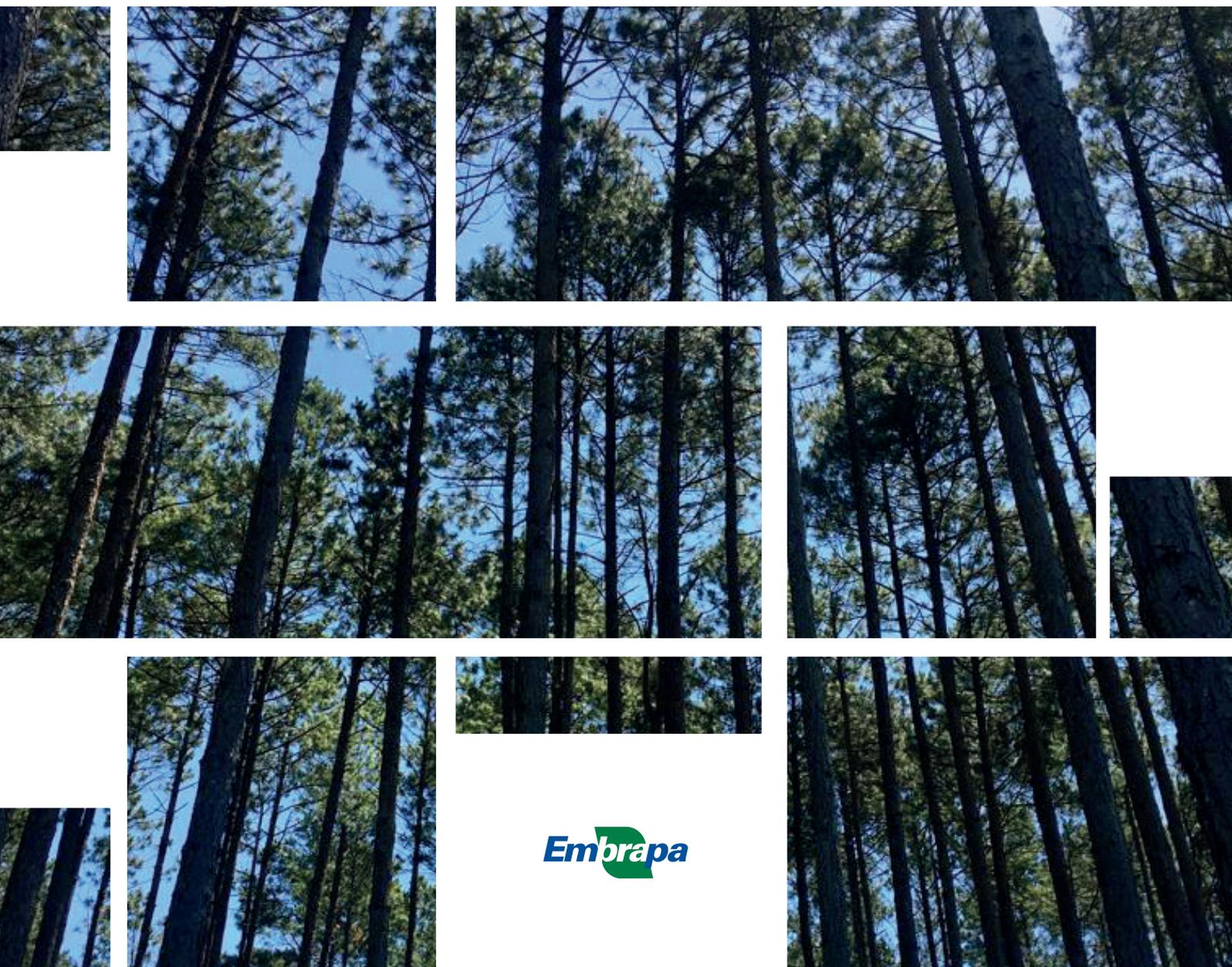




Método para definir áreas para plantios de espécies florestais suscetíveis a geadas no Sul e Sudeste do Brasil



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 369

**Método para definir áreas para plantios de espécies florestais
suscetíveis a geadas no Sul e Sudeste do Brasil**

Elenice Fritzsos
Jarbas Yukio Shimizu
Marcos Silveira Wrege
Ananda Virgínia de Aguiar
Ivan Venson

Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Neide Makiko Furukawa

Membros
Annete Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Elenice Fritzsos
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco Verde
Marilice Cordeiro Garrastazu
Susete do Rocio Chiarello Penteado
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial e revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Foto capa
Ananda Virgínia de Aguiar

1ª edição
Versão digital (2022)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Florestas

Método para definir áreas para plantios de espécies florestais suscetíveis a geadas no
Sul e Sudeste do Brasil. [recurso eletrônico] / Elenice Fritzsos ... [et al.]. - Colombo
: Embrapa Florestas, 2022.

PDF (19 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 369)

Modo de acesso: World Wide Web:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

1. *Pinus*. 2. Manejo florestal. 3. Floresta plantada. 4. Plantio florestal. I. Fritzsos,
Elenice. II. Shimizu, Jarbas Yukio. III. Wrege, Marcos Silveira. IV. Aguiar, Ananda Virgínia
de. V. Venson, Ivan. VI. Série.

CDD (21. ed.) 634.9751

Francisca Rasche (CRB 9-1204)

© Embrapa 2022

Autores

Elenice Fritzsons

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Jarbas Yukio Shimizu

Engenheiro Florestal, doutor em Genética Florestal, autônomo, Curitiba, PR

Marcos Silveira Wrege

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Florestas Colombo, PR

Ananda Virgínia de Aguiar

Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Ivan Venson

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Apresentação

Este documento apresenta um procedimento que poderá ser utilizado por empresas florestais, para identificar grupos de locais mais adequados ao plantio de espécies florestais mais suscetíveis às geadas.

Com o método desenvolvido, todos os locais de plantio foram separados em grupos, tendo como base as variáveis climáticas locais submetidas à análise estatística multivariada. Como resultado, dentro dos grupos a ocorrência e a intensidade de geadas são semelhantes e entre os grupos são diferentes, em diversos graus.

