmente, mediante a contagem de urédias/cm^2 de área foliar (Ruiz et al., 1989). Contudo, apesar de sua precisão, fica difícil o emprego desse método de avaliação no campo, principalmente quando é necessário quantificar a doença em plantios estabelecidos com mais de 2 meses de idade.

Alguns trabalhos de avaliação da intensidade da ferrugem nas folhas são feitos baseados na incidência da folha (Nutman & Robert, 1963; Nutter et al., 1993; Reis, 1994; Reis et al., 2000).

Vale et al. (1997), em estudos de clones de *Eucalyptus* spp. resistentes a ferrugem, classificaram as plantas como resistentes, moderadamente resistentes e altamente suscetíveis, sendo que as moderadamente resistentes apresentam uma média de 50 soros para cada 2,4 cm^2 de área foliar, em duas folhas de cada planta avaliada, e as plantas altamente suscetíveis, apresentam cerca de 100 soros para cada 2,4 cm^2 de área foliar.

Junghans et al. (2000), desenvolveram uma escala diagramática para classificar plantas resistentes e suscetíveis à ferrugem. A escala de notas é dividida em quatro classes, baseando-se no diâmetro médio das pústulas, a qual: S_0 é a ausência de reação ou reação de hipersensibilidade; S_1 são as pústulas que apresentam diâmetro de 0,5 mm; S_2 representa as pústulas com diâmetro médio de 1,2 mm e S_3 são as pústulas com 2,1 mm de diâmetro.

Takahashi & Furtado (n.p.) desenvolveram uma escala diagramática, para classificar plantas resistentes e suscetíveis. A escala é dividida em 4 classes: N0 = planta isenta de sintomas (planta sadia); N1 = poucas pústulas de ferrugem nas folhas (difícil de serem visualizadas); N2 = pústulas normais de ferrugem geralmente esparsas ou apenas ocasionalmente abundantes, nos limbos e folhas novas; N3 = plantas com pústulas normais abundantes. 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 (necrose apical).

Dentre os métodos revisados para a avaliação da severidade da ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii*), o uso da escala diagramática desenvolvida por Takahashi & Furtado (n.p.), adaptado 4 notas, mostrou-se mais adequado, devido principalmente a rapidez e facilidade no uso à campo e correlação de seus resultados com a AUDPC e os danos potenciais, constatados na literatura.

2.4 Epidemiologia da ferrugem

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 epidemia 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 epidemia 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).

O homem pode desempenhar um importante papel para o surgimento e desenvolvimento das epidemias, podendo também interromper ou alterar este processo. Ele pode introduzir patógenos em novas áreas, adotar práticas culturais que resultem em maior ou menor desenvolvimento delas, manipular geneticamente as plantas desenvolvendo variedades

resistentes ou num processo de melhoramento visando apenas aumentar a produtividade da cultura e finalmente manipular o ambiente, criando condições de microclima que podem favorecer ou não o desenvolvimento das doenças. Enfim o homem é responsável pelo equilíbrio ou desequilíbrio do ecossistema, dependendo da forma como ele atua, interferindo nos vários processos que constituem esse sistema (Vale te al., 2004).

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 precisão, a ocorrência de epidemias em determinadas condições climáticas e agrícolas de uma região (Krugner, 1980). Contudo é na fase de germinação e penetração 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).

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 porte ou alta (Vale et al., 2004).

Ferreira (1981) determinou que a temperatura de 15°C é a melhor para a germinação de uredosporos de *Puccinia psidii*. Castro (1983), trabalhando com o sistema eucalipto-*Puccinia psidii*, obteve a maior e a menor intensidade de infecção, respectivamente, nas temperaturas de 24,5 $\pm$ 1,2 °C e 17,0 $\pm$ 0,6°C.

Ruiz et al. (1987), trabalhando com as temperaturas de 10, 15, 20, 25 e 30°C, durante o período de câmara úmida, chegaram à conclusão que o máximo de infecção ocorreu nas temperaturas de 20 a 25°C.

No entanto, Coutinho & Figueiredo (1984), inoculando jambeiro com *Puccinia psidii*, não obtiveram nenhum sintoma quando as temperaturas máximas foram superiores a 25°C. Os autores também citaram as temperaturas de 22 a 24,5°C como as mais favoráveis à produção de uredosporos.

Em relação ao efeito da luz, Castro (1983) observou que, mantendo-se mudas de eucaliptos por doze horas no escuro após a inoculação, obtinha-se maior infecção do

que mantendo-as no claro. Ruiz et al. (1987) inocularam mudas de eucaliptos e submeteram-as a vários fotoperíodos, concluindo que a infecção foi inversamente proporcional ao tempo de exposição à luz.

Não só por atacar o eucalipto mas também outros hospedeiros, *Puccinia psidii* é muito dependente de aspectos fenológicos específicos, tais como órgãos tenros em eucaliptos. Assim, quando os órgãos tenros são infectados, morrendo posteriormente, um novo ataque só ocorrerá quando novas brotações surgirem em condições de ambiente propícias a infecção pelo patógeno (Ferreira, 1983).

Demuner & Alfenas (1991) e Ferreira & Silva (1982) constataram comportamento diferencial das diversas espécies e procedências frente à ferrugem. Além disso, Demuner & Alfenas (1991) verificaram que as espécies de *Eucalyptus* mais suscetíveis a *Puccinia psidii* foram: *Eucalyptus grandis*, *E. pellita* e *E. cloeziana*.

Aparecido et al. (2003a) 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.

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. (2003a) 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 de alta umidade para infecções, ajudam a explicar a ocorrência da doença em surtos esporádicos, de relativa curta duração e de rápida disseminação.

Ruiz et al. (1989) e Carvalho et al. (1991) observaram que plantas infectadas artificialmente e submetidas a temperaturas entre 20 e 25°C e longo tempo de molhamento de suas folhas, apresentavam grande quantidade de soros nos órgãos infectados.

Ensaios em laboratório permitiram verificar que: temperaturas variando entre 18 e 21°C são as melhores para a germinação dos urediniósporos, temperaturas variando entre 22 e 24,5°C são as mais propícias para a produção de grandes quantidades de soros urediniais e, temperaturas acima de 25°C impossibilitam a infecção devido ao efeito deletério sobre as estruturas infectivas (Coutinho & Figueiredo, 1984; Piza & Ribeiro, 1988; Ferreira, 1989; Ruiz et al., 1989). Porém caso a temperatura ultrapasse os 25°C, após a ocorrência da infecção e surgimento dos soros urediniais, Ruiz et al. (1989) observaram que grandes quantidades de soros teliais começam a se formar.

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, gabiroba, 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.

Barrichelo et al. (n.p.) observaram que o aumento das doses de boro em mudas de eucalipto (híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) diminuiu as lesões de ferrugem em eucalipto; o aumento do boro diminuiu as brotações em eucalipto; até a dose de 2 mg de manganês diminuíram as lesões de ferrugem, mas depois desta as lesões aumentaram; a altura do eucalipto, o número de brotações, o número de folhas e o número de lesões esporuladas de ferrugem diminuíram até a dose 80 mg de silício e depois desta passaram a aumentar.

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.

Ruiz et al. (1989) verificaram que o nível de infecção de *Puccinia psidii* em eucalipto variou de acordo com a temperatura, com tempo de água livre na superfície foliar e com o fotoperíodo. O maior índice de doença ocorreu nas temperaturas de 20 a 25°C e a 24 horas de água livre na superfície foliar. A 20 °C o período ótimo estimado de água livre para infecção foi de 31 horas. A infecção e a germinação de uredosporos foram inversamente correlacionadas com o tempo de exposição à luz na fase de incubação. Tempos de exposições iniciais à luz maiores que oito horas inibiram a germinação de esporos e a infecção de *P. psidii*. Verificou-se também que o número de soros urediais e teliais produzidos a 20 e a 25°C foi significativamente maior do que a 30°C. A 15°C, não ocorreu esporulação. A temperatura ótima estimada para infecção foi de 23°C, aproximadamente. O maior índice de infecção foi observado em regime de temperatura máxima/mínima de 25/20°C e, a seguir, os de 30/20°C e 25/15°C. A luz estimulou a infecção em plantas submetidas na fase de pós-penetração; a maior e a menor produção de soros foram obtidas em plantas submetidas a 100% (3640 lux) e 30% (1092 lux) de luz, respectivamente.

Piza & Ribeiro (1988) estudaram a influência da luz e da temperatura na germinação de uredosporos de *Puccinia psidii*, determinando que 18°C e oito horas de escuro são as condições que propiciam a melhor germinação dos uredosporos.

Muitos patógenos de caule e folhas são intimamente afetados pelo molhamento, como água livre na superfície foliar ou como vapor de água na atmosfera. Alguns patógenos não germinam e, conseqüentemente, não conseguem penetrar no hospedeiro na ausência de água livre (Mederick & Sackston, 1972).

Sob condições de infecção natural, altos índices 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. (1989), quando prevalecerem, durante um período mínimo de oito horas, as temperaturas noturnas entre 18 e 25ºC e umidade relativa superior ou igual a 90%.

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

Em estudos de progresso da ferrugem do eucalipto, em brotações de *Eucalyptus cloeziana*, em condições de campo, no município de Teixeira de Freitas / BA, Ruiz et al. (1989) verificaram que a intensidade da doença, expressa em porcentagem de plantas doentes e proporção de folhas e ramos com ferrugem, variou de acordo com determinados períodos nos anos avaliados. Segundo os autores, o menor período de crescimento do hospedeiro foi observado nas épocas críticas de incidência da doença. Períodos de umidade relativa superiores a 90% acima de 8 horas e temperaturas de 18 a 25ºC, foram altamente favoráveis à infecção.

Desse modo, no Brasil, as condições favoráveis para a ocorrência da ferrugem ocorrem nos meses de maio a agosto, períodos em que foram registrados altos índices da doença no campo (Ruiz et al., 1989; Takahashi et al., 1999).

