

QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES MONOCÍCLICOS E
POLICÍCLICOS E AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS
PELA FERRUGEM DO ÁLAMO

LOUISE LARISSA MAY DE MIO
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Profa. Dra. LILIAN AMORIM

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia, Área de
Concentração: Fitopatologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 2001

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

May De Mio, Louise Larissa

Quantificação de componetes monocíclicos e policíclicos e avaliação de danos causados pela ferrugem do álamo / Louise Larissa May De Mio. - - Piracicaba, 2001. 99 p. : il.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. Bibliografia.

1. Álamo 2. Controle químico 3. Doença de planta 4. Efeito temperatura 5. Epidemiologia 6. Ferrugem 7. Fungicida 8. Viveiro de planta I. Título

CDD 634.9723

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Ao meu filho Enzo e ao meu marido
Rômulo pela alegria e compreensão
em todos os momentos,
DEDICO.

" Um sorriso de uma criança duplica nossas potencialidades"



Ao meu futuro bebê,
com amor e carinho
OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço em especial à minha orientadora Dra. Lilian Amorim cuja participação, amizade e profissionalismo foram de extrema importância para a realização deste trabalho e sobretudo para minha formação.
- Aos professores do Departamento pelos ensinamentos e atenção em todos os momentos e em especial aos também amigos Professores Dr. Hiroshi Kimati e Dr. Armando Bergamin Filho pela colaboração em vários momentos.
- Ao Dr. George Newcombe da University of Idaho pelos ensinamentos, bibliografias e amizade.
- À Silvia A. Lourenço que além de amiga, me ajudou muito na realização dos experimentos cuidando sempre com carinho dos meus álamos.
- Aos colegas da pós-graduação Quelmo, Regina, Alice, Laranjeira, Guilherme, João, Nilceli, Célia, Renato e muitos outros que por meio do convívio, discussões e trocas de experiências, fizeram do aprendizado um desafio mais estimulante.
- À minha eterna amiga Marise e aos demais amigos e companheiros do bom cafezinho.

- Aos amigos de Curitiba que sempre me estimularam e ajudaram: Maria Lúcia, Vismar, Luciene, Lucimeris, Renato e Nilceu.
- À minha mãe Aydêe, minha sogra Dona Iva, sogro Sr. Lívio, cunhados, cunhadas, os quais sempre estavam dispostos a ajudar nos vários momentos de minha ausência.
- Aos funcionários da ESALQ e da UFPR pela presteza e eficiência em solucionar problemas.
- Às bibliotecárias Silvia Zinsly pela revisão da bibliografia e a Eliana Maria Garcia pela revisão geral da tese e confecção da ficha catalográfica.
- À administração das Indústrias Andrade Latorre e aos funcionários, especialmente ao engenheiro Gian Carlo e o técnico Marcelo pelos vários dias que passamos nas avaliações de campo.
- A àqueles que por esquecimento não citei mas de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais esta etapa em minha vida.
- A Deus, aquele que escuta sempre calado todas as reclamações e pedidos sem nunca me deixar desanimar.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Importância da doença, sintomatologia e danos	03
2.2 Espécies de <i>Melampsora</i> e variabilidade patogênica	05
2.3 Ciclo de relações patógeno-hospedeiro	08
2.4 Epidemiologia e Controle	11
3 SUSCETIBILIDADE DE CLONES DE ÁLAMO À FERRUGEM NO VIVEIRO, EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS E AVALIAÇÃO DE DANOS	14
Resumo	14
Summary	15
3.1 Introdução	15

3.2 Material e Métodos	17
3.2.1 Avaliação da suscetibilidade de sete clones no viveiro e eficiência do controle químico	17
3.2.2 Avaliação de danos no viveiro ocasionados pela ferrugem	18
3.3 Resultados e Discussão	19
3.3.1 Avaliação da suscetibilidade de clones no viveiro e eficiência do controle químico	19
3.3.2 Avaliação de danos no viveiro ocasionados pela ferrugem	23
3.4 Conclusões	28
4 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA DURAÇÃO DO MOLHAMENTO FOLIAR NOS COMPONENTES MONOCÍCLICOS DA FERRUGEM DO ÁLAMO	29
Resumo	29
Summary	30
4.1 Introdução	31
4.2 Material e Métodos	32
4.2.1 Cultivo da plantas de álamo	32
4.2.2 Efeito da temperatura na germinação de <i>M. medusae</i>	33
4.2.3 Efeito da temperatura nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo sob condições controladas	33

4.2.4 Efeito do número de horas de molhamento foliar nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo	35
4.3 Resultados	36
4.3.1 Efeito da temperatura na germinação de <i>M. medusae</i>	36
4.3.2 Efeito da temperatura e da duração do molhamento foliar nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo	37
4.4 Discussão	45
4.5 Conclusões	48
5 PROGRESSO DE EPIDEMIAS E AVALIAÇÃO DE DANOS DA FERRUGEM EM CLONES DE ÁLAMO	49
Resumo	49
Summary	50
5.1 Introdução	50
5.2 Material e Métodos	53
5.3 Resultados e Discussão	55
5.4 Conclusões	71
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	73
ANEXOS	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES MONOCÍCLICOS E POLICÍCLICOS E AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELA FERRUGEM DO ÁLAMO

Autora: Louise Larissa May De Mío
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lilian Amorim

RESUMO

A cultura do álamo (*Populus* spp.) é recente no Brasil e a ferrugem (*Melampsora medusae* Thuem) do álamo é a doença que ocorre com maior frequência em viveiros e plantios comerciais. Nenhum estudo epidemiológico foi realizado com a ferrugem do álamo nos plantios brasileiros. Os objetivos desta tese foram avaliar o progresso da doença em diferentes clones de álamo em viveiros e em plantios comerciais, determinar a eficiência de fungicidas no controle da ferrugem, quantificar os componentes monocíclicos da doença sob diferentes condições de ambiente e avaliar os danos causados pelo patógeno na cultura do álamo. Em viveiro de álamo foram avaliadas a suscetibilidade de sete clones à ferrugem, a eficiência de fungicidas no controle da doença e a redução em volume de madeira entre parcelas tratadas ou não com fungicidas. Para isso foi realizado um experimento em plantio comercial, durante dois anos consecutivos. Latorre foi o clone mais suscetível, SJ e Argos, os mais resistentes e Guapiara, SM, JB e Guarani, moderadamente suscetíveis. Os fungicidas cyproconazole, triadimenol e tebuconazole foram os mais eficientes no controle da doença. Houve correlação significativa entre porcentagem de folhas com pústulas e desfolha, indicando

a interferência do patógeno na queda antecipada das folhas. Os clones Guapiara, SM, JB, SJ e Argos foram tolerantes à ferrugem enquanto que os clones Guarani, JB e Argos foram tolerantes à desfolha. Plantas do clone Latorre com aplicação de fungicida produziram três vezes mais madeira (em volume), que plantas sem fungicida. Em condições controladas, foi avaliada a influência da temperatura (8 a 31°C) no desenvolvimento da ferrugem em três clones de álamo: Latorre, SM e SJ. A influência da duração do molhamento foliar de 0 a 24 horas na infecção também foi avaliada. A faixa ótima de temperatura para infecção e esporulação foi entre 16 e 21 °C, o período latente foi de 6 a 10 dias, dependendo do clone e a frequência de infecção aumentou com a duração do molhamento no clone suscetível. O tempo mínimo de molhamento foliar necessário para infecção foi de 3 horas. No campo quantificou-se o progresso da epidemia e o crescimento de sete clones dispostos no banco clonal da fazenda São Joaquim, no vale do rio Iguaçu-PR. As avaliações foram feitas mensalmente, de novembro a abril, durante os ciclos de 98/99, 99/00 e 00/01. Foram avaliadas a incidência e a severidade da ferrugem, a duração da área foliar (LAD) e o diâmetro à altura do peito (DAP). Os clones mais suscetíveis foram Latorre e Guarani, SJ foi resistente e os demais, intermediários. A epidemia foi mais severa no ciclo de 99/00, onde as temperaturas variaram entre 26,5 e 15,5 °C. Não houve relação significativa entre severidade e DAP. Nos clones suscetíveis, a LAD foi relacionada com o DAP com coeficientes de determinação da regressão linear de 0,73 e 0,56 para Guarani e Latorre, respectivamente. O clone Latorre mostrou-se relativamente tolerante à doença pois apesar da elevada severidade, a redução do DAP foi de 5%, enquanto no Guarani a redução do DAP foi de 17%.

QUANTIFICATION OF MONOCYCLE AND POLICYCLE COMPONENTS AND ASSESSMENT OF DAMAGE CAUSED BY POPLAR RUST

Author: Louise Larissa May De Mio

Adviser: Prof^a. Dr^a. Lilian Amorim

SUMMARY

The poplar (*Populus* spp.) culture is recent in Brazil and the rust (*Melampsora medusae* Thuem) is very frequent in stool beds and commercial fields. No epidemiological study was done with rust in Brazilian plantations. The objectives of this thesis were: 1) to assess the disease progress in different clones in stool beds and commercial fields; 2) to determine the efficiency of fungicides in controlling the rust; 3) to quantify the monocycle components of the disease under controlled conditions of temperature and leaf wetness; 4) to assess the damage caused by the pathogen in the culture. The susceptibility of seven clones to rust, the efficiency of fungicides and the reduction in volume of wood between plots, treated or not, with fungicides, were assessed in stool beds in an experiment carried out for two consecutive years. Latorre was the most susceptible clone, SJ and Argos were the most resistant and Guapiara, SM, JB and Guarani, moderately susceptible. The cyproconazole, triadimenol and tebuconazole fungicides were efficient in controlling the disease. There was a significant

correlation between the percentage of leaves with pustules and defoliation, showing interference of the pathogen in the premature fallen leaves. The Guapiara, SM, JB, SJ and Argos clones were tolerant to rust while the Guarani, JB and Argos clones were tolerant to defoliation. Plants of clones Latorre that received fungicide spray produced three times more wood (in volume) than plants without fungicides. The influence of temperatures (8 to 31°C) was assessed under controlled conditions in the development of rust in three clones of poplar: Latorre, SM and SJ. Also the influence of leaf wetness duration of 0 to 24 hours was assessed. The optimum range of temperatures for infection and sporulation was between 16 and 21 °C, the latent period ranged from 6 to 10 days, depending on the clone and the frequency of infection increased with the wetness duration in the susceptible clone. The minimum wetness period necessary for infection was 3 hours. The epidemic progress and the growth of seven clones planted in the collection of clones at São Joaquim farm, in the Iguaçú river valley in Paraná State, was quantified. The assessment was realized monthly, from November to April, during the 98/99, 99/00 and 00/01 cycles. The incidence and the severity of rust, the leaf area duration (LAD) and the diameter of the breast height (DBH) was assessed. The most susceptible clones were Latorre and Guarani, SJ was resistant and the others were moderately susceptible. The epidemic was more severe in the 99/00 cycle when the temperature varied from 26.5 and 15.5 °C. No significant relationship was obtained between severity and DBH. In the susceptible clones, the LAD was related with DBH and the coefficient of determination in linear regression was 0.73 and 0.56 in Guarani and Latorre, respectively. The Latorre clone was relatively tolerant to disease because, although there was high severity, the percentage of DBH reduction was only 5% while Guarani showed 17%.

1 INTRODUÇÃO

Os plantios iniciais de álamo (*Populus deltoides* Bartr. ex. Marsh.) no Brasil ocorreram entre 1905 e 1910 com mudas provenientes dos EUA no município de Curitiba - PR. A principal espécie introduzida foi *Populus deltoides* var. *carolinensis* que naquela ocasião foi também enviada para a cidade de Caieiras no Estado de São Paulo. Em 1959, chegaram ao Brasil os primeiros clones da Argentina e Itália e, até 1960, atingiu-se uma área de 300 ha plantados. A cultura, no entanto, teve problemas de adaptação na região devido às exigências climáticas e, só a partir de 1980, quando surgiram novas técnicas e clones mais adaptados, empresas fabricantes de palito de fósforo interessaram-se em cultivar esta espécie. A partir de 1991 foram então implantados os primeiros viveiros que deram origem aos plantios definitivos com finalidade comercial.

O plantio comercial do álamo hoje está sendo realizado no vale do Iguaçu - PR, com um total de aproximadamente 3.000 ha. Apesar do excelente crescimento e adaptação às condições daquele vale, os novos clones são extremamente exigentes em tratamentos culturais e cuidados com sanidade. O álamo é uma espécie florestal que agrega alto valor econômico e sua madeira clara e resistente é utilizada, dentre outros fins, para fabricação de palito de fósforo e móveis. Nos EUA, o álamo é muito utilizado devido à alta diversidade genética, ao rápido crescimento, à facilidade de propagação vegetativa e à adaptabilidade para fornecimento de energia e usos industriais (Ostry & McNabb, 1985).

Tanto no Brasil, como no resto do mundo, a cultura enfrenta sérios desafios em relação a pragas e doenças. No que se refere a doenças, *Melampsora medusae* Thuem. agente causal da ferrugem da folha do álamo, é o patógeno mais importante. A doença

provoca pústulas nas folhas, aonde são produzidos urediniósporos em grande número responsáveis pela disseminação, podendo ocasionar epidemias no verão. Com o avanço da doença, após vários ciclos consecutivos, a queda das folhas, que normalmente ocorre no mês de abril, é antecipada, interferindo no crescimento da árvore e armazenamento de energia para o próximo ciclo.

Apesar de existir extensa pesquisa sobre a ferrugem do álamo em diversos países desenvolvidos (Prakash & Thielges, 1989; Newcombe & Chastagner, 1993; Newcombe et al., 1994; 1996), praticamente nada é conhecido sobre sua epidemiologia nas nossas condições. Esse tipo de conhecimento, no entanto, é indispensável para que o manejo da doença dependa cada vez menos de medidas empíricas e passe a basear-se em sólido conhecimento epidemiológico, caracterizado por seu enfoque sistêmico e holístico, indispensável para o manejo racional de qualquer patógeno (Campbell & Madden, 1990; Kranz, 1996; Jones, 1998), especialmente aqueles mais complexos, que interagem fortemente com o clima e com a fenologia de seu hospedeiro, como é o caso de *Melampsora medusae*. A doença, quando atinge níveis epidêmicos, pode causar sérios danos à cultura, interferindo na produção e na qualidade da madeira (Widin & Schipper Jr, 1981; Steenackers et. al., 1995). No vale do rio Iguaçu - PR, região do plantio de álamo no Brasil, os clones têm sido infectados com ferrugem e a epidemia parece crescer a cada ano. Existe uma demanda por parte dos produtores em pesquisa para o controle da doença e a análise do comportamento da epidemia nas condições locais.

Os objetivos específicos desta tese foram:

1. Em viveiros, avaliar os danos ocasionados pela doença, a suscetibilidade de sete clones e a eficiência do controle químico;
2. Em câmaras de crescimento de plantas com condições controladas de temperatura e luminosidade, avaliar o efeito da temperatura e da duração período de molhamento foliar nos componentes monocíclicos de *M. medusae*;
3. Em campo, quantificar o progresso de epidemias em condições naturais de infecção em sete clones de álamo, correlacionando o progresso da doença com a desfolha e com o crescimento do hospedeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da doença, sintomatologia e danos

A ferrugem do álamo, ocasionada por *Melampsora medusae*, destaca-se como o principal problema fitossanitário da cultura no viveiro (Walker, 1975), pois reduz a área fotossintetizante, provoca queda antecipada das folhas e redução no diâmetro do tronco (Walker, 1975; Shain & Cornelius, 1979), causando perdas para o produtor (Sheridan, 1981).

Vários trabalhos relatam a importância da ferrugem do álamo em outros países, porém no Brasil pouco se sabe sobre o comportamento dessa doença. Viégas, em 1945, relatou a ocorrência de *M. medusae* em *Populus* spp. nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul. No Paraná, Nowacki & Fontoura (1968) observaram um intenso ataque da ferrugem (*Melampsora* spp.) em *Populus deltoides* var. *carolinensis*, no entanto, naquela ocasião, não foi identificada a espécie do patógeno. Ruaro & May (1996) identificaram a espécie que ocorre no Paraná de acordo com dados morfológicos dos urediniosporos como: tamanho médio de urediniosporos de 20 - 38 x 13 - 21 µm, formato abovado a oval, ápice arredondado e base truncada com parede externa saliente, como *Melampsora medusae* Thuem., em concordância com a descrição da literatura (Walker, 1975; Trench et al., 1988). Esta identificação foi também confirmada pelo Dr. Mário Barreto Figueredo do Instituto Biológico de São Paulo. Entretanto, para melhor elucidar o avanço da epidemia em clones que anteriormente se comportavam como resistentes, ainda faz-se necessário um estudo mais detalhado sobre ocorrência de raças do patógeno. Diversos trabalhos (Cellerino, 1986; Alegro et al., 1992; Giorcelli et al., 1994) relatam a ocorrência de ferrugem no álamo em outros países aonde as espécies *Melampsora larici-populina* Kleb e *Melampsora allii-populina* Kleb são as mais

comuns. Nas nossas condições, identificou-se apenas *Melampsora medusae* Thuem. em campos de produção.

Os sintomas apresentados pelas plantas atacadas são pústulas de coloração amarela a alaranjada que se distribuem pela superfície inferior e superior da folha. Em alguns casos, as pústulas se unem e formam posteriormente regiões necrosadas, levando à queda prematura das folhas. Os sintomas aparecem, geralmente, no final da primavera, progredindo até o final do verão aonde se inicia o processo de desfolha natural. Esta desfolha contribui para o depauperamento da árvore, pois a queda antecipada das folhas impede que a planta armazene energia para o inverno e o resultado disto é notado no ano seguinte, com acentuada perda de crescimento (Paillassa, 1996) (Figura 1).

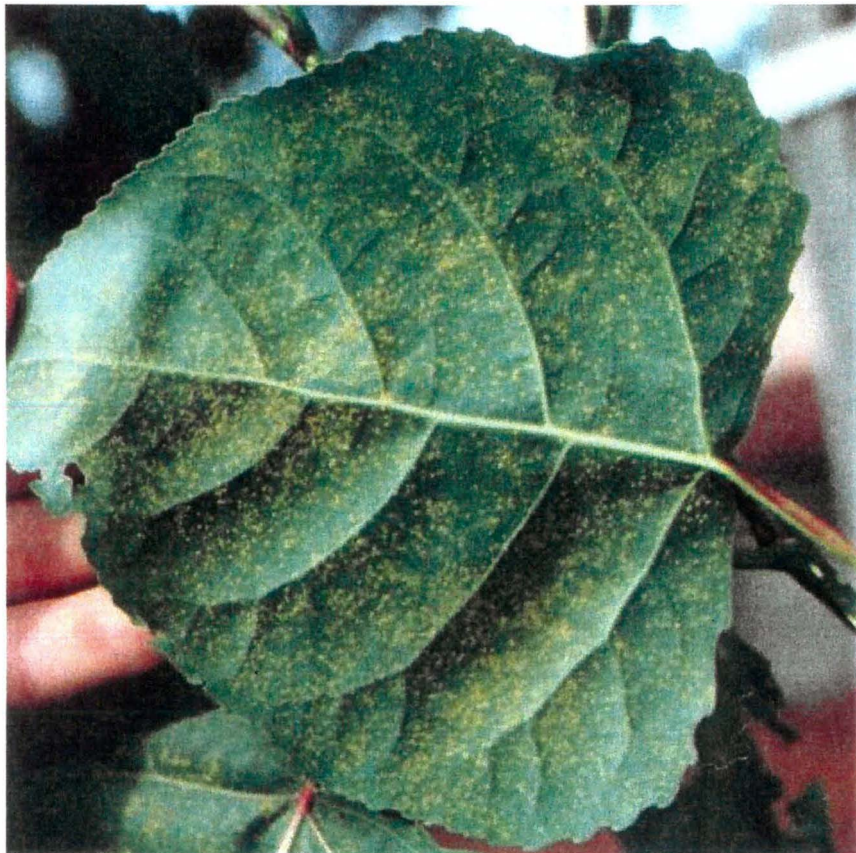


Figura 1 - Sintomas de ferrugem (*Melampsora medusae*) em folhas de álamo (*Populus deltoides*) no clone Latorre.

Esta espécie de fungo é predominante em clones puros ou híbridos de *P. deltoides*, sendo sua ocorrência de maior importância na Nova Zelândia, na Austrália e nos EUA (Spiers, 1975; Prakash & Heather, 1986b; McCracken et al. 1984; Newcombe & Chastagner, 1993). Na Europa, principalmente na França, Bélgica e Itália predominam os clones chamados euroamericanos que são preferencialmente infectados por outra espécie de *Melampsora*, a *M. larici-populina* (Pinon & Frey, 1998).

Diferentes variedades de álamo estão sendo cultivadas no vale do Iguaçu, na região de São Mateus do Sul - PR. Algumas destas variedades parecem ser extremamente suscetíveis à ferrugem. Nos meses mais quentes do ano (dezembro a março), a doença provoca desfolha precoce, principalmente em mudas e árvores de 1 a 2 anos de idade, o que tem preocupado os produtores, pois algumas vezes, as variedades mais suscetíveis são também as mais promissoras em termos de produção e qualidade de madeira.

Wilcox & Farmer (1967) observaram que a ferrugem tinha pouco efeito no crescimento das plantas de álamo na primeira fase de crescimento. No entanto, no ano seguinte à epidemia, o diâmetro e a altura da planta eram reduzidos. Outros autores também já verificaram que a infecção de *Melampsora medusae* provoca desfolha prematura e redução no crescimento (Toole, 1967; Widin & Schipper, 1976; Cooper & Filer Júnior, 1977; Steenackers et al., 1995). Paillassa (1996) descreveu que, em consequência da infecção, a atividade fotossintética é reduzida e isto resulta em uma diminuição do crescimento em diâmetro e altura, e em consequência o volume de madeira produzido é menor. Também são constatadas alterações na qualidade da madeira e diminuição das substâncias de reservas armazenadas. Todo este prejuízo é tanto maior, quanto mais precoce for o ataque no ciclo de cultivo.

2.2 Espécies de *Melampsora* e variabilidade patogênica

A ferrugem do álamo é causada por diferentes espécies e raças do gênero *Melampsora*. Na França, foram detectadas três espécies: *M. larici-populina*, *M. allii-populina* e *M. medusae*. *M. larici-populina* tem seu nome relacionado aos seus hospedeiros: coníferas (*larici*) e álamo (*populina*); enquanto *M. allii-populina* tem como

hospedeiro alternativo o alho (*allii*). *M. medusae* tem vários hospedeiros (*Larix*, algumas espécies de *Pinus*) e devido a este fato não existe analogia do nome latino com as plantas hospedeiras. A diferenciação entre as duas primeiras espécies é fácil, os teliósporos de *M. larici-populina* situam-se na face superior da folha enquanto que os de *M. allii-populina*, na inferior (Paillassa, 1996). *M. medusae* (Figura 2) é separada das demais espécies do gênero por possuir paráfises uniformes com ápices globosos e urediniósporos com falta de ornamentação em uma larga região equatorial do esporo (Walker, 1975). Alguns autores classificaram esta espécie como *M. medusae* f.sp. *deltoides* (Shain, 1988b) que é nativa do leste da América do Norte, com origem coincidente com o álamo do leste, *Populus deltoides* (Newcombe & Chastagner, 1993). Este fato é coerente com a ocorrência de *M. medusae* no vale do Iguaçu, pois praticamente todos clones de álamos introduzidos no Brasil são *P. deltoides* puros ou híbridos.

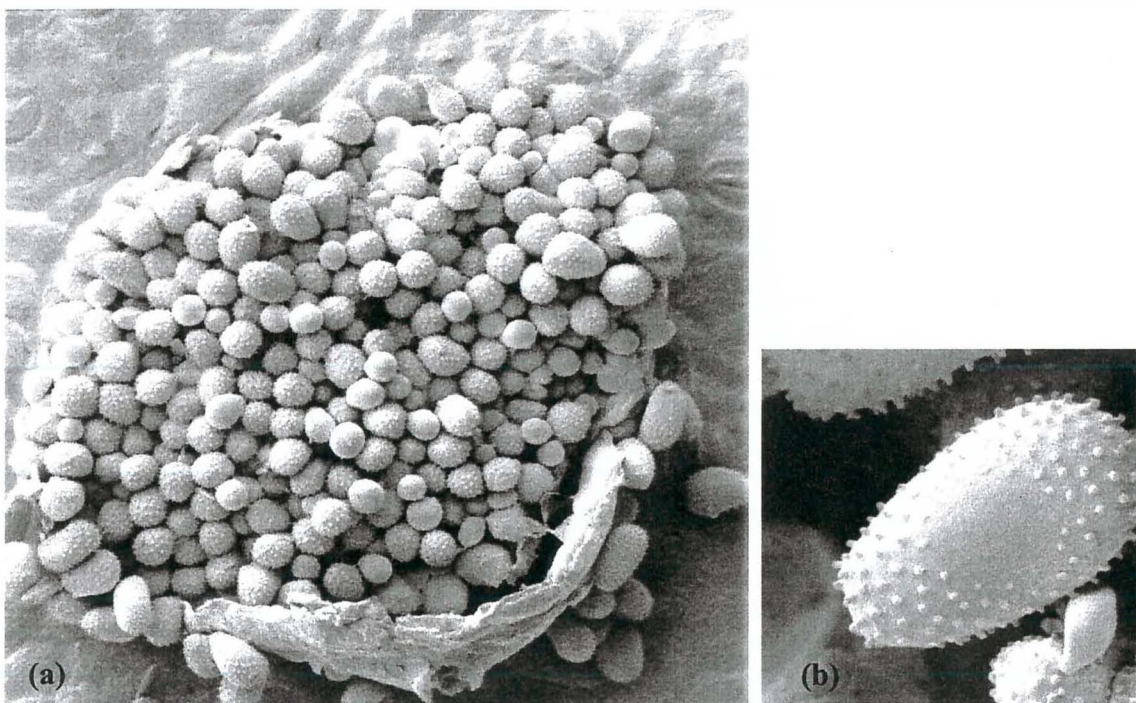


Figura 2 - Pústula de *M. medusae* em folha de álamo (a) e urediniósporos com falha de ornamentação na região equatorial (b) ao microscópio eletrônico de varredura.

Várias outras espécies de *Melampsora* são relatadas no mundo, causando problemas no álamo (*Populus* spp.): *M. albertensis*, *M. caryophyllacearum*, *M. epige* e *M. abieti-capraearum*. Entretanto, de acordo com Newcombe & Chastagner (1993), pesquisadores dos EUA, a espécie *M. medusae* f.sp. *deltoides* é a mais disseminada.

Além das espécies já citadas, Spiers & Hopcroft (1994), investigando as possíveis causas da quebra de resistência em cultivares na Nova Zelândia, identificaram uma ferrugem híbrida interespecífica de *M. medusae* e *M. larici-populina*. Este híbrido, segundo os autores, exibe características fisiológicas e ultraestruturais de ambos os pais. Foi então denominada como *Melampsora medusae-populina* sp.nov. Outro híbrido, encontrado na literatura, é *Melampsora x columbiana*, resultante da mistura de *M. medusae* com *M. occidentalis* (Newcombe et al., 2000).

Apesar do grande número de espécies de *Melampsora* que afeta a cultura do álamo, o controle através de cultivares resistentes é o método mais empregado nos países desenvolvidos. No entanto, o uso de campos monoclonais tem favorecido o aparecimento de várias raças do patógeno em todo o mundo (Singh & Heather, 1982; Prakash & Thielges, 1987; Steenackers et al. 1994; Paillassa, 1996).