A utilidade deste trabalho está na possibilidade de comparação dos mesmos materiais genéticos resistentes à geada, nos diferentes grupos climáticos. Esta informação fornece uma orientação sobre os melhores locais para plantios experimentais ou de comprovação. Os resultados das experiências de plantios, ao serem compartilhados entre as empresas, contribuirão para o fortalecimento da silvicultura de espécies e híbridos mais suscetíveis às geadas.

Apesar deste trabalho estar focado na ocorrência de geadas, a metodologia proposta pode ser utilizada para outras características que envolvem o clima, por exemplo, tolerância à seca, incidência de ventos, alta umidade relativa, e outras; para características edáficas, tais como classe, fertilidade dos solos, profundidade, etc. e, ainda, avaliar a possibilidade de ocorrência de pragas e doenças associadas ao clima.

Este trabalho apresenta aderência às diferentes metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), representando os ODS 8, 12, 15 e 17, por ser direcionado ao aumento da produtividade, à gestão sustentável dos recursos florestais e ao incremento da capacidade de adaptação aos riscos climáticos e, no caso específico deste trabalho, às geadas. A valorização das parcerias multiinstitucionais está presente em diferentes fases do trabalho, mostrando a importância de se estabelecer demandas e metas conjuntas, para obter resultados mais efetivos.

Marcílio José Thomazini

Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Florestas

Sumário

Introdução.....	9
Metodologia.....	9
Resultados e discussão.....	11
Um exemplo de aplicação: híbrido <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> x <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	14
Outros híbridos e aspectos de sua adaptação ao ambiente	15
Considerações.....	16
Agradecimentos.....	17
Referências	17

Introdução

A maioria das espécies florestais plantadas comercialmente no Brasil foi introduzida há mais de cinco décadas, vinda de países onde sofreram um processo de seleção natural e adaptação ao longo de milhares de anos àquelas condições ambientais de origem. Assim, a escolha dos locais de plantio destas espécies “exóticas” requer cuidados no sentido de se buscar condições edafoclimáticas compatíveis com as de origem. Para dar suporte a essa tarefa foram desenvolvidos diversos zoneamentos climáticos para espécies florestais, tais como os trabalhos de Golfari et al. (1978), Carpanezzi (1986, 1988), Macedo et al. (2005), Marin e Barreto Júnior (2005), Nappo et al. (2005), Wrege et al. (2014, 2017, 2018), Gonçalves e Wrege (2018), entre outros.

Os fatores climáticos limitantes para a distribuição natural das plantas, sejam florestais ou não, e para a expansão dos seus plantios, remetem sempre à combinação entre a temperatura e a umidade (disponibilidade hídrica). Essas são as variáveis que, em conjunto, definem todos os biomas da Terra.

Na região Sul e Sudeste do Brasil, a frequência das baixas temperaturas no inverno, associada à ocorrência de geadas, limita o desenvolvimento de muitas espécies florestais, especialmente as oriundas de regiões tropicais, ou de híbridos em que, pelo menos, uma das espécies parentais seja de origem tropical. O local adequado para o plantio de espécies suscetíveis às geadas pode ser determinado por meio de zoneamento climático específico que destaque as áreas sujeitas às geadas, mais frequentes e intensas, como sendo de risco, embora não necessariamente restritivas ao plantio. Entretanto, neste trabalho optou-se pelo procedimento de se agrupar locais de plantio já existentes que sejam semelhantes quanto à incidência e frequência de geadas, a partir de um conjunto amplo de informações climáticas. Este procedimento configura-se melhor que o zoneamento tradicional, no caso específico deste trabalho, uma vez que há várias empresas reflorestadoras com plantios comerciais e experimentações nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Estes empreendimentos podem atuar em conjunto, compartilhando experiências de plantio e validação de espécies. Os grupos climáticos identificados neste trabalho são apresentados de forma comparativa e hierárquica, em termos de distâncias e similaridades quanto à ocorrência, frequência e intensidade de geadas. Isto constitui um importante subsídio para a tomada de decisão quanto ao estabelecimento de plantios comerciais ou para experimentação com espécies suscetíveis a geadas.

Este trabalho foi idealizado como um método confiável para identificar grupos de locais que apresentem clima mais adequado ao plantio de espécies florestais, tendo como foco a ocorrência de geadas, com base nos dados geográficos das bases físicas das empresas reflorestadoras associadas ao Projeto Cooperativo de Melhoramento de Pinus (PCMP).

Metodologia

A partir das coordenadas geográficas das áreas de plantio (Figura 1), foram obtidos os dados de risco de geada (meses de maio a setembro), temperatura média das mínimas e temperatura mínima absoluta dos meses de outono, inverno, primavera e, especificamente, do mês de julho (Tabela 1), totalizando 28 pontos e 13 variáveis climáticas. Estas são as variáveis que mais se relacionam com a ocorrência de geadas (Wrege et al., 2018).

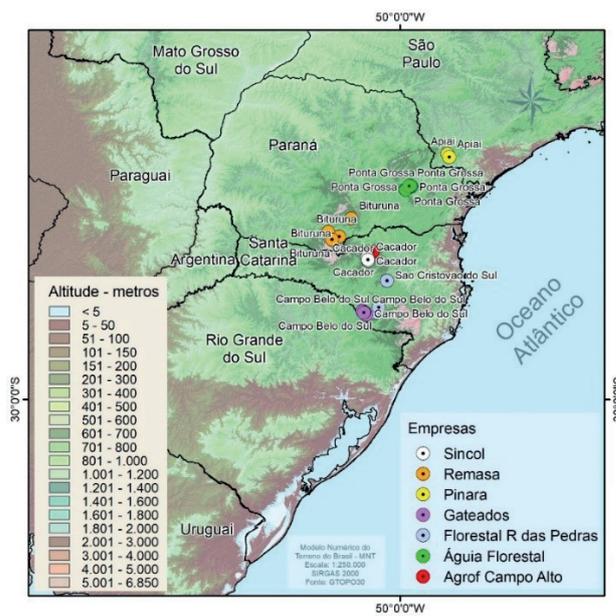


Figura 1. Localização das áreas de plantio no mapa hipsométrico.

