

RESISTÊNCIA E RESILIÊNCIA A GEADAS EM *Eucalyptus dunnii* MAIDEN PLANTADOS EM CAMPO DO TENENTE, PR

Rosana Clara Victoria Higa¹
Antonio Rioyei Higa²
Roberto Trevisan³
Marcos V.R. de Souza⁴

RESUMO

Danos causados pelas geadas de 1994 foram analisados em progênies de *Eucalyptus dunnii* Maiden, plantadas em Campo do Tenente, PR. Foram observadas diferenças significativas para resistência e resiliência a geadas, número de brotos e crescimento em altura aos 12, 26 e 36 meses de idade. Não foram observadas alterações significativas na classificação hierárquica das progênies para crescimento em altura, durante o período de avaliação. No entanto, houve alteração significativa na classificação hierárquica das progênies, para resiliência a geadas. É provável que resistência e resiliência a geadas sejam resultado de mecanismos fisiológicos diferentes. Esse fato deve ser considerado na definição da estratégia de melhoramento genético para essa espécie, em regiões de ocorrência de geadas.

Palavras-Chave: *Eucalyptus dunnii*, recuperação, progênies.

¹ Eng. Agrônomo, Doutor, CREA nº 93017, Pesquisadora da *Embrapa Florestas*.

² Eng. Florestal, Doutor, CREA nº 52.583-D, Professor - Universidade Federal do Paraná.

³ Eng. Florestal, CREA nº 8458-D - Placas do Paraná S.A.

⁴ Eng. Florestal, CREA nº 8452-D - Placas do Paraná S.A.

FROST RESISTANCE AND FROST RESILIENCE IN *Eucalyptus dunnii* MAIDEN PLANTED IN CAMPO DO TENENTE, PR

ABSTRACT

E. dunnii progenies planted in Campo do Tenente, PR, in 1993 were evaluated for frost damage occurred in 1994. Significant differences were observed among progenies in relation to frost resistance, frost resilience, number of shoots and height growth at 12, 26 and 36 months of age. There was no difference on progenies ranking for height growth, during the evaluation time. On the other hand, for frost resilience it was the opposite. It is likely that frost resistance and frost resilience are the result of distinct physiological mechanism. It should be considered for tree breeding strategy for the species.

Key-Words: *Eucalyptus dunnii*, recovery, progenies.

1 INTRODUÇÃO

Eucalyptus dunnii Maiden tem-se destacado no Brasil pelo rápido crescimento, uniformidade dos talhões, forma das árvores e resistência à geada não muito severa. Essa espécie é indicada para plantio no estado de Santa Catarina, em altitudes entre 500 e 1.000m (Embrapa, 1986), e em regiões de ocorrência de geadas no estado do Paraná (Embrapa, 1988). Esse potencial foi também confirmado por Oliveira (1988) que comparou o crescimento de 31 espécies de eucaliptos na região de Três Barras, SC, e por Higa et al. (1997) que a classificou como uma das melhores espécies do gênero em crescimento e resistência a geadas, em Campo do Tenente, PR.

Resistência a geadas envolve mecanismos de prevenção e tolerância. Em condições de temperaturas abaixo de 0° C, o metabolismo das células é afetado, reduzindo-se ao mínimo as funções fisiológicas mais importantes. A prevenção se dá através de processos que evitam a formação de gelo, quer pela proteção de partes ou órgãos das plantas contra baixas temperaturas, quer pela diminuição do ponto de fusão da água ou síntese de solutos que aumentam a concentração osmótica intracelular, dificultando

a saída da água para formação do gelo extra-celular. Os mecanismos de prevenção são estratégias adequadas de plantas em regiões onde ocorrem geadas leves, durante o período de crescimento e atividade metabólica. A diminuição do ponto de congelamento pode ser induzida, após alguns dias de baixas temperaturas e é suficiente para aumentar a resistência a geadas esporádicas ou aquelas que ocorrem fora do período de inverno. Tolerância é a habilidade da planta em sobreviver à formação do gelo extra-celular, sem sofrer danos (Larcher, 1983). Tolerância é o único mecanismo eficiente de sobrevivência, onde as geadas são regulares e severas, típicas de regiões de grandes latitudes (Sakai & Larcher, 1987).

A extensão do dano provocado por geadas depende da intensidade e da duração da temperatura mínima (Sakai & Larcher, 1987). Mas, um fator importante é o efeito da época de ocorrência de geadas, isto é, se ocorrem em episódios isolados, ou se ocorrem regularmente. A época de ocorrência de geadas varia consideravelmente de ano para ano e são normalmente mais perigosas, porque embora as temperaturas raramente sejam muito baixas, elas atingem as plantas com pouca ou nenhuma rustificação (Larcher, 1983). Em contraste, nas geadas periódicas, as plantas podem se "preparar" para a sua ocorrência anual, através de uma gradual aclimação dos seus processos vegetativos e dessa forma não sofrer danos (Sakai & Larcher, 1987).

