Influência da época de plantio no crescimento em altura e na
intensidade da ferrugem em monoprogenies e clones de
Eucalyptus urograndis

Planting season influence in height growth and in rust intensity in
monoprogenies and clones of *Eucalyptus urograndis*

Fernanda Maria Abilio¹, José Raimundo Passos², Cristiano Bueno de Moraes² e
Edson Luiz Furtado³

RESUMO

A ferrugem está entre as principais doenças que podem afetar a disponibilidade de madeira e os custos de produção do eucalipto. O melhoramento genético para resistência à doença e o estudo do crescimento das plantas em distintas épocas de plantio e locais, são estratégias silviculturais que podem agregar na diminuição dos danos. O objetivo foi avaliar a resistência à ferrugem e o crescimento inicial em altura de monoprogenies e clones de eucalipto por método de propagação e genótipo em diferentes épocas de plantio. Foram instalados dois experimentos no município de Avaré/SP, no verão e inverno, para comparação de incidências e severidade da ferrugem até 18 meses de idade, em diferentes épocas de plantio. O crescimento inicial em altura foi medido aos 150 e 360 dias após o plantio e calculado o incremento em altura e coeficiente de variação. Foi utilizado o delineamento estatístico em blocos casualizados, com duas monoprogenies e dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, quatro repetições e 300 plantas por parcela. O plantio no inverno apresentou as menores incidências de ferrugem e altura 31,17% maior comparada ao verão. Os métodos de propagação clonal e monoprogenie não apresentaram diferenças estatísticas na incidência de ferrugem e a monoprogenie apresentou altura -13,62% em relação ao clonal aos 360 dias, os genótipos mantiveram as mesmas características de suscetibilidade ao fungo que seus genitores e não houve diferenças significativas para altura. O plantio no inverno é uma estratégia de “escape” à ferrugem e para maior crescimento inicial do *Eucalyptus urograndis*, e o método de propagação clonal é uma alternativa para áreas com presença de ferrugem.

Palavras-chave: Clone, crescimento inicial, eucalipto, melhoramento florestal, monoprogenie, *Puccinia psidii*.

ABSTRACT

Rust is among the main diseases which may affect the wood availability and production cost of eucalyptus plantations. Eucalyptus genetic improvement for resistance to rust and plant growth study in different planting seasons and sites are silvicultural strategies which may reduce damage. The aim of this study was to evaluate the resistance to rust and the initial height growth of eucalyptus monoprogenies and clones by breeding method and genotype in different planting season. Two experiments were established in the county of Avaré/SP in Summer and Winter to evaluate the rust incidence and severity in plants up to 18 months old in different planting seasons. The initial growing in plant height was measured on the 150th and 360th day after planting and calculated the height increment and the coefficient of variation. The statistical design was randomized blocks with two monoprogenies and two hybrid clones of *E. grandis* x *E. urophylla*, four replications and 300 plants per plot. The winter planting presented the lowest incidence to rust and was 31.17% higher than summer planting. The monoprogenies and clones by breeding method did not present statistical differences in the incidence of rust and the monoprogeny's height on the 360th day was - 13.62% compared to clonal; the genotypes maintained the same characteristics for susceptibility to fungus as their parents and there were no significant differences in height. Winter planting is a management practice for escaping to rust and to achieve a better initial growth of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, and the clones are an alternative in areas with rust incidence.

Keywords: Clone, eucalyptus, forest improvement, initial growth, monoprogeny, *Puccinia psidii*.

1. Eucatex Indústria e Comércio. São Paulo / SP, Brasil. E-mail: Autor correspondente: fernanda.abilio@hotmail.com

2. Faculdade De Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp. Botucatu / SP, Brasil.

3. Universidade Federal de Tocantins – UFT. Gurupi / TO, Brasil.

INTRODUÇÃO

Os fungos estão entre os principais patógenos causadores de doenças no eucalipto e entre eles, destaca-se *Puccinia psidii*, agente causal da ferrugem, amplamente distribuída no Brasil (ALFENAS et al., 2009; AUER et al., 2016), cujos danos podem reduzir em até 30% o incremento anual da floresta (FURTADO et al., 2009).

