

DOCUMENTOS

382

ISSN 1980-3958
Dezembro / 2022

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Grupos climáticos para implantação de experimentos de melhoramento e plantio de *Pinus taeda* no Sul do Brasil

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

DOCUMENTOS 382

Grupos climáticos para implantação de experimentos de
melhoramento e plantio de *Pinus taeda* no Sul do Brasil

*Elenice Fritzsos
Marcos Silveira Wrege
Ananda Virgínia de Aguiar
Jarbas Yukio Shimizu
Ivan Venson
Guilherme Nery Prata
Jorge Luis Monteiro de Matos*

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
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Luciane Cristine Jaques

1ª edição
Publicação digital (2022): PDF

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

Grupos climáticos para implantação de experimentos para melhoramento e plantio
de *Pinus taeda* no Sul do Brasil / Elenice Fritzsos ... [et al.] – Colombo : Embrapa
Florestas, 2022.

22 p. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; n. 382).

1. *Pinus taeda*. 2. Pinheiro. 3. Climatologia. I. Fritzsos, Elenice. II. Wrege, Marcos
Silveira. III. Aguiar, Ananda Virginia de. IV. Shimizu, Jarbas Yukio. V. Venson, Ivan. VI.
Prata, Guilherme Nery. VII. Matos, Jorge Luis Monteiro de. VIII. Série.

CDD:633.77 (21. ed.)

Autores

Elenice Fritzsons

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

Jarbas Yukio Shimizu

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

Ivan Venson

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

Guilherme Nery Prata

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

Jorge Luis Monteiro de Matos

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

Apresentação

Pinus taeda L. é uma das espécies mais cultivadas no mundo e no Brasil e, por isso, há diversos programas de melhoramento genético que são conduzidos para demandas específicas, tanto para as empresas de reflorestamento como para as indústrias. Estes programas de melhoramento são possíveis devido à alta variabilidade genética e ampla distribuição geográfica natural desta espécie.

Devido à importância do clima na interação genótipo x ambiente; da ampla variabilidade genética das sementes e pelo fato das empresas reflorestadoras possuírem plantios de *P. taeda* em diversos locais da região Sul e Sudeste do Brasil a proposta deste trabalho foi delimitar e caracterizar grupos de áreas climáticas semelhantes e distintas, onde existem o plantio de *P. taeda* no Sul do Brasil, para subsidiar o melhoramento genético desta espécie.

Como resultado, foram obtidos grupos climáticos que podem ser utilizados ao melhoramento da espécie, de forma mais assertiva em relação ao clima. A troca de informações sobre o desempenho em produção e crescimento dos plantios, divulgada entre as empresas, irá colaborar com os programas de melhoramento genético.

Além disso, este aprofundamento na questão climática, associada ao melhoramento genético, torna este trabalho bastante importante, sobretudo como instrumento de auxílio no entendimento do comportamento desta espécie em relação às mudanças climáticas e na seleção de populações para atender à demanda do mercado decorrente de uma possível alteração do clima e impactos na produtividade, seja devido à seca, temperaturas mais elevadas e, ou pragas que possam ocorrer.

Este trabalho apresenta aderência a diferentes metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), representando os ODS 8, 12, 13, 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. A valorização das parcerias multi-institucionais estão presentes em diferentes fases do trabalho, mostrando a importância de se estabelecer demandas e metas conjuntas, para resultados mais efetivos.

Marcílio José Thomazini

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

Introdução.....	9
Material e métodos.....	12
Recomendações e considerações finais.....	18
Referências.....	19

Introdução

Pinus taeda L. é uma das espécies mais cultivadas no mundo. No Brasil, dos mais de 1,6 milhão de hectares plantados com pinus, 70% é representado por *P. taeda*, a qual se destaca por possuir uma capacidade de crescimento 30% maior que outras espécies destinadas ao reflorestamento (Tomazello Filho et al., 2017). Desta forma, os plantios de *P. taeda* na região Sul suprem grande parte da madeira comercializada, porém, como este mercado está em expansão pela grande demanda por madeira, além do aumento da área plantada, o aumento da produtividade é absolutamente necessário.