O risco de geadas foi calculado considerando-se o número médio de ocorrências a cada dez anos. Para isso, foram utilizados dados de temperatura mínima registrados no abrigo meteorológico. Foram considerados os números de ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 3 °C a cada dez dias, aplicando-se a “regra de distribuição de extremos” (Wrege et al., 2018). Foi usada esta temperatura, valendo-se do conhecimento de que a diferença entre as temperaturas oficial (medida a 1,5 m de altura com termômetro protegido) e a medida na superfície do solo é de 3 °C a 4 °C (Grodzki et al., 1996). Portanto, caso o valor estimado tenha sido 0,5, isto significa que, na média, podem ocorrer cinco geadas a cada dez anos nesse local.

Dados de clima de cada área de plantio foram obtidos em ambiente digital de geoprocessamento, cruzando-se a camada (*layer*) contendo as coordenadas geográficas dos plantios com as camadas de clima obtidas do Atlas Climático da região Sul do Brasil (Wrege et al., 2011). Assim, foi composta uma tabela de atributos climáticos associados às coordenadas dos pontos. As altitudes de cada local foram estimadas cruzando-se a camada dos pontos com a camada do modelo numérico do terreno (MNT) do SRTM (GTOPO30) (USGS, 1999).

As variáveis climáticas dos locais estudados foram submetidas à análise de agrupamento (método Ward e distância média de aglomeração) para formar os grupos. Dados dos grupos formados foram submetidos à análise de variância para determinar o grau de significância estatística das diferenças entre eles e foi utilizado o método de LSD de Fisher, com nível de confiança de 95%, para compor o gráfico de médias.

Resultados e discussão

O conjunto de variáveis mais adequado para a formação de grupos climáticos foi o composto pela média da temperatura mínima de julho, a temperatura mínima absoluta de julho e a ocorrência de geadas em julho, por ter apresentado a maior coerência geográfica e estar intimamente relacionado à ocorrência de geadas. O dendrograma com os grupos formados (Figura 2 e Tabela 1) foi obtido com base no gráfico de distância de aglomeração, onde se traçou uma linha de corte na distância 10 (ponto de maior inflexão da curva). Desta forma, os grupos formados foram: Grupo A - sul de São Paulo e Segundo Planalto do Paraná; Subgrupo B1 - sul do Paraná (maioria) e Santa Catarina; e Subgrupo B2 - todos de Santa Catarina. As localidades pertencentes a cada um destes grupos estão indicadas na Tabela 1.

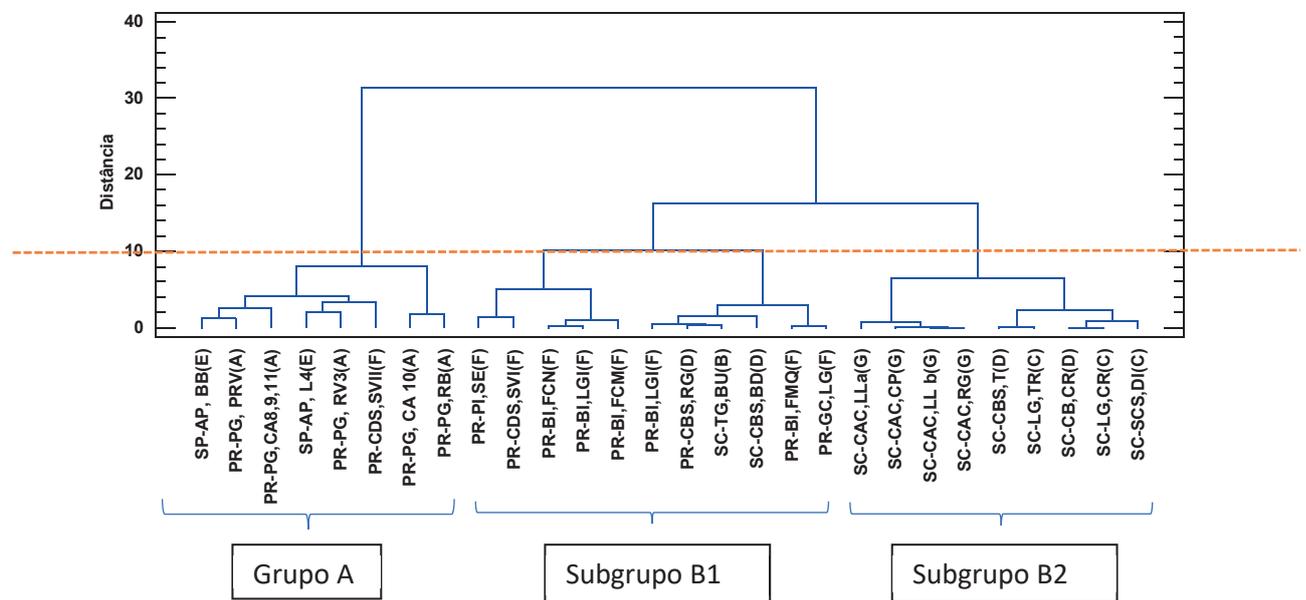


Figura 2. Dendrograma formado pelas áreas experimentais com os grupos e subgrupos formados

Tabela 1. Grupos formados, localização das áreas e parâmetros climáticos correspondentes.