A ferrugem pode ser identificada pelas esporulações de coloração amarela presentes nas folhas das plantas (AMORIM et al., 2011), podendo causar perda de dominância apical, necroses e morte de brotações (ALFENAS et al., 2009). Em condições de ambiente favorável, o fungo infecta plantas em estágio fenológico B, com órgãos tenros na parte aérea em mudas no viveiro e até dois anos de idade em campo e quando atingem o estágio fenológico C, ocorrem alterações morfológicas nas folhas das plantas as deixando resistentes à ferrugem (FERREIRA, 1989).

Em campo os ataques mais severos ocorrem em plantios jovens de 3 a 12 meses (AUER et al., 2016; CARIGNATO et al., 2018). A incidência diminui conforme maior a altura da muda, não apresentando ocorrência de ferrugem a partir dos 3 metros, pois o microclima interfere no período de molhamento foliar e o número de urediniósporos em suspensão no ar a essa altura é reduzido (ZAUZA, 2007). Ferreira (1983) cita que plantas com rápido crescimento são favorecidas ao “escape” da doença por atingirem rapidamente maiores alturas, sendo uma forma de controle da ferrugem em campo, que diminui o tempo de exposição à doença e prejuízos ao desenvolvimento das plantas.

O progresso e a intensidade da ferrugem variam conforme período estacional do ano, o qual estabelece condições ambientais adequadas à infecção do fungo (RUIZ et al., 1989a). As condições favoráveis à sua ocorrência consistem em temperaturas moderadas entre 15 e 25 °C, elevados índices de umidade relativa do ar e períodos noturnos de molhamento foliar superior a 8 horas (FURTADO et al., 2009). A germinação dos urediniósporos é favorecida quando a umidade relativa do ar é igual ou superior a 90% (RUIZ et al., 1989a).

Programas de melhoramento genético do eucalipto vêm sendo conduzidos para obtenção não somente de características silviculturais e industriais desejadas, mas também para resistência genética a doenças (FONSECA et al., 2010). Dentre as estratégias mais empregadas está a hibridação intra e interespecífica, resultando em ganho aditivo pela ocorrência da heterose ou vigor híbrido (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

Gonçalves et al. (2013) mencionam que clones de híbridos apresentam vantagens comparadas a materiais de uma única espécie, já que combinam características silviculturais e adaptabilidade. Morin et al. (2012) constataram que podem ser encontrados genótipos resistentes entre as espécies suscetíveis e indivíduos suscetíveis entre as espécies resistentes. Estes indivíduos resistentes podem ser clonados para plantio clonal comercial.

Uma das formas de recombinação é através de Pomar de Sementes Clonal. Quando as sementes são coletadas em matrizes de mesmo progenitor clonal feminino são chamadas de monoprogrênes. Estes progenitores femininos são geralmente clones comerciais, cujas características de resistência a pragas e doenças e qualidade da madeira são conhecidas, produzindo sementes com um grau de melhoramento avançado. Segundo Souza (2016), monoprogrênes de *Eucalyptus grandis* podem alcançar altas produtividades volumétricas.

Para a seleção de material genético resistente à ferrugem, as condições ambientais regionais de cada local de seleção devem ser analisadas (SILVA et al., 2013), isto porque a zona climática favorável à ferrugem mostra-se dinâmica e com alta variabilidade temporal e espacial no Brasil (ALVARES et al., 2016). A ocorrência da doença é distribuída em função da favorabilidade climática por regiões e épocas do ano, o outono e verão são as mais favoráveis ao fungo (MORAES, 2013).

As condições ambientais são fatores que devem ser considerados, já que variações climáticas influenciam também no crescimento do eucalipto (SETTE JUNIOR et al., 2010) e o estudo destas interações é importante para a determinação de estratégias e seleção de genótipos (OTTO et al., 2013). Campoe et al. (2016) verificaram que diversas espécies responderam a variáveis climáticas como temperatura do ar e disponibilidade de água.

Alvares et al. (2016) citam a importância de se definir as estações climáticas mais adequadas para implantação do eucalipto e locais de ocorrência da ferrugem, sendo uma importante ferramenta de gestão para diminuição de riscos às florestas plantadas. Assim, o presente estudo teve como objetivo

avaliar a resistência à ferrugem e o crescimento inicial em altura de monoprogênes e clones de eucalipto por método de propagação e genótipo em diferentes épocas de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em fazendas (fazenda 1: 49° 09' W 23° 11' S, fazenda 2: 48° 53' W 23° 12' S) localizadas no município de Avaré no sudoeste do Estado de São Paulo, Brasil. Para parâmetro comparativo da intensidade da ferrugem e do crescimento inicial em altura das plantas, o plantio foi realizado em diferentes épocas climáticas do ano, no verão e no inverno. Ambos apresentam características edafoclimáticas do tipo Cwa (subtropical úmido com inverno seco e verão quente) segundo Alvares et al. (2013), localizados em região favorável à ocorrência da ferrugem.