Raças fisiológicas de *M. larici-populina* foram primeiramente descritas por Van Vloten¹, e posteriormente por Sharma & Heather² citados por Chandrashekar & Heather (1980). Estes autores, pesquisando isolados monourediniais de ferrugem da folha do álamo, demonstraram a presença de 5 raças de *M. larici-populina* e 6 raças de *M. medusae* em Camberra - Austrália.

Para *M. medusae* a variabilidade parece ser maior ainda. Alguns trabalhos têm sido realizados na Austrália e EUA evidenciando grande variação patogênica para isolados de *M. medusae* (Singh & Heather, 1982; Prakash & Heather, 1986c; Prakash & Thielges, 1987; Prakash & Heather, 1989). O Quadro 1 resume os trabalhos encontrados na literatura envolvendo raças de *M. medusae*.

¹ Van Vloten, H. Hybridization experiments with races of *Melampsora larici-populina* Kleb. *Tijdschr Pl. Zieckt.*, v.55, p.196-209, 1949.

² Sharma J, k.; Heather, W.A. Physiological specialisation in poplar leaf rust *Melampsora medusae* Thum. And *M. larici-populina* Kleb., in Austrália. *Proc. XIX Session FAO/IPC Working Party on Poplar diseases*. France, 1976.)

AUTORES	Procedência dos isolados	Objetivo dos trabalhos	Raças identificadas/mencionadas
Singh & Heather, 1982	Leste da Austrália	Sensibilidade à temperatura de interações raça-cultivares de <i>M. medusae</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6
Prakash & Heather, 1985	Austrália	Reação de cultivares a mutantes virulentos de <i>M. medusae</i> induzidos por radiação	Raças 5A e Mutantes 5M1, 5M2, 5M3, 5M4 e 5M5
Prakash & Heather, 1986a	Camberra – Austrália	Observar a adaptação de <i>M. medusae</i> ao aumento de temperatura e luminosidade	4A
Prakash & Heather, 1986b	Camberra – Austrália	Efeito da temperatura na resistência a raças	4C e 4M
Prakash & Heather, 1986c	Camberra – Austrália	Estudar a herança da resistência	1A, 2A, 3A, 4A, 5A, e 4B**
Prakash & Heather, 1986d	Camberra – Austrália	Comparar agressividade entre 5 isolados mutantes e o isolado selvagem	5A, M1, M2, M3, M4 e M5
Prakash & Thielges, 1987	Vale do rio Missicipi	Identificar raças	A, B, C, D, E, F, G, E e H.
Prakash & Heather, 1989	Camberra – Austrália	Estudar a herança parcial de duas raças de <i>M. medusae</i>	7A, 5M*
Prakash & Thielges, 1989	EUA	Avaliar resposta de 12 isolados em 18 hospedeiros e 2 temperaturas de incubação (16 e 26°C)	12 raças que não foram nomeadas

*raça mutante da original 5A de Prakash & Heather, 1986d. ** raças identificadas por Singh & Heather, 1982

Quadro 1 - Referências bibliográficas, procedência dos isolados, objetivo dos trabalhos e raças identificadas ou mencionadas.

Os trabalhos com raças foram feitos na Austrália e nos EUA, mas não há uma padronização, principalmente no que se refere a hospedeiros diferenciais. Nota-se, no entanto, a preocupação em estudar e conhecer a variabilidade do patógeno. No Brasil, nada foi feito sobre este assunto ainda. Quase todos os clones utilizados no plantio de álamo são atacados por ferrugem. Nos últimos anos, clones moderadamente resistentes ao patógeno têm apresentado níveis de infecções crescentes.

2.3 Ciclo das relações patógeno-hospedeiro

O fungo do gênero *Melampsora* que causa ferrugem em álamo é macrocíclico e heteróico (Figura 3). Os hospedeiros alternativos são normalmente coníferas. Na primavera, os basidiósporos produzidos em folhas de álamo caídas no chão são disseminados pelo vento, penetram nas folhas do hospedeiro intermediário (por exemplo, acículas de coníferas) e produzem pínios e, em seguida, aécios. Deste ponto

em diante, formam-se os aeciósporos que são dispersos pelo vento até as folhas de álamo. Nesta etapa, formam-se os urediniósporos que são responsáveis pela epidemia durante os meses de verão. As folhas atacadas caem, e então, formam-se télias com teliósporos que passam o inverno em folhas mortas e dão origem aos basídios com basidiósporos para iniciar novamente o ciclo na primavera (Walker, 1975). Nas nossas condições, no entanto, não se conhece hospedeiro alternativo e também não está bem esclarecido como o patógeno sobrevive durante o inverno uma vez que a planta perde totalmente as folhas.

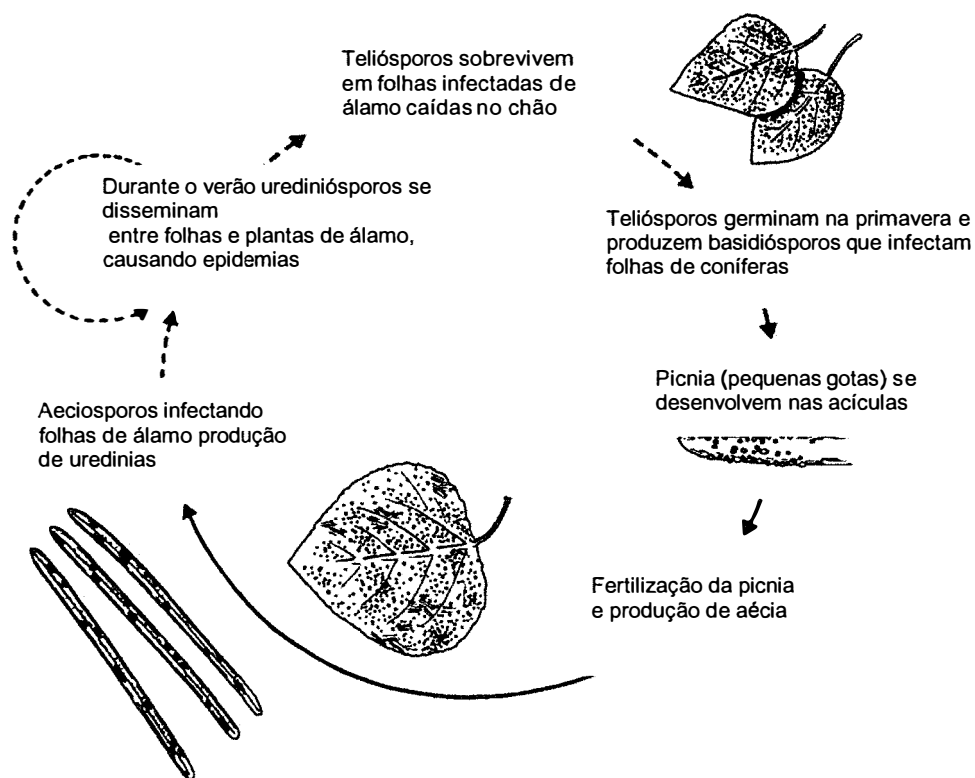


Figura 3 - Ciclo da *Melampsora* spp. em álamo (*Populus* spp)

Os hospedeiros alternativos reconhecidos na literatura internacional são: *Larix laricina* (DuRoi) K. Koch, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco (Ziller, 1974), *Pinus banksiana* Lamb e *P. resinosa* Ait (Ziller, 1965). Em 1975, Spiers reportou na Nova Zelândia várias espécies como hospedeiro aecial da ferrugem do álamo: *Pinus radiata*, *Larix kaempferi* e *Larix decidua* para *M. larici-populina* e para *M. medusae*, *Larix decidua*. Ainda hoje, alguns autores continuam pesquisando os hospedeiros alternativos desta ferrugem. Shain (1988a), testando várias espécies de coníferas, obteve sucesso apenas com a *Larix decidua* como hospedeira alternativa de *M. medusae*.

McCracken et al. (1984), coletando esporos em armadilhas na região central dos EUA, observaram que o inóculo primário de *M. medusae* do álamo originou-se dos Estados de Minnesota e Wisconsin, onde o ciclo de vida do patógeno se completava com a presença de hospedeiros alternativos (*Larix* spp.). No sul, a fonte de inóculo primária é desconhecida, embora a sobrevivência durante o inverno no estágio uredinial em folhas de álamo tenha sido reportada no Texas (Chitzanidis & Van Arsdel, 1970). Os mesmos autores reportaram que folhas de álamo de Stonville (Flórida-EUA) ficam livres de ferrugem durante as primeiras 10 a 24 semanas de cada estação de crescimento, o que indica que a ferrugem não passou o inverno nesta área. Pinon & Frey (1998) relataram que quando ocorre um forte ataque de ferrugem, as folhas caem e nelas o que predominam são teliósporos, os urediniósporos são raros, apenas uma ínfima porção destes urediniósporos que estão nas folhas são capazes de germinar, com poucas chances de contaminar novas folhas de álamo na primavera seguinte.

Na África do Sul, em 1988, Trench et al. observaram o aparecimento de *M. medusae*. Até então, naquela região, a espécie preponderante era *M. larici-populina*. Já na Nova Zelândia, em 1989, Spiers relatou o aparecimento das espécies *M. larici-populina* e *M. medusae* que, segundo o trabalho, entraram no país via correntes de ventos da Austrália, aonde chegaram através de material propagativo importado ilegalmente. O mesmo autor, em trabalho realizado em 1998, comenta que *M. medusae* sobrevive o inverno na Nova Zelândia em alguns hospedeiros alternativos e o ciclo primário se inicia com esta fonte de inóculo ou pela chegada via transporte aéreo de esporos da Austrália.

2.4 Epidemiologia e controle

Além do conhecimento do ciclo da ferrugem no campo, aspectos como temperatura e umidade são fundamentais para o conhecimento do comportamento da epidemia em uma determinada região. Urediniósporos da espécie *Melampsora medusae* no baixo vale do Mississipi - EUA, germinam bem a 18 °C e não germinam a 34 °C (Toole, 1967). Temperatura e precipitação podem influenciar o desenvolvimento da epidemia; temperaturas moderadas (15 - 20 °C) e chuvas abundantes aumentam a produção de esporos e a frequência de infecção (Widin & Shipper Júnior, 1980). O período latente para a infecção uredinial é de aproximadamente 8 dias sob condições de casa de vegetação e pústulas podem produzir urediniósporos maduros em 10 dias. McCracken et al. (1984), avaliando urediniósporos coletados em armadilhas na mesma região, observaram que no ano de 1977 os urediniósporos apareceram em menor número e eram mais tardios quando comparados com o ano anterior, aonde foram registradas temperaturas moderadas e chuvas menos intensas.

Prakash & Thielges (1989), avaliando o efeito da temperatura sobre diferentes isolados de *M. medusae*, concluíram ser este fator de extrema importância na determinação do nível e tipo de expressão da doença na maioria das interações isolados/cultivares testadas. Anteriormente, em 1986, foi feito um estudo do efeito de regimes de temperatura na resistência de cultivares de álamo a raças de *M. medusae* e foram observadas diferenças de compatibilidade das raças em relação à temperatura (Prakash & Heather, 1986b).

Além da temperatura, outros fatores como molhamento e precipitação são importantes para a epidemia. Em trabalho realizado nos EUA durante os anos de 1988 e 1989, quando ocorreu uma epidemia severa ocasionada por *M. medusae*, Hamelin et al. (1992) avaliaram a influência do molhamento, da temperatura e da chuva no desenvolvimento da doença a campo. Observaram que déficit de chuva e temperaturas altas não são fatores limitantes quando ocorrem condições ótimas de temperatura (15 - 21°C) e molhamento (10 - 12 horas) para infecção durante a noite. Entretanto, Widin & Schipper Jr (1980) nos EUA e Sheridan et al. (1975) na Nova Zelândia observaram um aumento de urediniósporos capturados em armadilhas após chuvas intensas e maior

incremento na taxa de desenvolvimento da ferrugem após chuva de 10 a 14 dias, respectivamente.

Trabalho analisando a suscetibilidade de folhas de diferentes idades foi realizado por Giorcelli et al. (1994). Os autores observaram que o menor nível de infecção ocorreu em folhas mais jovens devido a fatores como reduzido número e tamanho os estômatos e proteção mais ativa do tecido foliar. A intensidade do ataque em clones suscetíveis às raças E1 e E3 de *M. larici-populina* foi maior em folhas de 5 - 15 dias de idade que nas demais folhas. As lesões foram menores à medida que a densidade do inóculo aumentou. Em contrapartida, o período de incubação e a média de esporulação foram menores em folhas inoculadas aos 3 dias de idade ou de idades intermediárias. Para a espécie *M. medusae*, Newcombe (1998) concluiu que a idade da folha tem efeito significativo na densidade uredinial e no período latente mas não no diâmetro da uredinia.

Em relação ao controle da ferrugem do álamo, sabe-se que o uso de variedades resistentes tem sido um dos métodos mais utilizados (Alegro et al., 1992). Em programas de melhoramento do álamo no Instituto de Florestas da Bélgica o principal critério para a seleção de genótipos das plantas é a resistência à ferrugem (Steenackers et. al., 1994).

Prakash & Heather (1986b) estudaram a herança da resistência em diferentes raças de *M. medusae* e recentemente foi caracterizado um gene maior de resistência (*Mmd1*) para *M. medusae* f.sp. *deltoides* em híbrido de álamo na Universidade do Estado de Washington - EUA (Newcombe et al., 1996). Newcombe (1998), em trabalho posterior, verificou associação deste gene com variáveis quantitativas da ferrugem do álamo observando a contribuição de outros genes próximos ao *Mmd1*.

Outra forma de controle é o tratamento químico. No Brasil, essa forma de controle é limitada devido à deficiência de fungicidas registrados para a cultura no Brasil. De uma maneira geral, a utilização de controle químico é estabelecida levando-se em consideração fungicidas indicados para os patógenos da cultura em outros países, como é o caso do uso de triadimenol no controle de *Marssonina brunea* (Giorcelli & Vietto, 1992) e de triadimenol, tebuconazole e myclobutanil para espécies de

Melampsora (Giorcelli & Vietto, 1995). Trabalhos de Pandey et al. (1996) mostraram a eficiência de triadimefon no controle de *M. larici-populina* em viveiro de álamo na Índia. Spiers (1976) obteve sucesso no controle da mesma espécie, na Nova Zelândia, utilizando cobre, oxicarboxin e dodine e também verificou que o crescimento da raiz e do tronco era proporcional aos níveis de controle obtidos com o uso de fungicidas.

Todas as formas de controle, relatadas na literatura, são importantes e devem ser consideradas no manejo integrado da doença, e para tal, se fazem necessárias pesquisas para o entendimento dos fatores epidemiológicos que variam com as condições ambientais próprias de cada país, nos locais de plantio.

3 SUSCETIBILIDADE DE CLONES DE ÁLAMO À FERRUGEM NO VIVEIRO, EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS E AVALIAÇÃO DE DANOS

RESUMO

A ferrugem do álamo (*Populus* spp.), ocasionada por *Melampsora medusae* Thuem., é a doença mais importante no viveiro. Os sintomas são pústulas amarelas a alaranjadas em ambos os lados da folha. Quando ocorre epidemia severa no verão as plantas sofrem desfolha. Em experimento em viveiro no município de São Mateus do Sul-PR foi realizado para avaliar a suscetibilidade de clones à ferrugem, a eficiência de fungicidas no controle da doença e a redução em volume entre parcelas, tratadas ou não, com fungicidas. Em cada clone avaliou-se severidade (número de pústulas /cm²), incidência (porcentagem de folhas com pústulas) e desfolha. Ao final de dois anos de viveiro, na ocasião do transplante, o volume de 8 plantas/parcela foi também avaliado. Os dados foram analisados por ANOVA, teste Tukey; e regressões lineares entre as variáveis medidas. O clone mais suscetível foi o Latorre, os resistentes, o SJ e o Argos e os demais (Guapiara, SM, JB e Guarani) foram classificados como moderadamente suscetíveis. Os fungicidas cyproconazole, triadimenol e tebuconazole foram os mais eficientes no controle da doença. Houve correlação significativa entre porcentagem de folhas com pústulas e desfolha, indicando a interferência do patógeno na queda antecipada das folhas. Em relação à redução no volume de madeira produzido com e sem fungicida observou-se que os clones Guapiara, SM, JB, SJ e Argos foram tolerantes à ferrugem no terço inferior da planta e os clones: Guarani, JB e Argos foram tolerantes à desfolha. O clone Latorre produziu três vezes mais madeira (em volume) com aplicação de fungicida, quando comparado com as parcelas testemunhas, sem fungicida.

Susceptibility of poplar clones to rust in stool beds, efficiency of fungicides and assessment of damage

SUMMARY

The poplar rust (*Populus* spp.), caused by *Melampsora medusae* Thuem., is the most important disease in stool beds. The symptoms are yellow to orange pustules on both sides of the leaves. When a severe epidemic occurs during the summer time the plants are defoliated early. An experiment in stool beds in the Iguaçu river valley in Paraná State- Brazil was performed to assess the susceptibility of clones to rust, the efficiency of fungicides to control the disease and the reduction in volume between parcels, treated or not, with fungicides. For each clone, plants were marked to assess severity (number of pustules/cm²), incidence (percentage of leaves with rust) and defoliation. After two years of experimentation when the plants were ready to be planted in the field, the volume of eight plant/plot were also assessed. The data was analyzed by ANOVA and Tukey tests to compare the averages. A linear regression between the variables was also performed. Latorre was the most susceptible clone; SJ and Argos were the most resistant and Guapiara, SM, JB and Guarani, were moderately resistant. The cyproconazole, triadimenol and tebuconazole fungicides were efficient in controlling the disease. Significant correlation between the percentage of leaves with pustules and defoliation was observed, showing interference of the pathogen in the premature fallen leaves. The Guapiara, SM, JB, SJ and Argos clones were tolerant to rust while the Guarani, JB and Argos clones were tolerant to defoliation. Plants of the clone Latorre that received fungicide produced three times more wood (in volume) than plants without fungicides.

3.1 INTRODUÇÃO

O plantio comercial do álamo (*Populus* spp.), localizado no vale do Iguaçu - PR, conta com uma área de aproximadamente 3.000 ha. Os clones utilizados (maioria

híbridos de *P. deltoides*) estão adaptados às condições daquele vale, embora sejam exigentes em tratos culturais e fitossanitários. A cultura é uma espécie florestal que agrega alto valor econômico e sua madeira clara e resistente é utilizada, pelos produtores desta região, para fabricação de palito de fósforo e móveis.

O problema fitossanitário mais grave no viveiro é a ferrugem, ocasionada por *Melampsora medusae* Thuem. Esta doença provoca pústulas nas folhas, que coalescem, resultando na queda prematura nas folhas (Paillassa, 1996). As epidemias normalmente ocorrem no verão e com isso o crescimento da planta fica prejudicado para o próximo ciclo.

De acordo com Widin & Schipper Jr (1981), quando a doença atinge níveis epidêmicos pode causar sérios danos à cultura. Estes autores observaram que o número de folhas, o peso seco e o volume de plantas de *Populus deltoides* foram inversamente relacionados com a severidade de ferrugem (*M. medusae*), sendo observadas perdas de 65% no volume total das árvores no viveiro. Além disso, os mesmos autores observaram que clones moderadamente suscetíveis também crescem menos quando infectados com o patógeno. Os efeitos negativos de patógenos no crescimento de plantas de álamo, têm motivado melhoristas da cultura a utilizar a resistência a patógenos como o principal critério de seleção de novos clones nos últimos 50 anos (Newcombe, 1996).

A seleção de clones com diferentes genes de resistência ao patógeno contribui para reduzir plantios monoclonais em larga escala (Moltzan, 1991). Em alguns híbridos de álamo tem sido observada baixa taxa de infecção e isto pode ser útil em misturas de clones desde que sua resistência persista no tempo e no espaço (Prakash & Heather, 1986). A mistura de clones tem sido estudada como um fator auxiliar de manejo para epidemias da ferrugem (Miot et al., 1999).

Os plantios no vale do rio Iguaçu normalmente são feitos com mudas de dois anos de viveiro e, nesta fase, os produtores têm observado epidemias crescentes a cada ano. É comum clones que se comportaram de forma resistente à ferrugem em um ano passar a suscetíveis em anos posteriores. Portanto, para uma avaliação mais criteriosa da potencialidade de crescimento de cada clone torna-se fundamental o controle da doença

no viveiro. Para identificar os clones utilizados pela Empresa Andrade Latorre S.A. quanto à suscetibilidade à ferrugem e propor alternativas de controle deste patógeno, este trabalho procurou atender a alguns objetivos: i) avaliar a suscetibilidade de sete clones no viveiro em relação à severidade da doença, desfolha e crescimento; ii) avaliar a eficiência de fungicidas para controle da doença; iii) avaliar os danos no viveiro, ocasionados pela ferrugem, por meio de ensaios com aplicação de fungicidas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Avaliação da suscetibilidade de sete clones no viveiro e eficiência do controle químico

Um experimento abrangendo uma área de 9 ha foi instalado em viveiro de álamo próximo à cidade de São Mateus do Sul - PR. Os tratamentos foram distribuídos em faixas de três linhas espaçadas em 1 m, tendo cada uma delas 300 m de comprimento, para cada um dos sete clones: Latorre, Guarani, JB, SJ, Guapiara, Argos e SM (todos híbridos de *P. deltoides*). Para avaliação foram marcadas quatro plantas aleatoriamente na linha central de cada tratamento. Essas plantas foram avaliadas mensalmente, iniciando-se em dezembro, um mês após a primeira pulverização, que ocorria em início de novembro.

Os produtos químicos utilizados neste experimento foram: tebuconazole (62,5 mL i.a./100 L d'água), cyproconazole (12,5 mL i.a./100 L d'água), triadimenol (62,5 mL i.a./100 L d'água), mancozeb (800 g i.a./100 L d'água), oxicarboxin (150 g i.a./100 L d'água), difenoconazole (3,5 mL i.a./100 L d'água) e testemunha, sem fungicida. As pulverizações foram realizadas a cada 15 a 20 dias, com trator motorizado com pulverizador tipo canhão, pulverizando-se os dois lados das plantas localizadas na linha central. Foi utilizado um volume de calda de 300 L/ha.

Cada planta foi marcada à altura de 1,3 m e as avaliações foram feitas com as seguintes variáveis: número de folhas do chão até a altura marcada, porcentagem de desfolha nessa seção do tronco, número de folhas com pústulas até esta altura e número de pústulas/cm² da primeira folha abaixo da marcação. Ao final do primeiro ciclo, no

início da queda das folhas (mês de abril), foi avaliado também o diâmetro à altura do peito (DAP), neste caso foram consideradas 8 repetições (plantas)/tratamento dispostas da mesma forma como descrito para as demais avaliações. No segundo ano do viveiro, repetiram-se as avaliações já descritas e, além delas, foram feitas avaliações de DAP e de altura das plantas ao final do viveiro, ou seja, quando as plantas foram retiradas do viveiro para serem plantadas no campo definitivo, no mês de agosto.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente realizando-se ANOVA e teste de Tukey de comparação de médias para se conhecer o fungicida mais eficiente por clone e avaliar diferenças de susceptibilidade entre os clones.

Com os dados das parcelas não pulverizadas (testemunhas) de cada clone foi estabelecido o grau de suscetibilidade dos clones. As variáveis utilizadas foram o número de pústulas/cm² e a porcentagem de folhas com pústulas. Os clones foram classificados em suscetível, moderadamente suscetível e resistente, de acordo com os grupos identificados no teste de comparação de médias.

3.2.2 Avaliação de danos no viveiro ocasionados pela ferrugem

Com os dados do experimento com controle químico foram feitas análises de correlação onde as variáveis independentes foram a desfolha (porcentagem de folhas caídas até 1,3 m de altura da planta) integralizada no tempo e áreas sob a curva de progresso da doença (AUDPC) calculadas com dados de porcentagem de folhas com pústulas e número de pústulas/cm². A variável independente foi o diâmetro à altura do peito. Além disso, estes dados foram também correlacionados com o volume total de madeira, o DAP e a altura das plantas, avaliados ao final dos dois anos de viveiro

Para se obter o volume total de madeira produzido por árvore em cada tratamento, foi calculado o fator de forma (Ff) por clone, considerando uma amostra de 15 plantas/clone de acordo com $Ff = (\sum \text{Volume de 7 seções do cilindro}) / (\text{Volume do cilindro perfeito})$, ou seja, $Ff = [(D_1)^2 \times \text{PI} / (4 \times h_1) + (D_2)^2 \times \text{PI} / (4 \times h_2) + \dots + (D_7)^2 \times \text{PI} / (4 \times h_7)] / [(DAP)^2 \times \text{PI} / (4 \times h_{\text{total}})]$, onde D_n = diâmetro das seções, h_n = altura das seções, DAP= diâmetro a altura do peito e h_{total} = altura total da muda.

Nestas plantas, foram feitas sete medidas de circunferência na extensão do

tronco a partir do DAP e então foi calculada a somatória do volume de cada seção como cone e também como cilindro verdadeiro (utilizando o DAP). Dividindo-se o valor do cilindro pelo valor do cone obteve-se o fator de forma para cada clone. Este valor multiplicado pelo volume do cilindro a 1,30 m (DAP) e pela altura final da planta no viveiro forneceu o volume total aproximado da planta, de acordo com Volume da planta (cm^3) = $(\text{DAP})^2 \times \text{PI} / (4 \times h \times \text{Ff})$, onde h = altura da planta ou da seção, DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m) e Ff = Fator de forma.

A avaliação do volume foi considerada na diferenciação entre os clones e também para calcular o percentual de redução de volume (produção da madeira) comparativamente entre as parcelas tratadas e não tratadas com fungicidas nos diferentes clones para avaliação de tolerância em relação à desfolha e à porcentagem de folhas com pústulas de *M.medusae*.

Para quantificar o dano realizou-se uma análise em fatorial (2 x 7), considerando 2 tratamentos (com e sem fungicida) e sete clones de álamo, considerando os resultados do experimento do viveiro das parcelas testemunhas (plantas doentes não tratadas) e do tratamento com o fungicida cyproconazole .

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Avaliação da suscetibilidade de clones no viveiro e eficiência do controle químico

Os clones Latorre, Guarani e Guapiara apresentaram maior desfolha em ordem decrescente (Tabela 1). A severidade, avaliada em número de pústulas/ cm^2 de folha foi mais intensa nos clones SM e Guapiara, seguidos de Latorre e JB, apesar da diferença entre eles não ser significativa estatisticamente. A porcentagem de folhas com pústulas foi semelhante entre os clones Latorre, Guapiara, JB e SM, diferindo estatisticamente, dos demais. O clone Latorre foi o que produziu o menor volume de madeira e o Argos, o maior volume (duas vezes maior que Latorre) (Tabela 1).

Tabela 1. Suscetibilidade de clones de álamo (híbridos de *Populus* spp.) avaliada por meio das seguintes variáveis (em área sobre a curva de progresso da doença): número de folhas, % de folhas com pústulas, desfolha e volume das mudas com dois anos.