Em outro estudo conduzido em doze talhões de brotações de *Eucalyptus cloeziana*, em Teixeira de Freitas / BA, nos períodos de janeiro de 1987 a novembro de 1989, Carvalho et al. (1994), avaliando a incidência da ferrugem, em ramos e

folhas, também verificaram a variação da intensidade da mesma com o ano e época do ano, de acordo com a variação de temperatura e período de molhamento foliar.

Vale et al. (2004), cita que patógenos da parte aérea, na maioria dos casos, são menos afetados pela temperatura do que pelo efeito da umidade, devido a ampla faixa efetiva de temperatura favorável ao patógeno.

Pode-se 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 è a ciência que estuda as interações entre patógenos e hospedeiros sob a influencia do ambiente e do homem (Kranz, 1974). O conhecimento destas interações è 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 analise 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).

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. 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).

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 & Shein, 1979).

Dano foi definido como a diferença entre a produção obtida em pequenas parcelas experimentais, com uso de modernas técnicas (produção possível), e a produção real (Chiarappa, 1981).

A compreensão e a quantificação dos danos são importantes tanto na análise econômica da produção quanto para a própria operacionalização dos sistemas de produção.

Demuner & Alfenas (1991) relataram que, em 1986, uma plantação de *Eucalyptus cloeziana* com cerca de 122 hectares foi quase que totalmente dizimada pelo patógeno (*Puccinia psidii*) na região de Teixeira de Freitas / BA, resultando numa perda de cerca de US$ 73.200.

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 sadias 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 sadias e plantas com o maior nível de severidade foi de 50,49% aos 11 meses de idade. Para o volume individual a diferença entre plantas sadias e plantas com o maior nível de severidade foi de 98% aos 11 meses de idade.

Moraes et al. (1982) estudaram a evolução da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em *Eucalyptus* spp. e observaram a tendência de menor crescimento para os maiores níveis de infestação.

Takahashi (2002) avaliou o índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionadas à intensidade da doença no campo e concluiu, através do modelo obtido por Ruiz et al. (1989), que 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 o mês de setembro; o *Eucalyptus grandis* apresentou-se suscetível até a idade de 1,5 ano; o nível médio de severidade correlaciona-se com a AUDPC; os danos em árvores que apresentaram sintomas da ferrugem variaram de 19,79 a 41%.

A utilização de irrigação garante que as plantas não sofrerão estresse hídrico em épocas de condições climáticas desfavoráveis. Com isso pode-se empregar o escape às doenças realizando os plantios em épocas de temperatura menos favoráveis ao patógeno, ou antecipar o plantio, de forma que as planta, no início do ciclo, mais suscetíveis a doenças, não sejam expostas à alta densidade de inoculo. Pode-se ainda programar a colheita,

a fim de se evitar doenças típicas de fim de ciclo. Por outro lado o incremento de umidade do ar, do solo e da superfície foliar gerado pela irrigação pode favorecer diferentes etapas do ciclo do patógeno, contribuindo para a explosão de determinadas doenças no campo (Vale et al., 2004).

Em estudos avaliando a curva de progresso da ferrugem do feijoeiro, em quatro épocas de plantio em Campos de Goytacazes/RJ, em três cultivares, as maiores AUDPC ocorreram no plantio de junho, seguido pelo plantio de julho, para todos os cultivares, devido a ocorrência de condições climáticas favoráveis ao fungo *Uromyces appendiculatus* (Dias et al, 2000).

A requeima do tomateiro, causada por *Phytophthora infestans*, assim como as ferrugens, é altamente influenciada por condições ambientais, principalmente temperatura e molhamento foliar. Com base nesta dinâmica Costa et al. (2000) avaliou, em diferentes épocas, o comportamento da requeima do tomateiro, nos anos de 1998 e 1999 e em dois ensaios, calculando a AUDPC e a taxa de progresso (r). Utilizando o modelo logístico de crescimento obteve curvas de progresso bastante distintas nos dois anos analisados, sendo que o maior desenvolvimento da doença ocorreu no ano de 1998, explicado pela ocorrência de condições climáticas mais favoráveis em relação a 1999.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização das áreas de estudo

As parcelas de observação foram instaladas em plantios irrigados da empresa Votorantim Celulose e Papel – VCP, região de Luiz Antônio/SP, onde se destacam grandes maciços de reflorestamento com *Eucalyptus* spp.

O clima na região é tipo megatérmico sub-úmido, sem ou com pequena deficiência hídrica / subquente ou quente úmido, com 3 meses secos (mapa climático do IBGE). Apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média de 25°C no verão e 19°C no inverno. Precipitação anual em torno de 1400 mm e umidade relativa média de 71%. Altitude em torno de 515 m (PMRP, 2005).

Os solos são, em sua maioria, latossolos vermelhos com mais de 30% de argila.

Foram locadas duas parcelas de observação, sendo uma com 339 plantas (parcela 1) e outra com 575 (parcela 2), cujo os plantios foram realizados em 10/05/2003, com espaçamento de 3,0 x 2,5 m, material genético clonal (híbrido de *Eucalyptus*

grandis e *E. urophylla*), no projeto Guatapará, município de Luiz Antônio/SP (Tabela 1 e Figura 1).

Na irrigação das parcelas aplicava-se, em média, dependendo da precipitação, 3,5 mm/dia (1.250 mm/ano).

Tabela 01. Informações sobre as parcelas experimentais.

Região	Projeto	Parcelas	Espécie	Data de plantio	Manejo	Tipo de solo
Luiz Antônio/SP	Guatapará	01	Clone (*E. grandis* x *E. urophylla*)	10/05/2003	Irrigado	Latossolo Vermelho > 30%
Luiz Antônio/SP	Guatapará	02	Clone (*E. grandis* x *E. urophylla*)	10/05/2003	Irrigado	Latossolo Vermelho > 30%

Figura 1. Muda de eucalipto na área experimental (irrigação por gotejamento).

3.2 Avaliação da doença

As plantas de cada parcela foram numeradas e avaliadas individualmente, quanto à incidência (porcentagem de plantas com ferrugem) e severidade (níveis de infecção) determinada por uma escala diagramática, confeccionada para esta finalidade (Takahashi & Furtado, n.p.), em quatro níveis: N0 para planta isenta de sintomas (planta sadia); N1 para poucas pústulas de ferrugem (difícil de serem encontradas); N2 para pústulas normais de ferrugem, geralmente esparsas ou apenas ocasionalmente abundantes, nos limbos e folhas novas; N3 para plantas com pústulas normais abundantes. 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 realizadas 7 avaliações.

Figura 02. Escala de notas para avaliação da ferrugem do eucalipto

3.3 Índice de infecção

A partir de dados climáticos diários, de temperatura e período de molhamento foliar, da região de Luiz Antônio/SP, obtidos da estação meteorológica do viveiro da Votorantim Celulose e Papel (macroclima) nos anos de 2002, 2003 e 2004 e através de um sensor locado a 1 metro de altura na área experimental irrigada (microclima) nos anos de 2003

e 2004, estimou-se o índice de infecção diário. Utilizou-se o modelo obtido por Ruiz et al. (1989) em estudos de *Puccinia psidii* WINTER em *Eucalyptus grandis*, em condições controladas. Segundo o modelo matemático o índice de infecção, constitui uma relação entre temperatura máxima e o período de molhamento foliar (umidade relativa maior ou igual à 90%).

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

Onde:

II = índice de infecção

T = temperatura máxima (C°)

H = período de molhamento foliar (horas)

Figura 3. Sensor utilizado para coleta de dados meteorológicos na área experimental.

Deste modo, estimou-se o índice de infecção, através dos dados meteorológicos observados no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004, utilizando a estação meteorológica do viveiro da VCP (fora da área experimental), no macroclima (região). Para o microclima, através de dados meteorológicos observados a partir de um sensor

instalado dentro da área experimental (local), o período para a coleta de dados, para calcular o índice de infecção, foi de maio de 2003, que coincide com os primeiros surtos registrados de ferrugem em plantios de *Eucalyptus* spp na região, a dezembro de 2004.

3.4 Desenvolvimento das plantas

Para avaliar o desenvolvimento das plantas, tomou-se medida de altura das plantas (m) e dap (diâmetro à altura do peito expresso em cm).

No total foram realizadas 8 avaliações conforme mostra tabela 2. As leituras foram realizadas mensalmente, até a quarta avaliação, que corresponde de 2 a 6 meses de idade da planta no campo. A partir da quinta avaliação até a oitava, que corresponde de 6 a 23 meses de idade, os intervalos de avaliação variaram entre 4, 3 e 10 meses, respectivamente. Não foi realizada a segunda avaliação (22/08/2003) na parcela 2.

A produção individual, em metros cúbicos, foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$Vi = \frac{\pi(dap)^2}{4} \times Ht \times f$$

Onde:

Vi = volume individual do tronco (m^3)

dap = diâmetro à altura do peito (m)

Ht = Altura total (m)

f = fator de forma

O fator de forma (f) de um maciço florestal é determinado através da média aritmética dos fatores de forma obtidos em diversas árvores amostradas ao longo do povoamento (Veiga, 1984).

Tabela 2. Avaliações realizadas nas parcelas.

Região	Luiz Antônio/SP	Luiz Antônio/SP
Projeto	Guatapará	Guatapará
Parcela	01	02
Data de plantio	10/05/2003	10/05/2003
Data de avaliação	Idade (meses)	
17/07/2003	2 meses	2 meses
22/08/2003	3 meses	*
26/09/2003	4 meses	4 meses
17/10/2003	5 meses	5 meses
08/12/2003	6 meses	6 meses
17/03/2004	10 meses	10 meses
23/06/2004	13 meses	13 meses
18/04/2005	23 meses (#)	23 meses (#)

* não houve avaliação

\# não houve avaliação de doença nesta idade (não apresentou sintomas e/ou sinais)

Com base no volume individual da árvore, obteve-se o volume real por hectare (Vreal) em metros cúbicos, conforme indicado na expressão seguinte:

$$Vreal = \frac{\sum Vi}{n_1} \times n_2$$

Onde:

Vreal = volume (m^3/ha)

Vi = volume individual (m^3)

n_1 = número de árvores na parcela avaliada

n_2 = número de árvores por hectare

O volume estimado é o volume esperado, calculado com base no volume das árvores sadias, em metros cúbicos por hectare, conforme a expressão abaixo:

$$Vest = \frac{\sum Vi}{n_1} \times n_2$$

Onde:

Vest = volume estimado (m^3/ha)

Vi = volume individual de plantas sadias (m^3)

n_1 = número de árvores na parcela avaliada

n_2 = número de árvores por hectare.