Os experimentos foram compostos por materiais genéticos provenientes de dois métodos de propagação, em dois clones distintos. Foram utilizados clones comerciais híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, tidos como clone 1 resistente e clone 2 suscetível à ferrugem, obtidos por seleção massal em plantio seminal comercial formado por sementes oriundas de Áreas Produtoras de Sementes de polinização aberta. Estes clones foram submetidos aos métodos de propagação clonal e seminal.

Para a propagação clonal foi adotada a clonagem das árvores dos clones 1 e 2 por meio da multiplicação vegetativa por miniestaquia. O método de propagação seminal foi denominado neste estudo como monoprogênie para melhor qualificação do material genético utilizado. As matrizes de híbridos de *Eucalyptus urograndis* selecionadas para a coleta das sementes foram propositalmente dos clones 1 e 2 contidos em Pomar de Sementes Clonal de polinização aberta, circundados por um único clone da espécie *E. urophylla* resistente à ferrugem. Para a produção das mudas deste tratamento foi realizada a semeadura das então denominadas monoprogênes 1 e 2, como uma geração seguinte de seu respectivo clone progenitor.

O sistema de plantio em campo foi o de cultivo mínimo manual com espaçamento de 3,0 x 2,0 m, instalados no delineamento estatístico em blocos casualizados, compostos por dois clones comerciais e duas monoprogênes, quatro repetições, 300 plantas por parcela, totalizando 4.800 plantas por experimento. Para a determinação da intensidade da ferrugem e o crescimento em altura, foram avaliadas todas as plantas de monoprogênes, sendo 300 plantas por repetição, e 50 plantas por repetição, nos tratamentos clonais.

Para a análise e discussão dos resultados, os materiais foram qualificados por época de plantio (verão/inverno), método de propagação (clonal/monoprogênie) e genótipos (1/2).

O índice de infecção da ferrugem foi determinado para cada época de plantio para análise da favorabilidade climática e progressão da infecção da doença.

Os dados climáticos diários foram obtidos da Estação Meteorológica Automática de Avaré/SP - INMET, com distância média de 20 quilômetros dos experimentos, em condições semelhantes de fisiografia da área de estudo. A cada 60 minutos foram medidas a temperatura máxima e a umidade relativa do ar para cálculo do índice de infecção da ferrugem diário, consolidado em médias mensais para caracterização das áreas do estudo.

O cálculo foi baseado no modelo proposto por Ruiz et al. (1989b) em câmaras úmidas em condições controladas, no qual estabelece pela equação uma relação entre a temperatura máxima e o período de molhamento foliar (umidade relativa do ar maior ou igual a 90%):

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

Onde *II* é o índice de infecção, *T* a temperatura máxima (°C) e *H* o período de molhamento foliar (horas).

A intensidade da ferrugem foi determinada para análise da influência da época de plantio na ocorrência da doença, e "escape" das plantas entre métodos de propagação e genótipos. As avaliações começaram 30 dias após o plantio e repetidas mensalmente até os experimentos completarem 18 meses de idade. A severidade do ataque da ferrugem foi medida pelo método baseado na escala de notas (Sn) de Zamprogno et al. (2008) (Figura 1), no qual cada planta é avaliada e atribuída uma nota de acordo com o nível de severidade dos danos causados pelo fungo na planta.

Foi calculado o incremento médio diário em altura subtraindo-se os valores da altura média entre 360 e 150 dias dividido pelo número de dias, podendo assim comparar a diferença diária entre crescimentos iniciais em altura.

S0 - isenta de esporulações e sintomas; S1 - poucas pústulas de ferrugem; S2 - pústulas de ferrugem esparsas ou em agregados abundantes, nos limbos e folhas novas; S3 - pústulas abundantes, podendo existir necrose nas porções atacadas e em estágios mais avançados, além de pústulas nos limbos, também em pecíolos de folhas novas e nos terminais de galhos e haste principal, com possível perda de dominância apical.