Pesquisas sobre recuperação de plantas, após terem sofrido danos de geadas, são recentes. O quanto e como o desenvolvimento posterior é afetado é pouco conhecido. O termo resiliência, que é a capacidade de um indivíduo voltar ao normal após ter sido danificado, ou ainda a capacidade de recuperação de uma planta após ter sido exposta a fatores adversos, vem sendo empregado nesse tipo de estudo.

É provável que a capacidade de recuperação ou resiliência passe a ser incorporada em programas de melhoramento, principalmente em regiões com ocorrência freqüente de geadas, uma vez que as espécies do gênero não são tolerantes a geadas. Higa & Higa (1997) observaram que danos provocados por geadas que afetem menos que 50% da parte aérea não trazem prejuízos significativos para sobrevivência e crescimento em altura, causados por geadas em *E. viminalis* com 6 meses de idade. Resultados semelhantes foram também observados por Pinkard et al. (1995). Esses autores observaram que a taxa de crescimento de *E. nitens* não foi afetada pela poda de 50% das folhas, mas que a remoção de 70% das folhas resultou em queda no crescimento em altura e diâmetro, até 10 meses após o tratamento.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das geadas, em progênies de *E. dunnii*, com 16 meses de idade, considerando a sobrevivência, os níveis de danos visíveis causados nas plantas e o crescimento em altura, após esse período.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi plantado em fevereiro de 1993, em Campo do Tenente, PR, latitude de 25 ° 59 'S e 49 ° 41 'W e altitude de 825 m. O clima da região é classificado como submontano (tipo temperado quente) úmido e muito úmido, com temperatura média anual entre 15 °C e 19 °C, com mínima absoluta de -5 °C a -10 °C e até 40 geadas por ano. A precipitação média anual é de 1.250 a 2.500 mm, com distribuição uniforme e sem déficit hídrico. O solo predominante é do tipo latossolo vermelho escuro, pouco profundo, horizonte A proeminente e textura argilosa. O relevo é ligeiramente ondulado.

O teste de progênie foi constituído de 40 famílias, originadas de sementes coletadas em populações naturais de *E. dunnii*, na Austrália, e duas famílias provenientes de sementes coletadas de árvores selecionadas no local. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com seis repetições e parcelas lineares de quatro plantas. O espaçamento entre plantas foi de 3,0 m x 3,0 m, com bordadura dupla.

Quando as plantas completaram um ano de idade foi feita uma avaliação de sobrevivência, altura total (H1) e DAP.

A avaliação de danos (resistência à geada) foi realizada em 26 de julho de 1994, um mês após a ocorrência da primeira geada severa (temperatura de -6,5°C). Cada planta recebeu uma nota que variava de 0 (100% do fuste danificado) a 10 (sem nenhum dano visual), conforme

Tabela 1. Para análise estatística, as notas foram transformadas em: $\sqrt{x + 1}$

Tabela 1 Notas atribuídas a danos causados por geadas, adaptado de Franklin & Meskimen (1983).

NOTA	NÍVEL DE DANO *
10	Sem dano visual
9	Menos de 25% da área foliar danificada
8	25-49% da área foliar danificada
7	50-74% da área foliar danificada
6	75-99% da área foliar danificada
5	100% da área foliar danificada
4	Menos de 25% do caule danificado
3	25-49% do caule danificado
2	50-74% do caule danificado
1	75-99% do caule danificado
0	100% do caule danificado

*Notas abaixo de 4 também apresentavam 100% da área foliar queimada.

Nove meses após a geada, ou seja, quando as plantas tinham 26 meses de idade, foi feita uma avaliação medindo-se a altura total da planta (H2), altura do dano (H3), número de brotos e DAP. Uma nova avaliação da altura total (H4) e DAP foi realizada quando as plantas completaram 36 meses de idade.

A resiliência (R) foi calculada como:
$$R (\%) = \frac{H3-H2}{H3}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas entre a sobrevivência de progênes em cada um dos três anos de avaliação, mas a diferença na média entre o primeiro, segundo e terceiro ano de medição foi mínima (Tabela 2).

Tabela 2 Resultados da análise de variância para sobrevivência (%) aos 12, 26 e 36 meses de idade, resistência a geadas (notas) avaliada um mês após a geada, número de brotos avaliado aos 26 meses de idade e resiliência em progênies de *E. dunnii* em Campo do Tenente, PR.