Clones	Variáveis avaliadas (em AUDPC)				
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/cm ^{2,3}	desfolha ⁴	volume (cm ³)
Argos	1190,8 ab	2759,3 a	78,3 a*	4440,9 ab	6795,3 b
Guapiara	843,0 a	7350,0 c	1076,5 b	5585,0 bc	5050,7 ab
Guarani	910,6 a	2543,7 a	91,8 a	5616,2 bc	6324,0 b
JB	885,6 a	7015,7 bc	198,3 ab	5134,4 abc	5489,5 ab
Latorre	768,2 a	6906,2 bc	513,2 ab	6296,8 c	3051,2 a
SJ	1690,2 c	3882,0 ab	2,7 a	3641,9 a	4936,8 ab
SM	774,6 a	6265,2 bc	1329,0 b	5164,1 abc	4912,2 ab
Coefficiente de variação	18,69	27,29	63,03	14,32	30,09

¹ número de folhas do chão até 1,3m de altura na planta; ² % de folhas com pústulas dentre aquelas até 1,3 m; ³ número de pústulas em 1 cm² da primeira folha abaixo da medida de 1,3 m, para análise os dados originais foram transformados em $RAIZ(x+1)$; ⁴ Porcentagem no terço inferior da muda, a 1,3 m de altura do chão.

Neste experimento a variável incidência (% de folhas com pústulas) foi a mais discriminatória para avaliar diferenças de suscetibilidade entre os clones. Em alguns casos o uso da variável número de pústulas/cm² (severidade) não tem sido satisfatória para medir o desenvolvimento da epidemia ou diferenciar suscetibilidades entre clones (Sharma & Heather, 1979).

De acordo com as variáveis avaliadas (Tabela 1), os clones foram classificados como suscetíveis (Latorre), moderadamente suscetíveis (Guapiara, SM, JB e Guarani) e resistentes (SJ e Argos). Clones extremamente suscetíveis têm um período de latência menor permitindo que a doença desenvolva um maior número de ciclos e quando isto se agrega a um ataque intenso há uma considerável produção de inóculo (Giorcelli et al.,

1994).

Os dados referentes ao controle químico foram apresentados apenas para o clone Latorre (Tabela 2). Os clones Argos e SJ, resistentes à doença, mostraram índices semelhantes nas parcelas tratadas e não tratadas. Nos clones SM, Guarani e Guapiara, o número de folhas com pústulas e a desfolha não variaram entre os tratamentos, no entanto para outras variáveis, os produtos cyproconazole e triadimenol mostraram-se estatisticamente superiores aos demais (dados não apresentados). Os triazóis testados (triadimenol, tebuconazole e cyproconazole) foram superiores aos demais na redução da incidência da doença, medida em porcentagem de folhas com pústulas (Tabela 2). Wu-Hong Yuan et al. (1993) obtiveram 85% de controle da ferrugem com triadimefon a 15 %. A eficiência de triadimenol e tebuconazole foi também comprovada por outros autores para controle de espécies de *Melampsora* (Giorcelli & Vietto, 1995)

O triadimenol é também recomendado no controle de *Marsonina brunea* (Giorcelli & Vietto, 1992). Trabalhos de Pandey et al. (1996) mostraram a eficiência de triadimefon no controle de *M. larici-populina* em viveiro de álamo na Índia. Spiers (1976) obteve sucesso no controle da mesma espécie, na Nova Zelândia, utilizando cobre, benadanil, oxcarbixin e dodine e também verificou que o crescimento da raiz e do tronco era proporcional aos níveis de controle obtidos com o uso de fungicidas.

Tabela 2. Eficiência de tratamentos com fungicidas para controle da ferrugem do álamo (*M. medusae*) no clone Latorre.

Tratamento	Variáveis avaliadas (em AUDPC)				Volume (cm ³)
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/cm ²	desfolha	
Testemunha	768,2 a	6906,2 cd	513,2 bcd	6296,8 b	3051,2 a
Cyproconazole	908,2 a	2990,6 b	205,2 ab	5085,4 a	9467,8 d
Triadimenol	794,9 a	0 a	0 a	5934,0 ab	8251,5 cd
Mancozeb	864,4 a	7012,5 cd	829,7 cd	5894,6 ab	5723,9 bc
Tebuconazole	943,1 a	0 a	0 a	4957,8 a	6097,7 bc
Oxicarboxin	882,5 a	4953,7 bc	399,2 bc	5621,8 ab	4591,9 ab
Difenoconazole	682,2 a	6477,3 cd	1436,5 d	6078,9 ab	5617,7 ab
Coefficiente de variação	15,19	19,45	35,50	8,38	26,75

Em relação ao volume (em cm³) de cada clone confirmou-se a extrema suscetibilidade do clone Latorre com uma taxa de redução de volume (entre parcela testemunha e melhor tratamento com fungicida) na ordem de 67% (Tabela 2). Os clones intermediários como SM, Guapiara, JB e Guarani tiveram taxas moderadas de redução de volume de 40, 39, 33 e 29 % respectivamente (dados não apresentados). Os clones SJ e Argos, mais resistentes, tiveram reduções de 11 e 14 % respectivamente (dados não apresentados). Joly (1959)¹ citado por Widin & Schipper (1981) relatou redução de crescimento em altura de 18 % e de crescimento radial de 44 % em árvores de álamo com desfolha provocada pela ferrugem. Em trabalho mais recente, Hamelin et al. (1993) confirmaram a interferência da doença na desfolha precoce.

Com este trabalho pôde-se concluir que a ferrugem, em clones suscetíveis no viveiro, deve ser controlada com fungicidas pois este patógeno interfere no crescimento e formação da muda. Em pesquisas na França com *M. larici-populina*, Terrasson & Deboisse² (1991) citados por Miot (1999) também relataram que plantas infectadas precocemente apresentam crescimento em altura reduzido e volume inferior quando

¹ JOLY, R. The influence of forest defoliation on yield increment. *Rev. For. Fr.*, v.11, p.775-784, 1959.

² TERRASSON D.; DEBOISSE, G. Effect de *Melampsora larici-populina* race E2 sur la croissance en pépinière de deux peupliers interaméricains. Ed. Cemagref, *Annales*, p.167-179, 1991.

comparadas às plantas tratadas. Além disso, árvores infectadas por ferrugem se tornam mais predispostas ao ataque de outros patógenos que, quando associados, podem matar a planta (Spiers, 1974; Wang & Van der Kamp, 1992; Newcombe & Chastagner, 1994).

Vários benefícios foram alcançados com a introdução dos fungicidas específicos, sistêmicos, na agricultura, tais como: menor dosagem do ingrediente ativo na fórmula do produto, maior efeito protetor, curativo e erradicante, possibilidade de menor número de aplicações e em conseqüência, menor contaminação ambiental. Entretanto, existe o risco para resistência. Este risco pode ser amenizado se os sistêmicos foram utilizados em alternância com produtos de grupos diferentes ou intercalados com produtos de contato. O fungicida mancozeb, que apresentou elevada eficiência (Tabela 2), pode ser uma boa opção para a alternância com triazóis no controle da ferrugem do álamo.

3.3.2 Avaliação de danos no viveiro ocasionados pela ferrugem

Para a análise de dano foram feitas, inicialmente, várias correlações entre os dados de produção (em volume) e de desfolha integralizada no tempo com variáveis relacionadas à doença (AUDPC da porcentagem de folhas com pústulas e do número de pústulas/cm²). Apenas a desfolha integralizada mostrou correlação com a incidência (AUDPC da porcentagem de folhas com pústulas, Tabela 3; Figura 1). No entanto, o coeficiente de determinação foi baixo (30 %), indicando que outras variáveis são determinantes da desfolha, o que pode ser evidenciado com o clone Guarani que teve alta desfolha apesar de baixa severidade e incidência de ferrugem.

Tabela 3. Correlação entre % de folhas com pústulas x desfolha com dados de sete clones de álamo em viveiro de dois anos, em parcelas com e sem fungicida.

Variáveis correlacionadas	Coefficiente de correlação de Pearson	Significância
Porcentagem de folhas com pústulas x desfolha	0,55	0,0023

Realizaram-se também correlações entre DAP e altura da planta no final aos dois anos de viveiro com os dados de AUDPC (relacionados com a doença), mas não foi obtido resultado significativo. No patossistema *M. larici populina* - álamo constatou-se correlação negativa entre severidade e DAP (Wu-Hong Yuan et al., 1993). Na avaliação do dano causado nos sete clones em viveiro a análise fatorial dos efeitos da resistência varietal (clone), do controle químico (fungicida) e de sua interação mostrou-se significativa para a maioria das variáveis (Tabela 4). A interação clone - fungicida foi significativa para todas as variáveis, exceto desfolha.

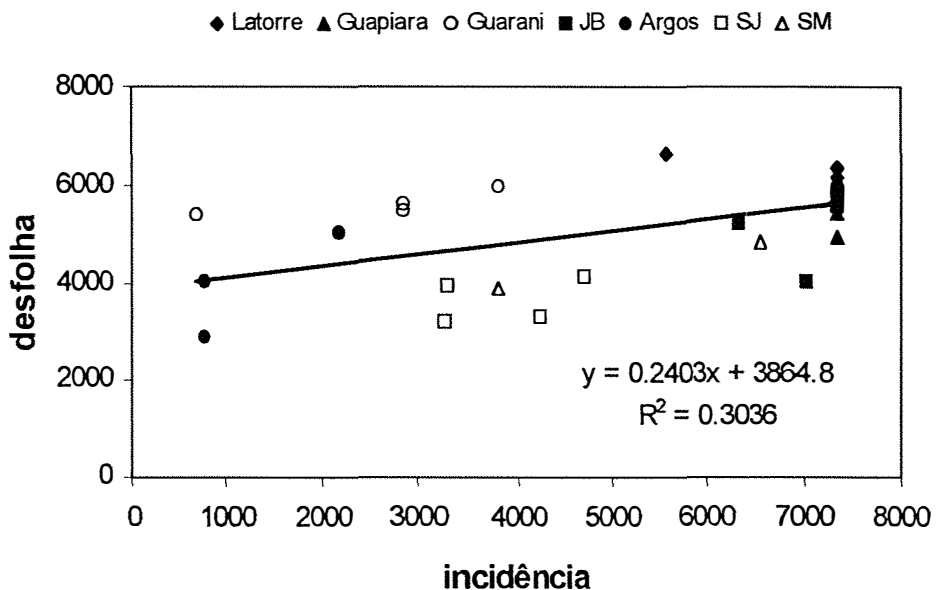


Figura 1 – Regressão linear entre a incidência (porcentagem de folhas com pústulas) e a desfolha (% de desfolha no terço inferior da planta, a 1,3 m) de sete clones de álamo no viveiro.

Tabela 4. Análise fatorial da interação fungicida/clones de álamo do experimento de viveiro de álamo de dois anos, no Município de São Mateus do Sul - PR

Variáveis avaliadas	Significância (<i>p</i>)			Coeficiente de Variação
	Clone	Fungicida	Interação	
Número de folhas	0,00	0,00	0,015	16,7
% de folhas com pústulas	0,00	0,00	0,00	38,7
Pústulas/cm ²	0,00	0,00	0,00	133,8
Desfolha	0,00	0,00	0,25	13,3
Volume	0,00	0,00	0,00	24,2

A produção de madeira nos diferentes clones em dois anos de viveiro com e sem fungicida é notavelmente diferente nos clones mais suscetíveis (Tabela 5). Por exemplo, se forem consideradas apenas as avaliações sem fungicida os clones mais promissores são em ordem decrescente: Argos, Guarani, JB, Guapiara, SJ, SM e Latorre. Observando-se os valores de volume de madeira obtidos com a aplicação de fungicidas esta ordem muda sensivelmente para: Latorre, Guapiara, Guarani, Argos, SM, JB e SJ. Dessa forma, a escolha dos clones deve ser cuidadosa e criteriosa, considerando o custo da aplicação em anos de epidemia severa e a adaptação do clone no campo. Além disso, outro componente a ser avaliado na escolha de um clone é a capacidade da planta crescer mesmo com a presença da doença e desfolha. Isso pode ser observado calculando-se a porcentagem da redução do volume de madeira entre parcelas tratadas e não tratadas do mesmo clone e relacionando estes valores com variáveis da doença ou desfolha. O resultado desta análise indica a possível tolerância de um determinado clone à ferrugem.

Tabela 5. Avaliação de clones de álamo com e sem aplicação do fungicida cyproconazole em relação à ocorrência de ferrugem (% de folhas com pústulas e pústulas/cm²), desfolha e volume (em cm³) da muda.

Clones		Variáveis avaliadas (em AUDPC)				Volume (cm ³)
		Número de folhas	% folhas c/ pústulas	Pústulas/cm ²	Desfolha	
Argos	SF	1190,8	2759,3	78,4	4440,9	6795,3
	CF	1333,8	0	0	3838,3	7187,8
Guapiara	SF	843,0	7350,0	1076,5	5585,0	5050,7
	CF	1028,0	0	0	4773,9	8298,1
Guarani	SF	910,6	2543,7	91,8	5616,2	6324,0
	CF	829,7	0	0	5636,9	8122,3
JB	SF	885,6	7015,7	198,4	5134,4	5489,5
	CF	1359,4	0	0	4461,2	6896,6
Latorre	SF	768,2	6906,2	513,2	6296,7	3051,2
	CF	908,2	2990,6	205,2	5085,4	9467,8
SJ	SF	1690,2	3882,0	2,7	3641,9	4936,8
	CF	2265,5	0	0	2201,9	4347,4
SM	SF	750,5	6265,3	1157,7	5462,5	4912,2
	CF	827,1	0	0	5329,6	7161,9
Geral*	SF	1005,6	5246,0	445,5	5168,2	5222,8
	CF	1221,7	427,2	29,3	4475,3	7354,6

SF = sem fungicida; CF= com fungicida

* média geral entre os clones

A relação entre o dano, representado pela redução do volume de madeira, com a desfolha ou incidência da doença na planta (Figura 2) indica que existem diferenças na tolerância dos clones à ferrugem, ou seja, um clone pode ser afetado pela doença ou ter severa desfolha mas não necessariamente reduzir a sua produção em volume. Na Figura 2(a) pode-se notar que os clones JB, SM e Guapiara se mostraram tolerantes à presença da ferrugem nas folhas, pois mesmo com alta incidência (AUDPC da porcentagem de folhas com pústulas ao redor de 7000), a redução do volume ficou entre 20 e 40% contra 70 % no clone mais suscetível, o Latorre. No caso da desfolha (Figura 2b) os clones mais tolerantes foram: Guarani, JB e Argos não ultrapassando 25 % de redução em volume apesar de desfolha (em AUDPC) em torno de 5000. A redução da taxa de

crescimento, ocasionada pela desfolha, algumas vezes é parcialmente compensada. Entretanto, estas árvores são mais sensíveis a quebra pelo vento (Ostry & Mc Nabb, 1985).

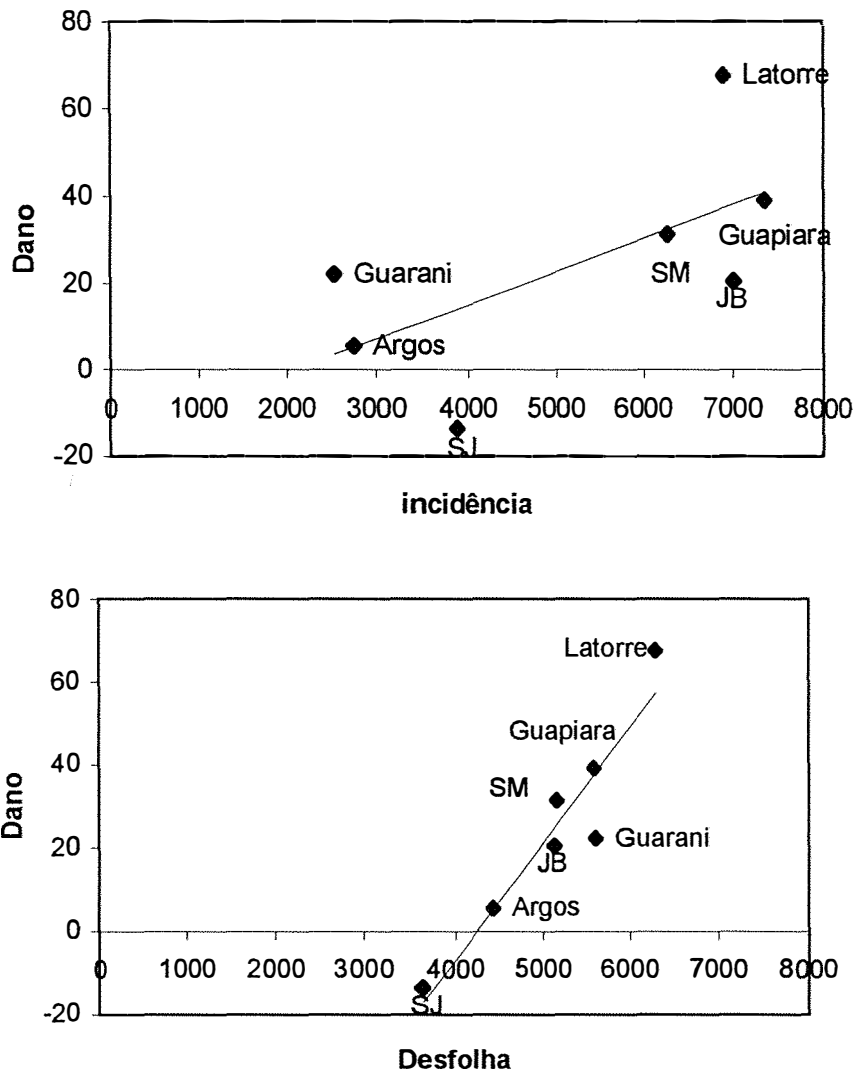


Figura 2 – Relação do dano (% de redução em volume de madeira) com a incidência de *M. medusae* (% de folhas com pústulas) (a) e desfolha (b) para os clones de álamo avaliados em 2 anos de viveiro no Município de São Mateus do Sul.

As relações obtidas no viveiro de volume de madeira produzido com e sem fungicida e as diferenças em resistência entre os clones indicam que o controle químico é viável se monitorado o aparecimento de ferrugem nos diferentes anos e que este tratamento pode ser feito apenas em alguns clones (mais suscetíveis), evitando epidemias severas dentro da estação de crescimento.

3.4 CONCLUSÕES

- No viveiro os clones avaliados diferiram em suscetibilidade sendo: Latorre suscetível à ferrugem, SJ e Argos resistentes e Guapiara, SM, JB e Guarani moderadamente suscetíveis.

- Os fungicidas triadimenol, tebuconazole e cyproconazole são eficientes para controle da ferrugem do álamo e os fungicidas mancozeb, oxicarboxin e difenoconazole ineficientes nas dosagens testadas.

- O controle da ferrugem usando fungicidas no viveiro é indicado em anos de epidemia severa, principalmente em clones suscetíveis. No clone Latorre a ausência do controle interfere no crescimento e formação da muda com redução de 1/3 no volume de madeira na parcela sem pulverização com fungicida.

- Em relação à redução no volume de madeira produzido com e sem fungicida os clones Guapiara, SM, JB, SJ e Argos são tolerantes à incidência da ferrugem no terço inferior da planta e os clones, Guarani, JB e Argos, tolerantes à desfolha.

4 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA DURAÇÃO DO MOLHAMENTO FOLIAR NOS COMPONENTES MONOCÍCLICOS DA FERRUGEM DO ÁLAMO

RESUMO

No Brasil, a ferrugem do álamo é a doença mais importante em viveiros e no campo. A maioria dos clones é suscetível e a epidemia se torna mais severa a cada ano. Com este estudo objetivou-se quantificar a influência da temperatura e da duração do molhamento foliar na infecção de *Melampsora medusae* em três clones de álamo com diferentes níveis de suscetibilidade: Latorre (alta), SM (moderada) e SJ (baixa). Avaliou-se o efeito da temperatura, no intervalo de 8 a 31 °C na germinação de *M. medusae* e na frequência de infecção, latência e esporulação do patógeno em folhas de álamo. A avaliação da frequência de infecção foi feita contando-se o número de pústulas em uma amostra de 2 cm² de folha em 3 folhas de cada uma das repetições por tratamento. O período latente foi caracterizado como o período de tempo decorrido entre a inoculação e o aparecimento da primeira pústula. A esporulação foi avaliada ao final de cada experimento pela contagem do número de urediniosporos presentes em cada pústula. O efeito de períodos de molhamento entre 0 e 24 horas de câmara úmida na frequência de infecção também foi avaliado sob condições controladas. A faixa de temperatura ótima para germinação de urediniosporos foi de 11 a 21 °C, onde 80 % dos esporos germinaram. Aproximadamente 40 % dos esporos germinaram no intervalo entre 6 e 26 °C e apenas 10 %, a 31 °C. A faixa ótima de temperatura para a infecção está compreendida entre 16 e 21 °C e não foram observados sintomas a 31 °C. A função beta generalizada, ajustada aos dados de frequência de infecção em função da temperatura,

estimou as temperaturas máximas de 27 e 26 °C e as mínimas de 8 e 10 °C para os clones Latorre e SJ, respectivamente. O período latente mostrou pequena variação em função da temperatura no intervalo de 15 a 26 °C, variando de 6 a 8 dias para os clones Latorre e SM e de 8 a 10 dias para o clone SJ. O intervalo de temperatura ótima para a esporulação foi semelhante ao da infecção. A frequência de infecção aumentou com a duração do molhamento no clone suscetível e o tempo mínimo de molhamento foliar necessário para infecção foi de 3 horas.

Influence of temperature and leaf wetness duration on the monocyclic components of the poplar rust in Brazil

SUMMARY

The poplar rust is the most important disease in nurseries and in the field in Brazil. Most of the clones are susceptible and the epidemic is more severe year after year. The objective of this study was to quantify the influence of temperature and leaf wetness duration on the infection of *Melampsora medusae* on three poplar clones: Latorre - highly susceptible; SM - moderately susceptible; SJ - resistant. In this study was assessed the effect of the temperature between 8 and 31 °C on the germination of *M. medusae* and the infection frequency, latency and sporulation of the pathogen in poplar leaves. The assesment of infection frequency was done counting the number of pustules/ 2 cm² of 3 leaves/repetition of each treatment. The latent period was characterized by the period of time from the inoculation until the first pustule. The sporulation was assessed at the end of the experiment counting the number of uredospores in each pustule. The effect of wetness duration from 0 to 24 h of umidity in frequency of infection was determined under controlled condition. The optimum range of temperature for uredospores germination was 11 to 21°C (around 80 %), although germination has also been observed at 6 and 26 °C (around 40 %). At 31 °C only 10% of the spores germinated. The range of optimum temperature for infection was between 16 to 21°C. No symptoms of the disease were observed at 31°C. The generalized beta

function estimated to infection frequency the maximum temperatures of 27 and 26 °C and minimum of 8 and 10 °C to the clones Latorre and SJ, respectively. The latent period showed small variation in function of the temperature between 15 and 26 °C, varying from 6 to 8 days to clone Latorre and SM and from 8 and 10 days to clone SJ. The interval of optimum temperature to sporulation was similar to the infection. The number of pustules increased with the increase in the leaf wetness duration in the susceptible clone. The minimum wetness period necessary for infection was 3 hours.

4.1 INTRODUÇÃO

A ferrugem do álamo (*Populus deltoides* Bartr. ex. Marsh.), causada por *Melampsora medusae* Thuem., ocasiona graves epidemias no verão. A doença provoca diminutas pústulas em ambas as faces das folhas, aonde é produzido grande número de urediniósporos. Em variedades suscetíveis, a doença causa desfolha precoce das árvores, de tal forma que a queda natural das folhas que normalmente ocorre em meados do outono é antecipada para o verão. Essa desfolha precoce interfere no crescimento da árvore e reduz o armazenamento de energia para o próximo ciclo. A redução de vigor é uma das mais graves conseqüências da doença.

O efeito de variáveis climáticas, particularmente temperatura e umidade, no desenvolvimento monocíclico da doença tem sido estudado em países onde a cultura do álamo é expressiva (Chandrashekar & Heather, 1981; Prakash & Heather, 1986a; Prakash & Heather, 1986b; Prakash & Thielges, 1989). Parte destes estudos tem mostrado que o patógeno tem elevada adaptabilidade a diferentes ambientes (Prakash & Heather, 1986a; Prakash & Heather, 1986b). Quando uma população de uma raça adaptada a temperaturas moderadas foi cultivada em ambientes com temperaturas crescentes, subpopulações adaptadas a cada um dos novos regimes de temperatura foram selecionadas (Prakash & Heather, 1986a). Desta forma, variáveis ambientais físicas, como temperatura, podem ser importantes forças seletivas na regulação do patossistema. Além disso, a temperatura regula também o nível e o tipo de expressão da doença em

diferentes interações isolados/cultivares (Prakash & Thielges, 1989). Dessa forma, nenhuma inferência do efeito da temperatura no desenvolvimento do patógeno e da doença pode ser realizada com dados da literatura estrangeira. A influência dessa variável climática nas epidemias que ocorrem nos plantios do Brasil deve ser avaliada com isolados e condições representativas do local de plantio.

Além da temperatura, outros fatores como molhamento e precipitação são importantes para o desenvolvimento da epidemia. Em trabalho realizado nos EUA durante os anos de 1988 e 1989, quando ocorreu uma epidemia severa ocasionada por *M. medusae*, Hamelin et al. (1992) avaliaram a influência do molhamento, da temperatura e da chuva no desenvolvimento da doença a campo. Observaram que déficit de chuva e temperaturas altas diurnas não foram fatores limitantes quando ocorreram condições ótimas de temperatura (15-21 °C) e molhamento (10–12 horas) para infecção durante a noite. Esse efeito compensatório é um complicador na determinação das condições ótimas para a ocorrência e desenvolvimento da doença.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura na germinação de urediniosporos de *M. medusae* e da temperatura e do período de molhamento nos componentes monocíclicos (frequência de infecção, período latente e esporulação) da ferrugem do álamo, em câmaras de crescimento com condições controladas de temperatura e luminosidade, utilizando isolados de *Melampsora medusae* provenientes de plantações de álamo do Paraná.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Cultivo das plantas de álamo

Três clones com diferentes graus de suscetibilidade foram avaliados: Latorre (altamente suscetível) e SM (moderadamente suscetível), ambos híbridos de *Populus deltoides* provenientes dos EUA, e SJ (resistente), híbrido de *P. deltoides* de origem euroamericana. Mudas de cada um destes híbridos foram plantadas em vasos plásticos de 5 litros preenchidos com solo esterilizado, nos meses de inverno (julho/agosto) e mantidas em casa de vegetação até janeiro. Durante este período foram feitas

fertilizações mensais com solução nutritiva e pulverizações com acaricida, sempre que necessário. As plantas foram podadas no início de janeiro para uniformidade das brotações.

4.2.2 Efeito da temperatura na germinação de *M. medusae*

Folhas de álamo do clone Latorre infectadas com *M. medusae* foram coletadas no bosque experimental do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná - UFPR, em Curitiba, e os urediniósporos foram suspensos em água em uma concentração padronizada para 10^4 esporos/mL. Uma alíquota de 0,1 mL desta suspensão foi espalhada com auxílio de alça de Drigaski sobre a superfície de cada placa de Petri contendo ágar-água a 2 %. As placas de Petri (5 repetições/temperatura) foram mantidas no escuro em câmaras com temperatura controlada a 6, 11, 16, 21, 26 e 31 °C por 24 horas (ensaio 1). Após este período, foram depositadas quatro gotas de lactofenol + azul de amam em cada placa de Petri com a finalidade de paralisar a germinação dos urediniósporos e colorir os tubos germinativos. A avaliação da germinação foi feita contando-se 100 esporos de cada placa em microscópio óptico, estabelecendo-se o percentual de esporos germinados e não germinados sob a objetiva de 40 x. Foram considerados germinados os esporos que apresentaram tubo germinativo de comprimento igual ou maior ao comprimento do esporo.

Seguindo a mesma metodologia foi também avaliado o percentual de germinação de urediniósporos mantidos em folhas de álamo em geladeira e em cápsulas de gelatina no congelador por um período de 21 dias após a primeira avaliação de germinação, com a finalidade de avaliar a durabilidade do inóculo nestas condições (ensaio 2).