Figura 1. Escala diagramática de ferrugem por Zamprogno et al. (2008) modificado de Takahashi (2002).

Picture 1. Rust diagrammatic scale by Zamprogno et al. (2008) modified by Takahashi (2002).

Para a interpretação da dinâmica entre a disponibilidade hídrica no solo e o crescimento inicial em altura das plantas, em cada época de plantio, foi calculado o balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) com base nas informações de temperatura média e precipitação do período, adotando-se uma capacidade de água disponível de 75mm, calculado a partir do mês de plantio até a última medição em altura das plantas, para cada experimento.

O balanço hídrico é determinado pela entrada e saída de água do solo, em que a entrada é a precipitação e a saída a evapotranspiração potencial, permitindo identificar condições de excedente ou deficiência de água no solo (AMORIM NETO, 1989).

Na modelagem estatística para a incidência da infecção de ferrugem foi calculada a relação percentual entre o número de plantas infectadas pelo número de plantas sobreviventes, contabilizando apenas plantas saudáveis e doentes, desconsiderando neste caso, níveis de severidade da doença.

Foi ajustado um modelo linear generalizado misto para a incidência da ferrugem e para a altura média das plantas por linha, com distribuição gama e função de ligação logarítmica, considerando os fatores época de plantio, método de propagação, genótipo e suas interações (duplas e triplas), e a interação bloco e método de propagação como efeito aleatório. Para a comparação das médias da interação época de plantio, método de propagação e genótipo foi aplicado o teste de Tukey-Kramer ao nível de 5% de significância (WESTFALL; TOBIAS; WOLFINGER, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de infecção para os experimentos foi positivo durante todo o período do estudo, atingindo valores máximos nos meses de maio de 2014 e março, maio e novembro de 2015, com índices variando de 7,9 a 8,3 (Figura 2).

Embora as temperaturas estejam dentro dos parâmetros estimados como ideais, o período de molhamento foliar pode ser um fator limitante para uma epidemia de ferrugem, já que na maioria dos meses esteve abaixo do adequado. Quando as temperaturas estavam favoráveis e o tempo de molhamento foliar maior que 8h, corresponderam com os meses de maior índice de infecção, coincidindo com o índice igual ou superior a 7,5, que sucedeu nos meses de maio (outono) de 2014 e 2015 e fevereiro/março (verão/outono) e novembro/dezembro (primavera/verão) de 2015.

Fonte: Dados da Rede do INMET (2016)

Figura 2. Índice de ferrugem, flutuação mensal das médias de temperatura máxima e horas de molhamento foliar de jan/2014 a fev/2016.

Picture 2. Rust rate, monthly fluctuation of minimum temperature average and leaf moistening time from jan/2014 to fev/2016.

Takahashi (2002) salienta em seu estudo sobre índices de infecção para duas regiões no Estado de São Paulo, que a ocorrência da ferrugem no eucalipto pode estar vinculada a períodos climáticos favoráveis ao fungo enquanto as plantas apresentarem brotações jovens. Porém, de acordo com o autor o plantio em diferentes épocas ou com distintas procedências podem interferir nos períodos de exposição da planta à doença. Sendo assim, embora tenha havido no presente estudo, meses com altos índices de infecção, os mesmos podem não estar relacionados à fase jovem das plantas, ocorrendo o chamado “escape”.

Na análise dos efeitos de época de plantio, método de propagação e genótipo na incidência mensal de ferrugem, só foram significativos os efeitos principais, não havendo interações significativas.

Na comparação da influência da época de plantio na ocorrência da ferrugem, os materiais genéticos plantados no verão apresentaram as maiores incidências da doença. A partir dos meses de abril e maio de 2014 com elevados índices de infecção favoráveis ao fungo, as mudas plantadas no verão apresentaram a primeira ocorrência aos 90 dias e obteve as maiores incidências da doença após 180 dias (Figura 3). A máxima infecção foi atingida em julho de 2014 com 17,50% de plantas com ferrugem, sendo decrescente nos meses posteriores, coincidindo com o período após alto índice de infecção (maio/2014).

O plantio no inverno apresentou a primeira ocorrência e pico de incidência aos 60 dias com 11,57% de plantas infectadas em outubro de 2014, mas não coincidiu com altos índices de infecção e períodos de molhamento foliar favoráveis, e provavelmente em função disso, seus percentuais de incidência tenham sido menores nos meses seguintes.