O volume real (Vreal) é o volume obtido, em cada parcela, considerando as plantas doentes, em diferentes níveis. O volume estimado (Vest) é o volume obtido, em cada parcela, considerando apenas as plantas sadias. Estes valores foram extrapolados para 1 ha (1.333 plantas).

3.5 Análise temporal

Para análise temporal da epidemia, utilizou-se os dados acumulados de severidade (soma dos níveis) e de incidência em cada parcela e época de avaliação. Comparou-se o efeito da idade da planta *versus* severidade e incidência da doença.

Optou-se por ajustar um modelo empírico de curva de progresso de doença, aos dados observados, através da análise de regressão. O grau de ajuste de cada modelo aos dados, foi avaliado em função dos valores do coeficiente de determinação (R^2) e do coeficiente de determinação ajustado da análise de regressão (R^{*2}) (Cornell & Berger, 1987, Vale et al., 2004). No ajuste do modelo utilizou-se a severidade total, através da soma das notas da escala diagramática utilizada (Figura 2).

3.6 Análise espacial

Para análise do padrão espacial de plantas em linhas de plantio utilizou-se os dados de incidência em cada parcela, em três períodos: julho de 2003, março de 2004 e junho de 2004. Para investigar o padrão espacial utilizou-se o teste "run" que é definido como uma seqüência de um ou mais símbolos idênticos, os quais são seguidos ou procedidos por um símbolo diferente ou por símbolo nenhum, no começo ou fim de uma linha (Vale et al., 2004).

3.7 Umidade do solo e sombreamento

No mês de maior severidade (soma dos níveis) da doença (março/2004), comparou-se a incidência e a severidade em áreas sombreadas e não sombreadas na parcela 2. A área sombreada foi selecionada levando-se em consideração as plantas que permaneceram sombreadas durante todo o período avaliado. Este sombreamento foi causado por um plantio de eucalipto mais velho, locado ao lado da parcela.

Para a análise da umidade do solo, foram realizadas coletas de solos em três linhas perpendiculares as linhas de plantio na parcela 1, em três profundidades: 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm, aos 10 meses de idade. As plantas locadas próximas aos pontos de coleta de solo, tiveram a severidade da doença registradas, no mesmo período, para verificar a correlação destes índices com a umidade encontrada. Para a análise da umidade foi utilizada a seguinte expressão:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{\text{peso úmido - peso seco}}{\text{peso úmido}} \times 100$$

Para correlação da umidade com os índices de infecção utilizou-se analise de regressão linear simples para determinar a relação entre as variáveis.

3.8 Análise de danos potenciais

O método utilizado foi o de plantas individuais (Bergamin Filho & Amorin, 1996). Os indivíduos doentes e sadios substituem as parcelas do método de parcelas experimentais. As plantas foram devidamente escolhidas, etiquetadas e avaliadas. A escolha da planta foi feita procurando-se representar a maior variação possível de intensidade da doença, não se esquecendo da referencia planta sadia como proposto por Walker (1983). Ao final cada planta foi considerada como sendo um dado para analise de regressão.

Neste estudo, para a obtenção de diferentes níveis de severidade, utilizou-se a infecção natural (Chiarappa, 1971; James & Teng, 1979; Walker, 1983).

Foi calculada a área abaixo da curva da doença (AUDPC), estimada por integração trapezoidal (Berger, 1988), utilizando dados obtidos de severidade da ferrugem, expressos em notas, segundo escala diagramática (Figura 2), em cada época de avaliação, em cada planta.

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

Onde:

Y = severidade da doença

$(T_{i+1} - T_i)$ = è o intervalo entre duas avaliações consecutivas

A utilização deste modelo se deve ao fato de que além da severidade da ferrugem, é importante avaliar a freqüência da doença nas plantas para estimativas precisas de danos, como proposto por Vanderplank (1963).

Para calculo do componente de produção, volume de madeira expresso em metros cúbicos, utilizou-se os valores de altura (m) e dap (diâmetro a altura do peito em cm), em cada planta avaliada.

Utilizou-se análise de regressão linear para determinar a relação entre as variáveis: nível médio, AUDPC e volume individual. A estimativa de danos foi calculada

através da diferença de produção entre plantas sadias e plantas doentes, conforme a equação abaixo:

$$\% \text{ dano} = \frac{PMPS - PMPD}{PMPS} \times 100$$

Onde:

PMPS = Representa a porcentagem média de plantas sadias (m^3/ha)

PMPD = Porcentagem média de plantas doentes (m^3/ha)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de infecção

A partir dos índices de infecção (II) estimados com dados climáticos da região, para o ano de 2002 (Figura 04), verifica-se que houve apenas 4 valores positivos (maio, junho, julho e setembro), com valores iguais ou inferiores a quatro. Neste período não houve relatos de surtos epidêmicos de ferrugem na região.

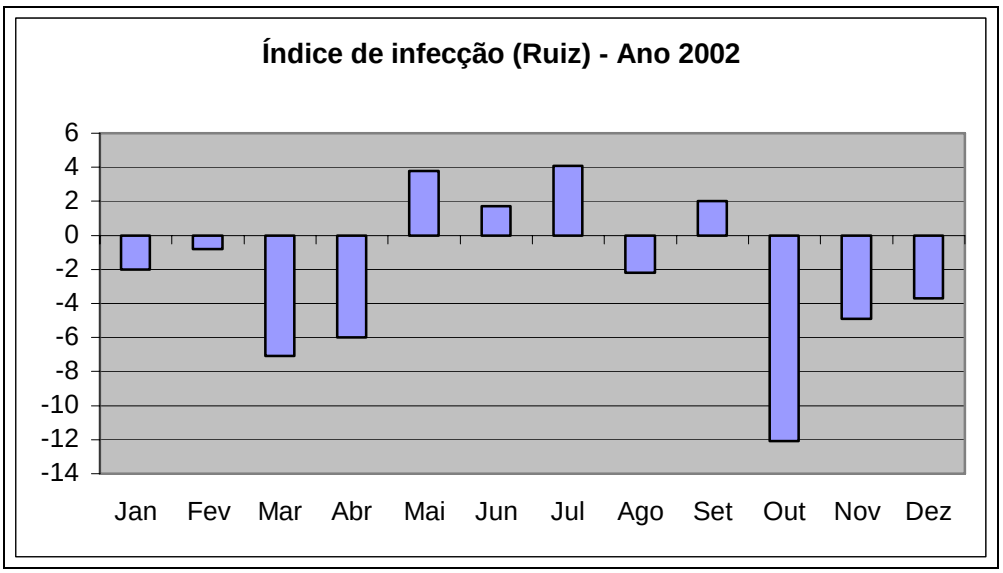

Figura 4. Índice de infecção de Ruiz em 2002 – Dados climáticos regionais

No ano de 2003, foram obtidos seis valores positivos para II (janeiro, abril, maio, junho, julho e agosto), com valor próximo de 5,7 em maio (Figura 05), quando houve os primeiros relatos de ferrugem apenas no plantio irrigado.

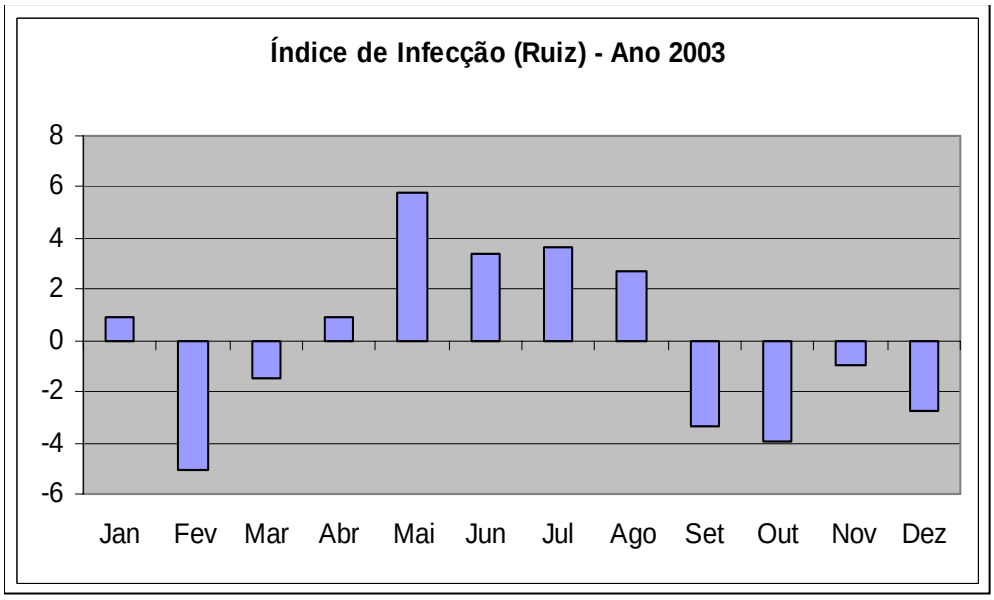

Figura 5. Índice de infecção de Ruiz em 2003 - Dados climáticos regionais

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) (Figura 07), havendo relato de ocorrência de ferrugem em diversas áreas de plantio da VCP.