Grupo	Município	Localização*	Altitude (m)	Tmn (°C)			Geada julho (%)
				Inverno	Julho	Abs. Julho	
A	Apiaí	SP - AP, BB (E)	965	9,91	9,38	-2,46	0,50
A	Apiaí	SP - AP, L4 (E)	1025	9,61	9,09	-2,98	0,54
A	Ponta Grossa	PR - PG, RV3 (A)	964	9,39	8,87	-2,79	0,60
A	Ponta Grossa	PR - PG, PRV (A)	849	9,87	9,34	-1,99	0,53
A	Ponta Grossa	PR - PG, CA 10 (A)	725	10,43	9,90	-1,09	0,45
A	Ponta Grossa	PR - PG, RB (A)	667	10,68	10,15	-0,65	0,42
A	Ponta Grossa	PR - PG, CA 8, 9, 11 (A)	803	10,12	9,59	-1,61	0,50
A	Coronel Domingos Soares	PR - CDS, SVII (F)	792	9,51	8,99	-1,58	0,62
B1	Pinhão	PR - PI, SE (F)	1059	8,82	8,31	-2,86	0,74
B1	Coronel Domingos Soares	PR - CDS, SVI (F)	934	8,91	8,40	-2,61	0,69
B1	Bituruna	PR - BI, LGI (F)	1096	7,91	7,41	-4,41	0,80
B1	Bituruna	PR - BI, FCN (F)	1037	8,42	7,91	-3,62	0,76
B1	Bituruna	PR - BI, FCM (F)	1121	8,35	7,84	-3,93	0,76
B1	Bituruna	PR - BI, LGI (F)	1015	8,49	7,98	-3,42	0,75
B1	Bituruna	PR - BI, FMQ (F)	1128	8,13	7,62	-4,02	0,80
B1	Campo Belo do Sul	PR - CBS, RG (D)	863	7,93	7,44	-4,45	0,84
B1	Campo Belo do Sul	SC - CBS, BD (D)	890	7,79	7,31	-4,70	0,86
B1	General Carneiro	PR - GC, LG (F)	1112	8,07	7,57	-4,14	0,81
B1	Timbó Grande	SC - TG, BU (B)	1077	7,97	7,48	-4,68	0,82
B2	Caçador	SC - CAC, LL a(G)	1265	7,11	6,62	-6,08	0,94
B2	Caçador	SC - CAC, CP (G)	1286	6,96	6,48	-6,33	0,96
B2	Caçador	SC - CAC, LL b (G)	1280	6,99	6,5	-6,28	0,95
B2	Caçador	SC - CAC, RG (G)	1278	7,02	6,53	-6,24	0,95
B2	Campo Belo do Sul	SC - CBS, T (D)	937	7,56	7,08	-5,11	0,89
B2	Campo Belo do Sul	SC - CB, CR (D)	977	7,43	6,95	-5,31	0,91
B2	Lages	SC - LG, CR (C)	975	7,42	6,94	-5,45	0,91
B2	Lages	SC - LG, TR (C)	964	7,55	7,07	-5,28	0,89
B2	São Cristóvão do Sul	SC - SCS, DI (C)	1108	7,36	6,88	-5,77	0,90

Notas: 1. Tmn é a média da temperatura mínima de julho; 2. *Localização - No exemplo SC -SCS, DI (C) da coluna 3: SC é o estado de Santa Catarina; SCS é o município de São Cristóvão do Sul; DI é o nome do local experimental e (C) a empresa responsável por esta área; 3. Empresas: A - Água Florestal; B - Florestal Campo Alto; C - Florestal Rio das Pedras; D - Gateados; E - Pinara; F - Remasa; G - Sincol.

Observa-se na figura 2 que há uma tendência de formação de subgrupos, a exemplo das áreas de Caçador, subgrupo B2 (SC-CAC) e daqueles de outras localidades de Santa Catarina (SC-CBS, SC-LG, SC-CB e SC-SCS). Entretanto, devido às limitações referentes ao pequeno número de representantes para proceder a análise, não seria indicado separar os grupos. De posse de outras áreas para compor a análise de *cluster*, há a possibilidade de se obter novos grupos distintos e refinar, assim, esta análise.

A partir da análise das diferenças entre os grupos (médias) quanto à ocorrência de geada em julho, temperatura mínima absoluta em julho e temperatura mínima do inverno (Figura 3), fica evidente que todos os grupos ficam separados, sem sobreposição. Isso indica que são realmente distintos entre si, como se pode verificar no gráfico de médias (Figuras 3, 4 e 5).

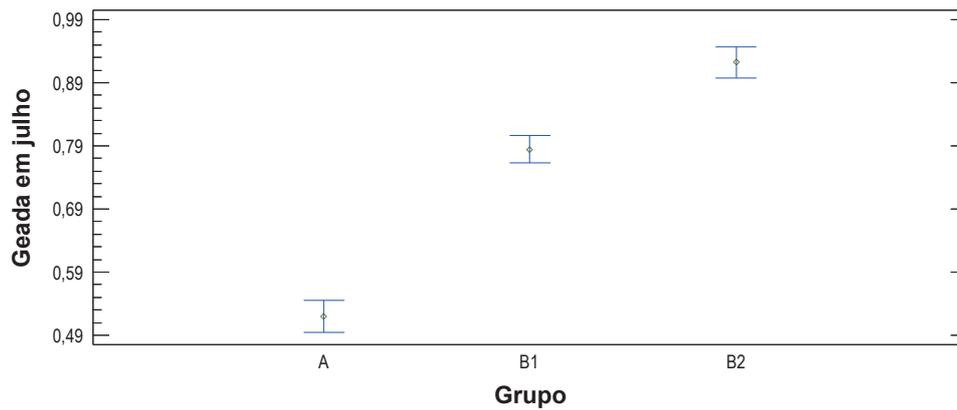


Figura 3. Gráfico de médias para ocorrência de geada em julho (método LSD de Fischer).

Nota: No eixo Y está a probabilidade de ocorrência de geada em dez anos.