4.2.3 Efeito da temperatura nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo sob condições controladas

Dois experimentos foram conduzidos em câmaras de crescimento com temperatura e luminosidade controladas (Convicon ®). No primeiro, foram testadas as temperaturas de 11, 16, 21, 26 e 31 °C e, no segundo, 8, 13, 16, 18 e 23 °C. Foram

inoculados os clones Latorre, SM e SJ. Apenas o clone SM foi submetido à temperatura de 13 °C. Os esporos utilizados como inóculo foram retirados das folhas de álamo do clone Latorre do bosque da UFPR, com auxílio de uma bomba de vácuo. As plantas foram inoculadas com uma suspensão aquosa com 10^4 urediniósporos / mL, onde foi adicionado tween 20 na proporção de 1 gota para cada 100 mL de suspensão, até o ponto de escorrimento. Logo após a inoculação, as plantas foram colocadas nas câmaras com temperatura controlada, no escuro, sob câmara úmida, constituída de sacos plásticos umedecidos, por 24 horas. Após a retirada da câmara úmida o fotoperíodo foi ajustado para 12 horas. Em todas as temperaturas adicionou-se um tratamento testemunha, composto de plantas pulverizadas com água + tween 20 e mantidas nas mesmas condições das demais. Foram utilizadas 3 e 4 repetições (plantas) para cada tratamento para o primeiro e segundo ensaio, respectivamente. As avaliações foram realizadas numa área de 2 cm² do limbo foliar, escolhida ao acaso, de 3 folhas marcadas no terço médio de cada planta e foram iniciadas com o aparecimento dos sintomas (o que caracterizou o período latente em cada temperatura), contando-se o número de pústulas a cada dia até a estabilização, ou seja, quando não apareciam mais novas pústulas. Ao final do experimento, avaliou-se a esporulação (número médio de urediniósporos/pústula) em cada temperatura. Para tanto, pústulas recortadas das folhas infectadas foram colocadas em ependorf contendo 1 mL de água + 1 gota de tween 20 + 1 gota de lactofenol. O tubo foi agitado por 5 minutos e, em seguida, contou-se o número de esporos em câmara de Neubauer.

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de regressões não-lineares, utilizando o programa STATISTICA para Windows versão 5.0 (Statsoft, Tulsa, USA). Para a análise conjunta dos ensaios, os dados foram transformados em frequência de infecção relativa, ou seja, os valores máximos de cada ensaio foram considerados 100 % e os demais foram calculados a partir deste valor. Para o ajuste dos dados de evolução da doença em função do tempo em cada temperatura, utilizou-se o modelo logístico, $y=(b_1)/(1+b_2\exp(-b_3x))$, onde y representa a frequência de infecção, b_1 corresponde à estimativa da assíntota máxima, b_2 é um parâmetro relacionado com o inóculo inicial e b_3 corresponde à taxa de crescimento. As assíntotas estimadas pelo modelo logístico

foram ajustadas, em função da temperatura, pelo modelo beta generalizado, $y = b_1((x - b_2)^{b_4})((b_3 - x)^{b_5})$, descrito por Hau & Kranz (1990), onde y representa a frequência relativa de infecção, x , a temperatura, b_2 e b_3 representam, respectivamente, as temperaturas mínima e máxima do fenômeno e b_1 , b_4 e b_5 são parâmetros sem significado biológico. O mesmo modelo foi utilizado para estimar temperatura máxima e mínima para germinação de uredinósporos e esporulação. O modelo polinomial de segundo grau ($y = b_1 + b_2x + b_3x^2$, com y e x representando, respectivamente, o período latente e a temperatura) foi ajustado aos dados de período latente.

4.2.4 Efeito do número de horas de molhamento foliar nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo

Avaliou-se o efeito dos períodos de molhamento de 0, 3, 6, 12 e 24 horas no desenvolvimento da ferrugem em dois experimentos sob temperatura constante de 21 °C e fotoperíodo de 12 horas. Os experimentos foram realizados em janeiro de 1999 e 2001, com 3 e 4 repetições (plantas/tratamento), respectivamente. Em ambos utilizou-se os clones Latorre e SM e adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. As plantas foram inoculadas com suspensão de esporos coletados do clone Latorre do bosque da UFPR padronizada a 10^4 esporos/mL. A cada 100 mL desta suspensão, foi acrescida uma gota de tween 20. As plantas foram inoculadas por aspersão até escorrimento superficial e mantidas no escuro nas primeiras 24 horas. Plantas testemunhas foram pulverizadas com água + tween 20.

Após a inoculação, cada planta foi coberta com um saco plástico, previamente umedecido, que funcionou como câmara úmida. Os diferentes períodos de molhamento foram realizados com a retirada das câmaras úmidas após cada período desejado. O período de zero hora de molhamento correspondeu à ausência da câmara úmida após a inoculação.

Em cada planta foram marcadas três folhas para avaliação, delimitando-se uma área de 2 cm²/folha aonde foi contado o número de pústulas. As contagens iniciaram-se quando apareciam as primeiras pústulas e estenderam-se até a estabilização do número

de pústulas. Um terceiro experimento foi montado em fevereiro de 2001 sob as mesmas condições apenas com o clone SM para confirmação de alguns dados.

O progresso da doença em função do tempo foi analisado da mesma forma descrita no item anterior sendo calculada a frequência média de infecção por tratamento. Para a análise conjunta dos ensaios, os dados foram transformados em frequência de infecção relativa, ou seja, os valores máximos de cada ensaio foram considerados 100 % e os demais foram calculados a partir deste valor. As assíntotas estimadas pelo modelo logístico para cada período de molhamento foram ajustadas, em função do molhamento, pelo modelo monomolecular $y = b_1 (1 - b_2 \exp(-b_3 x))$, onde y é a frequência relativa de infecção, x , o período de molhamento, b_1 , a assíntota máxima e b_2 e b_3 , parâmetros do modelo.

Os modelos: monomolecular (para molhamento) e beta generalizado (para temperatura), obtidos nos ensaios descritos anteriormente, foram multiplicados para elaboração de um modelo que indicasse o efeito destes componentes no desenvolvimento da ferrugem no clone Latorre (suscetível), gerando uma superfície resposta da frequência de infecção em função dessas variáveis climáticas.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Efeito da temperatura na germinação de *M. medusae*

A faixa ótima de temperatura para germinação de urediniósporos de *M. medusae* foi de 11 a 21 °C (Tabela 1 e Figura 1). De acordo com o ajuste da função beta generalizada as temperaturas máxima e mínima para a germinação de urediniósporos foram 32,6 e 0,5 °C, respectivamente (Tabela 1). O congelamento por 21 dias do inóculo não interferiu na viabilidade dos urediniósporos enquanto que o inóculo mantido em folhas na geladeira apresentou menor porcentagem de germinação. A temperatura mínima estimada pela função beta foi de 4,6 e 5,8 °C para o inóculo em geladeira e congelado respectivamente. Para ambos os casos, a temperatura máxima estimada foi 31 °C (Figura 1). Para os dois métodos de conservação, entretanto, a faixa de temperatura

de germinação, estimada pelo modelo ficou mais estreita em aproximadamente 2 °C para o limite superior e 4 a 5 °C para o inferior, respectivamente para geladeira e congelador.

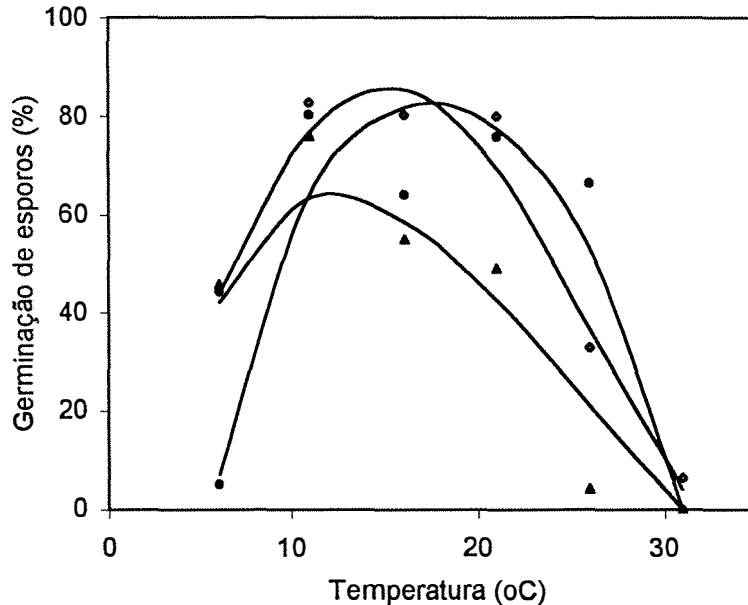


Figura 1 – Porcentagem de germinação de urediniosporos em ágar-água em função da temperatura: inóculo retirado das folhas logo após coleta (losangos); inóculo conservado por 21 dias em folhas na geladeira (triângulos); inóculo mantido em cápsula de gelatina no congelador (círculos) e modelo de ajuste (linhas) para cada caso.

4.3.2 Efeito da temperatura e da duração do molhamento foliar nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo

A função beta generalizada apresentou bom ajuste aos dados de frequência de infecção em função da temperatura no clone Latorre (Figura 2), mostrando que essa variável ambiental teve efeito significativo no processo infeccioso. Apesar do elevado coeficiente de determinação (Tabela 1), o ajuste da função beta generalizada aos dados do clone SJ foi menos preciso, especialmente no intervalo de temperatura entre 20 e 26 °C, onde o modelo subestima a frequência de infecção. Em virtude do pequeno número de pontos, não houve ajuste para os dados do clone SM. A maior frequência de infecção

foi observada a 18 °C para os clones Latorre e SJ, embora neste último sua intensidade tenha sido 17 vezes menor que no Latorre (Figura 2). No clone SM, o valor mais elevado para a frequência de infecção foi obtido a 13 °C, mas não foram observados sintomas nas temperaturas inferiores. A temperatura mínima estimada pelo modelo variou de 8,0 a 10,5 e a máxima, entre 27,1 e 26,0 °C respectivamente para os clones Latorre (suscetível) e SJ (resistente). Os dados das temperaturas estimadas e dos parâmetros da equação beta generalizada estão na Tabela 1. Os dados de frequência de infecção em cada temperatura e modelo logístico de ajuste estão nos anexos A, B e C dos clones Latorre, SM e SJ respectivamente. No Anexo D estão os parâmetros estimados pelo modelo logístico.

No clone Latorre, o período latente foi decrescente com a temperatura embora pequena variação tenha ocorrido entre 13 e 26 °C (Figura 3). Para o clone SJ, os extremos de temperatura resultaram em um aumento do período latente, sendo menor (ao redor de 8 dias) na faixa de 20-25 °C. Para SM, latência e temperatura não mostraram correlação e o menor período latente observado foi a 13 °C (Figura 3). A média de esporulação (Figura 4) mostrou a mesma tendência observada na frequência de infecção, sendo obtido um máximo de esporulação na temperatura de 18 °C. Os dados de esporulação também foram bem ajustados pelo modelo beta generalizado apenas no clone Latorre (Tabela 1, Figura 4).

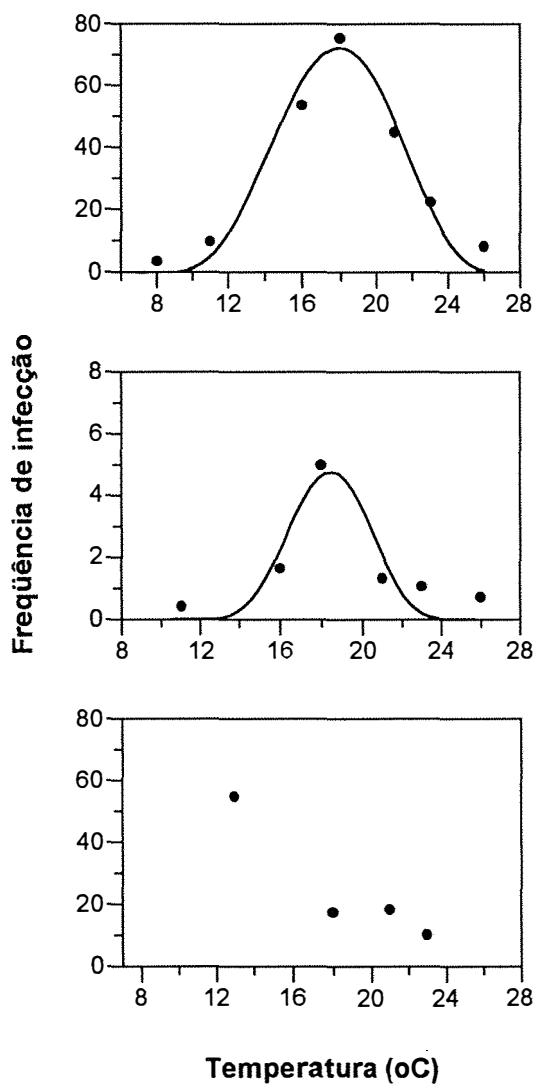


Figura 2 – Frequência de infecção relativa em função da temperatura nos clones Latorre (A), SJ(B) e SM (C) (losangos cheios), e modelo de ajuste (linhas) da função beta generalizada para Latorre e SJ .

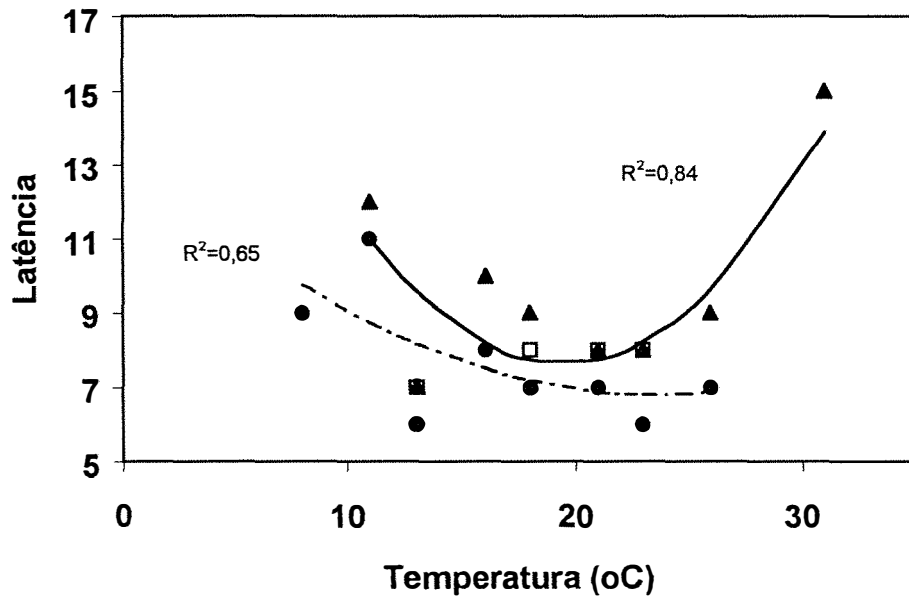


Figura 3 – Dias após a inoculação para o aparecimento das primeiras pústulas (latência) em relação à temperatura para três clones de álamo: Latorre (círculos) SM (quadrados) e SJ (triângulos) e modelo polinomial de ajuste para o clone Latorre (linha tracejada) e SJ (linha contínua).

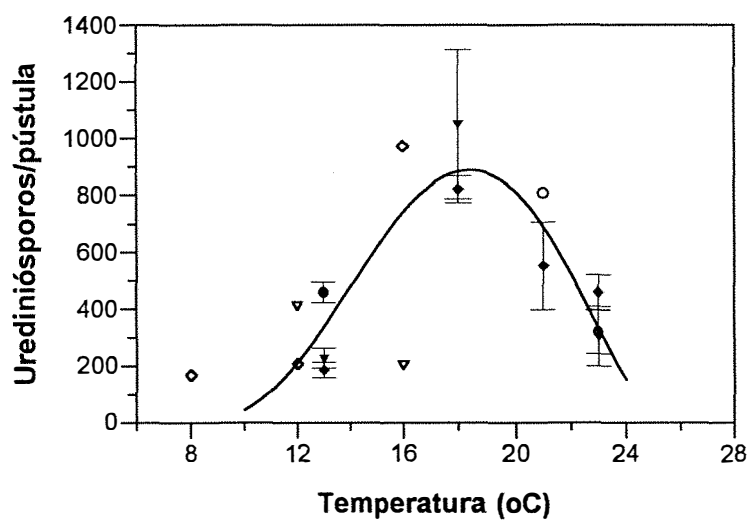
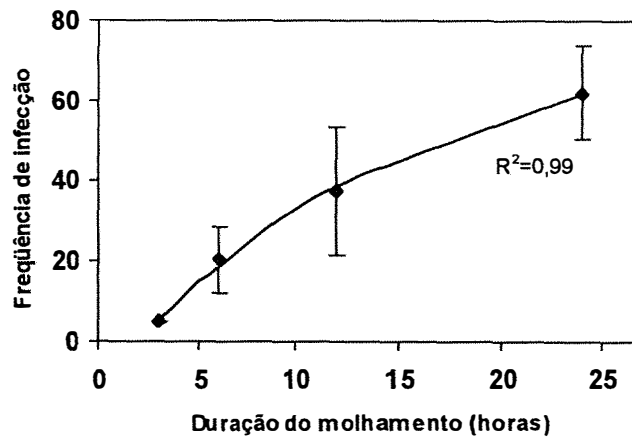


Figura 4 - Esporulação (número de urediniosporos/pústula) de *Melampsora medusae* em diferentes temperaturas e três clones: Latorre (losangos), SM (círculos) e SJ (triângulos). Símbolos vazios representam dados do primeiro experimento e os cheios, do segundo. As barras indicam o erro padrão da média e as linhas o ajuste do modelo beta generalizado para o clone Latorre.

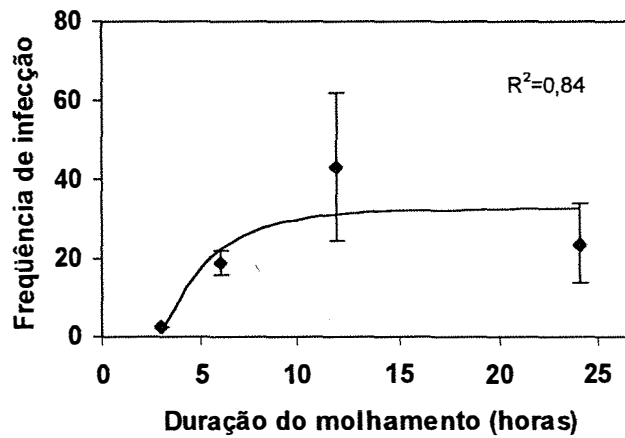
Tabela 1. Coeficiente de determinação (R^2) e parâmetros estimados pelo modelo beta generalizado, $y = b_1((x-b_2)^{b_4})((b_3-x)^{b_5})$, onde $y =$ % de germinação, frequência de infecção, latência ou esporulação $x =$ temperatura, b_2 e $b_3 =$ temperaturas mínima e máxima, respectivamente e b_1 , b_4 e $b_5 =$ parâmetros sem significado biológico, para os clones de álamo avaliados.

Componentes monocíclicos	Parâmetros do modelo beta generalizado					R^2
	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	
% de germinação						
• Inóculo normal	0,0172	0,5	32,6	1,4083	1,6656	0,98
• Inóculo geladeira	0,8059	4,6	31,0	0,4562	1,1847	0,94
• Inóculo congelador	1,5891	5,8	31,0	0,7210	0,8436	0,94
Frequência de infecção						
• Latorre	2,8e-6	8,0	27,1	3,94	3,60	0,94
• SJ	7,41e-13	10,5	26,0	7,38	7,01	0,92
Esporulação						
• Latorre	-0,0138	7,6	25,6	3	2	0,88
• SJ	1,88	6,7	23,0	2,42	0,17	0,72

A infecção ocorreu com apenas três horas de molhamento tanto no clone Latorre como no SM (Figura 5), no entanto, a frequência de infecção relativa permaneceu baixa não ultrapassando 10 %. Para o clone Latorre, a frequência de infecção foi crescente com o aumento do molhamento (Figura 5) e o modelo monomolecular apresentou bom ajuste aos dados. O clone SM, apresentou um máximo de produção de pústulas com 12 horas de molhamento. Períodos de 6 e 24 horas de molhamento resultaram em frequências de infecção semelhantes para as três repetições realizadas. A frequência de infecção em cada duração de molhamento e modelo de ajuste para os clones Latorre e SM estão no Anexo E e F, respectivamente. O Anexo G apresenta os parâmetros estimados pelo modelo e coeficientes de determinação para 3, 6, 12 e 24 horas de molhamento.



(A)



(B)

Figura 5 - Frequência de infecção relativa em função da duração do molhamento nos clones Latorre (A) e SM (B) (losangos cheios), e modelo monomolecular de ajuste (linhas).

A multiplicação dos modelos beta generalizado e monomolecular resultou em um gráfico tridimensional (Figura 6) que mostra a influência conjunta das variáveis temperatura e número de horas de molhamento foliar na infecção de *M. medusae* sobre o clone suscetível. Na Tabela 2 estão os valores estimados por este modelo, onde foram considerados os dados de dois experimentos para cada fator climático.

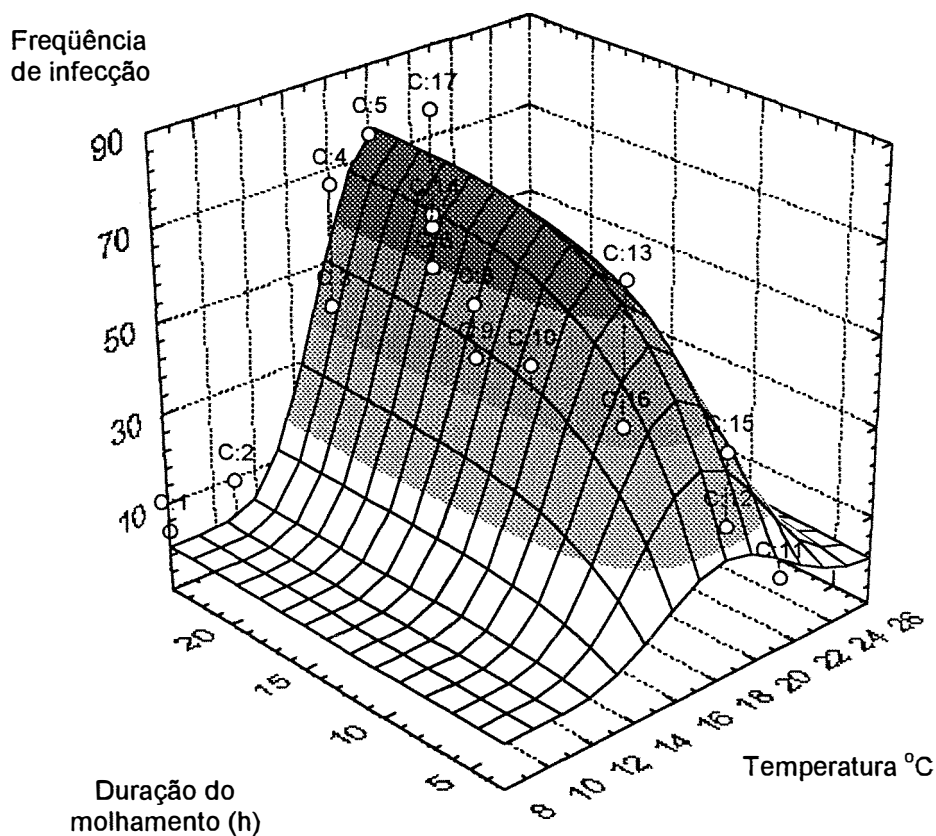


Figura 6 - Representação tridimensional da frequência de infecção de *M. medusae* como uma função da temperatura (x) e número de horas de molhamento (z) descrita pela função $y = [b_1((x-b_2)^{b_4})(b_3-x)^{b_5}] [(b_6)(1-b_2\exp(-b_3z))]$, sendo os valores de b_1 a b_8 parâmetros do modelo e y a frequência de infecção.

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2) e parâmetros estimados pelo modelo tridimensional resultante da multiplicação do beta generalizado e o modelo monomolecular, $y = [b_1((x-b_2)^{b_4})((b_3-x)^{b_5})] [(b_1)*(1-b_2*\exp(-b_3*z))]$, onde y = frequência de infecção, x = temperatura, z = molhamento e os valores de b_1 a b_5 parâmetros da beta generalizada e b_6 a b_8 parâmetros do modelo monomolecular do clone Latorre.

Modelos	Parâmetros dos modelos:					R^2
	b_1/b_6	b_2/b_7	b_3/b_8	b_4	b_5	
Multiplicados						
Beta generalizado						
• Temperatura*	3,86e-16	7,99	6,55	31,09	8,09	0,87
Monomolecular						
• Molhamento*	50,10	1,52	0,22	-	-	0,87

* foram considerados os dados de duas repetições.

4.4 DISCUSSÃO

Considerando a seqüência de eventos que envolvem o primeiro ciclo de uma doença a partir da chegada do inóculo, no caso urediniósporos de *M. medusae* sobre a folha do hospedeiro, a germinação do esporo é o primeiro evento importante para o sucesso da infecção. Os testes realizados no presente trabalho mostraram que a germinação ocorreu numa ampla faixa de temperatura, variando de 0,5 a 32,5 °C de acordo com a função beta generalizada. Nos experimentos realizados *in vivo*, a faixa de temperatura para formação de pústulas foi um pouco mais estreita quando comparada à da germinação, de 8 a 27,1 °C para o clone suscetível e 10,5 a 26,0, para o clone resistente. Spiers, em 1978, realizando ensaio com folhas destacadas relatou que nenhuma infecção ocorreu com temperaturas abaixo de 2 °C ou acima de 30 °C. O mesmo autor afirmou que a temperatura de 20 °C foi a melhor para o desenvolvimento da epidemia. A faixa ideal de temperatura varia dependendo do clone, isolado, idade da folha, região e do fotoperíodo utilizado (Toole, 1967; Shain & Cornelius, 1979; Singh & Heather, 1982; Hamelin et al., 1992). Em relação aos isolados, este fato é explicado pela grande variabilidade genética que envolve o gênero *Melampsora*, como relatado em

alguns trabalhos por todo mundo (Cooper & Filer, 1977; Prakash & Heather, 1985; Prakash & Thielges, 1987; Giorcelli et al., 1994). Os dados do presente trabalho mostraram que a infecção de *M. medusae* é altamente dependente da temperatura. A infecção é elevada apenas entre 16 e 21 °C. Além desses limites, a frequência de infecção é inferior a 50 %. Essa estreita faixa de temperatura ótima é representada matematicamente pelo parâmetro b_5 da equação beta generalizada (Bassanezi et al., 1998). Esse parâmetro relaciona-se à amplitude de temperatura ao redor do ótimo. Valores baixos de b_5 , 0,1 por exemplo, indicam que a frequência de infecção permanece próxima do máximo em ampla faixa de temperatura. Valores elevados, como os observados neste trabalho (3, 6 e 7, respectivamente para os clones Latorre e SJ, Tabela 1), indicam que a infecção ocorre com máxima eficiência apenas em um estreito intervalo de temperatura. Essa característica foi também observada em *Puccinia striiformis* (Vallavieille-Pope et al., 1995), mas não é exclusiva de ferrugens. *Puccinia recondita*, por exemplo, mostra frequência de infecção elevada num intervalo de 5 a 25 °C (Vallavieille-Pope et al., 1995).