Dentro das várias áreas da silvicultura, o melhoramento genético é uma das estratégias mais eficientes para o aumento da produtividade florestal, bem como na melhoria dos indivíduos para demandas específicas, tanto das empresas de reflorestamento como das indústrias. O efeito da interação genótipo x ambiente pode existir para pinus, inclusive entre mesmas populações estabelecidas em sítios diferentes (maior fertilidade) (Souza et al., 2021) e entre clones (Braga et al., 2020).

Nos Estados Unidos da América do Norte, onde essa espécie é nativa, programas de melhoramento genético são desenvolvidos há muito tempo. O primeiro registro de melhoramento genético dessa espécie é de 1926, por Wakeley (Schmidtling et al., 2004). Em 1952, foi estabelecido o primeiro pomar de sementes pelo Serviço Florestal do Texas, para selecionar indivíduos resistentes à seca (Zobel, 1953). Em tempos atuais, toda a semente utilizada é produto de uma árvore melhorada geneticamente e os programas de melhoramento genético continuam não somente nos EUA, mas também em diversos países onde a espécie foi introduzida com sucesso.

Os programas de melhoramento são possíveis devido à alta variabilidade genética desta espécie que apresenta ampla distribuição geográfica natural, ocorrendo desde o sul de Nova Jersey, ao norte, até a região central da Flórida e em direção ao oeste, no Leste do Texas e Arkansas (USDA, 2022). Esta distribuição é, provavelmente, limitada pelo clima (ao norte pela baixa temperatura, a oeste pela baixa pluviosidade), sendo que as temperaturas mínimas médias anuais afetam seu crescimento e sobrevivência em sua área de ocorrência natural (Schmidtling et al., 2004). Diante desta variabilidade climática, as populações naturais de *P. taeda* evoluíram para se adaptarem nestas diferentes condições, apresentando características próprias de adaptação, formando as chamadas “raças geográficas” (Shimizu; Higa, 1981; Sierra-Lucero et al., 2002).

Estudos de procedências em várias partes do Brasil revelaram variações geográficas importantes. As procedências da planície costeira do estado da Carolina do Sul apresentam maior produtividade e melhor qualidade de fuste no Sul e Sudeste do Brasil, onde as geadas são moderadas. Para locais sujeitos às geadas severas, as procedências da Carolina do Norte são mais promissoras (Shimizu; Sebbenn, 2008)

Diante da existência de inúmeras populações de *P. taeda* e devido ao longo tempo de melhoramento, dentro e fora dos EUA, há diversos materiais genéticos melhorados e em processo de melhoramento que podem ser testados, em locais distintos, visando um melhor desempenho da espécie para as características almejadas pelas empresas e indústrias (produção de celulose, construções, dormentes, laminação, fabricação de moveis e para serraria). Porém, para utilizar a melhor expressão genética e obter melhores resultados, a conjunção entre a escolha do sítio e das procedências é fundamental para fazer o melhoramento genético em busca das melhores matrizes e, assim, obter maior produtividade e, conseqüente, maior lucratividade do setor florestal.

A escolha do sítio de plantio ou melhoramento é orientado pelas características edáficas e climáticas e, destas, as climáticas definem, em linhas gerais, onde a espécie pode ser plantada em termos

regionais, ou seja, na amplitude de uma região. Ao compreender melhor como a luz e a temperatura afetam o comportamento de uma determinada espécie, isso ajudaria a prever como esta espécie se comportaria em um novo ambiente.