Moraes (2013) verificou que a estação do ano com maior favorabilidade climática para a ferrugem no Estado de São Paulo é o verão, sendo o inverno a menor, coincidindo com os resultados do estudo. Deste modo, o plantio de inverno pode representar uma estratégia de “escape”.

Os métodos de propagação clonal e monoprogenie não apresentaram diferenças estatísticas na incidência média de ferrugem (Figura 4). Nos dois casos, a primeira ocorrência foi aos 60 dias após o plantio, a monoprogenie apresentou nesta idade sua máxima incidência com 7,89% de plantas com ferrugem, enquanto o clonal atingiu 3,67% e aos 180 dias um acréscimo máximo para 14,74%, que gradativamente reduziu nos meses seguintes. A partir dos 390 dias, ambos os métodos reduziram seus percentuais de plantas infectadas abaixo de 1%.

Entre genótipos os resultados demonstraram haver diferenças significativas na incidência da infecção de ferrugem (Figura 5). O genótipo 1, cujo progenitor clonal é suscetível, continuou com maiores incidências comparado ao genótipo 2, com baixa suscetibilidade ao fungo.

Com maior proporção de plantas doentes, o genótipo 1 apresentou os mais altos percentuais de incidência aos 180 e 210 dias, alcançando 19,52% e 13,30% de plantas infectadas, respectivamente.

Percentuais de plantas infectadas seguidas de mesma letra no correspondente dia não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. As barras representam o erro padrão da média.

Figura 3. Incidência média de ferrugem mensal (a) e incidência de ferrugem por mês avaliado (b) por época de plantio em *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.

Picture 3. Monthly rust average occurrence (a) and rust occurrence per evaluated month (b) by planting season in *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

Percentuais de plantas infectadas seguidas de mesma letra no correspondente dia não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. As barras representam o erro padrão da média.

Figura 4. Incidência média de ferrugem mensal por método de propagação em *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.

Picture 4. Monthly rust average occurrence by breeding method in *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

Alturas de plantas seguidas de mesma letra no correspondente dia não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. As barras representam o erro padrão da média.

Figura 5. Incidência média de ferrugem mensal por genótipo de *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.

Picture 5. Monthly rust average occurrence by genotype of *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

Resultado esperado para este genótipo, por ser resultante dos métodos de propagação clonal e monoprogenie do clone 1, suscetível à ferrugem.

O genótipo 2 apresentou baixa suscetibilidade, atingiu valor máximo da incidência aos 60 dias com 2,38% e aos 150 dias com 2,18% de plantas doentes. Embora o clone 2, progenitor deste genótipo seja considerado resistente, é conhecido que apresenta plantas com pequena ocorrência de ferrugem em campo, podendo ser um indicativo de que o patógeno possa estar quebrando sua resistência, o que reforça a importância da introdução de variabilidade genética nos programas de melhoramento.

A severidade do ataque da ferrugem foi avaliada e atribuída uma nota de acordo com o nível de danos causados pelo fungo na planta. Entretanto, o nível de severidade S2 foi verificado em uma quantidade mínima de plantas (0,01%), não estabelecendo correlação entre os dados para época de plantio, método de propagação e genótipo, e seu ataque não causaria danos às plantas ou influenciariam no crescimento em altura. O nível de severidade S3 não foi encontrado no experimento.

Segundo Fonseca (2015), períodos de molhamento foliar acima de oito horas proporcionam maior intensidade da doença, e no presente estudo não houve longos períodos que favorecessem maiores níveis de severidade nas plantas.

Para a altura média das plantas, a análise dos efeitos estudados (época de plantio, método de propagação e genótipo) só foram significativos os efeitos principais. Na comparação da influência da época de plantio, os materiais genéticos plantados no inverno apresentaram as maiores alturas médias ao longo do período estudado (Figura 6). O plantio de inverno atingiu a altura média de 9,04m aos 360 dias, com coeficiente de variação (CV) de 8,65% e maior incremento médio com 2,46 cm dia⁻¹, já no verão a altura média foi de 6,89m, CV de 11,04% e incremento médio de 2,08 cm dia⁻¹ (Tabela 1).