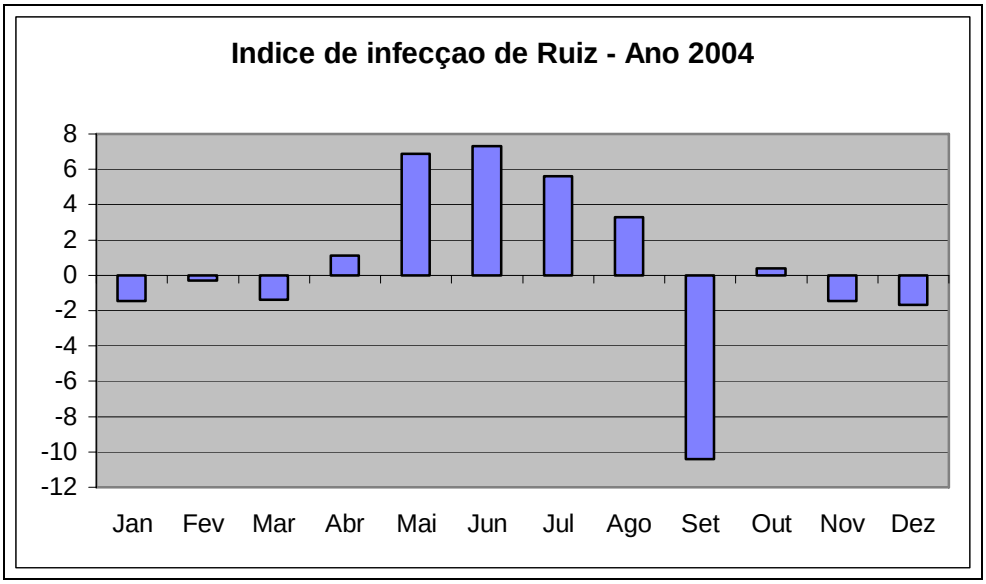

Figura 6. Índice de infecção de Ruiz em 2004 - Dados climáticos regionais

A partir dos dados do sensor (local) instalado nas parcelas (área irrigada), os valores obtidos de II foram todos positivos e maiores que 5, dentro do período de maio a dezembro de 2003 (Figura 07). Fenômeno idêntico ao ano de 2004, de janeiro a dezembro (Figura 08).

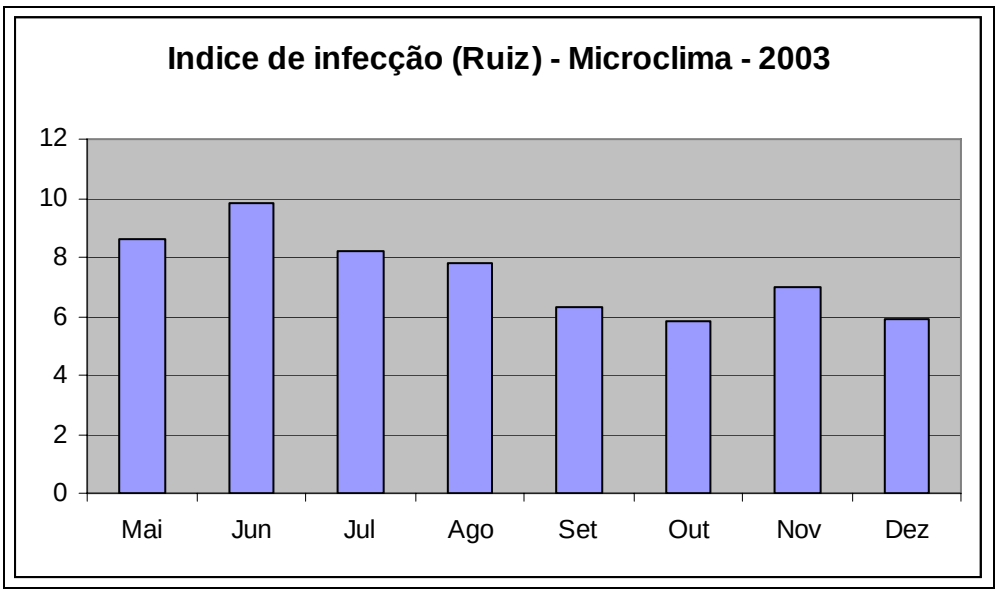

Figura 7. Índice de infecção de Ruiz em 2003 – Dados locais

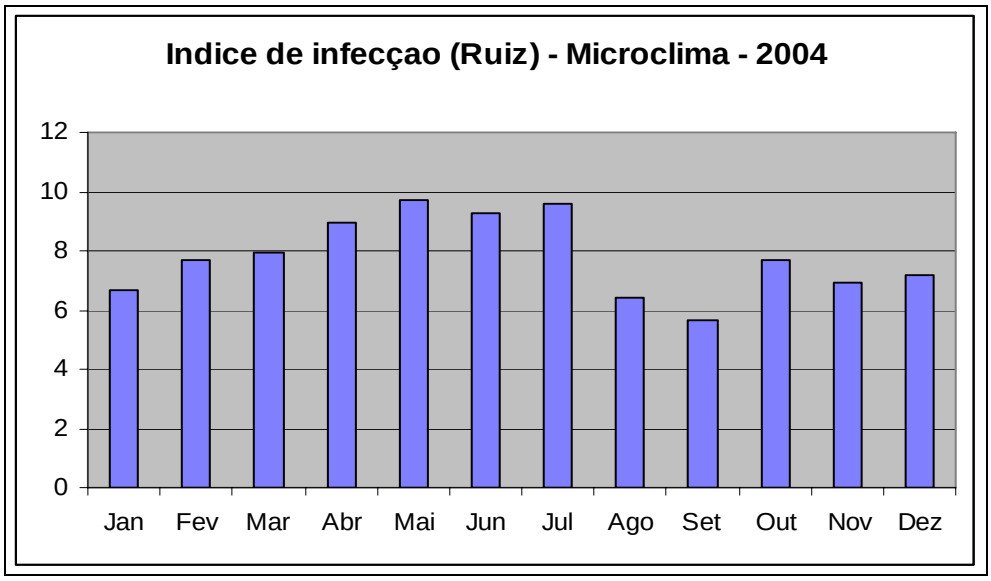

Figura 8. Índice de infecção de Ruiz em 2004 - Dados locais.

Através destes valores calculados do Índice de Infecção (II), com dados climáticos regionais e locais, foi possível verificar o aumento quanto ao número de dados positivos e dos valores, no período de abril a agosto, a partir de 2002. Acompanhados pela ausência de surtos de ferrugem até o seu aparecimento na área irrigada em 2003 e surtos

generalizados em 2004, demonstrando que este modelo descrito na literatura (Ruiz et al., 1989) está adequado e possui acerácea na previsão da ferrugem.

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 (Takahashi, 2002).

O modelo matemático proposto por Ruiz et al. (1989), elaborado a partir de estudos realizados em condições controladas em laboratório, apresentou boa correlação com o campo e pode constituir uma ferramenta bastante útil para seleção de regiões menos propícias à ferrugem do eucalipto e mesmo na escolha de material para plantio em cada região.

O uso do sensor local para caracterização do microclima se mostrou adequado, já que os valores obtidos com o índice de infecção do patógeno demonstraram correlação com os valores de incidência observados. Para o entendimento da epidemia em condições de plantios irrigados, o uso de sensor para avaliar o microclima local é essencial. Segundo Vale et al. (2004) as doenças são mais influenciadas pelo microclima do que pelo macroclima.

Plantios irrigados de eucalipto podem sofrer com epidemias de ferrugem, em função das modificações microclimáticas ocorridas. Uma maior oferta de água livre na superfície do solo, aumento da evapotranspiração e saturação do vapor propiciam períodos favoráveis à infecção das folhas por *Puccinia psidii* em materiais suscetíveis. Por isso, a utilização de genótipos resistentes à ferrugem no cultivo irrigado do eucalipto na região é recomendado.

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., 1989).

4.2 Análise temporal

Segue abaixo os valores obtidos (Tabelas 03, 04 e 05) para escolha do modelo de curva de progresso da doença.

Na Parcela 1, verifica-se pela Tabela 03 e Figura 9, que o nível máximo de doença foi atingido aos 10 meses de idade da planta. A doença é relativamente baixa até os 5 meses e após essa idade ocorreu uma aceleração da epidemia, com os valores de proporção saltando para 0,63 aos sete meses, e 0,99 aos dez meses. A partir de então ocorreu um decréscimo (0,51), aos treze meses.

Na figura 10 (B) está representado o modelo logístico, obtido através dos dados previstos. Ao lado na figura 10 (A) está representado a curva do progresso da doença obtida dos dados reais.

Tabela 3. Severidade total (soma das notas) da ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii*), proporção de doença, logito, monito e gompito em função do tempo - Parcela 1.

Idade (meses)	Severidade total	Proporção	Logito	Monito	Gompito
2	13	0,0496	-2,953	0,0509	-1,0997
3	20	0,0763	-2,493	0,0794	-0,9449
4	38	0,1450	-1,774	0,1567	-0,6579
5	25	0,0954	-2,249	0,1003	-0,8542
7	165	0,6298	0,531	0,9936	0,7713
10	261	0,9962	5,565	5,5683	5,5664
13	134	0,5115	0,046	0,7163	0,3997

*Para cálculo da proporção, considerou-se proporção = 1 para a severidade total = 262.