Por exemplo, o sistema de classificação climática de Köppen é usado para identificar nichos ambientais semelhantes aos plantios exóticos de espécies de eucalipto, para aumentar a probabilidade de sucesso de uma espécie em outros ambientes (Gonçalves et al., 2013). A avaliação do comportamento dessas espécies, por Golfari (1971), quanto à forma, incremento e produção, aliada ao estudo das analogias climáticas, resultou na primeira aproximação para a determinação das coníferas aptas para o reflorestamento nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Em nível local, os solos passam a ter importância e, assim, no planejamento para definir regiões de plantio, o clima é o aspecto fundamental a ser considerado. Desta forma, definir em detalhes as características climáticas dos locais de plantio é compulsório para proceder ao melhoramento de *P. taeda*. Além disso, o melhoramento genético atrelado fortemente ao clima atende a uma necessidade inerente aos dias atuais, no que tange ao planejamento estratégico de plantio de florestas considerando as mudanças climáticas.

Para o estado do Paraná, onde há a maior extensão de plantio de *P. taeda*, Wrege et al. (2016) indicaram uma tendência de diminuição da área favorável até 2080, para plantios comerciais de *P. taeda* e de *P. elliotii* var. *elliotii*, dos atuais 7,4 milhões de hectares favoráveis ao plantio para menos de 10 mil hectares (*P. taeda*), e de 10,6 milhões de hectares favoráveis para menos de 4,5 mil hectares (*P. elliotii* var. *elliotii*) e que isto ocorre por serem espécies com alta produtividade em ambiente de clima frio.

De acordo com os autores supracitados, programas de melhoramento genético para *P. taeda* e *P. elliotii* var. *elliotii* precisarão ser desenvolvidos, focando no desenvolvimento de genótipos melhor adaptados às condições de invernos e com temperaturas noturnas maiores que as atuais, além de considerar também a adaptação às estiagens, devido à possibilidade de irregularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano.

Exigências climáticas de *P. taeda*

Em toda a região de distribuição natural de *P. taeda* nos Estados Unidos da América do Norte, o clima é úmido e temperado ameno, com verões quentes e a precipitação pluviométrica média anual varia de 1.020 mm a 1.520 mm. O período livre de geadas varia de cinco meses na parte norte até dez meses na parte costeira sul. As temperaturas médias anuais variam de 13 °C a 24 °C, podendo chegar à máxima extrema de 38 °C no verão e a mínima extrema de -23 °C no inverno (Baker; Langdon, 1990).

Esta espécie é utilizada para reflorestamento em várias partes do mundo e sua produtividade no Brasil e Argentina pode ser até três vezes maior que as de povoamentos semelhantes nos EUA (Schultz, 1999). A produtividade de madeira de pinus alcança atualmente 34 m³ ha⁻¹ no PR (APRE, 2020) e 42,5 m³ ha⁻¹ em SC (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE BASE FLORESTAL PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA, 2022). Isto ocorre devido à estação de crescimento mais longa, ou temperaturas mais favoráveis durante a estação de crescimento, que são as dos meses mais quentes e úmidos.

Estudos realizados no Havaí (Samuelson et al., 2010) demonstraram que a alta produtividade de *P. taeda* naquele local é devida à baixa demanda evaporativa, temperaturas amenas ao longo de todo o ano e aos dias mais longos, que ocorrem o ano todo (Lanner, 1966), o que promove maior

ganho médio de carbono anual (Samuelson et al., 2010), reduzindo a mortalidade relacionada à competição (DeBell et al., 1989). Em Guarapuava (PR), Bernet et al. (2020) concluíram que *P. taeda* apresenta incremento radial dos anéis de crescimento beneficiados por maiores índices de temperatura e pluviosidade.

No Brasil, esta espécie se desenvolve bem nos planaltos das regiões Sul e Sudeste, nas partes serranas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. No mapa de zoneamento feito para *P. taeda* no Sul do Brasil (Higa et al., 2008), observa-se que as áreas preferenciais para o cultivo estão localizadas nos locais mais frios da região Sul, onde a espécie é cultivada por várias empresas reflorestadoras. Dentre essas empresas, há algumas pertencentes ao programa Fundo Cooperativo para Melhoramento de Pinus (Funpinus). Este programa é uma resposta do setor privado e da Embrapa à uma das necessidades do Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas, elaborado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (Mapa) e por agentes da cadeia produtiva florestal. O papel da Embrapa Florestas neste programa é o de apresentar soluções para a melhoria da silvicultura, por meio de pesquisas, inovações e treinamentos.