Além de afetar o desenvolvimento epidêmico, a temperatura tem influência na reação do hospedeiro que, conforme constatou Singh em 1989, quando plantas inoculadas eram mantidas na temperatura entre 20 – 25 °C, as raças eram diferenciadas mais facilmente que quando estas eram deixadas a 15 °C. Burdon & Elmqvist (1996) verificaram que a temperatura tem influência sobre a latência e também na liberação de esporos de *M. lini*. Os resultados deste trabalho mostraram pouca variação na latência (em torno de 8 dias) entre 13 e 26 °C em concordância com dados de Widin & Shipper (1977¹) citado por Widin & Schipper (1980)

A duração do molhamento foliar é um fator condicionante essencial para germinação e esporulação de muitos fungos (Huber & Gillespie, 1992), sendo a quantidade de pústulas formadas, normalmente, proporcional à duração do período de molhamento (Webb & Nutter, 1997). No presente trabalho, a infecção foi proporcional ao período de molhamento apenas no clone Latorre, mas para o clone SM, molhamentos

¹ Widin, K.D. & Schipper Jr., A.L. 1977. Development of the uredium of *Melampsora medusae*. Proc. American Phytopathology Society v.4, p.109 (Resumo)

de 6 e 12 horas mostraram-se iguais ou superiores a 24 horas nos três ensaios realizados. A quantidade mínima de molhamento para que ocorra germinação é baixa para vários patógenos causadores de ferrugem. Sob temperatura ótima, períodos de molhamento de 2-3 e 2-4 horas foram suficientes para favorecer o desenvolvimento de lesões em *Transzchelia discolor* em pêssego (Martins & Amorim, 1998) e em *Puccinia polysora* em milho (Godoy et al., 1999), respectivamente. Neste estudo observou-se infecção com apenas 3 horas de molhamento contínuo. Para *Melampsora medusae* f.sp. *deltoides* Hamelin et al., em 1992, relataram que o máximo de severidade ocorria a partir de 8 horas de contínuo molhamento em folhas destacadas e que com 2 horas de molhamento não ocorria doença.

Os experimentos para determinar componentes monocíclicos de uma epidemia são utilizados, de forma geral, para prever o efeito do genótipo do hospedeiro ou fatores climáticos (tais como temperatura e molhamento) na taxa de desenvolvimento da doença no policiclo em condições de campo (Shaner, 1980; Rotem, 1988). Os dados aqui apresentados evidenciam a extrema importância principalmente da variável temperatura no desenvolvimento da epidemia.

Com o presente trabalho confirma-se a elevada suscetibilidade do clone Latorre, principalmente pelo fato das temperaturas na região de São Mateus do Sul -PR, aonde estão os principais plantios de álamo, variarem normalmente de 18 a 20 °C no início da epidemia. Esta temperatura, aliada à alta umidade também presente nesta época, tem provocado epidemias severas. No entanto, quando estas condições são diferentes, pode ocorrer um atraso no aparecimento das primeiras pústulas e a epidemia se inicia mais tarde. Conseqüentemente, o conhecimento e monitoramento desses fatores, principalmente temperatura, se torna fundamental para o manejo da doença no campo, visando um controle da doença baseado em estratégias de controle químico associado à previsão de epidemias. Aliados ao monitoramento da epidemia no campo, estes dados, especialmente os da equação que apresenta o efeito conjunto da temperatura e do molhamento foliar na infecção, poderão servir para o desenvolvimento de um modelo para estimar a epidemia de acordo com as condições locais de temperatura a cada ano.

4.5 CONCLUSÕES

- As várias fases do desenvolvimento da ferrugem do álamo são favorecidas por temperaturas amenas entre 16 e 21 °C e períodos de molhamento prolongados (24 horas).

- Não ocorre infecção em clone suscetível (Latorre) com temperaturas inferiores a 8 °C ou superiores a 27 °C; ou ainda, se o molhamento for inferior a 3 horas. Em clone resistente (SJ) a faixa de temperatura para ocorrer infecção é mais estreita e varia de 10,5 a 26 °C.

5 PROGRESSO DE EPIDEMIAS E AVALIAÇÃO DE DANOS DA FERRUGEM EM CLONES DE ÁLAMO

RESUMO

A ferrugem do álamo (*Melampsora medusae* Thuem.) causa sérios prejuízos no viveiro e tem sido cada vez mais freqüente em campos comerciais, principalmente nos clones mais suscetíveis. O comportamento dos clones no campo em relação à epidemia nas condições brasileiras não é conhecido. Este trabalho teve como objetivos: i) quantificar o progresso de epidemias em condições naturais de infecção em sete clones de álamo; ii) correlacionar doença com a produção por meio de relações entre incidência, severidade e índice de área foliar com o diâmetro do tronco do hospedeiro. As avaliações foram realizadas em sete talhões (um de cada clone) de 6 anos de idade de um plantio comercial. Dez plantas escolhidas aleatoriamente dentro de cada talhão foram marcadas e avaliadas em 3 ciclos consecutivos: 98/99, 99/00 e 00/01, de novembro a abril, por meio das seguintes variáveis: severidade e incidência da doença, índice de área foliar (IAF) e diâmetro à altura do peito (DAP). Os resultados foram analisados por ANOVA, Teste Tukey, regressões não lineares e lineares. No campo, os clones mais suscetíveis foram Latorre e Guarani, SJ foi resistente e Guapiara, SM, JB e Argos, intermediários. O modelo logístico apresentou um bom ajuste aos dados de severidade nos anos avaliados e a epidemia foi mais severa no ciclo de 99/00, onde as temperaturas variaram entre 26,5 e 15,5 °C. Não houve relação significativa entre severidade e diâmetro a altura do peito (DAP). Nos clones suscetíveis, a duração da área foliar (LAD), que é a integralização do IAF, foi relacionada com o DAP com coeficientes de determinação da regressão linear de 0,73 e 0,56 para Guarani e Latorre,

respectivamente. O clone Latorre no campo mostrou-se relativamente tolerante à doença, com alta severidade (100 a 150 pústulas/cm²) teve uma redução do DAP de 5%, enquanto no Guarani a redução do DAP foi de 17%.

Progress of epidemics and evaluation of damage caused by rust in poplar clones

SUMMARY

Poplar rust (*Melampsora medusae* Thuem.) causes serious damage in stool beds and has been frequent in commercial crops, mainly in susceptible clones. The behavior of the clones in the field concerning this disease is unknown in Brazilian conditions. This study aimed: i) to quantify the epidemic progress in the field in seven poplar clones; ii) to correlate disease with production using incidence, severity, leaf area index (LAI) and diameter of the breast height of a man (DBH). The assessment took place monthly, from November to April, during the 98/99, 99/00 and 00/01 cycles. The incidence and the severity of rust, the leaf area duration (LAD), integralization of LAI, and the diameter of the breast height (DBH) was assessed. The results were analyzed by ANOVA, Tukey tests and linear and non linear regressions. The most susceptible clones were Latorre and Guarani SJ was resistant and the others were moderately susceptible. The logistic model had a good fit to severity in the three cycles assessed. The epidemic was more severe in the 99/00 cycle when the temperature varied from 26.5 to 15.5 °C. No significant relation was obtained between severity and DBH. In the susceptible clones, the LAD was related to DBH and the coefficient of determination in linear regression was 0.73 and 0.56 in Guarani and Latorre, respectively. The Latorre clone was relatively tolerant to disease because, although there was high severity, the percentage of DBH reduction was only 5% while Guarani showed 17%.

5.1 INTRODUÇÃO

No vale do rio Iguaçu, Estado do Paraná, vários híbridos de álamo (*Populus*

spp.) são utilizados em plantio comercial para produção de madeira, principalmente por indústrias de palito de fósforo. A maioria do material genético inclui a espécie *P. deltoides* Bartr. ex. Marsh. a qual é suscetível à ferrugem das folhas (*Melampsora medusae* Thuem.) (Spiers, 1975; Prakash & Heather, 1986; McCracken et al., 1984; Newcombe & Chastagner, 1993). No Brasil, pouco se sabe sobre o comportamento dessa doença em campo comercial, apesar de ter sido relatada por Viégas, em São Paulo, em 1945 e, posteriormente, no Paraná em 1968, por Nowacki & Fontoura. Os sintomas são diminutas pústulas de coloração amarela a alaranjada que se distribuem por ambas as superfícies da folha. Quando as pústulas coalescem, formam-se regiões necrosadas, levando à queda prematura das folhas.

A ferrugem do álamo é macrocíclica e heteróica, ocorrendo também em espécies de *Larix* na América do Norte (Walker, 1975). No Brasil, não se conhece hospedeiro alternativo para *Melampsora*, a qual sobrevive, provavelmente, de ano para ano na forma de uredinósporos, pois, apesar do hospedeiro perder as folhas no inverno, algumas plantas mantêm as folhas por praticamente todo o ano. A sobrevivência na forma uredinial ou micelial em árvores de álamo já foi reportada em países temperados, quando da ocorrência de invernos amenos (Chastagner, 2001). A desfolha prematura causada por *M. medusae* provoca redução de até 65% na produção de madeira em viveiro (Widin & Schipper 1976; Steenackers et al., 1995; Paillassa, 1996). No Brasil, May De Mio (1997) observou redução em 30% no volume de madeira em clones suscetíveis, no viveiro, na ausência de controle químico com fungicida triazol. Alguns trabalhos na França (Steenackers et al., 1995) têm relacionado o efeito da espécie *M. larici-populina* Kleb. com a qualidade de madeira, mostrando que a desfolha provocada por uma epidemia severa, reduz o crescimento da planta no ano seguinte e em consequência, o cerne não se forma completamente. Eventualmente há formação insuficiente de madeira tardia (madura), o que é muito importante para o gênero *Populus* que tem poros difusos, resultando em uma lignificação insuficiente.

O controle da doença, tanto no viveiro quanto no campo, é feito com pulverizações com fungicidas (Giorcelli & Vietto, 1992; Giorcelli & Vietto, 1995; Pandey et al., 1996). Os produtores no Brasil têm feito pulverizações aéreas para controle

da doença a campo apesar de desconhecerem os danos que ela provoca, do alto custo de cada aplicação e das plantações estarem localizadas em áreas de várzeas próximas ao rio Iguazu.

A utilização de clones de álamo com genes de resistência à ferrugem tem sido recomendada como método de controle em vários países (Cooper & Filer, 1977; Moltzan, 1991; Newcombe et al., 1996). No entanto, a caracterização da resistência deve ser contínua pois a variabilidade deste patógeno é grande e raças novas são relatadas com frequência em diferentes partes do mundo. Os plantios comerciais de álamo no Estado do Paraná são recentes e as pesquisas, principalmente com resistência a doenças, ainda estão incipientes. Neste trabalho, monitorou-se a severidade da ferrugem, a desfolha por ela provocada e o aumento do diâmetro do tronco de 7 clones de álamo (híbridos de *Populus deltoides*), em 3 anos consecutivos, no intuito de verificar a relação da doença com a produção de madeira. Hamelin et al. (1993) ressaltam que na maioria dos trabalhos com ferrugem do álamo, a desfolha tem sido negligenciada, apesar de representar um dos componentes mais importantes desse patossistema. Segundo esses autores, o progresso da ferrugem tem sido subestimado quando a severidade é a única variável avaliada, justamente porque a desfolha não é considerada. Desta forma, ao final do ciclo, quando as folhas altamente infectadas já caíram, a severidade nas folhas remanescentes é baixa. Um dos fatores que contribui para que a desfolha seja desconsiderada é a dificuldade embutida em sua quantificação, notadamente em árvores de grande porte. A quantificação da desfolha depende da coleta frequente de folhas caídas sob a copa e em virtude da grande altura das árvores, a avaliação é bastante imprecisa, haja vista a deriva das folhas pelo vento. Como medida alternativa, pesquisadores têm recorrido à avaliação do índice de área foliar (IAF), como indicativo indireto da desfolha. A quantificação do IAF pode ser feita com elevada precisão por meio de ceptômetros (equipamentos produzidos exclusivamente para esse fim).

Com este trabalho objetivou-se: i) quantificar o progresso de epidemias em condições naturais de infecção e avaliar a suscetibilidade de sete clones de álamo; ii) correlacionar doença com a produção por meio de relações entre incidência, severidade e índice de área foliar com o diâmetro do tronco do hospedeiro.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas em sete talhões da fazenda São Joaquim, da empresa Andrade Latorre, localizada no município de São Mateus do Sul-PR, na região do vale do Iguaçu. Cada talhão era composto de oito linhas de 10 plantas de um determinado clone de álamo. No início dos experimentos, as árvores estavam com 6 anos de idade num espaçamento de 8 x 8 m e ficaram isoladas de qualquer tratamento químico com fungicidas, sob infecção natural do patógeno nos três anos avaliados. Dez plantas escolhidas aleatoriamente dentro de cada talhão foram marcadas e numeradas para o monitoramento da doença, do IAF e do diâmetro à altura do peito (DAP). A descrição dos clones utilizados no experimento está no Quadro 1.

Clone*	Descrição	Suscetibilidade em viveiro
Argos	híbrido de <i>P. deltoides</i> (americano)	baixa
Guapiara	híbrido de <i>P. deltoides</i> (americano)	média
Guarani	híbrido de <i>P. deltoides</i> (americano)	média
JB	híbrido de <i>P. deltoides</i> (americano)	média
Latorre	híbrido de <i>P. deltoides</i> (americano)	alta
SJ	híbrido de <i>P. deltoides</i> (euroamericano)	baixa
SM	híbrido de <i>P. deltoides</i> (americano)	média

* clones foram trazidos da Argentina na década de 90, todos da secção Aigeiros.

Quadro 1 - Nome, descrição e suscetibilidade em viveiro em relação à desfolha dos clones de álamo plantados no vale do rio Iguaçu-PR, pela Empresas Andrade Latorre S.A.

As avaliações do progresso da epidemia da ferrugem iniciaram-se em novembro de 1998. Tanto para avaliação da severidade como da incidência foram coletadas, com auxílio de podão, 10 folhas do terço inferior da árvore, resultado de duas sub-amostras coletadas dos dois lados da árvore. Foram escolhidas, ao acaso, 5 folhas posicionadas no terço médio de cada um dos dois ramos em cada árvore, totalizando 10 folhas avaliadas/árvore e 100 folhas/clone. Para avaliar a incidência contou-se o número de folhas com ferrugem. Nas mesmas folhas avaliou-se a severidade, contando-se o número de pústulas/cm² ao acaso, seguindo metodologia descrita por Sharma & Heather (1979).

Nas duas primeiras estações de cultivo, 98/99 e 99/00, as avaliações iniciaram-se em novembro e se estenderam, em intervalos mensais, até abril (final da estação de crescimento, início da desfolha natural das plantas). No terceiro ano, as avaliações foram feitas a cada 15 a 20 dias, de novembro de 2000 a abril de 2001.

Para medir o enfolhamento destas árvores durante o período de desenvolvimento das plantas, avaliou-se o índice de área foliar com um ceptômetro (ACCUPAR - DECAGON). Este equipamento possui uma barra contendo sensores sensíveis à luz que medem a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) nos comprimentos de onda de 400 a 700 nm e, indiretamente, estima o índice de área foliar (IAF). As avaliações foram feitas mensalmente iniciando sempre às 11:00 horas da manhã. Em cada árvore tomava-se a medida da radiação em pleno sol e sob a projeção da copa, sempre com a barra voltada para o tronco da árvore.

Para avaliar a produção, foram tomados os diâmetros à altura do peito (DAP), aproximadamente a 1,5 m de altura do colo da árvore, de cada uma das árvores ao final da estação de crescimento (início de abril de cada ano). Na ocasião do início do experimento as plantas foram circundadas a 1,5 m de altura com marcação a tinta spray para tomada uniforme do diâmetro. As medidas eram feitas a cada ano exatamente no mesmo local.

Ao final dos segundo e terceiro anos de avaliações, outras 10 plantas de cada clone da mesma idade e no mesmo talhão, as quais receberam tratamento com o fungicida cyproconazole (40 g de altomix/árvore em novembro de cada ano), foram também marcadas. Nestas plantas foram avaliados, no final da estação de crescimento (início de

abril), o DAP e o índice de área foliar. Tais dados foram utilizados para se determinar a porcentagem de redução de DAP de cada clone comparativamente entre plantas tratadas e não tratadas.

Análise dos resultados

O modelo logístico, $y=(b_1)/(1+b_2*\exp(-b_3*x))$, onde y representa a severidade, b_1 corresponde à estimativa da assíntota máxima, b_2 é um parâmetro relacionado com o inóculo inicial e b_3 corresponde à taxa de crescimento da doença, foi ajustado à curva de progresso da severidade de ferrugem para cada clone, em cada ano. Os ajustes foram feitos por meio de regressões não-lineares, utilizando o programa STATISTICA para Windows versão 5.0 (Statsoft, Tulsa, USA). Calculou-se também a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) pelo método da integralização trapezoidal (Berger, 1988).

O índice de área foliar (IAF) de cada planta ao longo do tempo para os 7 clones foi integralizado obtendo-se valores de duração da área foliar (LAD- Leaf Area Duration), também por integralização trapezoidal. A duração da área foliar sadia é uma variável que leva em conta a magnitude da área foliar e sua persistência no tempo, sendo conveniente no estabelecimento de relações com a produção (Watson, 1947).

Para avaliar o efeito da ferrugem no crescimento da planta foram feitas regressões lineares entre variáveis da doença (severidade máxima, AUDPC e LAD) com a variável de produção considerada, ou seja, o diâmetro da árvore na altura do peito (DAP).

A comparação dos clones foi feita por meio de análise de variância para as variáveis AUDPC, DAP e LAD. A comparação das médias foi realizada com o teste Tukey a 5% de significância com o uso do programa Plot-IT para Windows (Cientific Programming Enterprises, Haslett, MI).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de incidência, severidade e índice de área foliar nas estações de cultivo de 98/99, 99/00 e 00/01 estão representados nas Figuras 1 a 7, respectivamente, para os

clones Argos, Guapiara, Guarani, JB, Latorre, SJ e SM. A incidência não serviu como variável discriminatória da resistência pois, rapidamente, 100 % das folhas avaliadas mostraram sintomas, independentemente do nível de resistência do clone, exceção feita ao clone SJ (Figura 6) onde a incidência máxima foi de 50 %.

Para todos os clones, novamente com exceção do SJ, no qual o número de pústulas foi sempre baixo, a epidemia foi mais severa na estação 99/00, quando a severidade atingiu os maiores níveis, chegando a valores superiores a 200 pústulas/cm² nos clones mais suscetíveis (Latorre e Guarani). Nos demais clones a severidade permaneceu em torno de 100 pústulas/cm² enquanto que nos anos anterior e posterior foi pelo menos 40 % inferior. O grau de agressividade de um patógeno é um fator dependente do hospedeiro e do ambiente (Andrison, 1993). De acordo com os dados do Sistema de Agrometeorologia da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, coletados em posto meteorológico localizado a aproximadamente 7 km do local do experimento, as temperaturas máxima e mínima, no período de avaliação (novembro a abril) de 99/00, foram, em média, 1,5 °C inferiores às temperaturas das demais estações de cultivo. As temperaturas máxima e mínima em 99/00, tiveram média de 26,5 e 15,7 °C, respectivamente. Esta faixa de temperatura é propícia ao desenvolvimento de epidemias (Taris, 1968). Temperaturas noturnas ao redor de 15 °C têm sido relacionadas a epidemias severas nos Estados Unidos da América (Hamelin et al., 1992). May-De Mio & Amorim (2001), testando os mesmos clones em condições de ambiente controlado, verificaram que a faixa de temperatura ideal para germinação de urediniosporos, infecção e esporulação vai de 16 a 21°C.

O modelo logístico apresentou um bom ajuste aos dados de severidade nos três anos avaliados nos clones Argos, JB e Latorre (Figuras 1, 4 e 5, Tabela 2). Para os clones SM (Figura 7) e Guarani (Figura 3) houve um bom ajuste no primeiro e segundo anos e para Guapiara (Figura 2), para o segundo e terceiro anos. Não houve ajuste aos dados do clone SJ (Figura 6) em razão de sua elevada resistência à doença.

No ano de 00/01 a epidemia foi tardia no clone Guarani (Figura 3), com severidade de 100 pústulas/cm² apenas na última avaliação (Tabela 2 e Figura 3f). Tal fato indica variabilidade da população do patógeno pois este clone há vários anos tem se

comportado como suscetível. Entretanto, no último ano, a epidemia demorou demasiadamente para iniciar, provavelmente não chegando a comprometer a produção naquele ano. O índice de área foliar manteve-se alto na estação 00/01, em torno de 2, enquanto que na estação anterior, apresentou valores inferiores a 1 desde o início de março (Figura 3h). A variabilidade deste patógeno é bastante grande e problemas com aparecimento de novas raças são comuns em várias partes do mundo com por exemplo na Argentina (Cortizo & Romero, 2000), na Austrália (Prakash & Thielges, 1987), na França (Frey & Pinon, 1997) e na Inglaterra (Landsdale & Tabbush, 1998). Segundo Prakash & Thielges (1989) a temperatura pode ter influência seletiva na regulação do patossistema e as variações sazonais e diárias podem aumentar o polimorfismo do patógeno.

Em clones suscetíveis como o Latorre (Figura 5) a fase exponencial de aumento da epidemia, a partir de janeiro de cada ano, coincide com acentuada queda das folhas, quando o índice de área foliar atinge valores baixos (inferiores a 0,5, Figura 5h). Normalmente as árvores iniciam a desfolha natural a partir da segunda quinzena de abril. Esta queda antecipada das folhas, causada pela ferrugem, pode alterar a reserva de nutrientes para o inverno e provocar queda de crescimento da árvore no próximo ano. O dano, resultante da desfolha causada por *Melampsora*, em híbridos suscetíveis chega a 30 % do peso seco e a 42 % do volume da madeira (Widin & Schipper, 1981).

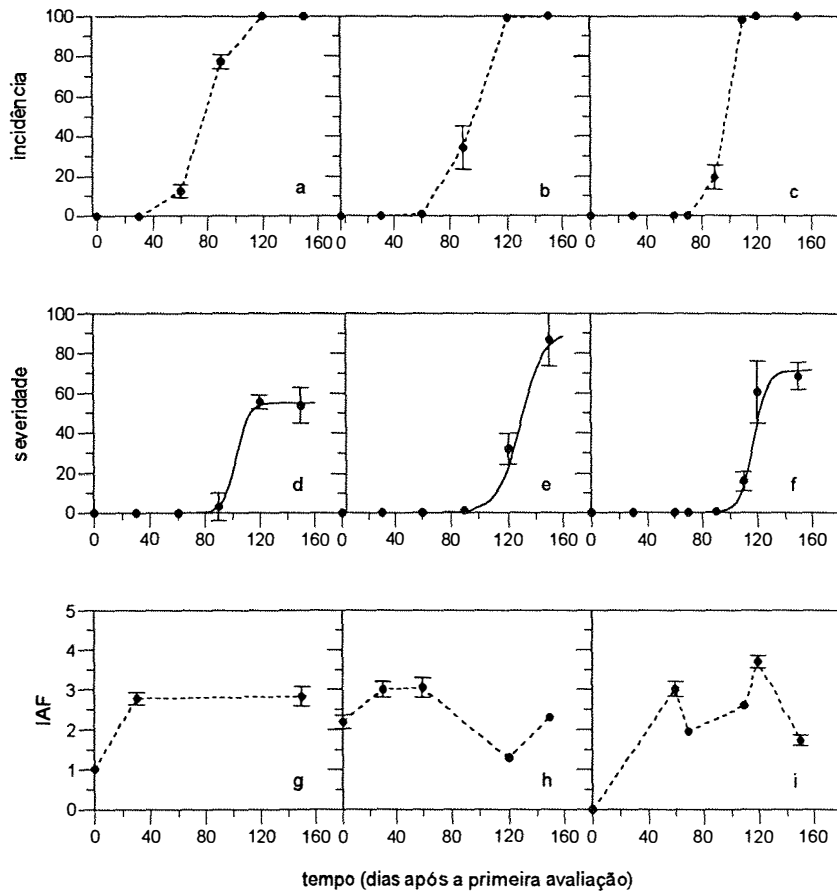


Figura 1 - Incidência (a, b, c; porcentagem de folhas com pústulas), severidade (d, e, f; número de pústulas /cm²) e índice de área foliar (g, h, i) no clone Argos nos anos de 98/99 (a, d, g), 99/00 (b, e, h) e 00/01 (c, f, i). Avaliações de novembro a abril em dias após a primeira avaliação. Linhas tracejadas indicam união de pontos e contínuas, o modelo logístico ajustado.

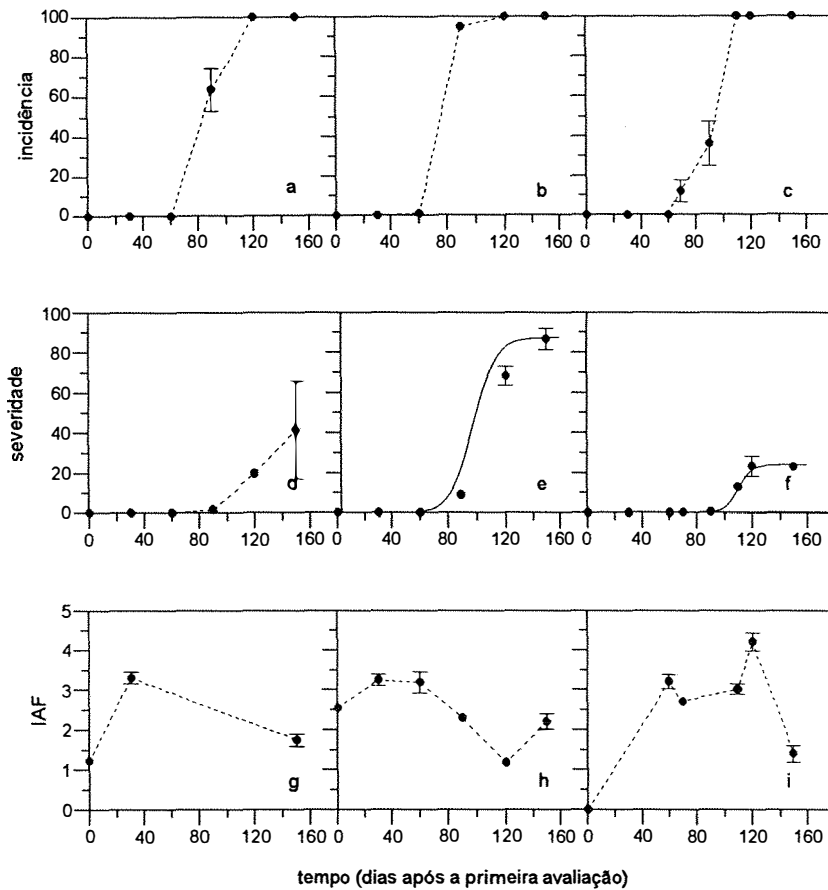


Figura 2 - Incidência (a, b, c; porcentagem de folhas com pústulas), severidade (d, e, f; número de pústulas /cm²) e índice de área foliar (g, h, i) no clone Guapiara nos anos de 98/99 (a, d, g), 99/00 (b, e, h) e 00/01 (c, f, i). Avaliações de novembro a abril em dias após a primeira avaliação. Linhas tracejadas indicam união de pontos e contínuas, o modelo logístico ajustado.