Garcia (1989) classifica o CV como médio para valores entre 4,75% e 12,50% e alto entre 12,50% e 16,40%, e de acordo com o autor, quanto menor o CV, maior a homogeneidade dos dados. Almeida Junior (2014) cita que a homogeneidade em plantios de eucalipto medida pelo CV é um parâmetro de potencial produtivo da floresta e no presente estudo, o inverno, cujos resultados para altura média foram maiores, apresentou menor CV e obteve maior incremento médio diário comparado ao verão.

Conforme Alfenas et al. (2009) e Carvalho et al. (1994), o fungo não encontra microambiente favorável à infecção quando as plantas atingem alturas acima de três metros, o que pode explicar a queda na incidência da ferrugem nos experimentos a partir dos 180 dias. Takahashi (2002) constatou que diferentes épocas de plantio podem resultar em distintos períodos de exposição à ferrugem. Desta forma, a presença da ferrugem esteve associada à época de plantio e consequentemente ao período de desenvolvimento da planta.

Para o plantio no verão, as plantas passaram por período climático favorável à ferrugem (maio/2014), quando ainda estavam no estágio fenológico B e sua altura inicial aos 150 dias era inferior aos três metros. No plantio realizado no inverno, apesar de ter havido um pico na quantidade de plantas

Alturas de plantas seguidas de mesma letra no correspondente dia não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. As barras representam o erro padrão da média.

Figura 6. Altura média das plantas de *Eucalyptus urograndis* por época de plantio entre jan/2014 a fev/2016.

Picture 6. Medium height of *Eucalyptus urograndis* plants by planting season from jan/2014 to feb/2016.

Tabela 1. Altura média, incremento médio diário em altura e coeficiente de variação por época de plantio de *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.

Table 1. Medium height, mean daily increment in height and coefficient of variation by planting season of *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

	Altura média (m)		Incremento médio diário (cm dia ⁻¹)	Coeficiente de variação ⁽¹⁾
	150 dias	360 dias		
Verão	2,51 a (0,05)	6,89 a (0,19)	2,08	11,04%
Inverno	3,88 b (0,07)	9,04 b (0,20)	2,46	8,65%

Alturas de plantas seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. Erro padrão da média entre parênteses. ⁽¹⁾ Valores correspondentes às medições aos 360 dias.

com ferrugem aos 60 dias, os demais meses apresentaram pequeno percentual de plantas doentes relacionado à baixa favorabilidade climática, e quando o índice de infecção esteve alto (fevereiro/2015), as plantas já haviam atingindo maiores alturas, sendo uma condição adversa ao fungo ocorrendo o “escape”.

Segundo Takahashi (2002), em estudos com *Eucalyptus grandis* no Estado de São Paulo, os danos causados pela doença em plantas aos 11 meses de idade apresentaram 35,81% de diferença na altura média entre sadias e infectadas no maior nível de severidade da doença. Entretanto, embora houvessem, no presente estudo diferenças estatísticas na incidência de ferrugem entre épocas de plantio, sendo maior para o verão, não houve correlação significativa com as alturas médias. O nível de severidade S3 não foi verificado nas avaliações, cujo ataque acarretaria em prejuízos ao desenvolvimento das plantas.

Além de apresentar maiores alturas, o plantio de inverno pode ser uma estratégia de “escape” adotada para o uso de materiais genéticos suscetíveis à ferrugem, pois com um maior incremento médio diário, diminui o tempo de exposição da planta durante seu estágio fenológico B, no período de maior favorabilidade climática ao fungo.

Entre os métodos de propagação, aos 150 dias as alturas médias não diferiram significativamente, mas aos 360 dias os valores foram maiores para o método clonal (Figura 7), que alcançou altura média de 8,54m, CV de 14,91% e maior incremento médio de 2,54 cm dia⁻¹ (Tabela 2). As monoprogenies atingiram altura média de 7,38m, CV de 15,46% e menor incremento médio em altura de 2,00 cm dia⁻¹, apresentando possível segregação genética em resultado aos cruzamentos, não atingindo o crescimento inicial esperado.

Alturas de plantas seguidas de mesma letra no correspondente dia não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. As barras representam o erro padrão da média.

Figura 7. Altura média das plantas por método de propagação em *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.
Picture 7. Medium height of plants by breeding method in *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

Tabela 2. Altura média, incremento médio diário em altura e coeficiente de variação por método de propagação em *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.