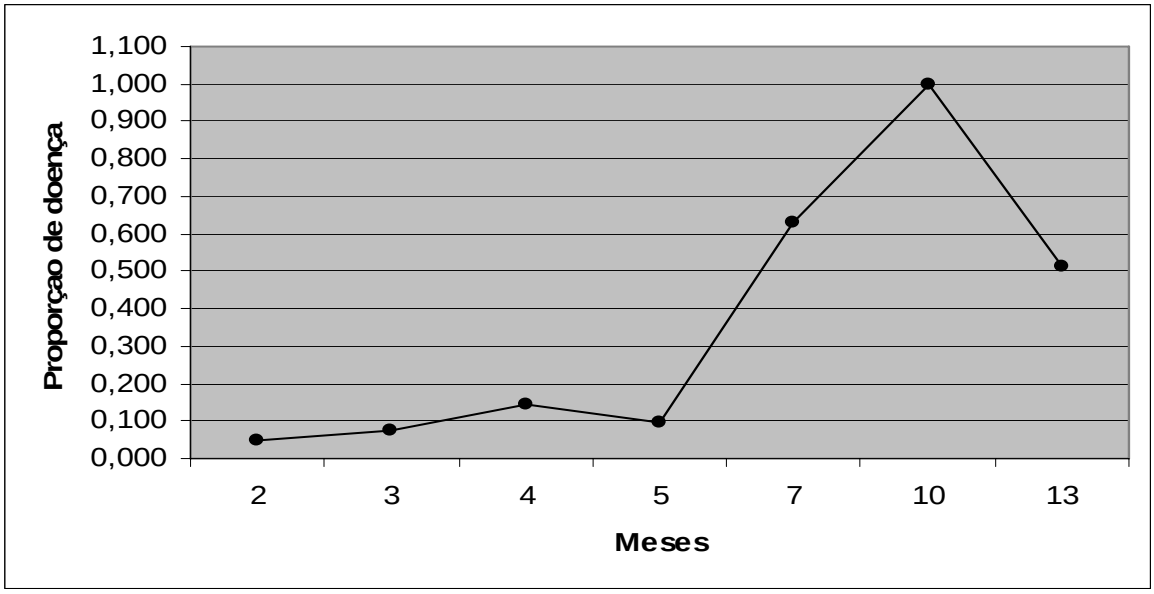

Figura 9. Gráfico de proporção de doença *versus* tempo, em plantio irrigado - Parcela 1.

A escolha do modelo de curva do progresso da doença foi baseado nos valores do coeficiente de determinação (R^2) e do coeficiente de determinação ajustado (R^{*2}) da análise de regressão. Conforme a tabela 4 os valores de R^2 e R^{*2}, para a parcela 1, foram mais elevados para o modelo logístico, ou seja, se ajustou melhor a epidemia em estudo.

Tabela 4. Resultados da analise de regressão linear entre o y real transformado (logito de y real, monito de y real e gompito de y real) e tempo - Parcela 1.

Variável	Resumos dos resultados da regressão linear		
	Logístico	Monomolecular	Gompertz
R^2	0,479339	0,276264	0,368008
R^{*2}	0,479339	0,2762638	0,368008

Tabela 5. Coeficiente de determinação e erro-padrão para os valores de interseção (X_0) e variável y_l (r), para o modelo Logístico - Parcela 1.

Variáveis	Logístico	
	Coeficientes	Erro-padrão
X_0	-3,71261	1,749917
r	0,51502	0,240046

(A) (B)

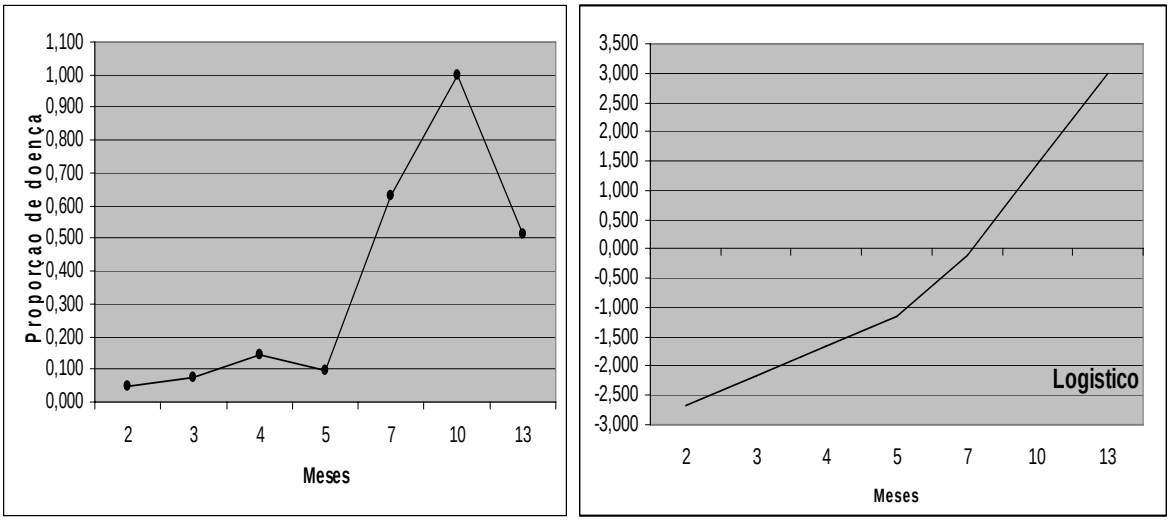

Figura 10. Proporção de doença em função do tempo dos dados reais (A) e previstos (B), respectivamente, para o modelo Logístico - Parcela 1.

A Parcela 2, conforme tabela 6, apresentou comportamento epidêmico semelhante ao da Parcela 01, com valores mais baixos de doença até os 5 meses, sofrendo um acréscimo aos sete e atingindo o valor máximo aos dez meses de idade das plantas. A partir de então observou-se um decréscimo (0,86) aos treze meses (Figura 11). Porém nesta área a doença se manifestou bem mais severa, com a soma de notas de severidade somando 847 pontos, mais que três vezes ao total apresentado na Parcela 01 (261 pontos). Provavelmente devido ao maior sombreamento sofrido por esta parcela pelos plantios mais velhos adjacentes.

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.

Na figura 12 (B) está representado o modelo logístico, obtido através dos dados previstos. Ao lado na figura 12 (A) está representado a curva do progresso da doença obtida dos dados reais.

Tabela 6. Severidade total (soma das notas) da ferrugem do eucalipto, proporção de doença, logito, monito e gompito em função do tempo - Parcela 2.

Meses	Severidade total	Proporção	Logito	Monito	Gompito
2	20	0,024	-3,7233	0,0239	-1,3210
4	132	0,156	-1,6909	0,1692	-0,6206
5	130	0,153	-1,7089	0,1664	-0,6288
7	802	0,946	2,8585	2,9142	2,8865
10	847	0,999	6,7417	6,7429	6,7423
13	727	0,857	1,7931	1,9471	1,8711

*Para cálculo da proporção, considerou-se proporção = 1 para a severidade total = 848.

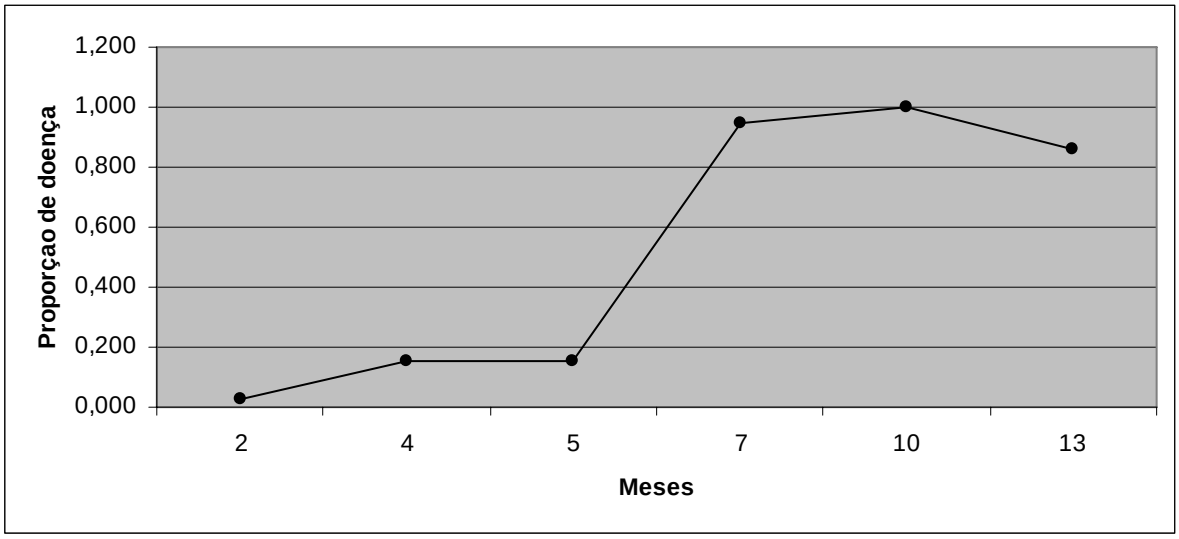

Figura 11. Gráfico de proporção de doença *versus* tempo, em plantio irrigado - Parcela 2

Conforme a tabela 7 os valores de R^2 e R^{*2}, para a parcela 2, foram mais elevados para o modelo logístico, ou seja, se ajustou melhor a epidemia em estudo.

Tabela 7. Resultados da análise de regressão linear entre o y real transformado (logito de y real, monito de y real e gompito de y real) e tempo - Parcela 2.

Variável	Resumos dos resultados da regressão linear		
	Logístico	Monomolecular	Gompertz
R^2	0,568401	0,385935	0,472335
R^{*2}	0,568400	0,385935	0,472335

Tabela 8. Coeficientes de determinação e erro-padrão para os valores de interseção (X_0) e variável y_l (r), para o modelo Logístico - Parcela 2.