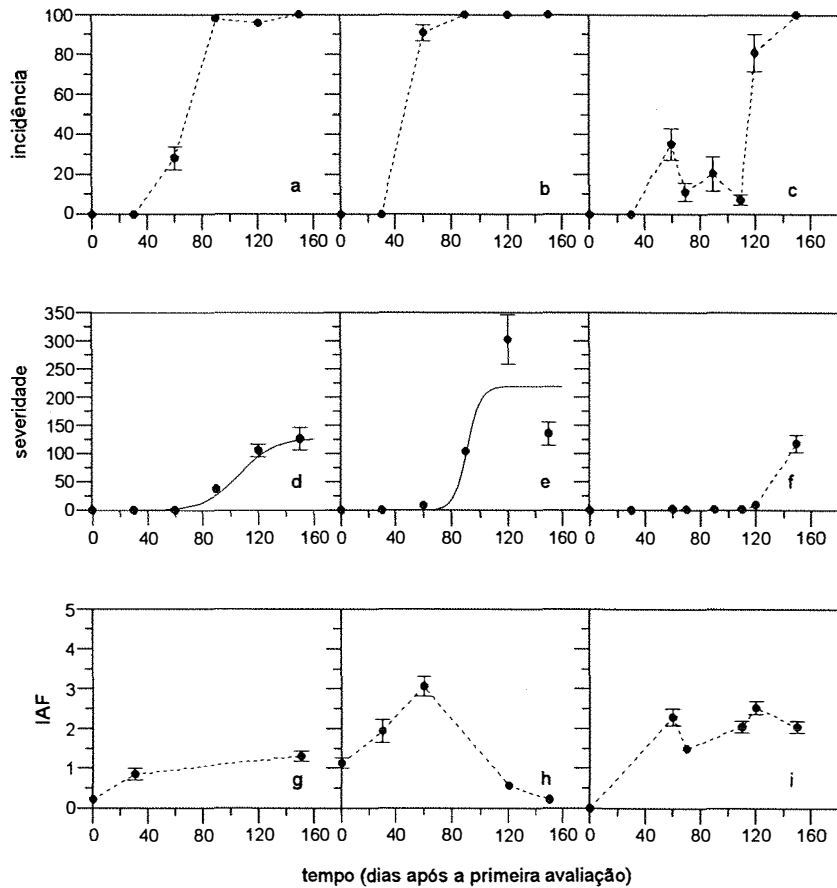


Figura 3 - Incidência (a, b, c; porcentagem de folhas com pústulas), severidade (d, e, f; número de pústulas /cm²) e índice de área foliar (g, h, i) no clone Guarani nos anos de 98/99 (a, d, g), 99/00 (b, e, h) e 00/01 (c, f, i). Avaliações de novembro a abril em dias após a primeira avaliação. Linhas tracejadas indicam união de pontos e contínuas, o modelo logístico ajustado.

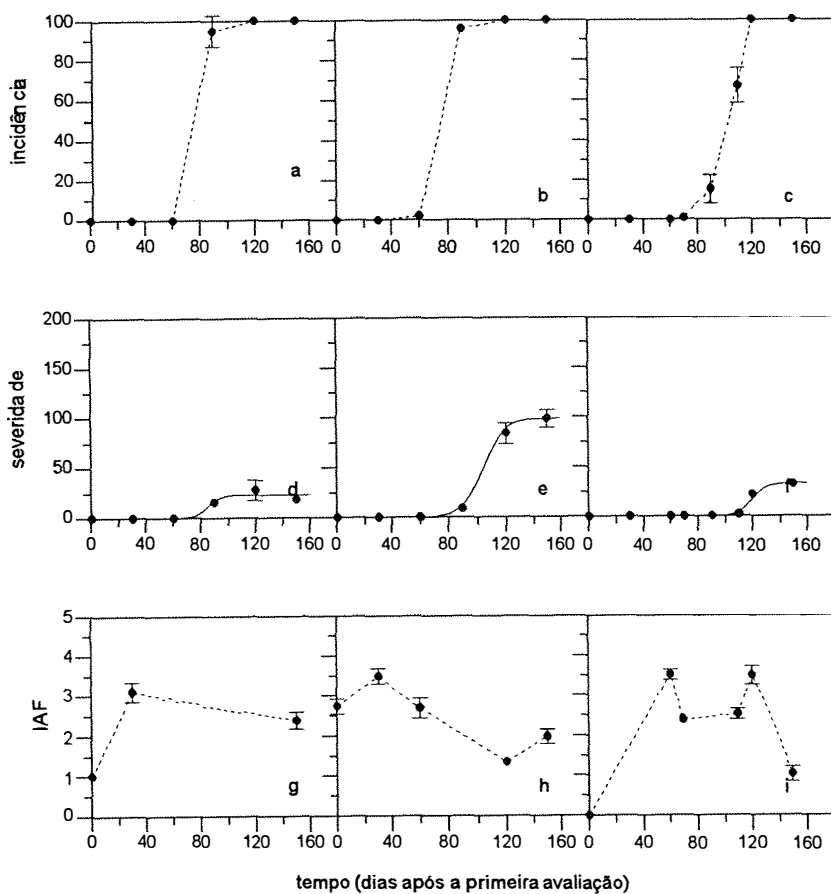


Figura 4 - Incidência (a, b, c; porcentagem de folhas com pústulas), severidade (d, e, f; número de pústulas /cm²) e índice de área foliar (g, h, i) no clone JB nos anos de 98/99 (a, d, g), 99/00 (b, e, h) e 00/01 (c, f, i). Avaliações de novembro a abril em dias após a primeira avaliação. Linhas tracejadas indicam união de pontos e contínuas, o modelo logístico ajustado.

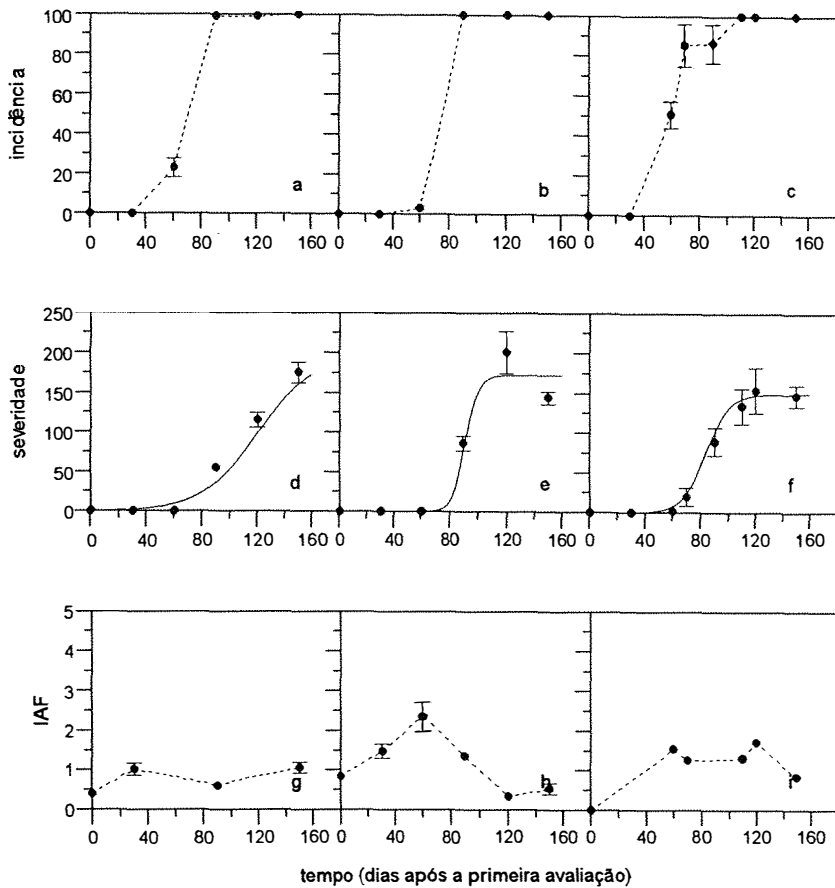


Figura 5 - Incidência (a, b, c; porcentagem de folhas com pústulas), severidade (d, e, f; número de pústulas /cm²) e índice de área foliar (g, h, i) no clone Latorre nos anos de 98/99 (a, d, g), 99/00 (b, e, h) e 00/01 (c, f, i). Avaliações de novembro a abril em dias após a primeira avaliação. Linhas tracejadas indicam união de pontos e contínuas, o modelo logístico ajustado.

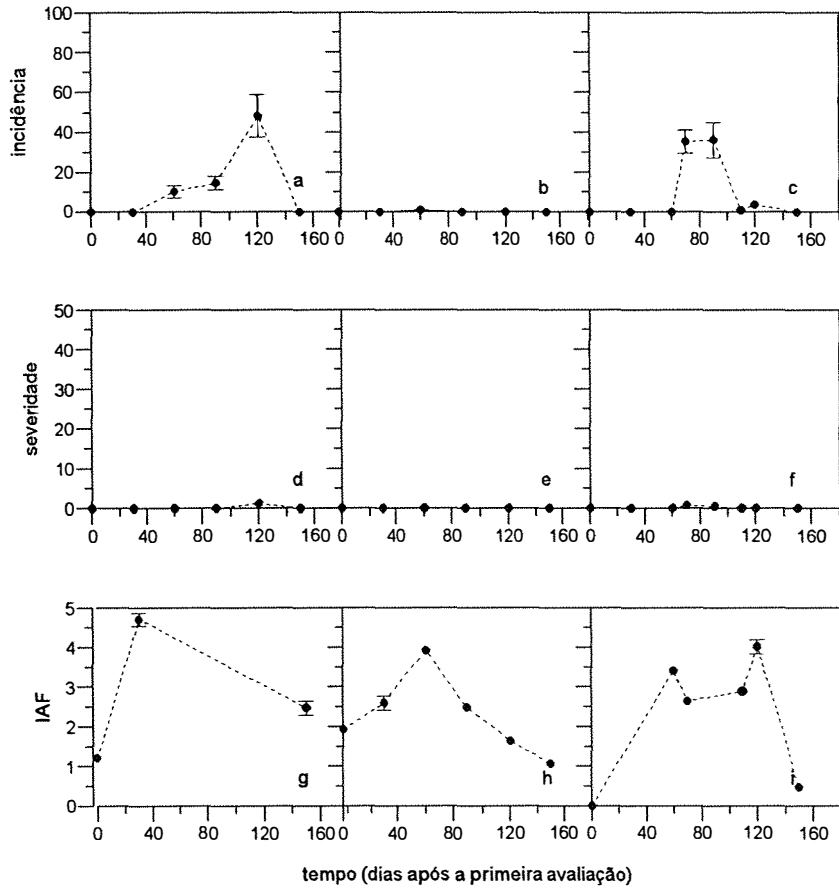


Figura 6 - Incidência (a, b, c; porcentagem de folhas com pústulas), severidade (d, e, f; número de pústulas /cm²) e índice de área foliar (g, h, i) no clone SJ nos anos de 98/99 (a, d, g), 99/00 (b, e, h) e 00/01 (c, f, i). Avaliações de novembro a abril em dias após a primeira avaliação. Linhas tracejadas indicam união de pontos.

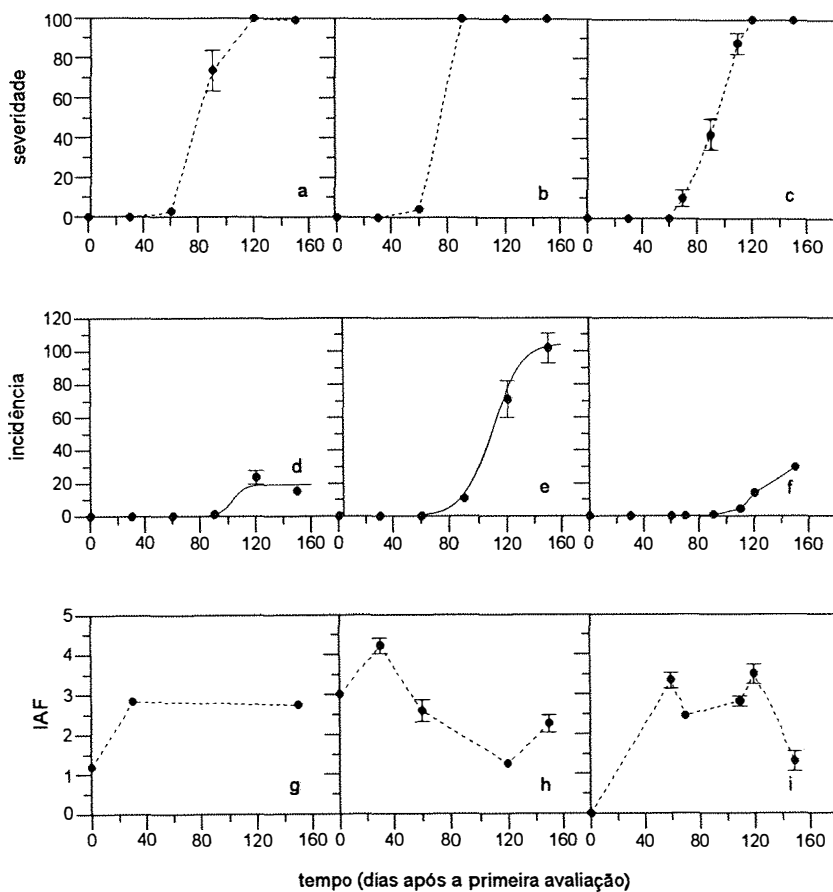


Figura 7 - Incidência (a, b, c; porcentagem de folhas com pústulas), severidade (d, e, f; número de pústulas /cm²) e índice de área foliar (g, h, i) no clone SM nos anos de 98/99 (a, d, g), 99/00 (b, e, h) e 00/01 (c, f, i). Avaliações de novembro a abril em dias após a primeira avaliação. Linhas tracejadas indicam união de pontos e contínuas, o modelo logístico ajustado.

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2) e parâmetros estimados pelo modelo logístico, $y = (b_1)/(1-b_2*\exp(-b_3*x))$, onde y = severidade, x = tempo, e os valores de b_1 corresponde a assíntota máxima e b_3 taxa de progresso da doença, em diferentes clones.

Clones	Parâmetros do modelo logístico			R^2
	b_1	b_2	b_3	
Latorre				
• 98/99	195,93	398,78	0,05	0,99
• 99/00	172,74	5,13e8	0,22	0,98
• 00/01	150,25	2,28e4	0,12	0,99
Argos				
• 98/99	55,09	6,59e9	0,22	0,99
• 99/00	90,47	5,25e6	0,12	0,99
• 00/01	71,42	1,50e10	0,20	0,99
JB				
• 98/99	23,40	3,27e8	0,23	0,96
• 99/00	98,73	2,14e6	0,14	0,99
• 00/01	32,98	2,38e10	0,20	0,99
SM				
• 98/99	19,45	2,32e9	0,21	0,95
• 99/00	104,48	5,42e4	0,10	0,99
Guarani				
• 98/99	127,88	5,14e3	0,08	0,99
• 99/00	219,90	5,30e8	0,22	0,89
Guapiara				
• 99/00	87,45	3,32e5	0,13	0,99
• 00/01	23,99	1,13e10	0,21	0,99

O clone SJ, apesar de altamente resistente, apresentou uma queda acentuada do IAF (Figura 6). Neste caso, a queda do IAF deveu-se à elevada suscetibilidade do clone a outra doença foliar causada por *Septoria musiva*, que também provoca desfolha. Em alguns casos (Figuras 1h, 2h, 4h, 5h e 7h) observou-se um aumento no IAF na última avaliação apesar da alta severidade da doença. Isto se deve a uma rebrota da árvore antes da desfolha de inverno. Este aumento ocorreu sempre no ano de 99/00 quando a epidemia foi mais severa. Em casos extremos, como relatam alguns trabalhos, desfolhas repetidas, principalmente em árvores jovens em desenvolvimento, podem reduzir reservas nas raízes e esta perda predispõe as árvores a outros patógenos (Schipper & Dawson, 1974). Hamelin et al. (1993) observaram relação negativa significativa entre variáveis do progresso da doença e tempo de desfolha, o que segundo os autores, confirma a interferência da doença na desfolha precoce.

As relações entre LAD e DAP para os 7 clones avaliados estão apresentadas no Anexo A. Apenas nos clones altamente suscetíveis, o Guarani e o Latorre, a regressão linear entre essas variáveis foi significativa ao nível de 5% em pelo menos um dos anos avaliados (Figura 8, Tabela 3). A produção vegetal é função da duração e da absorção da área foliar do hospedeiro (Monteith, 1981). Como a ferrugem provoca desfolha, a duração da área foliar (LAD), considerada nesta análise, pode ser entendida como sendo a responsável pela manutenção e produção da planta. Neste contexto quanto maior a desfolha, menor o LAD e maior o impacto sobre a produção total de madeira, avaliada neste caso, pelo DAP.

Não houve relação significativa entre severidade máxima e DAP em qualquer dos clones analisados (Anexo B). O mesmo aconteceu para AUDPC *versus* DAP (dados não apresentados). A ausência de relação entre severidade e produção foi relatada para mancha angular (Bergamin Filho et al., 1997; Carneiro et al., 1997) e ferrugem (Bergamin & Amorim, 1996; Silva et al., 1998) do feijoeiro e para ferrugens da aveia (Bissonnette et al., 1994) e do milho (Pataky et al., 1988). Uma das razões apresentadas para a falta de relação entre severidade e produção é a desfolha (Waggoner & Berger, 1987; Bergamin Filho et al., 1995). Nas doenças que provocam desfolha, a severidade é reduzida em razão da queda de folhas com severidade elevada. Conseqüentemente, a produção também é

reduzida, mas essa redução não é acompanhada do aumento da severidade. Neste experimento, a produção foi correlacionada à severidade apenas na variedade Latorre quando dados de severidade de março de 2000 foram confrontados ao DAP de março de 2001 (Figura 9; Tabela 3). A epidemia mais severa da ferrugem ocorreu na safra 99/00 (Figura 5b). É sabido que infecções no verão retardam o período de crescimento; entretanto, se a epidemia for tardia, as consequências são menos nefastas sobre o crescimento e reserva da planta (Miot, 1999).

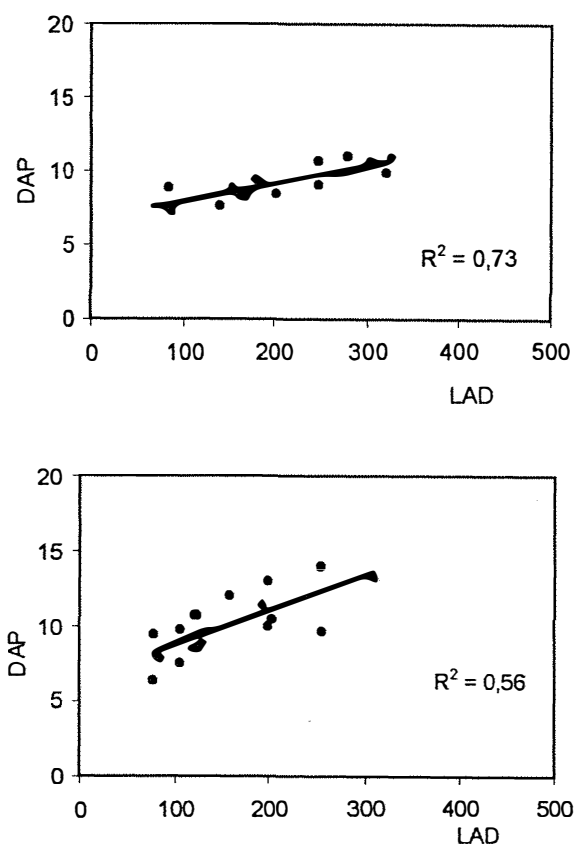


Figura 8 - Relação entre diâmetro na altura do peito (DAP) e duração da área foliar (LAD) no clone Guarani (a) e Latorre (b) nos anos de 98/99 e 99/00.

Tabela 3. Relações obtidas entre os dados de produção de madeira (em DAP) e variáveis relacionadas com o patógeno *M. medusae*: severidade (número de pústulas/cm²) e LAD (duração da área foliar sadia).

Relação	Clone	Período	Parâmetros da Regressão		
			b ₁	b ₂	R ²
DAP x LAD	Latorre	98/99, 99/00 e 00/01	8,21	0,02	0,23
DAP x LAD	Guarani	98/99, 99/00 e 00/01	7,89	0,01	0,14
DAP x LAD	Latorre	98/99 e 99/00	20,85	0,07	0,56
DAP x LAD	Guarani	98/99 e 99/00	21,13	0,04	0,73
DAP x SEV	Latorre	03/01 com 03/00	17,19	0,02	0,56

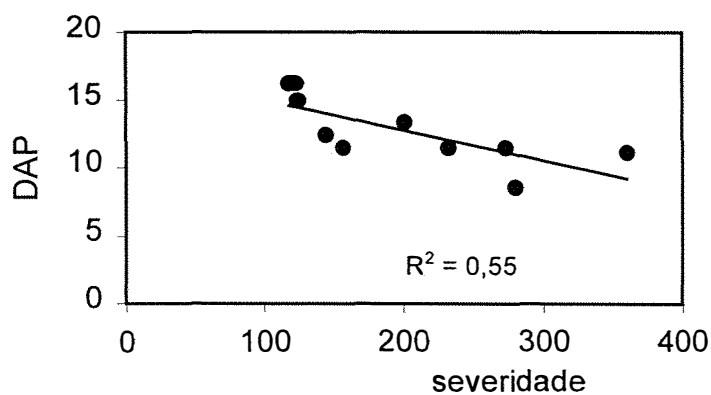


Figura 9 - Relação entre diâmetro à altura do peito (DAP) em março de 2001 e severidade (número de pústulas de *M. medusae*/cm² de folha) do ano anterior (março de 2000) no clone Latorre.

De acordo com a análise de variância da AUDPC, realizada ano a ano, os clones Latorre e Guarani foram classificados como suscetíveis; Argos, Guapiara, SM e JB, como intermediárias e SJ, como resistente (Tabela 4). Todas espécies nativas de álamo são suscetíveis a *Melampsora*, no entanto, híbridos variam em suscetibilidade a uma ou mais espécies (Moltzan, 1991). A severidade e incidência também variam entre clones e localidades sendo os clones suscetíveis mais predispostos a estresses ambientais (Ostry & Mc Nabb, 1985). Em 00/01 o clone Guarani teve comportamento semelhante ao dos clones com nível intermediário de resistência, provavelmente pela ausência de raças virulentas àquele clone. A mudança de comportamento dos clones tem sido alvo de muitas discussões em literatura internacional, o que tem levado pesquisadores a investigar e monitorar a presença de raças de maneira dinâmica antes da liberação de novos clones e para manejo da resistência no campo. O tamanho, estrutura genética e persistência no tempo de populações de patógenos são condicionadas, pela interação com o hospedeiro, ambiente e com os indivíduos que compõem a população (Burdon & Elmqvist, 1996). Estas interações agem nas diferentes etapas do ciclo epidemiológico do fungo modificando a estrutura da população patogênica (Burdon & Elmqvist, 1996). Estes fatores têm influência na quantidade de doença e na diversidade de raças.

Na Tabela 4, observa-se que os valores de LAD (duração da área foliar), no clone Latorre, são praticamente metade dos demais em todos os anos avaliados. No ciclo de 99/00, quando a epidemia foi mais severa, o LAD apresentou valores maiores em todos os clones com exceção do SJ. Isto ocorreu porque inicialmente, em novembro antes da doença aparecer os valores de IAF, os quais originaram o LAD, estavam altos; com a epidemia, após 120 dias da primeira avaliação, estes valores foram os mais baixos entre os três anos e novamente, em alguns casos a planta lançou folhas resultando em um aumento do IAF e conseqüentemente do LAD (Figuras 1 a 7 g,h,i). Enfim neste ano os valores mais altos de LAD representaram uma perda ainda maior de energia pela planta. As diferenças de DAP entre os clones confirmam a suscetibilidade dos clones Latorre e Guarani e o maior crescimento dos clones Argos, Guapiara e SM; o que é resultado não somente das epidemias nos anos avaliados, mas também de seis anos anteriores, desde o transplântio.

Tabela 4. Comportamento quanto à suscetibilidade a ferrugem, *M. medusae*, a diferentes clones no campo, quanto à severidade (AUDPC), duração da área foliar (LAD) e diâmetro a altura do peito (DAP) em três anos consecutivos.

Clones	Avaliação de 98/99			Avaliação de 99/00			Avaliação de 00/01		
	AUDPC ¹ severidade	LAD	DAP	AUDPC ¹ severidade	LAD	DAP	AUDPC ¹ severidade	LAD	DAP
SJ	30,7 a ²	476,8 d	15,9 cd	0 a	393,4 b	16,7 c	13,4 a	259,4 cd	17,9 bc
SM	752,7 b	356,7 bc	15,3 c	4558,2 c	415,6 b	16,7 c	740,2 b	255,5 cd	18,5 cd
Guapiara	921,7 c	341,8 b	15,6 c	4214,7 bc	395,5 b	17,6 cd	1154,6 bc	281,8 d	19,2 cd
JB	1339,2 bc	350,6 b	13,3 b	4708,2 c	387,2 b	14,6 b	1033,7 bc	241,7 c	16,0 b
Argos	1963,4 c	354,3 b	17,6 d	2615,4 b	377,1 b	18,8 d	2857,3 de	245,7 cd	20,6 d
Guarani	4933,1 d	130,0 a	8,2 a	9445,0 d	256,4 a	9,9 a	2146,0 cd	193,4 b	12,8 a
Latorre	5842,6 d	108,6 a	9,2 a	8140,6 d	195,7 a	10,9 a	8411,2 f	123,5 a	12,7 a
Coefficiente Variação (%)	17,30	14,45	10,49	20,00	14,22	10,05	25,41	12,10	9,73

¹Para efeito da análise estatística os dados foram transformados em raiz(x+1), as médias apresentadas são as originais. ² Letras iguais indicam que os valores não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Com os dados coletados nos dois últimos anos do experimento em parcelas com tratamento com fungicidas, obteve-se um porcentual de redução de DAP relacionado com LAD e severidade nos anos de 99/00 e 00/01, apresentados na Figura 10. De acordo com a reta da regressão, os clones Latorre, SM, Guapiara e Argos apresentam tolerância em relação à doença e/ou à desfolha quando comparadas com Guarani e JB.

Para maximizar o potencial de crescimento e qualidade da árvore são necessários programas contínuos de seleção de clones resistentes a doença mantendo sempre que possível, larga base genética e promovendo diversidade nos plantios (Ostry & Mc Nabb, 1985). A região produtora de álamo no Brasil se encontra em expansão e o sucesso deste empreendimento está vinculado a um correto manejo do patossistema, considerando o monitoramento da doença em função do clima, principalmente da temperatura. Assim, o manejo através da variabilidade genética entre os clones e o uso parcimonioso do controle químico permitirá equacionar o melhor controle deste patógeno a cada ano. Além disso, é importante o monitoramento da população do patógeno frente aos clones utilizados ao longo dos anos de cultivo.