Table 2. Medium height, mean daily increment in height and coefficient of variation by breeding method in *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

	Altura média (m)		Incremento médio diário (cm dia ⁻¹)	Coeficiente de variação ⁽¹⁾
	150 dias	360 dias		
Clonal	3,21 a (0,19)	8,54 a (0,32)	2,54	14,91%
Monoproquíe	3,18 a (0,18)	7,38 b (0,29)	2,00	15,46%

Alturas de plantas seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. Erro padrão da média entre parênteses. ⁽¹⁾ Valores correspondentes às medições aos 360 dias.

Entre genótipos, as alturas foram diferentes estatisticamente somente aos 150 dias (Figura 8). O genótipo 1 atingiu a maior altura média aos 150 dias com 3,33m, apesar de pequena diferença para o genótipo 2 com 3,07m (Tabela 3), aos 360 dias o valor do CV para altura foi considerado muito alto com 17,55% e alto para o genótipo 2 com 16,33%.

O fator de influência na altura das plantas não pode ser atribuído à infecção de ferrugem, pois não houve diferenças estatísticas na incidência do fungo ou correlação significativa com as alturas médias, e não foram encontrados níveis de severidade da doença que pudessem acarretar em discrepâncias nos crescimentos iniciais em altura.

Considerando o Balanço Hídrico para o plantio no verão, a temperatura média foi de 22,1°C, com uma pluviosidade acumulada de 1.197,6mm e um déficit hídrico de 35mm ao final. Já para o plantio no inverno, a temperatura média foi de 20,8°C, com pluviosidade acumulada de 1.546,2mm e um excedente hídrico de 470mm (Figura 9). Martins et al. (2008) verificaram que a deficiência hídrica no solo causa diminuição no crescimento e no desenvolvimento de mudas de eucalipto, Sette Junior et al. (2010) também observaram que a precipitação e a disponibilidade hídrica no solo afetam o crescimento de árvores de *E. grandis*. Stape et al. (2004) ao submeterem irrigação em um plantio de *E. grandis* x *E. urophylla*, a produtividade em biomassa do caule aumentou em 52%.

Considerando que a água é um fator limitante ao desenvolvimento das plantas (FLOSS, 2004), o presente estudo indica que o maior crescimento inicial do plantio no inverno pode ter sido favorecido pelo excedente hídrico, já que para o plantio no verão houve um maior número de meses com deficiência hídrica e resultou em plantas com menores valores em altura. Desta forma, conhecer as condições hídricas da época e locais de plantio permite a definição de planos estratégicos para um manejo adequado que favoreça o crescimento das plantas e um melhor aproveitamento de recursos ambientais disponíveis como a água.

Alturas de plantas seguidas de mesma letra no correspondente dia não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. As barras representam o erro padrão da média.

Figura 8. Altura média das plantas por genótipo de *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.

Picture 8. Medium height of plants by genotype of *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

Figura 9. Balanço hídrico mensal para o plantio no verão (a) e no inverno (b) de jan/2014 a fev/2016.

Picture 9. Monthly hydric balance by planting in Summer (a) and in Winter (b) from jan/2014 to feb/2016.

Tabela 3. Altura média, incremento médio diário em altura e coeficiente de variação por genótipo de *Eucalyptus urograndis*, de jan/2014 a fev/2016.

Table 3. Medium height, mean daily increment in height and coefficient of variation by genotype of *Eucalyptus urograndis*, from jan/2014 to feb/2016.

	Altura média (m)		Incremento médio diário (cm dia ⁻¹)	Coeficiente de variação ⁽¹⁾
	150 dias	360 dias		
Genótipo 1	3,33 a (0,21)	7,90 a (0,35)	2,18	17,55%
Genótipo 2	3,07 b (0,16)	8,03 a (0,33)	2,36	16,33%

Alturas de plantas seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey-Kramer. Erro padrão da média entre parênteses. ⁽¹⁾ Valores correspondentes às medições aos 360 dias.

CONCLUSÕES

O plantio no inverno, com características edafoclimáticas do tipo Cwa, constitui-se como uma prática de manejo para o *Eucalyptus urograndis*, como estratégia de “escape” à ferrugem, para atingir maior homogeneidade e crescimento inicial em altura.

O método de propagação clonal é uma alternativa para áreas com presença de ferrugem, apresenta maior crescimento inicial, sem diferenças na incidência de ferrugem em relação as monoprogenies.