Variáveis	Logístico	
	Coeficientes	Erro-padrão
X_0	-4,139211	2,405756
r	0,709890	0,309296

(A) (B)

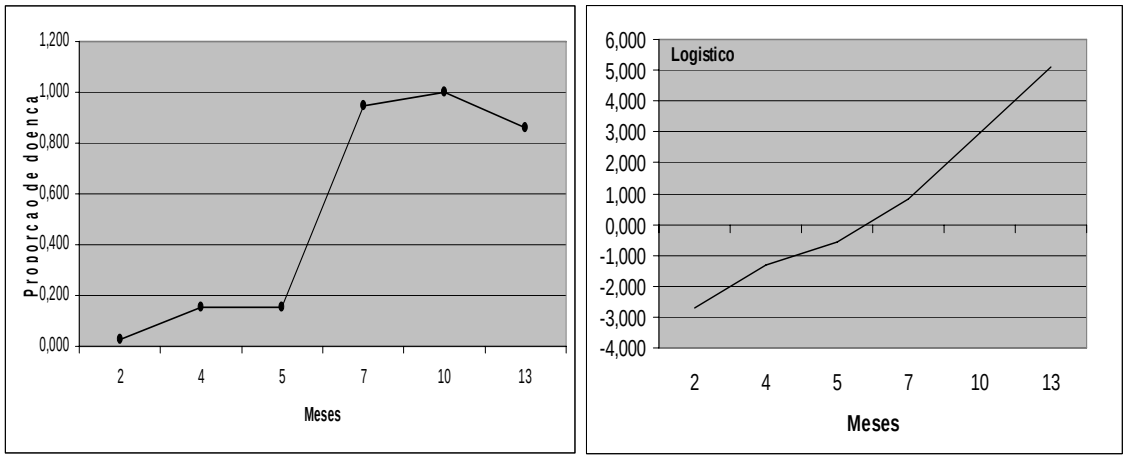

Figura 12. Proporção de doença em função do tempo dos dados reais (A) e previstos (B), respectivamente, para o modelo Logístico - Parcela 2.

O modelo de curva de progresso de doença que apresentou maior correlação com a epidemia estudada, nas duas parcelas (1 e 2) foi o modelo Logístico. Segundo os valores do coeficiente de determinação (R^2) e do coeficiente de determinação ajustado da análise de regressão (R*2), o modelo Logístico é o mais adequado para representar o progresso da doença.

Segundo Valle et al. (2004) este é um dos modelos mais importantes e mais comumente empregados para análise do progresso de doenças de juros compostos.

Os dados de incidência apresentados na Figura 13, demonstram a maior incidência na Parcela 02, onde o patógeno parece que teve condições melhores para se multiplicar e se disseminar.

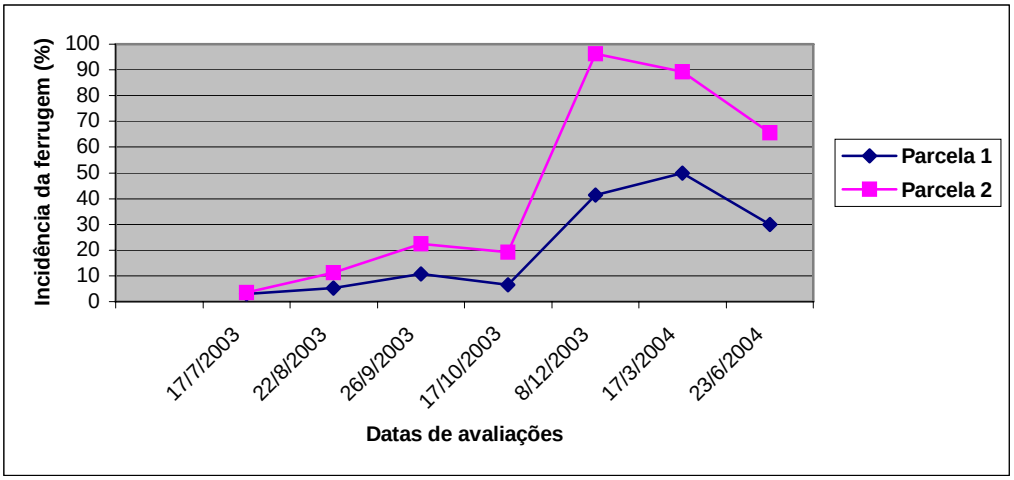

Figura 13. Incidência da ferrugem nas parcelas 1 e 2 (o valor apresentado na parcela 2 no dia 22/08/2003, é um dado estimado para apresentação gráfica).

A distribuição dos níveis de ferrugem, por data de amostragem, estão presentes nas Figuras 14 e 15, para as Parcelas 01 e 02, respectivamente.

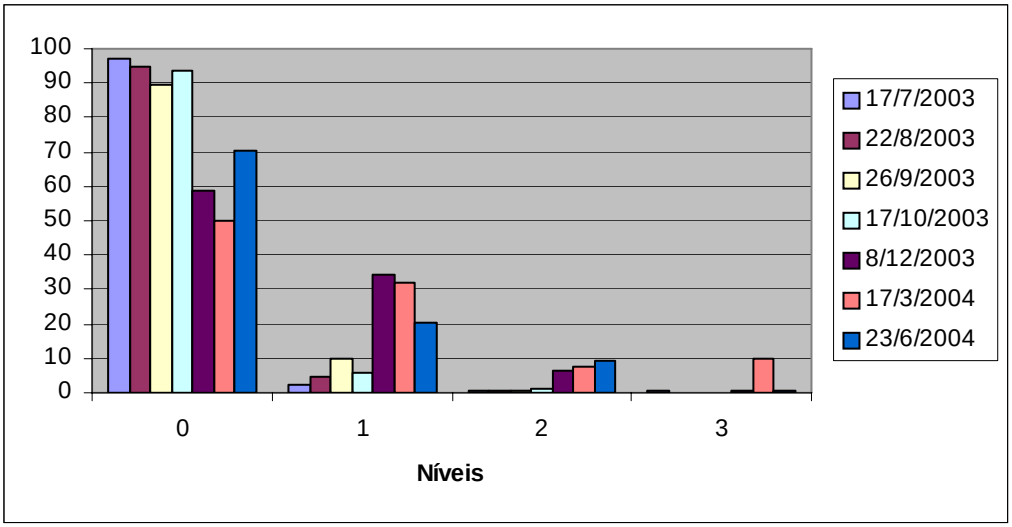

Figura 14. Severidade da ferrugem na Parcela 1.

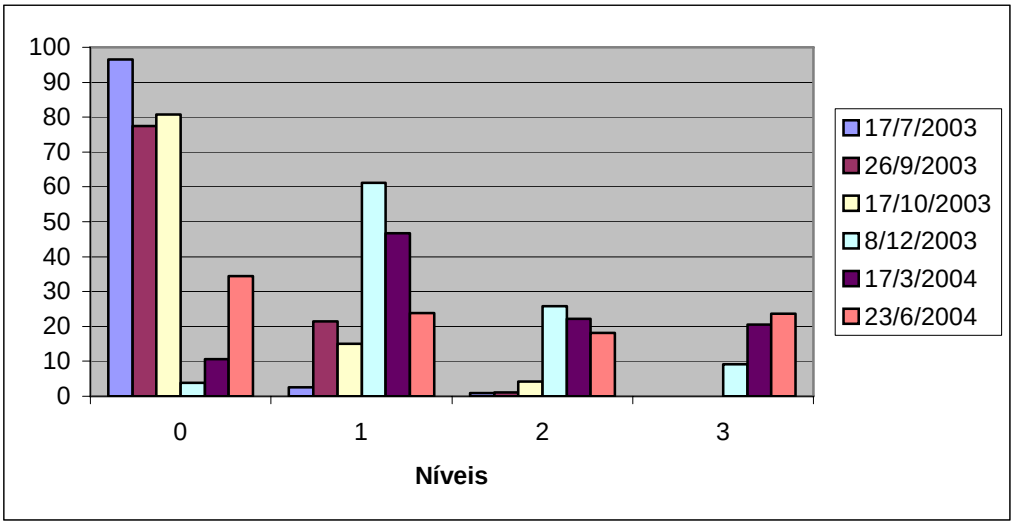

Figura 15. Severidade da ferrugem na Parcela 2.

Os meses de março de 2004, para parcela 1 e dezembro de 2003, para a parcela 2, foram os que apresentaram maior incidência da doença. Isso se deve principalmente as alterações no microclima. Diferente do citado por Takahashi (2002), onde a maior incidência da doença ocorreu no mês de setembro.

Os maiores valores de incidência observados na parcela 1 foram de dezembro de 2003, março e junho de 2004. Os menores valores foram observados em julho, agosto, setembro e outubro de 2003.

As somas totais dos níveis de severidade acompanharam os valores de incidência, apresentando as mesmas características nos meses avaliados.

Na parcela 1, o nível 0 (planta sadia) de severidade foi mais observado nos meses de julho, agosto, setembro e outubro de 2003, e os níveis 1 e 2 nos meses de dezembro de 2003, março e junho de 2004. O nível 3 foi observado, praticamente, somente no mês de março de 2004.

Na parcela 2, o nível 0 (planta sadia) foi mais observado nos meses de julho, setembro e outubro de 2003, e o nível 1 nos meses de dezembro de 2003 e março de 2004. O nível 2 foi observado mais nos meses de dezembro de 2003, março e junho de 2004. O nível 3 ocorreu predominantemente nos meses de março e junho de 2004.

Os valores elevados de severidade e incidência, observados na Parcela 2 em relação a 1, podem estar relacionados ao sombreamento ocorrido em parte da parcela nos meses de fevereiro, março e abril de 2004.

4.3 Análise espacial em linha de plantio

Segundo o teste “run”, para avaliar o padrão espacial em linhas de plantios, em três períodos distintos, junho de 2003, março de 2004 e junho de 2004, o padrão encontrado para a parcela 1 foi ao acaso nas duas primeiras avaliações (junho de 2003 e março de 2004) e agregado na última (junho de 2004), respectivamente. Para a parcela 2, 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).

Este resultado deve-se principalmente a forma de disseminação do patógeno que é pelo vento e seu ciclo, demonstrando que este atingiu várias plantas dentro das linhas de plantio, isoladamente, e estas plantas vieram a constituir novos focos, que por sua vez se disseminaram para as plantas vizinhas.

A presença de vários focos da doença na área experimental, já no segundo mês de idade das plantas, pode indicar que as mudas vieram infectadas do viveiro.

4.4 Umidade do solo e sombreamento

Através da regressão linear calculada para os dados de umidade do solo em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm) e severidade da doença (em notas diagramáticas conforme Figura 2), verificou-se que os valores do coeficiente de determinação (R^2) não apresentaram correlação nas três linhas de plantio e profundidades estudadas (Tabela 09).

Tabela 9. Valores de R^2 calculados para cada profundidade nas três linhas de plantios estudadas.