CARACTERÍSTICA	MÉDIA	F	C.V. (%)
Sobrevivência 12 meses	93,95	1,97*	14,08
Sobrevivência 26 meses	91,77	3,16**	17,68
Sobrevivência 36 meses	91,47	2,89**	17,72
Resistência a geadas	6,02	7,12**	13,74
Número de brotos	1,67	1,66*	32,27
Resiliência	61,84	1,64*	19,37

**significativo ao nível de 1%

* significativo ao nível de 5%

Resultados semelhantes foram observados por Lisbão Júnior (1980). Esse autor verificou que a sobrevivência de *E. dunnii* permaneceu alta mesmo após as plantas, com três meses de idade, terem sido afetadas por geadas severas na região de Colombo, PR. Darrow (1995) também observou uma redução menor que 5% na taxa de sobrevivência em *E. dunnii* na África do Sul, depois de uma geada de -11°C , quando as plantas tinham menos de um ano de idade.

A resistência a geadas foi avaliada um mês após a ocorrência, usando-se o sistema de notas. Diferenças altamente significativas foram detectadas ao nível de progênies. Nenhuma planta recebeu nota 10 (sem danos visíveis causados por geadas) e apenas 4,76% das plantas recebeu nota zero (plantas totalmente queimadas pela geada). Apesar de todas as plantas terem sofrido algum dano causado pela geada, 3,87% das plantas não apresentaram nenhum sinal de danos na avaliação realizada aos 26 meses e, somente 2,38% confirmaram a nota zero, recebida logo após a geada.

Todas as plantas apresentaram danos visíveis, na avaliação realizada um mês após a ocorrência da geada. Isso reforça a hipótese de que a espécie não é tolerante, mas apenas resistente a geadas.

As testemunhas originadas de sementes colhidas de árvores selecionadas no local, destacaram-se em relação à resistência a geadas.

Este resultado mostra, provavelmente, o efeito das seleções já realizadas, na adaptabilidade do germoplasma.

Outra característica muito importante foi a brotação, após a ocorrência das geadas que, só foi possível ser observada na avaliação feita aos 26 meses. A brotação é consequência da morte da gema apical e pode provocar deformações no fuste ou bifurcação. Aos 26 meses de idade, 40,58% das plantas observadas apresentavam mais de um broto. No entanto, esse número caiu para 8,73% aos 36 meses de idade, quando a maioria das plantas voltaram a apresentar um único broto terminal, confirmando que o gênero *Eucalyptus* tem forte dominância apical, conforme citado por Jacobs (1955).

É importante ressaltar que, os danos causados pela geada permanecem claramente visíveis, quer seja por tortuosidade, que pode variar de leve a acentuada, ou pela presença de ramos grossos. Embora a planta retome o crescimento, esse tipo de dano provoca lesões que comprometem a qualidade da madeira e favorecem a entrada de pragas e/ou doenças. Também foram observadas quebras de fuste, no local do dano.

Danos por geadas podem acarretar perdas no crescimento em altura. Normalmente, o crescimento é retomado abaixo da altura onde ocorreu o dano, muitas vezes, com o desenvolvimento de mais de uma gema epicórmica, deixando uma marca característica.

A média geral da altura aos 12 meses (H1), altura da parte aérea remanescente após o dano causado pela geada (H2), altura aos 26 meses (H3) e altura aos 36 meses de idade (H4) e os resultados das análises de variância ao nível de progênies, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Resultados das análises de variância das alturas aos 12 (H1), 26 (H2 e H3) e 36 meses de idade de progênies de *E. dunnii* em Campo do Tenente, PR.

ALTURAS (M)	MÉDIA	F	C.V. (%)
H1	2,75	2,72**	13,99
H2	2,98	2,62**	32,21
H3	7,14	3,37**	15,60
H4	11,83	2,28**	13,15

** significativo ao nível de 1%

De maneira geral, as progênies que apresentaram os maiores crescimentos em altura aos 12 meses de idade (H1) mantiveram suas posições aos 24 meses (H3) e 36 meses (H4), mesmo após a ocorrência da geada (Tabela 4). Por outro lado, as correlações entre a resistência a geadas e resiliência a geadas foram altamente significativas e inversas, indicando que essas características são conseqüências de processos fisiológicos distintos. No caso da ocorrência de geadas severas, em anos consecutivos, poderá ocorrer uma alteração no crescimento das progênies. Aquelas que apresentam um desenvolvimento inicial melhor podem não manter essa vantagem, após a ocorrência de várias geadas. Por essa razão é que, para casos como *E. grandis* na Flórida, recomenda-se resiliência como uma característica a ser incluída nos critérios de seleção (Rockwood, 1991; Meskimen et al., 1987).