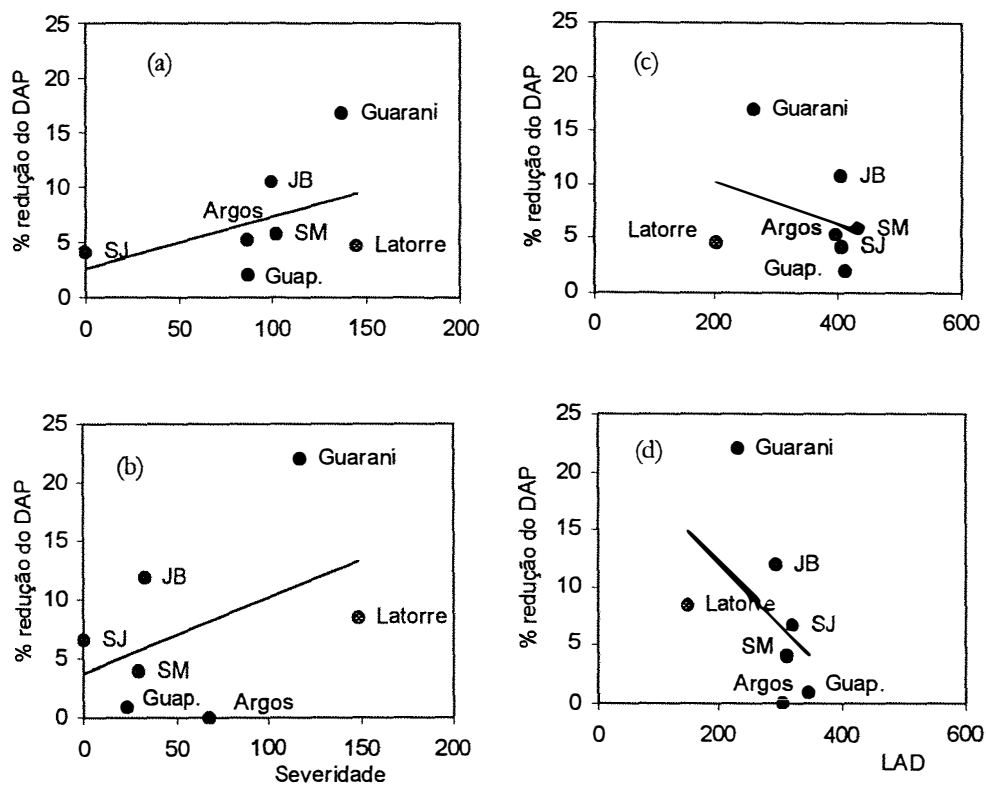


Figura 10 - Porcentagem de redução do DAP (tratados ou não com fungicida) em sete clones, em relação à severidade final (número de pústulas /cm² em março) e duração da área foliar (LAD) nos ciclos de 99/00 (a, c) e 00/01 (b, d).

5.4 CONCLUSÕES

- A epidemia no campo é mais severa em anos em que as temperaturas são mais amenas (15,5 a 26,5 °C).

- Os clones de álamo podem ser agrupados quanto à suscetibilidade ou a tolerância à ferrugem. No primeiro caso a ordem crescente de resistência é: Latorre,

Guarani, JB, Guapiara, SM, Argos e SJ. Os clones tolerantes em contrapartida são: Latorre, Argos, SM e Guapiara tanto em relação à severidade como à desfolha.

- A desfolha provocada pela doença está positivamente correlacionada com a redução do DAP nos clones mais suscetíveis.

6 CONCLUSÕES GERAIS

As epidemias são mais severas quando as temperaturas estão entre 16 e 21°C e a duração do molhamento foliar é superior a 6 horas. Epidemias mais severas resultam em menor índice de área foliar e menor crescimento em DAP, principalmente em clones suscetíveis.

A doença causa desfolha na muda e no campo interferindo na produção de madeira. Os danos em clones suscetíveis no viveiro são da ordem de 65% de redução em volume de madeira produzido em dois anos. O controle da doença deve ser realizado, principalmente em viveiros. Este controle é eficiente com fungicidas a base de triazóis sendo aplicados desde o início do verão.

O comportamento dos clones em relação à resistência à ferrugem é semelhante em plantas jovens (viveiro) e adultas (campo). Em ambos os casos, o clone Latorre é suscetível e o clone SJ é resistente. Em plantas adultas, entretanto, expressa-se a tolerância do clone Latorre.

ANEXOS

ANEXOS DO CAPÍTULO 3

Anexo A - Eficiência de tratamentos com fungicidas para controle da ferrugem do álamo
(*M. medusae*) no clone Argos.

Tratamento	Parâmetros avaliados (em AUDPC)				volume (cm ³)
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/ cm ²	desfolha	
testemunha	1190,8 a	2759,3 ab	78,4 a	3902,9 a	6795,3 a
cyproconazole	1333,8 a	0 a	0 a	3838,3 a	7187,8 a
triadimenol	1321,4 a	0 a	0 a	3762,2 a	4976,3 a
captan	1487,6 a	0 a	0 a	3229,4 a	6354,5 a
mancozeb	1153,1 a	4863,8 b	98,6 a	4700,4 a	7817,8 a
tebuconazole	1480,8 a	0 a	0 a	3216,0 a	7414,4 a
oxicarboxin	1315,2 a	0 a	0 a	3902,9 a	7948,7 a
difenoconazole	1416,2 a	262,1 a	0 a	3618,9 a	6831,6 a
Coefficiente de variação	13,71	128,62	323,09	20,30	28,33

Anexo B - Eficiência de tratamentos com fungicidas para controle da ferrugem do álamo
(*M. medusae*) no clone SJ.

Tratamento	Parâmetros avaliados (em AUDPC)				volume (cm ³)
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/ cm ²	desfolha	
testemunha	1690,2 a	3882,0 d	2,7 a	3641,9 c	4936,8 ab
cyproconazole	2265,5 b	0 a	0 a	2201,9 a	4347,4 a
triadimenol	2045,1 ab	0 a	0 a	2680,2 abc	4476,9 ab
captan	1911,4 ab	2412,7 bc	0 a	2778,3 abc	5541,2 b
mancozeb	1986,5 ab	1350 ab	16,9 ab	2762,1 abc	5287,2 ab
tebuconazole	2028,5 ab	0 a	0 a	2435,2 ab	5439,5 ab
oxicarboxin	1598,7 a	4302,2 d	0 a	3469,0 bc	4802,4 ab
difenoconazole	1930,0 ab	2882,3 cd	541,4 b	1889,6a	4525,3 ab
Coefficiente de variação	9,69	32,69	320,8	17,83	15,02

Anexo C - Eficiência de tratamentos com fungicidas para controle da ferrugem do álamo
(*M. medusae*) no clone Guapiara.

Tratamento	Parâmetros avaliados (em AUDPC)				volume (cm ³)
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/cm ²	desfolha	
testemunha	843,0 ab	7350 d	1076,5 c	5585,0 b	5050,7 a
cyproconazole	1028,0 ab	0 a	0 a	4773,9 ab	8298,2 d
triadimenol	1216,8 b	0 a	0 a	4161,4 a	7543,0 cd
captan	878,5 ab	6381,8 cd	220,5 a	5580,7 b	5213,9 ab
mancozeb	839,2 ab	3293,7bc	379,7 ab	5441,8 ab	4949,1 a
tebuconazole	910,7 ab	0 a	0 a	4723,3 ab	5370,8 ab
oxicarboxin	748,4 a	7012,5 d	147,8 a	5390,8 ab	6377,2 bc
difenoconazole	1007,7 ab	1812,5 ab	78,1 a	5199,9 ab	6925,3 c
Coefficiente de variação	18,49	40,22	112,77	10,84	13,08

Anexo D - Eficiência de tratamentos com fungicidas para controle da ferrugem do álamo
(*M. medusae*) no clone Guarani.

Tratamento	Parâmetros avaliados (em AUDPC)				volume (cm ³)
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/cm ²	desfolha	
testemunha	910,6 a	2543,7 b	91,9 a	5616,2 a	6324,0 a
cyproconazole	829,7 a	0 a	0 a	5636,9 a	8122,3 a
triadimenol	803,1 a	0 a	0 a	5291,6 a	8678,4 a
captan	737,6 a	5594,0 c	603,5 a	5834,2 a	5757,1 a
mancozeb	888,2 a	5390,1 c	616,4 a	5726,8 a	5586,3 a
tebuconazole	927,5 a	0 a	0 a	4785,7 a	8714,1 a
oxicarboxin	939,6 a	459,4 a	0 a	4672,1 a	7222,6 a
difenoconazole	859,1 a	607,5 ab	16,9 a	5132,2 a	8902,4 a
Coefficiente de variação	14,60	45,85	163,2	11,41	28,14

Anexo E - Eficiência de tratamentos com fungicidas para controle da ferrugem do álamo
(*M. medusae*) no clone JB.

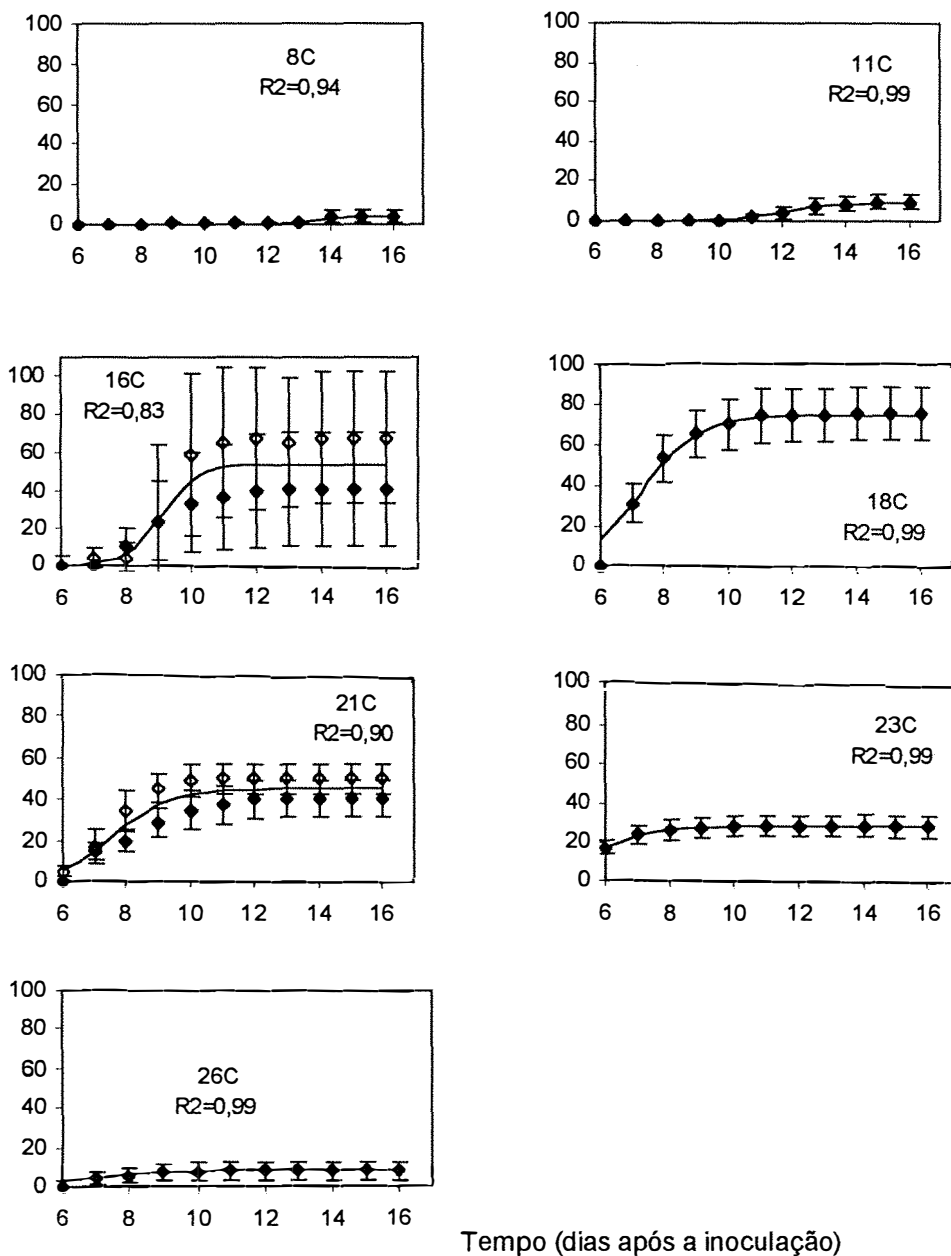
Tratamento	Parâmetros avaliados (em AUDPC)				volume (cm ³)
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/ cm ²	desfolha	
testemunha	885,6 ab	7015,7 d	198,4 ab	5134,4 b	5489,5 ab
cyproconazole	1359,4 c	0 a	0 a	4461,2 ab	6896,6 bc
triadimenol	1196,1 bc	0 a	0 a	3410,0 a	4247,6 a
captan	994,6 abc	3457,8 b	98,0 a	5057,7 b	5715,3 abc
mancozeb	836,9 ab	6221,3 cd	655,5 b	5246,4 b	5721,7 abc
tebuconazole	1371,0 c	0 a	0 a	3439,9 a	5763,4 abc
oxicarboxin	744,7 a	5057,3 bc	501,6 ab	5597,3 b	8263,4 c
difenoconazole	972,2 abc	4234,9 b	148,9 ab	4920,9 b	5386,3 ab
Coefficiente de variação	17,49	21,28	110,5	13,00	26,90

Anexo F - Eficiência de tratamentos com fungicidas para controle da ferrugem do álamo
(*M. medusae*) no clone SM.

Tratamento	Parâmetros avaliados (em AUDPC)				volume (cm ³)
	número de folhas ¹	% de folhas c/ pústulas ²	pústulas/ cm ²	desfolha	
testemunha	750,5 a	6265,3 c	1157,7 b	5462,5 a	4912,2 ab
cyproconazole	827,1 a	0 a	0 a	5329,7 a	7161,9 cd
triadimenol	914,0 a	0 a	0 a	4857,2 a	8232,6 d
captan	788,5 a	5841,2 c	369,1 ab	5537,6 a	4338,8 a
mancozeb	681,4 a	1898,3 ab	6,75 a	6017,9 a	5588,5 abc
tebuconazole	961,2 a	0 a	0 a	4617,2 a	5913,9 abc
oxicarboxin	886,2 a	5967,2 c	572,9 ab	4956,3 a	5096,5 abc
difenoconazole	701,5 a	3803,7 bc	147,2 a	5722,6 a	6533,4 bcd
Coefficiente de variação	26,25	52,63	132,81	13,80	22,18

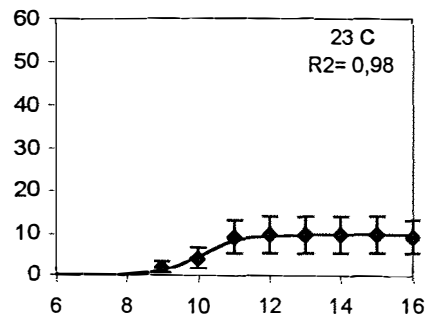
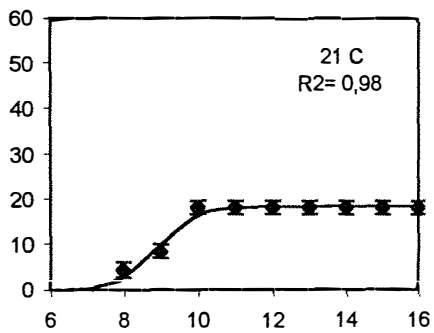
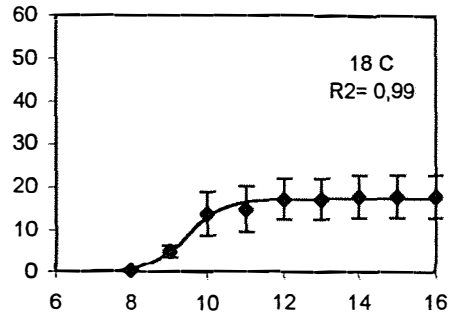
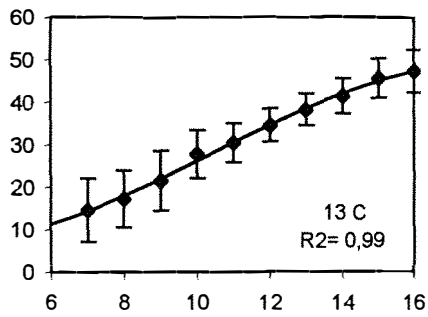
ANEXOS DO CAPÍTULO 4

Freqüência de infecção



Anexo A – Freqüência de infecção de *M. medusae* sobre o clone Latorre em diferentes temperaturas no 1º. ensaio (losangos cheios) e 2º. ensaio (vazios) e modelo logístico de ajuste (linhas). Barras representam o erro padrão da média e R² o coeficiente de determinação.

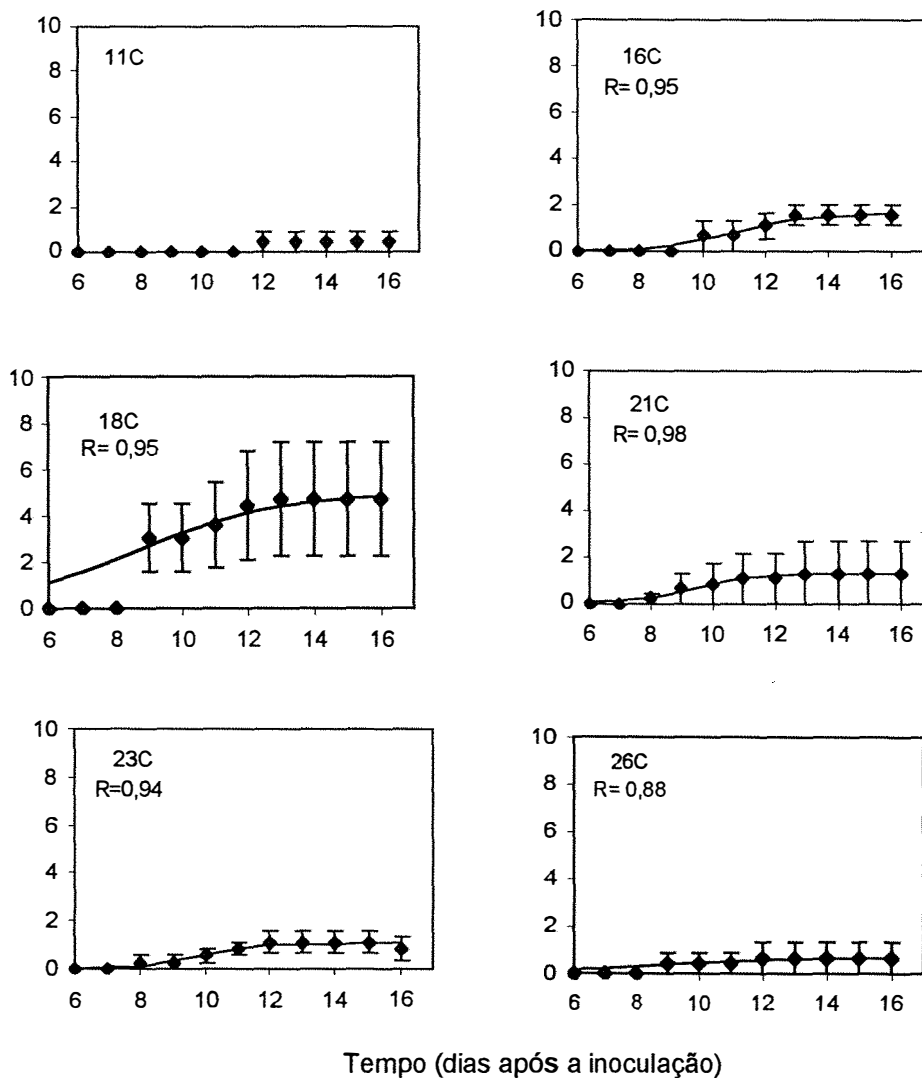
Freqüência de infecção



Tempo (dias após a inoculação)

Anexo B – Freqüência de infecção relativa de *M. medusae* sobre o clone SM em diferentes temperaturas (losangos) e modelo logístico de ajuste (linhas). Barras representam o erro padrão da média e R² o coeficiente de determinação.

Frequência de infecção

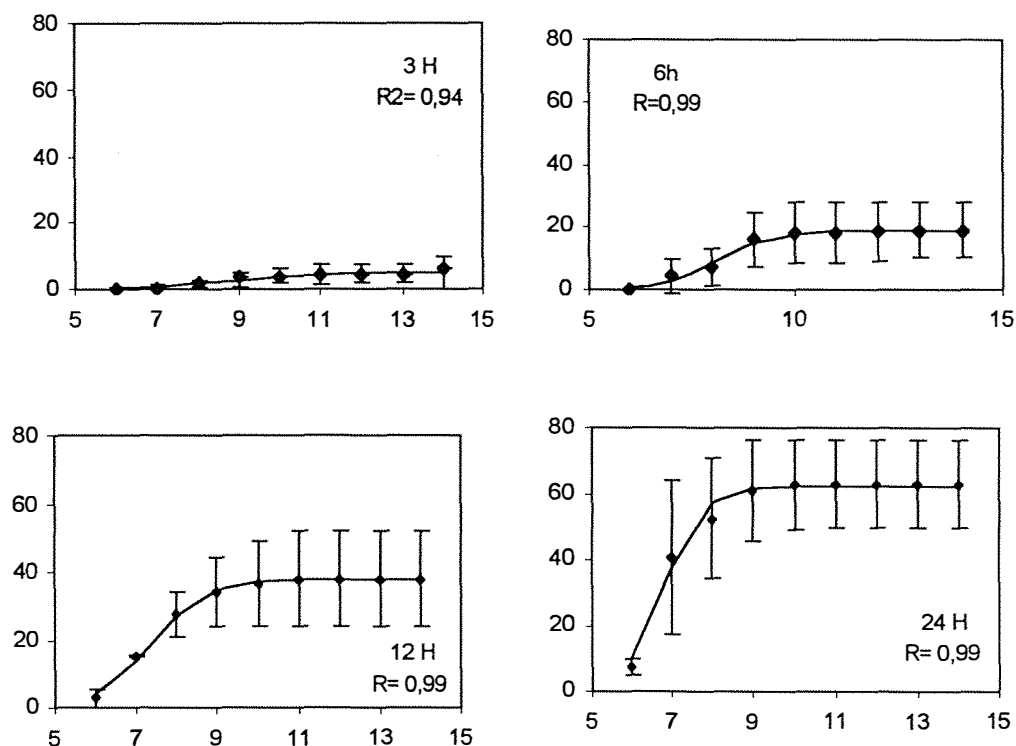


Anexo C – Frequência de infecção relativa de *M. medusae* sobre clone SJ em diferentes temperaturas (losangos) e modelo logístico de ajuste (linhas). Barras representam o erro padrão da média e R^2 o coeficiente de determinação.

Anexo D – Coeficientes de determinação (R^2) e parâmetros estimados pelo modelo de logístico, $y=(b_1)/(1+b_2*\exp(-b_3*x))$, onde y = frequência de infecção, b_1 = estimativa da assíntota máxima, b_2 = parâmetro relacionado com o inóculo inicial, b_3 = taxa de crescimento e x = temperatura para os ajustes feitos com os dados médios de 2 ensaios realizados com os clones Latorre, SM e SJ.

Clones	Parâmetros estimados pelo modelo logístico			R^2	
	b_1	b_2	b_3		
Latorre	8 °C	3,96	3,35e9	1,63	0,94
	11 °C	9,63	4,13e6	1,24	0,99
	16 °C	53,65	9,87e6	1,77	0,83
	18 °C	75,38	3,59e3	1,12	0,99
	21 °C	44,90	4,71e3	1,11	0,90
	23 °C	28,53	5,42e2	1,12	0,99
	26 °C	8,08	2,30e2	0,79	0,99
SM	13 °C	54,79	25,48	0,31	0,99
	18 °C	17,32	3,43e8	2,08	0,99
	21 °C	18,32	2,57e7	1,91	0,98
	23 °C	9,91	2,42e8	1,92	0,98
SJ	16 °C	1,64	7,67e3	0,81	0,95
	18 °C	4,99	57,8	0,47	0,95
	21 °C	1,32	5,84e3	0,93	0,98
	23 °C	1,06	4,58e4	1,09	0,94
	26 °C	0,71	14,95	0,43	0,88

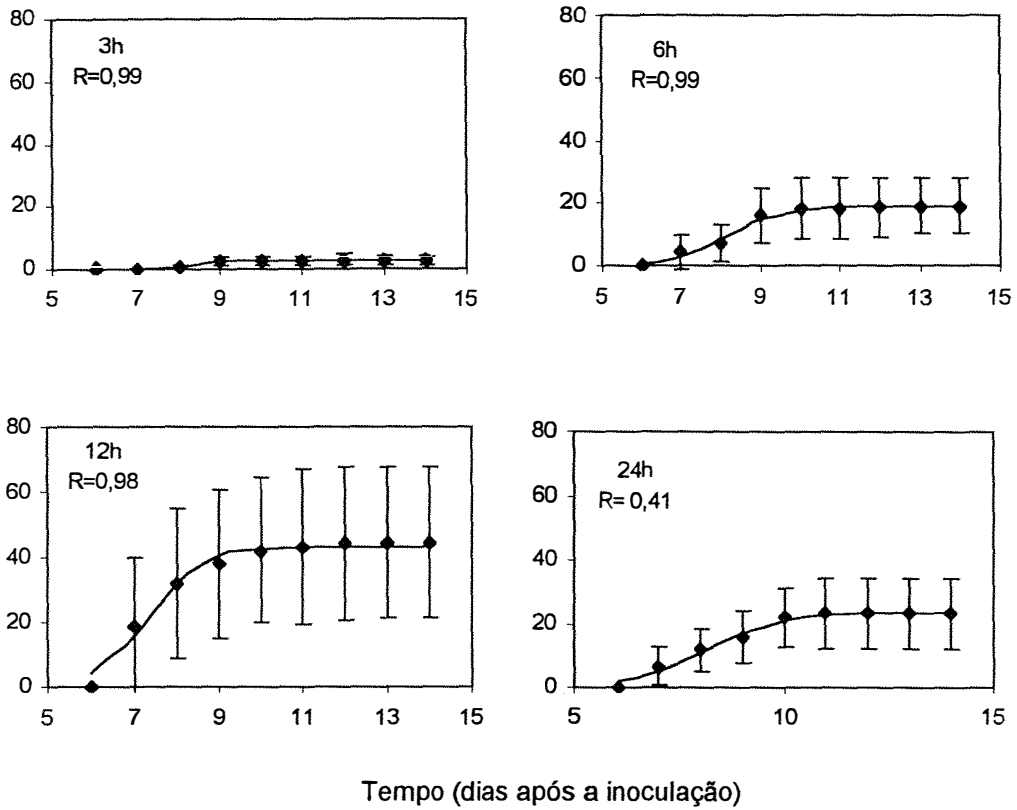
Freqüência de Infecção



Tempo (dias após a inoculação)

Anexo E – Freqüência de infecção relativa de *M. medusae* sobre o clone Latorre em diferentes períodos de molhamento e modelo logístico de ajuste (linhas). Barras representam o erro padrão da média e R^2 o coeficiente de determinação.