Profundidade	Linhas de plantio	R^2
0-10 cm	1	0,013974
10-20 cm	1	0,009986
20-40 cm	1	0,074572
0-10 cm	2	0,038845
10-20 cm	2	0,012407
20-40 cm	2	0,000549
0-10 cm	3	0,042571
10-20 cm	3	0,062598
20-40 cm	3	0,145030

Conforme os resultados apresentados na Figura 16 e na Tabela 10, a área influenciada pelo sombreamento apresentou maiores índices de incidência e severidade (nível médio). A sombra pode ter influenciado a radiação, luminosidade, temperatura e umidade, diminuindo a luz, radiação solar e temperatura nas folhas e aumentando a umidade , conseqüentemente o molhamento foliar.

O patógeno, segundo Ruiz et al. (1989), necessita de um período de 8 ou mais horas de escuro para facilitar sua infecção. Menores temperaturas e maiores umidades (molhamento foliar) facilitam a infecção e a esporulação.

Segundo Piza e Ribeiro (1988) determinaram que 18°C e 8 horas de escuro são as condições que propiciam a melhor germinação dos uredósporos.

Aparecido et al. (2003) constataram que temperaturas amenas favorecem todo o ciclo vital do patógeno uma vez que, quando as mesmas variaram de 15 a 23°C beneficiaram a infecção e induziram a elevada produção de soros teliais e basidiósporos.

Ruiz et al. (1989) verificaram que as temperaturas de 20 a 25°C aumentaram o número de soros urediniais e teliais produzidos, sendo a temperatura ótima 23°C. Verificaram também que tempos de exposição iniciais a luz, maiores que 8 horas inibiram a germinação de esporos e a infecção de *Puccinia psidii*. Encontraram também que 24 horas de água livre na superfície foliar, favoreceu a ocorrência da doença.

Em geral, a temperatura é o fator do ambiente que mais influencia a incidência e a severidade das doenças. A temperatura interfere nos processos iniciais de infecção e colonização, na esporulação e sobrevivência dos fitopatógenos. Além disso, interfere nos processos fisiológicos da planta, como evapotranspiração, fotossíntese, metabolismo, entre outros. A radiação solar é a fonte primária de energia disponível na superfície terrestre e é necessária para realização de muitos processos biológicos. A radiação afeta a fotossíntese e a transpiração do hospedeiro, bem como a sobrevivência do inóculo (Vale et al., 2004).

O filme de água na superfície das folhas é essencial para a maioria dos fitopatógenos infectarem as plantas, exceto para os míldios pulverulentos e alguns patógenos que penetram somente por ferimento. Embora a esporulação de algumas espécies ocorra com a umidade relativa do ar próxima de 100%, maior esporulação é induzida pela presença de água na superfície foliar (Vale et al., 2004). As 3 maiores fontes de umidade para ocorrência de doenças de plantas são: chuva, orvalho e respingos de água de irrigação.

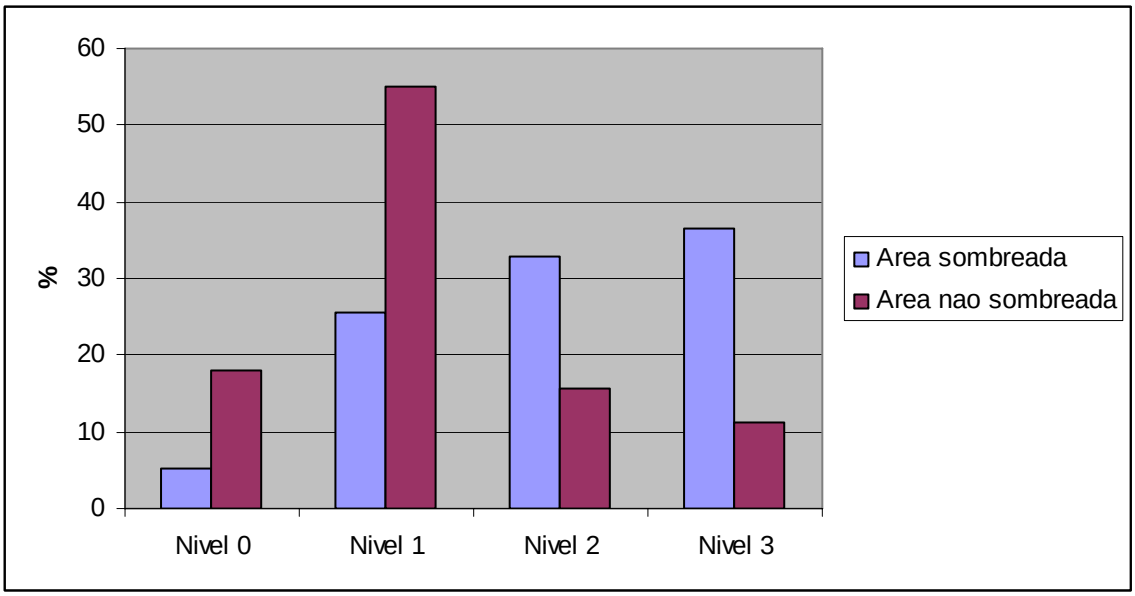

Figura 16. Níveis de ferrugem em área sombreada e não sombreada na parcela 2.

Tabela 10. Incidência e severidade (nível médio) em área sombreada e não sombreada

	Incidência (%)	**Severidade (nível médio)**
Área sombreada	94,87	2,01
Área não sombreada	82,05	1,20

4.5 Análise dos danos potenciais

Na análise dos danos potenciais, das 914 plantas avaliadas foram selecionadas 335, para a avaliação da produção e sua correlação com a área abaixo da curva de progresso da doença (AUDPC). Essas plantas foram selecionadas para representar o total de plantas doentes e sadias.

O emprego do método de plantas individuais, nesse estudo, apresentou vantagens como a rapidez na obtenção de resultados e a facilidade em adaptá-los em um plantio comercial. A sua maior desvantagem está associada a alta variação natural na

produção individual (Bergamin & Amorim, 1991 e 1996). Segundo Walker (1983), em culturas perenes essa variação pode ser de ano a ano. Com relação a outras desvantagens do método de plantas individuais procurou-se eliminar, nesse trabalho, alguns itens que poderiam eventualmente interferir na avaliação de danos, como a interação de danos. Uma vez que a cultura encontra-se no campo, sua produção pode ser comprometida não apenas pela doença, em que o estudo está focado, mas também por outras pragas, doenças e plantas daninhas, deficiência nutricional ou déficit hídrico.

Um outro fenômeno que também pode interferir nas estimativas de danos é a compensação de plantas sadias devido a redução de plantas infectadas (Bergamin & Amorin, 1991 e 1996; Walker, 1983). Segundo Tuleen & Frederiksen (1982) plantas sadias adjacentes a plantas doentes e/ou mortas tendem a produzir mais devido a baixa competição por luz, água e nutriente, assim como plantas doentes tendem a produzir menos devido à dominância das plantas sadias. Esse fenômeno não sendo objeto de estudo, foi descartado adotando-se a exclusão das principais fontes de erros, como plantas com valores superestimados e subestimados, e através do aumento do número de amostragem.

Os dados foram submetidos a análise de regressão e os resultados obtidos: coeficientes angulares (r), intersecções com o eixo x (X_0) e coeficiente de determinação (R^2) das retas de regressão linear entre AUDPC e volume médio estão na tabela 11.

Tabela 11. Coeficientes de regressão lineares entre AUDPC e volume médio de madeira (m^3), para as duas parcelas.

	Parcelas	
Parâmetros	1	2
X_0	0,12693	0,132109
r	- 0,01015	- 0,01071
R^2	0,897819	0,882522

Com relação aos coeficientes de determinação (R^2), encontrados entre AUDPC e volume médio, apresentaram valores elevados, entre 0,897 e 0,887, considerando-se

que se trata de um ensaio de campo (Campbell & Madden, 1990), onde a unidade experimental é uma planta individual (Bergamin Filho & Amorin, 1991).

A AUDPC foi uma variável adequada para o ajuste das funções de danos causados pela ferrugem do eucalipto. Outros autores já utilizaram com sucesso a AUDPC em modelos de previsão de danos (Shaner, 1973; Schneider et al., 1976; Fried et al., 1979; Royse et al., 1980; Broscious et al., 1987; Lipps & Madden, 1989; Bisht & Agrawal, 1994; Massola Junior et al., 1999; Takahashi, 2002).

Em termos de praticidade a AUDPC pode ser substituída pelo nível médio, pois apresentou alta correlação com um coeficiente de determinação de 0,9678 para a Parcela 1 e 0,9824 para a Parcela 2.

Com relação a estimativa de danos potenciais, o valor médio para as duas parcelas foi de 48,3 % em termos de perda de produção de volume de madeira. Resultados semelhantes foram encontrados por Shtienberg et al. (1990) e Takahashi (2002).

5. CONCLUSÕES

- O modelo para cálculo do Índice de Infecção, proposto por Ruiz (1989), mostrou-se adequado para aferir as ocorrências de epidemias de ferrugem na região de Luiz Antonio-SP;
- O Índice de Infecção calculado com dados do sensor do plantio irrigado, em comparação aos dados regionais, foi superior em todos os meses, indicando alta influência da irrigação nos parâmetros utilizados pelo modelo;
- A doença teve um máximo de desenvolvimento (severidade) aos dez meses de idade das plantas;
- O modelo que se ajustou melhor a curva do progresso da doença foi o Logístico;
- Segundo o teste “run” para análise espacial em linha de plantio o padrão da doença é aleatório no início da epidemia e agregado após este período;
- A umidade do solo não apresentou correlação com a severidade da doença;

- O nível médio da doença correlacionou-se com a AUDPC. A AUDPC correlacionou-se com o volume médio de madeira;
- O sombreamento teve alta influência sobre a incidência e a severidade da doença;
- A redução de produtividade estimada entre plantas sadias e doentes foi em média de 48,3 %.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

APARECIDO, C.C., FIGUEIREDO, M.B. *Puccinia psidii* – Efeito da temperatura na produção de basidiosporos. In: XXXII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Curitiba, Paraná, de 01 a 06 de Agosto de 1999. *Fitopatologia Brasileira*., v. 24 (Supl.), p.263, 1999.