Tabela 4 Correlação de Spearman para crescimento em altura (m) aos 12, 26, 36 meses de idade, sobrevivência e número de brotos (N.B.) aos 26 meses de idade, resiliência e resistência a geadas de *E. dunnii*, em Campo do Tenente, PR.

VARIÁVEIS	H2	H3	H4	RESIST	RESIL.	SOBRE	N.B.
H1	0,71**	0,74**	0,71**	0,63**	-0,61**	0,40**	-0,40**
H2		0,84**	0,78**	0,65**	-0,88**	0,29 ^{n.s.}	-0,46**
H3			0,90**	0,59**	-0,67**	0,33*	-0,49**
H4				0,48**	-0,60**	0,24 ^{n.s.}	-0,37*
RESIST.					-0,57**	0,48**	-0,41**
RESIL.						0,22 ^{n.s.}	0,37*
SOBR.							-0,24 ^{n.s.}

** significativo ao nível de 1%

* significativo ao nível de 5%

^{n.s.} não significativo

A comparação dos resultados obtidos nesse estudo, juntamente com os apresentados na literatura, evidenciam a complexidade do assunto e os riscos de generalização de recomendações de práticas silviculturais para recuperação de plantações de eucalipto danificadas, em regiões de ocorrência de geadas.

4 CONCLUSÕES

A geada de junho de 1994 não afetou a sobrevivência das progênies de *E. dunnii* plantadas em Campo do Tenente, PR, mas reduziu a altura da maioria das plantas e causou níveis variados de danos, em todas as plantas do experimento.

A posição hierárquica das progênies, em relação ao crescimento em altura, não foi alterada pela ocorrência das geadas, mas as plantas com maior crescimento antes da geada foram menos resilientes, apresentando menor taxa de crescimento depois da geada.

As testemunhas apresentaram crescimento médio em altura, DAP e volume, próximo à média do experimento, mas evidenciaram resistência a geadas superior à média, sugerindo que o material genético estava mais adaptado às condições climáticas locais.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DARROW, W.K. Selection of Eucalypt species for cold and dry areas in South Africa. In: CONFERENCE ON EUCALYPT PLANTATIONS: Improving fibre yield and quality (1995: Hobart) **Proceedings...**IUFRO, 1995. p.336-338.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Curitiba, PR). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná.** Brasília, 1986, 89p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 17).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Curitiba, PR). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina.** Curitiba, 1988. 113p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 21).
- FRANKLIN, E.C.; MESKIMEN, G. Choice of species and provenances in cold summer rainfall climates. In: COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES EUCALYPTUS RESISTANTS AU FROID. (1983: Bordeaux) **Annales...** Bordeaux: IUFRO, 1983, p.341-357.
- HIGA, R.C.V.; HIGA, A.R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M.V.R. Comportamento de 20 espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na região sul do Brasil. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS.1997: Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p.106-110.

- HIGA, R.C.V.; HIGA, A.R. Efeitos de danos causados por geadas na sobrevivência e crescimento de *Eucalyptus viminalis* LABILL. 1997. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém: **Anais**. Belém: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1997. p.263.
- JACOBS, M.R. **Growth habitats of the *Eucalyptus***. Canberra: Forestry and Timber Bureau, 1955.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Innsbruck: Springer-Verlag, 1983.
- LISBÃO JUNIOR, L. O efeito da geada e o comportamento inicial de três procedências de *Eucalyptus dunnii* Maiden, em ensaio conjugado de mini-espacamento e adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.1, p.28-49, 1980.
- MESKIMEN, G.F.; ROCKWOOD, D.L.; REDDY, K.V. Development of *Eucalyptus* clones for a summer rainfall environment with periodic frosts. **New Forests**, Dordrecht, v.3, p.197-205, 1987.
- OLIVEIRA, J.G. Programa de Melhoramento de *Eucalyptus* spp na Rigesa. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988: Curitiba. **Anais...**Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. p. 155-161.
- PINKARD, L.; BEADLE, C.; DAVIDSON, N; BATTAGLIA, M. Changes in crown productivity and stem growth of *Eucalyptus nitens* in response to green pruning. In: CONFERENCE ON EUCALYPT PLANTATIONS: Improving fibre yield and quality, 1995, Hobart. **Proceedings...**Hobart: IUFRO, 1995. p.339-343.
- ROCKWOOD, D.L. Freeze resilient *E. grandis* clones for Florida, USA. In: INTENSIVE FORESTRY: THE ROLE OF EUCALYPTS, 1991, Durban. **Proceedings...**Durban: IUFRO, 1991. V.1, p.455-466.
- SAKAI, A; LARCHER, W. **Frost survival of plants**:. responses and adaptation to freezing stress. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 321p.