A maioria dos povoamentos comerciais das empresas vinculadas ao Funpinus é de *P. taeda*, cultivado dentro da área com amplitude de condições climáticas recomendadas, porém, mesmo assim, há variações importantes relativas ao clima que precisam ser delimitadas. Isto ocorre por dois motivos: (i) para fazer um ajuste mais preciso quanto às características climáticas de cada área de plantio e adequar os materiais genéticos mais indicados para cada local; (ii) para verificar as áreas distintas e semelhantes, climaticamente, entre si, considerando todas as áreas de todas as empresas para compor um melhoramento em conjunto, com a troca de informações e, ou matérias genéticas.

Desta forma, este seria um trabalho diferente de zoneamento climático, que normalmente é feito para uma região em que lhe são atribuídas, em geral, as áreas nas categorias: preferencial, recomendada e não recomendada. Trabalho semelhante ao aqui proposto pode ser visto em Fritzsons et al. (2022), cujo objetivo foi selecionar grupos de locais semelhantes em relação à ocorrência de geadas.

Sabendo-se da importância do clima na interação genótipo x ambiente; da diversidade de opções de escolha de sementes oriundas de diversos locais (áreas de distribuição natural e outras) e pelo fato de que as empresas reflorestadoras possuem plantios de *P. taeda* em diversos locais da região Sul e Sudeste do Brasil (com características distintas de latitude, altitude e clima), pode-se proceder ao melhoramento da espécie considerando estes três aspectos essenciais com grandes chances de sucesso.

Assim, a proposta deste trabalho é delimitar e caracterizar grupos de áreas climáticas semelhantes e distintas, onde já há plantio de *P. taeda* no Sul e Sudeste do Brasil, para fins de melhoramento. Como resultado, serão obtidos grupos climáticos que poderão ser utilizados num melhoramento genético de indivíduos mais assertivo em relação às condições climáticas nos diferentes locais. Isso é importante para a identificação de locais representativos e estratégicos para condução dos estudos acerca das informações sobre o comportamento dos genótipos. Os testes poderão ser efetuados com o mesmo material genético em locais semelhantes e distintos. A troca de informações do desempenho silvicultural deve ser divulgada dentre as empresas, colaborando com os programas de melhoramento genético, de modo geral. Com isso, espera-se contribuir para o melhoramento desta espécie e ao aumento da produtividade, da rentabilidade da atividade florestal.

Além dos benefícios expostos, este trabalho poderá ser muito valioso para ajudar no enfrentamento das mudanças climáticas, selecionando populações resilientes para atender à demanda do mercado decorrente de uma possível diminuição da produtividade, devido à seca e pragas que possam ocorrer.

Material e métodos

Organização e plotagem das coordenadas geográficas

Para desenvolver este trabalho foram utilizados os dados de localização das áreas de plantios de várias empresas que cultivam *P. taeda*. Estas coordenadas foram uniformizadas para latitude e longitude decimais e plotadas em mapa hipsométrico (Figura 1) (Tabela 1).