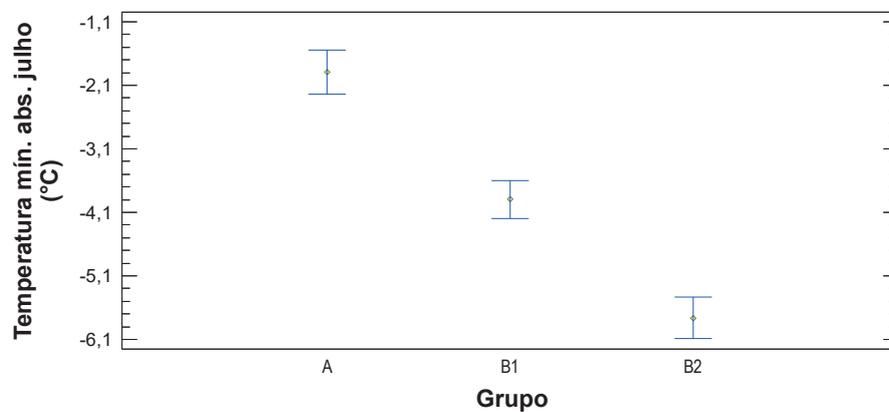


Figura 4. Gráfico de médias para temperatura mínima absoluta em julho (método LSD de Fischer).

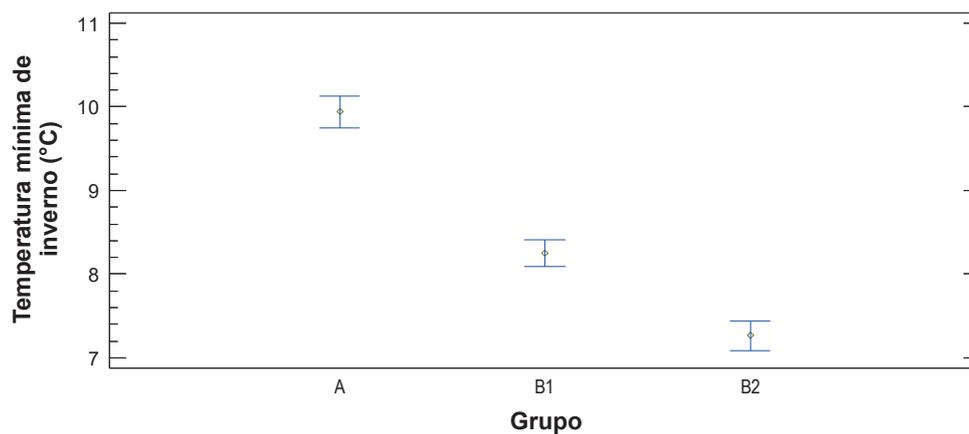


Figura 5. Gráfico de médias para temperatura mínima de inverno (método LSD de Fischer).

Quanto à localização, o grupo A está representado, predominantemente, por Apiaí (SP) e Ponta Grossa (PR) e um representante em Coronel D. Soares. Apiaí se localiza no Alto Ribeira, na Serra do Paranapiacaba. Ponta Grossa se localiza nos Campos Gerais do Paraná, no denominado Segundo Planalto Paranaense. Ambos estão sob influência marítima e representam áreas de transição entre a Mata Atlântica (Floresta Ombrófila), Campos Cerrados (Savana arbórea) e Floresta Ombrófila Mista. A área que pertence a Coronel Domingos Soares está em menor altitude que as outras do

mesmo município e que pertencem ao subgrupo 1B (ver Tabela 1). O grupo A é o mais isolado e o mais distinto dos demais, conforme evidenciado no dendrograma, e onde as geadas são menos frequentes (52%) pois, em dez anos, a probabilidade de ocorrência de geadas é de 5,2 anos.

O grupo B está formado pelos subgrupos B1 e B2. O subgrupo B1 localiza-se no Paraná e em Santa Catarina, sendo um grupo intermediário entre o grupo A e o subgrupo B2. No Paraná ele se situa em uma região elevada (no reverso da *cuesta* da Serra Geral) do Terceiro Planalto, em Pinhão, Coronel Domingos Soares, Bituruna e General Carneiro. Nessa região, o clima apresenta características continentais com amplitudes térmicas, diárias e anuais, substanciais. Em Santa Catarina, ele está em Campo Belo do Sul e Timbó Grande.

O subgrupo B2 está totalmente localizado em Santa Catarina, nos municípios de Caçador, Campo Belo do Sul, Lages e São Cristóvão do Sul, em locais frios sobre o Planalto Meridional.

Em contraste com o grupo A com 52%, em média, de ocorrência de geadas, o subgrupo B2 engloba as localidades com as maiores suscetibilidades a geadas (em média 92%). O subgrupo B1 encontra-se em situação intermediária com 78% (Tabela 2). Porém, é preciso considerar que toda a área de abrangência destes grupos e subgrupos tem risco de ocorrência de geada (Wrege et al., 2018), que é diretamente relacionado à altitude e à latitude (ver Fritzsos et al., 2008, 2016).

Na literatura científica tem-se que as menores temperaturas mínimas absolutas e, conseqüentemente, os maiores riscos de ocorrência de geada (maiores que 60%) ocorrem entre o sul do Paraná e o Rio Grande do Sul, nas zonas com altitudes superiores a 417 m no Rio Grande do Sul e 599 m em Santa Catarina e acima de 1.029 m no Paraná (Wrege et al., 2018). Conforme mostrado na Tabela 1, todos os locais de plantio inclusos neste estudo, em Santa Catarina, estão em altitudes acima de 599 m e, no Paraná, acima de 1.029 m (Pinhão). No entanto, deve-se observar que o risco de geadas depende, também, do microclima. Concavidades de relevo em planaltos, fundos de vale e baixadas favorecem o acúmulo de ar frio por inversão térmica noturna, criando topoclimas diferentes das meias-encostas e espigões onde o ar frio pode ser escoado. Portanto, para o plantio nas áreas deste estudo, com espécies susceptíveis às geadas, como os híbridos de *Pinus* adaptados às zonas subtropicais e tropicais, devem ser escolhidas áreas com o menor acúmulo do ar frio.

Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, os terrenos situados na face norte são, em geral, mais ensolarados, secos e quentes que os voltados para o sul. Pode-se dizer que, nas vertentes voltadas para o sul, as temperaturas são menores ao longo do ano. Esse diferencial se acentua nos meses de inverno devido à maior inclinação da incidência dos raios solares, elevando-se o risco de geadas. Esta face do terreno propicia, também, maior frequência de “geada de vento” (geada negra), já que os ventos predominantes durante os episódios de frio intenso nas regiões sujeitas às geadas no Brasil são de sudoeste. Nessas vertentes, em função da menor irradiação solar, a umidade do solo e do ar são maiores, propiciando o surgimento de doenças, principalmente as criptogâmicas.

Um exemplo de aplicação: híbrido *P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*

No caso dos híbridos, os locais para plantio devem ser testados (monitorados) ao longo do tempo, como ocorre com o híbrido *P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*, que é o resultado do cruzamento entre uma espécie adaptada a regiões temperadas (*P. elliotii* var. *elliotii*) e outra adaptada a regiões tropicais (*P. caribaea*).

P. caribaea var. *hondurensis* está entre os pinus tropicais mais plantados no mundo, sendo recomendado para toda a região tropical brasileira (Shimizu; Sebbenn, 2008). Ele é originário da América Central, entre as latitudes 13° N e 16° N, onde o clima é tipicamente tropical, com grandes variações na precipitação pluviométrica, em pequenas extensões do território e com temperaturas médias anuais elevadas. *P. elliotii* var. *elliottii* é originário de clima temperado, do Sul e Sudeste dos Estados Unidos, onde há verões chuvosos, pluviometria média anual em torno de 1.270 mm e temperatura média anual de 17 °C. No Brasil, esta espécie requer clima ameno com inverno frio e disponibilidade de umidade durante o ano (Aguiar, 2014).

O híbrido *P. elliotii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* apresenta as características positivas de ambas as espécies. Supõe-se que a geada seja um fator limitante para o êxito na implantação de povoamentos produtivos. Em alguns casos, isto tem sido verificado. Plantios feitos em períodos próximos ao inverno e, ou com mudas não devidamente aclimatadas para cessar o crescimento na entrada do inverno, tendem a sofrer altas perdas devido às geadas. Entretanto, há, também, casos de êxito em plantios mesmo em regiões de geadas severas, como em Colombo e Telêmaco Borba, no Paraná (Almeida, 2021), Caçador e Irani, em Santa Catarina. Além disso, salienta-se que, em cada semente híbrida, tem-se um genótipo distinto devido à segregação independente dos genes. Portanto, ainda que os híbridos apresentem características gerais comuns a ambas as espécies parentais, cada semente dá origem a plantas com comportamentos distintos.

Em todos os locais incluídos neste estudo, o híbrido *P. elliotii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* está sujeito aos danos causados pela geada, principalmente nos brotos terminais em crescimento que podem induzir à má formação do fuste ao longo dos anos. Portanto, na escolha do local para o plantio, deve-se dar prioridade às áreas onde geadas não ocorram ou ocorram com a menor frequência e intensidade possíveis.

Desta forma, de acordo com os resultados deste trabalho, os melhores locais para plantio desse híbrido, considerando os possíveis danos relacionados às geadas, seriam aqueles pertencentes ao grupo A.

Outros híbridos e aspectos de sua adaptação ao ambiente

Ainda persistem lacunas de conhecimento sobre a forma como os indivíduos híbridos reagem às adversidades do ambiente. Alguns híbridos se estabelecem com êxito e o impacto do seu uso na silvicultura comercial não deve ser subestimado (Dungey, 2001).

Híbridos interespecíficos dos gêneros *Acacia*, *Eucalyptus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus* e *Populus* vêm sendo plantados em várias partes do mundo. No geral, esses híbridos têm apresentado respostas heteróticas, embora nem sempre em todos os sítios ou com todas as combinações. Por exemplo, o híbrido *Pinus taeda* x *P. elliotii* não tem apresentado heterose nos caracteres de crescimento. O crescimento desse material tem sido menor que aquele dos seus parentais (Nikles et al., 1999; Barnes; Mullin, 1978). Por outro lado, alguns híbridos interespecíficos de *Pinus* são usados na silvicultura em uma ampla faixa geográfica, incluindo países como a Austrália (Nikles; Robinson, 1989; QFRI/CRC-SPF Symposium, 2000), Coreia do Sul (Hyun, 1976; Byun et al., 1989), Estados Unidos (Kubisiak et al., 1997), Brasil (Dieters et al., 1996) e no continente africano (Barnes, 1977; Van Der Sijde; Slabbert, 1980; Van Der Sijde; Roelofsen, 1986; Dvorak, 1992; Khurana; Khosla, 1998). A maioria dos híbridos plantados comercialmente é resultante de cruzamentos entre indivíduos da primeira geração de melhoramento.

Ainda não têm sido observados resultados consistentes que pudessem confirmar a hipótese de que os híbridos de pínus sejam mais adaptáveis aos ambientes devido à maior heterozigose e, portanto, apresentem maior capacidade de superar diferentes estresses ambientais como esperado (Wright, 1964; Knight, 1973; Li; Wu, 1997; Dungey, 2001). Além disso, não foi encontrada qualquer evidência que apoie a teoria de que a sensibilidade macro ou microambiental seja função inversa da heterozigose (Wu et al., 1997). Segundo Martin (1989), o vigor híbrido está sempre correlacionado com o ambiente em que é cultivado e uma heterose mais forte se encontra sempre em zonas marginais para as espécies puras. Portanto, se a superioridade do híbrido se deve à complementaridade do genoma, é provável que essa superioridade seja perdida se o híbrido for plantado fora do habitat para o qual ele foi originalmente desenvolvido (Dungey, 2001).