Frequência de Infecção

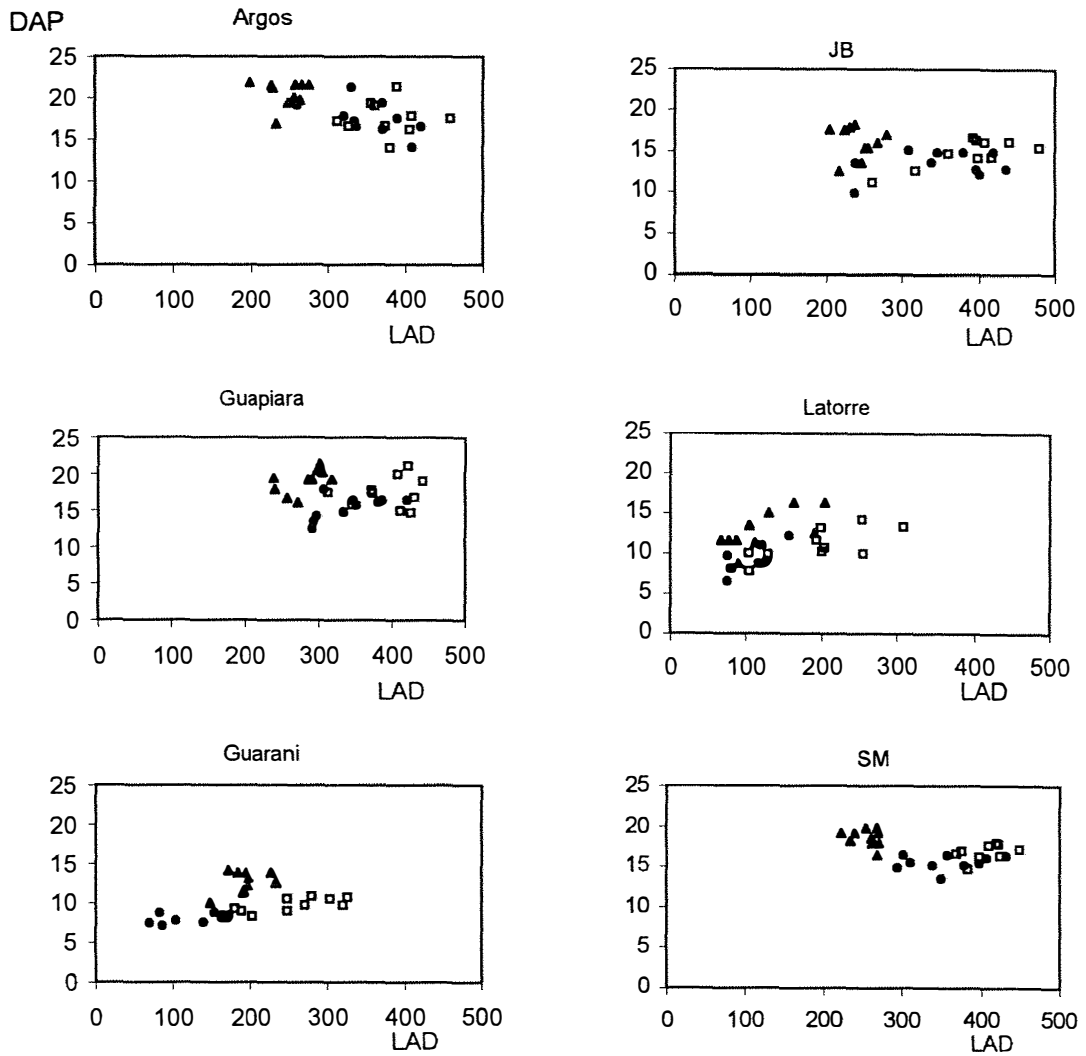


Anexo F – Frequência de infecção relativa de *M. medusae* sobre o clone SM em diferentes períodos de molhamento e modelo logístico de ajuste (linhas). Barras representam o erro padrão da média e R^2 o coeficiente de determinação.

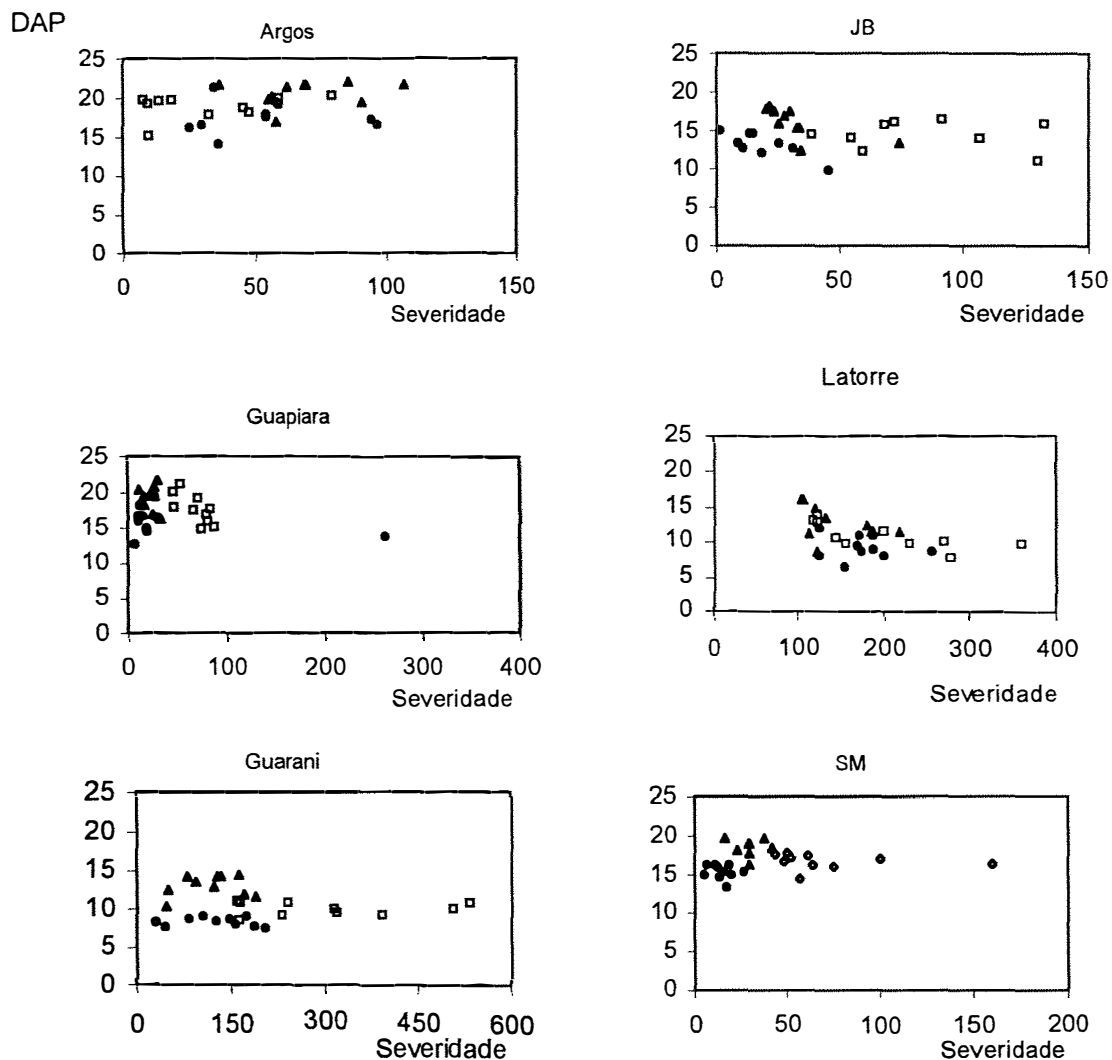
Anexo G – Coeficientes de determinação (R^2) e parâmetros estimados pelo modelo de monomolecular, $y=(b_1)*(1-b_2*\exp(-b_3*x))$, onde y = frequência de infecção, b_1 = estimativa da assíntota máxima, b_2 = parâmetro relacionado com o inóculo inicial, b_3 = taxa de crescimento e x = molhamento para os ajustes feitos com as médias dos dados de 2 ensaios realizados com os clones Latorre, SM.

Clones	Parâmetros estimados pelo modelo logístico			R^2	
	b_1	b_2	b_3		
Latorre					
	3 h	4,83	40,52e2	0,95	0,93
	6 h	20,35	18,51e4	1,75	0,97
	12 h	37,57	68,88e3	1,51	0,99
	24 h	62,23	11,29e5	2,05	0,99
SM					
	3 h	2,74	14,35e9	2,81	0,99
	6 h	18,99	22,34e4	1,51	0,99
	12 h	43,33	14,23e4	1,61	0,98
	24 h	23,65	90,15e2	1,12	0,99

ANEXOS DO CAPÍTULO 5



Anexo A - Relação entre diâmetro na altura do peito (DAP) e duração da área foliar (LAD) em clones de álamo avaliados em 3 anos consecutivos (98/99, 99/00 e 00/01).



Anexo B - Relação entre diâmetro na altura do peito (DAP) e severidade (número de pústulas de *M. medusae/cm²* de folha) em clones de álamo, avaliados no final do verão de cada ano (março de 1999, 2000 e de 2001). Círculos, ano de 98/99; losangos, 99/00 e triângulos, 00/01.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIVON D. Nomenclature for pathogenicity and virulence: the need for precision. **Phytopathology**, v.83, p.889-890, 1993.

ALEGRO, G.; GIORCELLI, A.; VIETTO, L. Situazione fitossanitária della pioppicoltura. **Celulosa e Carta**, n.2, p.2-9, 1992.

BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B. Effects of bean line pattern mosaic virus on the monocyclic components of rust and angular leaf spot of *Phaseolus* bean at different temperatures. **Plant Pathology**, v.47, p.289-298, 1998.

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

BERGAMIN FILHO, A.; LOPES, D.B.; AMORIM, L.; GODOY, C.V.; BERGER, R.D. Avaliação de danos causados por doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.3, p.133-184, 1995.

BERGAMIN FILHO, A.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; GODOY, C.V.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; HAU, B. Angular leaf spot on *Phaseolus* beans: Relationships between disease, healthy leaf area and yield. **Phytopathology**, v.87, p.506-515, 1997.

- BERGER, R.D. The analysis of the effects of control measures on the development of epidemics. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. (Ed.) **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1988. cap.9, p.137-151.
- BISSONNETTE, S.M.; D'ARCY, C.J.; PEDERSEN, W.L. Yield loss in two spring oat cultivars due to *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* in the presence or absence of barley dwarf virus. **Phytopathology**, v. 84, p.363-371, 1994.
- BURDON J.J.; ELMQVIST. T. Selective sieves in the epidemiology of *Melampsora lini*. **Plant Pathology**, v.45, p.933-943, 1996.
- CAMPBELL, C.L. ; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532 p.
- CARNEIRO, S.M.T.P.G.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, H. Avaliação de dano provocado pela mancha angular em feijoeiro: relação entre severidade, área foliar e componentes de produção. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.427-431, 1997.
- CELLERINO, G.P. Evoluzione delle malattie del pioppo in Italia e strategie di lotta. **Annali dell'Accademia di Agricoltura di Torino**, v.120, p.1-14, 1986.
- CHANDRASHEKAR, M.; HEATHER, W.A Reactions of poplar clones to physiologic races of *Melampsora larici-populina* Kleb. **Euphytica**, v.29, p.401-407, 1980.
- CHANDRASHEKAR, M.; HEATHER, W.A. Temperature sensitivity of reactions of *Populus* spp. to races of *Melampsora larici-populina* Kleb. **Phytopathology**, v.71, p.421-424, 1981.

- CHASTAGNER, G.A. Poplar diseases. In: JONES, R.K.; BENSON, D.M. (Ed.). **Diseases of woody ornamentals and trees in nurseries**. St. Paul: APS Press, 2001. cap. 71, p.308-309.
- CHITZANIDIS, A; VAN ARSDEL, E. P. Autumn introduction and winter survival of poplar rust on the Texas coastal plain. **Phytopathology**, v.60, p.582, 1970./Resumo/
- COOPER, D.T.; FILER JR, T.H. Geographic variation in *Melampsora* rust resistance in eastern cottonwood in the lower mississippi valley. In: CENTRAL STATES FOREST TREE IMPROVEMENT CONFERENCE, 1976. **Proceedings**. St Paul: USDA, Forest Service, 1977. p.146-151.
- CORTIZO, S. ; ROMERO, S. An overview of *Melampsora* attack in Argentina. In: SESSION OF THE INTERNATIONAL POPLAR COMMISSION (IPC 2000): POPLAR AND WILLOW CULTURE: METTING THE NEEDS OF SOCIETY AND ENVIRONMENT, 21., Vancouver, 2000. St Paul: USDA, Forest Service, 2000. p.40.
- FREY,P.; PINON, J. Variability in pathogenicity of *Melampsora allii-populina* expressed on poplar cultivars. **European Journal of Forest Pathology**, v.27, p. 397-407, 1997.
- GIORCELLI, A; VIETTO, L. Secondo biennio di prove di lotta control Marsonina brunea (Ell. et Ev.) P. Magn. con trattamenti preventivi e curativi. **Linea Ecologica**, n.5, p.53-57, 1992.
- GIORCELLI, A; VIETTO, L. Valutatazione dell'efficacia di alcunio fungicidi versu le ruggini del pioppo. **Informatore Fitopatologico**, v.45, n.6, p.59-62, 1995.

- GIORCELLI, A.; VIETTO, L.; ANSELMINI, N.; GENNARO, M. The influence of inoculum pressure, clonal susceptibility and leaf age on *Melampsora larici-populina* Kleb. E1 and E3 races infections. In: FAO/IPC WORKING PARTY ON DISEASES, Izmit, 1994. Turkey: FAO/IPC, 1994. 12p.
- GODOY, C.V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Influência da duração do molhamento foliar e da temperatura no desenvolvimento da ferrugem do milho causada por *Puccinia polysora*. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, n.2, p.160-165, 1999.
- HAMELIN, R.C.; SHAIN, L.; THIELGES, B.A. Influence of leaf wetness, temperature, and rain on poplar leaf rust epidemics. **Canadian Journal of Forest Research**, v.22, n.9, p.1249-1254, 1992.
- HAMELIN, R.C.; SHAIN, L.; FERRISS, R.S.; THIELGES, B.A. Quantification of disease progress and defoliation in poplar leaf rust-eastern cottonwood pathosystem. **Phytopathology**, v.83, p.140-144, 1993.
- HAU, B.; KRANZ, J. Mathematics and statistics for analyses in epidemiology. In: KRANZ, J. (Ed.). **Epidemics of plant diseases**. Berlin: Springer Verlag, 1990. p.12-52.
- HUBER, L.; GILLESPIE, T.J. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytopathology**, v.30, p.553-577, 1992.
- JONES, D.G. **The epidemiology of plant diseases**. Dordrecht: Kluwer, 1998. 460 p.
- KRANZ, J. **Epidemiologie der pflanzenkrankheiten. Eine einföhrung**. Stuttgart: Ulmer, 1996. 413 p.

LANDSDALE, D. ; TABBUSH, P. **Poplar rust and its recent impact in Great Britain**. Farnham,:UK, 1998. 4p.(Information Note: Forestry Commission, 7).

MARTINS, M.C. ; AMORIM, L. Efeito do período de molhamento em componentes monocíclicos de ferrugem do pessegueiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, n.4, p.552-555, 1999.

MAY-DE MIO, L.L. **Identificação das principais doenças do álamo (*Populus spp*) e epidemiologia e controle químico da ferrugem (*Melampsora medusae* Thüm)**. Curitiba: FUPEF, 1997. 64 p. (Relatório técnico apresentado à Fundação de Pesquisas em Florestas da Universidade Federal do Paraná)

MAY-DE MIO, L.L. ; AMORIM, L. Influência da temperatura e do molhamento foliar nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 34, São Pedro, 2001. **Fitopatologia Brasileira**, suplemento. Brasília: SBF, 2001. p.232, 2001.

McCRACKEN, F.I.; SCHIPPER, A. L.; WIDIN, K.D. Observation on occurrence of cottonwood leaf rust in central United States. **European Journal of Forest Pathology**, v.14, n.4/5, p.226-233, 1984.

MIOT, S. Role de la variabilite de *Melampsora larici-populina*, agent de la rouille des peupliers, et de la structure de la population hôte sur l' evolution des population de l' agent pathogene., Nancy, 1999. 160 p.. Thesis (Docteur) - Universite Henri Poincare.

MIOT, S.; FREY, P. ; PINON, J. Varietal mixture of poplar clones: effects on infection by *Melampsora larici-populina* and on plant growth. **European Journal of Forest Pathology**, v.29, p.411-423, 1999.

- MOLTZAN, B.D. *Melampsora* leaf rust of *Populus*: its occurrence, natural distribution and a standardized scale for assessing infection types. Fargo, 1991, 46 p. Dissertation (M.S.) - University of North Dakota.
- MONTEITH, J.L. Does light limit crop production? In: JOHNSON, C.B. (Ed.) **Physiological processes limiting plant productivity**. London: Butterworths, 1981. p.23-38.
- NEWCOMBE, G. The specificity of fungal pathogens of *Populus*. In: STETTLER, R.E.; BRADSHAW Jr., H.D.; HEILMAN, P.E.; HINCKLEY, T.M. (Ed.) **Biology of *Populus* and its implications for management and conservation**. Ottawa: NRC Research Press, 1996. cap.10, p.223-246.
- NEWCOMBE, G. Association of Mmd1, a major gene for resistance to *Melampsora medusae* f.sp. *deltoidae*, with quantitative traits in poplar rust. **Phytopathology**, v.88, n.2, p.114-121, 1998.
- NEWCOMBE, G.; CHASTAGNER, G.A. A leaf rust epidemic of hybrid poplar along the lower Columbia River caused by *Melampsora medusae*. **Plant Disease**, v.77, p.528-531, 1993.
- NEWCOMBE, G.; CHASTAGNER, G.A.; SCHUETTE, W. STATON, B.J. Mortality among hybrid poplar clones in a stool bed following leaf rust caused by *Melampsora medusae* f.sp. *deltoidae*. **Canadian Journal of Forest Research**, v.24, p.1984-1987, 1994.
- NEWCOMBE, G. ; BRADSHAW JÚNIOR, H.D.; CHASTAGNER, G.A.; STETTLER, R.F. The major gene for resistance to *Melampsora medusae* f.sp. *deltoidae* in a hybrid poplar pedigree. **Phytopathology**, v.86, n.1, p.87-94, 1996.

- NEWCOMBE, G.; STIRLING, B.; McDONALD, S.K.; BRADSHAW JÚNIOR, H.D. *Melampsora x columbiana*, a natural hibbrid of *M. medusae* e *M. occidentalis*. **Mycological Research**, v.104, p.261-275, 2000.
- NOWACKI, M.J.; FONTOURA, O S. Alguns aspectos fitossanitários da silvicultura no Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1., Curitiba,1968. **Anais**. Curitiba: Federação das Indústrias do Estado do Paraná; Associação Paranaense de Engenheiros Florestais,1968 p.315 –316.
- OSTRY, M.E. ; MC NABB Jr., H.S. Susceptibility of *Populus* species and hybrids to disease in the north central United States. **Plant Disease**, v.69, n.9, p.755-757, 1985.
- PAILLASSA, E. Les roilles et le peuplier. **Les Cahiers Techniques de l'Objetif 1, Bulletin Trimestriel. Centre de Populiculture du Hainaut**, n. 2, p.9-18, 1996.
- PANDEY, P.C.; SINGH, A.; KARNATAK, D.C.; BHARTARI, B.K. *Melampsora larici-populina* on poplars in India and its control in nursery. **The Indian Forester**, v.122, n.11, p.1062-1067, 1996.
- PATAKY, J.K.; HEADRICK, J.M.; SUPARYONO. Classification of sweet corn hybrid reactions to common rust, northern leaf blight, Stewart's wilt, and Goss'wilt and associated yield reductions. **Phytopathology**, v. 78, p.172-178, 1988.
- PINON, J.; FREY, P. Remarques relatives a la lutte contre les rouilles: la conservation du parasite sur les feuilles hibernantes, ses modalites, les risques qui en resultent et les moyens de s'en proteger. **Les cahiers techniques de l'objectif 1. Centre de Populiculture du Hainaut**, n. 1, p.3-5, 1998.
- PRAKASH, C.S.; HEATHER, W.A. Reaction of cultivars of *Populus* spp. to radiation induced virulent mutants of *Melampsora*. **Euphytica**, v.34, p.309-315, 1985.

- PRAKASH, C.S.; HEATHER, W.A. Adaptation of *Melampsora medusae* to increasing temperature and light intensities on a clone of *Populus deltoides*. **Canadian Journal of Botany**, v.64, n.4, p.834-841, 1986a.
- PRAKASH, C.S.; HEATHER, W.A. Effects of changing temperature regimes on resistance to races of *Melampsora medusae* in a cultivar of poplar. **Annals of Applied Biology**, v.108, p.403-407, 1986b.
- PRAKASH, C.S.; HEATHER, W.A.. Inheritance of resistance to races of *Melampsora medusae* in *Populus deltoides*, **Silvae Genetica**, v.35, n.2/3, p.35-77, 1986c.
- PRAKASH, C.S.; HEATHER, W.A.. Relationship between increased virulence and the aggressiveness traits of *Melampsora medusae*. **Phytopathology**, v.76, p.266-269, 1986d.
- PRAKASH, C.S.; HEATHER, W.A. Inheritance of partial resistance to two races of leaf rust, *Melampsora medusae* in Eastern Cottonwood, *Populus deltoides*. **Silvae Genetica**, v.38, n.3/4, p. 90-94, 1989
- PRAKASH, C.S.; THIELGES, B.A. Pathogenic variation in *Melampsora medusae* leaf rust of poplars. **Euphytica**, v.36, p. 563-570, 1987.
- PRAKASH, C.S.; THIELGES, B.A. Interaction of geographic isolates of *Melampsora medusae* and *Populus*: effect of temperature. **Canadian Journal of Botany**, v.67, p. 486-490, 1989.
- ROTEM, J. Techniques of controlled-condition experiments. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. (Ed.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Berlin: Springer Verlag, 1988. p.19-32.

- RUARO, L.; MAY, L.L. Caracterização da ferrugem do álamo (*Populus* spp.) e eficiência de fungicidas in vitro na germinação de uredosporos. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.15, n.1, p.77-82, 1996.
- SCHIPPER, A.L.; DAWSON, D.H. Poplar leaf rust - A problem in maximum wood fiber production. **Plant Disease Reporter**, v.58, p.721-723. 1974.
- SHAIN, L. A search for aecial hosts of *Melampsora medusae* among some conifers grown in the eastern United States. **Plant Disease**, v.72, n.10, p.904-906, 1988a.
- SHAIN, L. Evidence for forma speciales in the poplar leaf rust fungus, *Melampsora medusae*. **Mycologia**, v.80, p.729-732, 1988b.
- SHAIN, L.; CORNELIUS, P. L. Quantitative inoculation of eastern cottonwood leaf tissue with *Melampsora medusae* under controlled conditions. **Phytopathology**, v.69, n.3, p.301-304, 1979.
- SHANER, G. Probits for analyzing latent period data in studies of slow rusting resistance. **Phytopathology**, v.70, p.1179-1182, 1980.
- SHARMA, J.K. ; HEATHER, W.A. Comparison of disease parameters for quantitative assessment of *Melampsora* leaf rust in clones of *Populus* spp. **Transactions Britain Mycological Society**, v.72, n.3, p.483-488, 1979.
- SHERIDAN, J.E. **Poplar leaf rust and its effect on tree growth and suitability for match splints**. Wellington, 1981. 25p.
- SHERIDAN, J.E.; HARPER, J.E.; STEVENSON, G. Note on epidemiology and control of poplar leaf rust. **New Zealand Journal of Science**, v.18, p.211-216, 1975.

- SILVA, M.B.; VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM,L.; HAU, B.; BERGAMIN FILHO, A. Relação entre severidade de doença, área foliar sadia, absorção da área foliar sadia e produção na cultura do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.24, p.226-231, 1998.
- SINGH, S.J.; HEATHER, W.A. Temperature sensitivity of qualitative race-cultivar interactions in *Melampsora medusae* Thüm. and *Populus* species. **European Journal of Forest Pathology**, v.12, p.123-127, 1982.
- SPIERS, A.G. Control of poplar leaf rust *Melampsora larici-populina* in new Zealand. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v.2, p.433-436, 1974.
- SPIERS, A.G. Species of *Melampsora* infecting conifers in New Zeland. **Plant Disease Reporter**, v.59, n.6, p.486-488, 1975.
- SPIERS, A.G. Fungicides for control of poplar leaf rust and effects of control on growth of *Populus nigra* cv. "Sempervirens" and *P. x euramericana* cv. "I-214". **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v.4, p.249-254, 1976.
- SPIERS, A. G.; HOPCROFT, D.H. Comparative studies of the poplar rusts *Melampsora medusae*, *M. larici-populina* and their interspecific hybrid *M. medusae-populina*. **Mycological Research**, v.98, n.8, p.889-903, 1994.
- STEENACHERS, M.; STEENACHERS, V.; DELPORTE, T. A new physiological race of *Melampsora larici-populina* in belgium. In: FAO-CIP MEETINGS OF THE WORKING GROUP OF DISEASES, Turkey, 1994. Turkey: FAO/CIP, 1994. 6p.
- STEENACHERS, J.; STEENACHERS M.; STEENACHERS, V. Maladies des peupliers – Consequences sur la croissance et la qualite du bois. **Les Cahiers Techniques de l'Objetif**, n. 1, p.4-20, 1995.

- TARIS, B. Contribution a l'étude des rouilles des populus observées en France. **Annals Épiphyties**, v.19, p.5-54, 1968.
- TOOLE, E.R. *Melampsora medusae* causes cottonwood rust in lower Mississippi valley. **Phytopathology**, v.57, p.1361-1362, 1967.
- TRENCH, T.N.; BAXTER, A.P.; CHURCHILL, H. First report of *Melampsora medusae* on *Populus deltoides* in Africa. **South African Forestry Journal**, v.144, p.6-9, 1988.
- VALLAVIEILLE-POPE, C.; HUBER, L.; LECONTE, M.; GOYEAU, H. Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *P. striiformis* on wheat seedlings. **Phytopathology**, v.85, p.409-415, 1995
- VIÉGAS, A.P. Alguns fungos do Brasil. IV. Uredinales. **Bragantia**, v.5, n.1, p.6-7, 1945.
- WAGGONER, P.E. ; BERGER, R.D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, v.77, p.393-398, 1987.
- WALKER, J. *Melampsora medusae* Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1975. 2p. (CMI Descriptions of Patogenic Fungi and Bacteria,, 480).
- WANG, J.; VAN DER KAMP, B.J. Resistance, tolerance, and yield of western black cottonwood infected by *Melampsora* rust. **Canadian Journal of Forest Research**, v.22, p.182-192, 1992.

- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, v.11, p.41-76, 1947.
- WEBB, D.H.; NUTTER Jr., F.W., Effects of leaf wetness duration and temperature on infection efficiency, latent period, and rate of pustule appearance of rust in alfalfa. **Phytopathology**, v.87, n.9, p.946-950, 1997.
- WIDIN, K.D.; SCHIPPER Jr., A.L. Epidemiology and impact of *Melampsora medusae* leaf rust on hybrid poplars. **Intensive plantation culture: five year's research**. St. Paul: USDA, Forest Service, 1976. p.63-74. (Technical Report, NC-21).
- WIDIN, K. D.; SCHIPPER Jr., A.L. Epidemiology of *Melampsora medusae* leaf rust of poplars in the north central United States. **Canadian Journal Research**, v.10, p.257-263, 1980.
- WIDIN, K. D.; SCHIPPER Jr., A.L. Effect of *Melampsora medusae* leaf rust infection on yield of hybrids poplars in the north central United States. **European Journal of Forestry Pathology**, v.11, p.438-448, 1981.
- WILCOX, J.R. ; FARMER, R.E.J. Variation and inheritance of juvenile characters of eastern cottonwood. **Silvae Genetic**, v.16, p.162-165, 1967.
- WU-HONG YUAN; WU, H.Y.; NAIR, K.S.S.; SHARMA, J.K; VARMA, R.V. Studies on the control measures of poplar rust, *Melampsora larici-populina* in China. Impact of diseases and insect pests in tropical forest. In: IUFRO SYMPOSIUM, Peechi, 1993. Peechi: Kerala Forest Research Institute, 1996. p.186-191.

ZILLER, W.G. Studies of western tree rust. VI The aecial host ranges of *Melampsora albertensis*, *M. medusae*, and *M. occidentalis*. **Canadian Journal of Botany**, v.43, p. 217-230, 1965.

ZILLER, W.G. **Tree rust of western Canada**. Victoria: Canadian Forest Service, 1974. (Canadian Forest Service, publication n.1329).