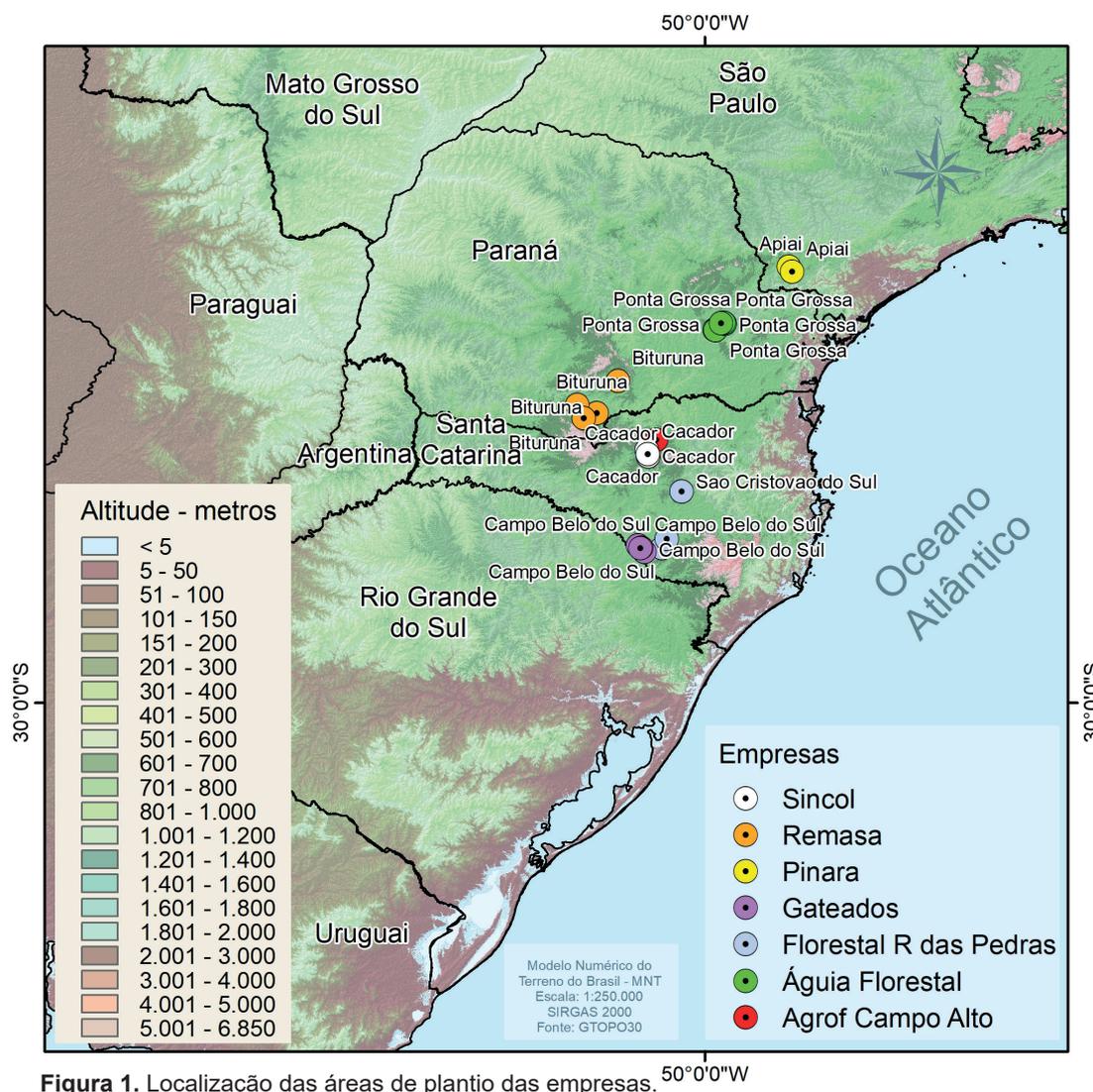


Figura 1. Localização das áreas de plantio das empresas.

Obtenção, organização e tratamento dos dados climáticos

Para obter as variáveis climáticas, os dados contendo as coordenadas geográficas que representavam os locais dos plantios das empresas foram cruzados com camadas de clima obtidas do Atlas Climático da Região Sul do Brasil (Wrege et al., 2011), compondo uma tabela de atributos com as coordenadas dos pontos. Do mesmo modo, foram obtidas as altitudes de cada local, cruzando-se a camada dos pontos com a camada do modelo numérico do terreno (MNT), SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, GTOPO30) (USGS, 1999).