O Projeto Cooperativo de Melhoramento de Pinus (PCMP) tem como um dos objetivos desenvolver híbridos interespecíficos, entre as diferentes espécies adaptadas ao Brasil, às condições edafoclimáticas brasileiras, para a produção de madeira e resina. Entretanto, o desenvolvimento e uso de híbridos de pínus no Brasil ainda são muito incipientes. O conhecimento das populações híbridas, bem como o uso de técnicas moleculares para determinar os genes envolvidos nas expressões de caracteres de importância econômica, permitirá o aprimoramento no desenvolvimento de híbridos, bem como na indicação de zonas específicas de plantio. O estabelecimento de testes de progênes híbridas nas diferentes zonas dentro da área abrangida neste estudo é uma das medidas que se pretende tomar no PCMP. No entanto, o uso de híbridos não é a única forma de aumentar o potencial produtivo e melhorar a qualidade dos caracteres priorizados. Como no plantio de qualquer espécie arbórea, o sucesso depende de investimentos de longo prazo, atrelado a um eficiente programa de melhoramento genético (Dungey, 2001).

Considerações

O grupo A que pertencem as fazendas de Ponta Grossa e São Paulo (Grupo A) é menos suscetível à ocorrência de geadas, em comparação com o B. No grupo B, o subgrupo B1 é menos suscetível que o subgrupo B2; entretanto, condições diferenciadas de microclima local podem afetar, tanto positiva quanto negativamente, a ocorrência de geadas. Tais condições microclimáticas podem ser mapeadas nos locais de plantio, usando-se um modelo numérico de elevação na escala 1:10.000 ou maior, gerando camadas de classes de risco de ocorrência de geada, em nível de propriedade.

Assim, esta informação serve como suporte para o planejamento e tomada de decisão na propriedade sobre o que e onde plantar, de acordo com as classes de risco presentes na área e o grau de susceptibilidade das espécies a serem plantadas. No caso de se plantar uma espécie sensível à geada em regiões suscetíveis à ocorrência desse fenômeno, pode-se minimizar as possíveis perdas econômicas diversificando-se o plantio com espécies tolerantes ao congelamento.

A sistematização da região de operação em grupos, com base nas características adversas (ou mesmo favoráveis) do meio, a exemplo deste trabalho, pode ser utilizada, também, com relação a outras características, tais como: ocorrência de ventos, umidade, precipitação pluviométrica, altitude, temperaturas elevadas ou favoráveis e até mesmo características pedológicas ou de fertilidade do solo, utilizando-se para isto as variáveis correspondentes. No que se refere ao método utilizado, a separação em grupos climáticos hierárquicos representa um recurso valioso nos programas de melhoramento genético, pois pode-se escolher áreas específicas para a instalação de testes ge-

néticos e delimitar as áreas onde certos materiais genéticos terão maior probabilidade de êxito em plantios comerciais.

Esta sistematização pode ser detalhada e melhorada em estudos futuros com um maior número de áreas experimentais, o que possibilitaria outras divisões entre os grupos e formação de outros sub-grupos, porém deve-se sempre considerar que, tratando-se de geada, o microclima é um aspecto muito importante a ser considerado.

No caso deste estudo, para testar materiais genéticos resistentes à geada, cada empresa participante do PCMP, que opera nas regiões categorizadas como grupo A e, ou B, pode contribuir estabelecendo plantios experimentais ou de comprovação. Com isso, pode-se formar uma rede experimental e de comprovação que fortalecerá a base de informações, tão necessária para o êxito dos plantios comerciais de pinus.

O procedimento abordado neste trabalho proporciona aos empreendedores do setor florestal e, em especial, aos membros do Fundo Cooperativo para Melhoramento de Pinus (Funpinus), subsídios essenciais para a tomada de decisão quanto à escolha de espécies ou de híbridos susceptíveis a geadas e dos locais para o seu plantio. Por ser fundamentado em dados coletados in loco, inclusive com interpretações de dados experimentais e confrontados com as limitações de cada espécie ou híbrido, esta metodologia constitui um recurso valioso para o segmento de florestas plantadas em operação na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem às empresas reflorestadoras associadas ao PCMP (Projeto Cooperativo de Melhoramento de Pinus) pela localização de suas áreas de plantio, informação fundamental para desenvolver esse trabalho.

Referências

- AGUIAR, A. V. de. **Cultivo de pinus**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. (Embrapa Florestas. Sistemas de produção, 5). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>. Acesso em: 10 maio 2022.
- ALMEIDA, A. E. A. de; FIER, I. S. N.; PUCCI, J. A. de L. **Potencial de crescimento de clones de *Pinus* spp., na região de Telêmaco Borba – PR**. Pôster. Disponível em: http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Poster_04.pdf. Acesso em: 24 maio 2021.
- BARNES, R. D.; MULLIN, L. J. Three-year height performance of *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* x *P. taeda* L. hybrid families on three sites in Rhodesia. **Silvae Genetica**, v. 27, p. 6, p. 217-223, 1978.
- BARNES, R. D. Population improvement through selection and hybridization in *Pinus patula*, *P. elliottii* and *P. taeda* in Southern Africa. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 3., 1977, Canberra. **Troisième consultation mondiale sur L'amélioration des arbres forestiers**: Tercera consulta mundial sobre mejora de arboles forestales. Canberra: CSIRO, 1978. 3 v. p. 1-14.
- BYUN, K. O.; KIM, Z. S.; SHIM, S. Y.; HONG, S. H.; SOHN, S. I. Review of Pitch-Loblolly hybrid pine (*Pinus rigida* × *P. taeda*) breeding researches in Korea and future strategy. **Research Report Forest Genetics Research Institute**, v. 25, p. 204–211, 1989.
- CARPANEZZI, A. A. (coord.). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Curitiba: EMBRAPA-CNPf, 1986. 89 p. (EMBRAPA-CNPf. Documentos, 17).

CARPANEZZI, A. A.; PEREIRA, J. C. D.; CARVALHO, P. E. R.; REIS, A.; VIEIRA, A. R. R.; ROTTA, E.; STURION, J. A.; RAUEN, M. de J.; SILVEIRA, R. A. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA-CNPq, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 21).

DIETERS, M. J. J. Genetic parameters for slash pine (*Pinus elliottii*) growth in southeast Queensland, Australia: growth, stem straightness and crown defects. **Forest Genetics**, v. 3, n.1, p. 27-36, 1996.