Os genótipos mantiveram as mesmas características de suscetibilidade ao fungo que seus genitores e não diferiram em crescimento inicial.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à Empresa Eucatex pela estrutura e área concedida para realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 500 p.
- ALMEIDA JUNIOR, P. P. **Influência do controle da qualidade sobre a homogeneidade de plantio, em uma floresta de eucalipto**. 2014. 39 p. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Gestão Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVARES, C. A.; SENTELHAS, P. C.; MATTOS, E. M.; MIRANDA, A. C.; MORAES, W. B.; SILVA, P. H. M.; FURTADO, E. L.; STAPE, J. L. Climatic favorability zones for *Eucalyptus* rust in Brazil. **Forest Pathology**, v. 46, n. 5, 2016.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. 704 p.
- AMORIM NETO, M. S. A. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955). **Comunicado Técnico Embrapa**, Petrolina, n. 34, p.1-18, 1989.
- AUER, C.G.; SANTOS, A. F.; FURTADO, E. L. Doenças do eucalipto. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. v.2, p. 359-373.
- CAMPOE, O. C.; MUNHOZ, J. S. B.; ALVARES, C.A.; CARNEIRO, R. L.; MATTOS, E. M.; FERREZ, A. P. C.; STAPE, J. L. Meteorological seasonality affecting individual tree growth in forest plantations in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 380, p. 149-160, 2016.
- CARIGNATO, A.; MORAES, C. B.; ZIMBACK, L.; MORI, E. S. Genetic Resistance to Rust of *Eucalyptus urophylla* Progenies. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n.1, 2018.
- CARVALHO, A. O.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; CARMO, M. G. F. Avaliação do progresso da ferrugem (*Puccinia psidii*) em brotações de *Eucalyptus cloeziana* no sudeste da Bahia, de 1987 a 1981. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 18, p. 265-74, 1994.
- FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570 p.
- FERREIRA, F. A. Ferrugem do eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 91-109, 1983.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 2 ed. Passo Fundo: UPE, 2004. 536 p.
- FONSECA, M. D. S. **Duração mínima do molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem (*Puccinia psidii*) e efeito da doença nas respostas fisiológicas do eucalipto**. 2015. 49 P. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais/Recursos Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.
- FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2010. 200 p.
- FURTADO, E. L.; DIAS, D. C.; OHTO, C. T.; ROSA, D. D. **Doenças do eucalipto no Brasil**. Botucatu: FEPAF, 2009. 74 p.
- GARCIA, C.H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.171, p.1-11, 1989.
- GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON,

D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 6-27, 2013.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.

MORAES, W. B. **Ferrugem do Eucalipto**: favorabilidade climática e métodos de aplicação de fungicida para controle. 2013. 71 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

MORIN, L.; AVEYARD, R.; LIDBETTER, J. R.; WILSON, P. G. Investigating the host-range of the rust fungus *Puccinia psidii* sensulato across Tribes of the family Myrtaceae. **Plos One**, v. 7, p. 1-7, 2012.

OTTO, M. S. G.; VERGANI, A. R.; GONÇALVES, A. N.; VRECHI, A.; SILVA, S. R.; STAPE, J. L. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 431-439, 2013.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas**: resultados e perspectivas. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 64 p.

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

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

SETTE JUNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; LACLAU, J. P. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 979-990, 2010.

SILVA, P. H. M.; MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T.; FURTADO, E. L.; STAPE, J. L.; ALVARES, C. A.; SENTELHAS, P. C.; MORI, E. S.; SEBBENN, A. M. Selecting for rust (*Puccinia psidii*) resistance in *Eucalyptus grandis* in São Paulo State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 303, n. 1, p. 91-97, 2013.

SOUZA, I. C. G. **Seleção e melhoramento em populações clonais de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2016. 70 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas-Genética) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2016.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; GOMES, A. N. Water use, water limitation and water use efficiency in a *Eucalyptus* plantation. **Bosque**, Valdivia, v. 25, n. 2, p. 35-41, 2004.

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

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The Water Balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology)

WESTFALL, P. H.; TOBIAS, R. D.; WOLFINGER, R. D. **Multiple Comparisons and Multiple Tests Using the SAS System**. Cary: SAS Institute Inc, 1999. 397 p.

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

ZAUA, E. A. V. **Epidemiologia da ferrugem do eucalipto e resistência genética**. 2007. 67 P. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

Recebido em: 27/12/2017

Aceito em: 02/05/2018