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

APARECIDO, C.C., FIGUEIREDO, M.B., FURTADO, E.L. Grupos de variabilidade fisiológica em populações de *Puccinia psidii*. *Summa Phytopathologica*, v.29, p.234-238, 2003b.

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

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*, Agronômica Ceres, São Paulo, 1996. 299p.

BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L. LARANJEIRA, F.F., BERGER, R.D., HAU, B. Etiologia do amarelecimento fatal do dendezeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.25, p.286-8, 2000.

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.

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, p.137-51, 1988.

BISHT, I.S., AGRAWAL, R.C. Modeling the relationship between purple blotch and yield loss in garlic and effect of leaf damage on bulb yield. *Annals of Applied Biology*, v.225, p.293-300, 1994.

BROSCIOUS, S.C., PATAKY, J.K., KIRBY, H.W. Quantitative relationship between yield and foliar disease of alfafa. *Phytopathology*, v.77, p.887-92, 1987.

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.

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. do. Progresso da ferrugem (*Puccinia psidii*) do eucalipto no sudoeste da Bahia, período de janeiro de 1987 a novembro de 1989, *Fitopatologia Brasileira*, v.16, p.43, 1991.

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.18, p.265-74, 1994.

CASTRO, H.A. , KRUGNER, T.L., IDERIHA, C.H.F., CAPELLO, M.S.C., MARCHI, A.B. Inoculação cruzada de *Eucalyptus*, goiaba (*Psidium guajava*) e jambeiro (*Syzigium jambos*) com *Puccinia psidii* WINTER. *Fitopatologia brasileira*, v.8, p.491-7, 1983.

CASTRO, H.A. *Padronização da metodologia de inoculação e avaliação da resistência de Eucalyptus spp à ferrugem causada por Puccinia psidii WINTER*. Piracicaba, 1983. 116p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo.

CHIARAPPA, L. Cross assesment methods: Supplement 3. *FAO and Commonwealth Agricultural Bureaux*, Farnham Royal, U.K., 1981. 123p.

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, particulary 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.

CORRÊA, S. *Anuário brasileiro da silvicultura*, Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 2005. 136p.

COSTA, R.V., ZAMBOLIM, L., MIZUBUTI, E.S.G., VALE, F.X.R. Curva do progresso da requeima do tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.25, p.367, 2000. (Abstract 238)

COUTINHO, L.N., FIGUEIREDO, M.B. Efeito da temperatura na produção de uredosporos e leliosporos de *Puccinia psidii*. *Fitopatologia Brasileira*, v.9, p.326, 1984.

CUTTER JR., V. M. Studies on the isolation and growth of plant rusts in host tissue cultures and upon synthetic media In: 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.

DIAS, V.M., SILVEIRA, S.F., LIBERATO, J.R., SOUZA FILHO, B.F. Progresso da ferrugem em quatro épocas de plantio do feijoeiro em Campos de Goytacazes/RJ. *Fitopatologia Brasileira*, v.25, p.369, 2000. (Abstract 248)

FERREIRA, F.A . Ferrugem do eucalipto. *Revista Árvore*, v.7, n.2, p.91-109, 1983.

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

FERREIRA, F.A. Ferrugem do eucalipto. In: *Patologia Florestal – principais doenças florestais no Brasil*, Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, p.129-151, 1989. 570p.

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., CARVALHO JUNIOR, A.A. Efeito da lavagem dos soros na germinação dos soros telióides de *Puccinia pampeana*. *Summa Phytopathologica*., v.20, p.101-4, 1994.

FIGUEIREDO, M.B., CARVALHO JUNIOR, A.A. Presença de um auto-inibidor nos teliosporos telióides de *Puccinia pampeana* e o seu papel na sobrevivência da espécie. *Summa Phytopathologica*., v.21, p.200-5, 1995.

FRIED, P.M., MACKENZIE, D.R., NELSON, R.R. Disease progress curve of *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici* on chancellor wheat and four multilines. *Phytopathology*, v.95, p.151-66, 1979.

FURTADO, E.L., SANTOS, C.A.G. *Doenças em viveiros de Eucalyptus spp.: diagnóstico e manejo*, Votorantim Celulose e Papel, Botucatu, 2001. 23p.

FURTADO, E.L., 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. & MARINO, C.L. *Eucalyptus* rust management in Brazil. *Forest Research*, v.16, 2003 (suppl.).

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

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.

IKEMORI, Y.K. Resultados preliminares sobre o enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp. Aracruz. Centro de Pesquisa da Aracruz, *Informativo Técnico*, n.1, 1975. 12p.

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

JOFFILY, J. *Ferrugem do eucalipto*. Bragantia, v.4, p. 475-87, 1944.

JUNGHANS, D.T., ALFENAS, A.C., MAFFIA, L.A. Escala de notas para quantificação da ferrugem do eucalipto. *Fitopatologia Brasileira*, v.25, p.382, 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.

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

KRANZ, J. Measuring plant disease. In: KRANZ, J. (Eds.) *Experimental techniques in plant disease epidemiology*, Heidelberg, p.35-50, 1988.

KRANZ, J. The role and scope of mathematical analysis and modeling in epidemiology. In: *Epidemics of plant disease: mathematical analysis and modeling*. Bulin, Springer Verlag, p.7-54, 1994.

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

LARGE, E.C. Measuring plant disease. *Annual Review of Phytopathology*, v.4, p.9-28, 1966.

LIPPS, P.E., MADDEN, L.V. Assesment of methods of determining powdery mildew severity in relation to grain yield of winter wheat cultivares in Ohio. *Phytopathology*, v.79, p.462-70, 1989.

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.

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.

MASSOLA JUNIOR, N.S., BEDENDO, I.P., AMORIM, L., LOPES, J.R.S. Quantificação de danos causados pelo enfezamento vermelho e enfezamento pálido do milho em condições de campo, *Fitopatologia Brasileira*, v.24, p.136-42, 1999.

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.

MTC - Ministério da Ciência e Tecnologia (Governo Federal). Home Page: www.mct.gov.br. 2005.

MORA, A.L, GARCIA,C.H. *A cultura do eucalipto no Brasil*. São Paulo, SBS, 2000. 112p.

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.

NUTTER, F.W., TENG, P.S., RYER, M.H. Terms and concepts for yield, crop loss, and disease thresholds. *Plant Disease*, v.77, p.211-5, 1993.

NUTMAN, F.J., ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk et Br. *Trans. Brit. Mycol. Soc*., v.46, p.27-48, 1963.

PIZA, S.M. de T., RIBEIRO, I.J.A. Influência da luz e da temperatura na germinação de eredosporo de *Puccinia psidii*. *Bragantia*, v.47, p.75-8, 1988.

PMRP – Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto. Home page: www.ribeiraopreto.sp.gov.br.

REIS, E.M. CASA, R.T., HOFFMAN, L.L., MENDES, C.M. Effect of leaf rust on wheat grain yield. *Fitopatologia Brasileira*, v.25, p.67-71, 2000.

REIS, E.M. Manual de identificação de doenças do trigo. Estrela, *Agroalpha*, Passo Fundo, 1994. 59p.

ROYSE, D.J., GREGORY, L.V., AYERS, J.E., COLE JR, H. Powdery mildew of wheat: relation oj yield components to disease severity. *Canadian Journal Plant Pathology*, v.2, p.131-6, 1980.

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, 1989.

SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura. Home Page: www.sbs.org.br. 2005.

SCHNEIDER, R.W., WILLIANS, R.J., SINCLAIR, J.B. Cercospora leaf spot of cowpea: models for estimating yield loss. *Phytopathology*, v.66, p.384-8, 1976.

SHTIENBERG, D. BERGERON, S.N., NICHOLSON, A.G., FRY, W.E., EWING, E.E. Development and evaluation of general model for yield loss assesmente in potatos, *Phytopathology*, v.80, p.466-72, 1990.

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

SHANER, G. Evaluation of flow-mildewing resistance of know wheat in the yield. *Phytopathology*, v.63, p.867-72, 1973.

SILVA, E. *Avaliação quantitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil.* Viçosa, 1994. 309p. Tese (Doutorado/Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

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

SIMÕES, J.W., BRANDI, R.M., LEITE, N.B., BALLONI, E.A. *Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento.* Brasília, IBDF, 1981. 131p.

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

SPÓSITO, M.B., AMORIN, 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: Ìndice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionados à intensidade da doença no campo*. Botucatu, 2002, 101p. Tese (Mestrado/Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas.

TAKAHASHI, S.S., FURTADO, E.L., CAMARGO, F.R.A., RAMIRO, G.A. Avaliação de clones e procedências de eucalipto à ferrugem na região do Vale do Paraíba – SP. *Fitopatologia Brasileira*, v.22, p.313-4, 1997.

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.

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.

TULEEN, D.M., FREDERIKSEN, R.A. Evaluating a crop loss model for head smut of sorghum. *Phytopathology*, v.72, p.1278-80, 1982.

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

VALE, F.X.R., SILVA, M.B., ZAMBOLIM, L. Relações entre área foliar abaixo da curva da doença, duração de área foliar sadia, absorção da área foliar sadia e produção na cultura do feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.22, p.317, 1997. (Abstract 495)

VALE, L.A.C., ALFENAS, A.C., BROMMONSCHENKEL, S.H., BERTOLUCCI, F.L. Resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*) em clones elites de *Eucalyptus* spp..Fitopatologia Brasileira, v.22, p.317, 1997. (Abstract 496)

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

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

ZADOKS, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the treshold theory. *Annual Review of Phytopathology*, v. 23, p. 455-73, 1985.

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

ZAMBOLIM, L. *Manejo integrado – doenças, pragas e plantas daninhas*, Viçosa, UFV, 2000. 416p.