DUNGEY, H. S. Pine hybrids, a review of their use performance and genetics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, n. 1-3, p. 243-258, 2001.

DVORAK, W. S. Recent advances in the testing and development of tropical and subtropical pine provenances from Mexico and Central America. In: IUFRO Breeding Tropical Trees. **Proceedings** [...]. Cali: Smurfir Cartón de Colombia, 1992. p. 385-394. Editors: Lambeth, C. C.; Dvorak, W. S.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 80-92, 2016. DOI: : <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.39471>.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2a. aproximação)**. Belo Horizonte, MG: PRODEPEF, 1978. 66 p. (PRODEPEF. PNUD/ FAO/ IBDF/ BRA-45, Série Técnica, 11).

GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S. Considerações sobre metodologias para zoneamento agrícola em escala regionalizada. **Agrometeoros**, v. 26, p. 275-285, 2018.

GRODZKI, L.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Risco de ocorrência de geada no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.

HYUN, S. K. Inter-specific hybridization in pines with the special reference to *Pinus rigida* X *P. taeda*. **Silvae Genetica**, v. 25, p. 188-191, 1976.

KHURANA, D. K.; KHOSLA, P. K. Hybrids in forest tree improvement. In: MANDAL, A. K., GIBSON, G. L. (ed.). **Forest genetics and tree breeding**. New Delhi: CBS Publishers and Distributors, 1998. p. 86-102.

KNIGHT, R. The relation between hybrid vigour and genotype±environment interactions. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 43, p. 311-318, 1973.

KUBISIAK, T. L.; NELSON, C. D.; STINE, M. RAPD mapping of genomic regions influencing early height growth in longleaf pine (slash pine) F1 hybrids. In: BIENNIAL SOUTHERN FOREST TREE IMPROVEMENT CONFERENCE, 24., 1997, Orlando. **Proceedings**. Springfield: National Technical Information Service, [1997?]. p. 198-206. Editors: White, T.; Huber, D., Powell, G.

LI, B.; WU, R., Heterosis and genotype-environment interactions of juvenile aspens in two contrasting sites. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 27, p. 1525-1537, 1997.

MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B. G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (Teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 61-69, 2005.

MARTIN, B. The benefits of hybridization. How do you breed for them? In: IUFRO Conference on Breeding Tropical Trees. **Population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry**. Pattaya, Thailand: IUFRO, 1989. p. 79-92. Editors: Gibson, G. L.; Griffin, A. R.; Matheson, A. C.

MARIN, F. R.; BARRETO JÚNIOR, C. E. F. Zoneamento agroclimático da heveicultura no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2005. 2 p.

NAPPO, M. E.; NAPPO, A. E.; PAIVA, H. N. Zoneamento ecológico de pequena escala para nove espécies arbóreas de interesse florestal no estado de Minas Gerais. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, 5. ed., 2005

NIKLES, D. G.; DUNGEY, H. S.; DIETERS, M. J.; TOON, P. G. **Performance of slash x loblolly inbred and outcrossed F2 hybrids in Queensland Australia**. In: SOUTHERN Forest Tree Improvement Conference, 1999. [Springfield, Va.] : National Technical Information Service, 1999. 11 p.

NIKLES, D. G.; ROBINSON, M. J. The development of *Pinus* hybrids for operational use in Queensland. In: BREEDING TROPICAL TREES: population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry. **Proceedings of IUFRO Conference**. Pattaya, Thailand: [s.n.], 1989. p. 272-282, 1989. Editors: Gibson, G. L.; Griffin, A. R.; Matheson, A. C.

QFRI/CRC-SPF SYMPOSIUM, 2000, Noosa, Queensland. **Hybrid breeding and genetics of forest trees**: proceedings. Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 93-100 Compiled by: Dungey, H. S.; Dieters, M. J.; Nikles, D.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. (ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

USGS. United States Geological Survey. **Survey National Mapping Division**: Global 30 Arc Second Elevation Data. Disponível em: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/GTOPO30>. Acesso em: 10 jul. 1999.

VAN DER SIJDE, H. A., ROELOFSEN, J. W. The potential of pine hybrids in South Africa. **South African Forestry Journal**, v. 136, p. 5-14, 1986.

VAN DER SIJDE, H. A.; SLABBERT, R. G. Performance of some pine hybrids in South Africa. **South African Forestry Journal**, v. 112, p. 23-26, 1980.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de; HERTER, F. G.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; MATZENAUER, R.; BRAGA, H. J.; PRESTES, S. D.; CUNHA, G. R. da; MALUF, J. R. T.; PANDOLFO, C. **Atlas climático da região sul do Brasil**: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. v.1, 332 p.

WREGE, M. S.; FRITZSONS, E.; SHIMIZU, J. Y., AGUIAR, A. V.; CARAMORI, P. H. Pinus tropical com potencial para uso em plantios comerciais no Brasil1 tropical pine for commercial planting in Brazil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 26, n. 2, p. 137-145, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rif.2014.010>.

WREGE, M. S.; GARRASTAZU, M. C.; FLORES, C. A.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C. Zoneamento edafoclimático da acácia-negra para o extremo Sul do Brasil. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 59-69, 2017.

WREGE, M. S.; FRITZSONS, E.; SOARES, M. T. S.; PRELA-PÂNTANO, A.; STEINMETZ, S.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; PANDOLFO, C. Risco de ocorrência de geadas na região centro-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 524-553, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/aCclima.v22i0.57306>.

WRIGHT, J. W. Hybridization between species and races. **Unasyuva**, v. 18, p. 30-39, 1964.

WU, H. X.; YEH, F. C.; DHIR, N. K.; PHARIS, R. P.; DANKIK, B. P. Genotype by environment interaction and genetic correlation of greenhouse and field performance in *Pinus contorta* ssp. *latifolia*. **Silvae Genetica**, v. 46, p. 170-175, 1997.

Embrapa

Florestas