Para delimitar grupos com características climáticas semelhantes foi utilizada a análise de cluster com as seguintes variáveis: evapotranspiração de verão (etp_verao), evapotranspiração de outono (etp_outono), evapotranspiração de inverno (etp_inverno), evapotranspiração de primavera (etp_primavera), evapotranspiração do ano (etp_ano), temperatura média de verão (tmd_verao), temperatura média de outono (tmd_outono), temperatura média de inverno (tmd_inverno), temperatura média de primavera (tmd_primavera), temperatura mínima de inverno (tmn_inverno), temperatura máxima de verão (tmx_verao), geada em julho, chuva anual, chuva total de primavera, chuva total de verão, chuva total de outono e chuva total de inverno

Após os grupos formados foi aplicado a análise de variância para variáveis climáticas com distribuição normal (Tabela 2) e para aquelas que não apresentaram distribuição normal foi aplicado o teste estatístico de Kruskal-Wallis (Tabela 3). O método usado para discriminar as médias foi o procedimento de diferença mínima significativa de Fisher (LSD).

Resultados e discussão

O dendrograma resultante da análise de cluster está representado na Figura 2, sendo que o corte para definir o número de grupos foi feito com base na distância média de aglomeração.

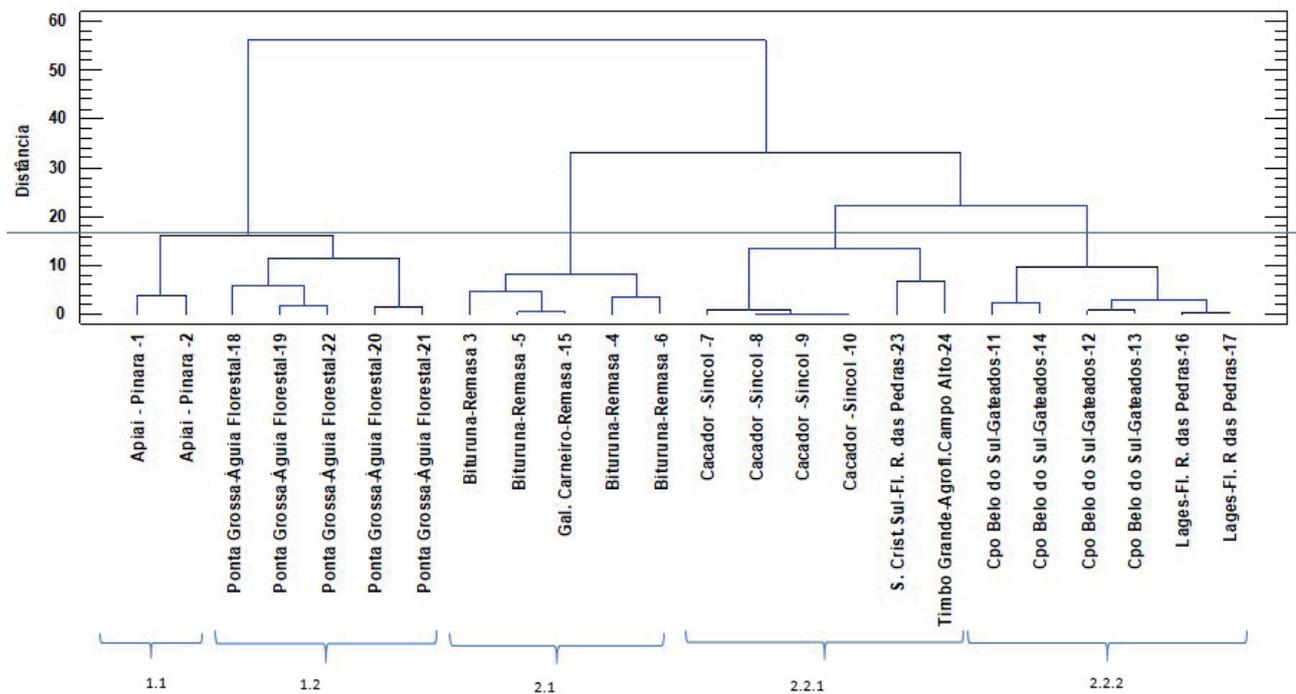


Figura 2. Dendrograma formado pelas áreas de plantio, com base nos parâmetros climáticos

Nota: os eixos verticais coloridos se referem a diferentes grupos climáticos (preto, verde, azul e laranja)

Assim, baseado no dendrograma formado, a distribuição dos grupos foi a seguinte:

Grupo 1. Sul de São Paulo e Segundo Planalto do Paraná

1.1. Apiaí

1.2. Ponta Grossa

Grupo 2. Sul do Paraná e Santa Catarina

2.1. Sul do Paraná - Bituruna e General Carneiro

2.2. Santa Catarina

2.2.1 Planalto Oeste – Caçador, São Cristóvão do Sul e Timbó

2.2.2 Planalto Serrano – Campo Belo e Lages

Tabela 1. Localização das áreas de plantio pertencentes às empresas do setor florestal estudadas (coordenadas, altitude, município, nome da área de plantio, empresa e grupo a que pertence).

Latitude decimal	Longitude decimal	Altitude (m)	Município	Nome da área de plantio	Empresa	Grupo
-24,369	-48,924	965	Apiaí/SP	Barro Branco	Pinara	1.1
-24,434	-48,881	1025	Apiaí/SP	Lagoa 4	Pinara	1.1
-25,181	-49,877	964	Ponta Grossa/PR	Roca Velha 03	Águia Florestal	1.2
-25,185	-49,866	849	Ponta Grossa/PR	Paiol da Roca Velha	Águia Florestal	1.2
-25,104	-49,744	725	Ponta Grossa/PR	Caçador 10	Águia Florestal	1.2
-25,09	-49,76	667	Ponta Grossa/PR	Rio Bonito	Águia Florestal	1.2
-25,099	-49,793	803	Ponta Grossa/PR	Caçador 8,9 e 11	Águia Florestal	1.2
-26,302	-51,553	1015	Bituruna/PR	Lageado Grande I	Remasa	2.1
-26,259	-51,385	1037	Bituruna/PR	Fazenda Campo Novo	Remasa	2.1
-26,152	-51,637	1128	Bituruna/PR	Fazenda Mato Queimado II	Remasa	2.1
-25,839	-51,116	1121	Bituruna/PR	Fazenda Cruz Machado	Remasa	2.1
-26,324	-51,553	1112	General Carneiro/SC	Lageado Grande II	Remasa	2.1
-26,605	-50,628	1077	Timbó Grande/SC	Buriti	Agrofl. Campo Alto	2.2.1
-26,734	-50,744	1265	Caçador/SC	Lagoa do Leão	Sincol	2.2.1
-26,815	-50,728	1286	Caçador/SC	Campo das Perdizes	Sincol	2.2.1
-26,818	-50,729	1280	Caçador/SC	Lagoa do Leão	Sincol	2.2.1
-26,788	-50,736	1278	Caçador/SC	Rincão do Gavião	Sincol	2.2.1
-27,272	-50,301	1108	São Cristóvão do Sul/SC	Dois Irmãos	Fl. Rio das Pedras	2.2.1
-27,966	-50,859	863	Campo Belo do Sul/SC	Rincão do Guamirim	Gateados	2.2.2
-28	-50,83	890	Campo Belo do Sul/SC	Bandeiras	Gateados	2.2.2
-28,05	-50,775	937	Campo Belo do Sul/SC	Tulia	Gateados	2.2.2
-27,993	-50,818	977	Campo Belo do Sul/SC	Capão do Rancho	Gateados	2.2.2
-28,003	-50,55	975	Lages/SC	Cambará	Fl. Rio das Pedras	2.2.2
-27,884	-50,491	964	Lages/SC	Triunfo	Fl. Rio das Pedras	2.2.2

Interpretando o dendrograma formado (Figura 2), observa-se que, inicialmente, foram formados dois grupos climáticos distintos: Grupo 1 e Grupo 2. O Grupo 1 está representado por Apiaí (SP), situado no Alto Vale do Ribeira e Ponta Grossa, no centro-leste do Paraná e pertencente ao Segundo Planalto Paranaense. O Grupo 2 abrange o sul do Paraná e localidades em Santa

Catarina (Tabela 1). Entre os grupos 1 e 2 são encontradas as maiores diferenças climáticas, conforme podem ser visualizadas no dendrograma.

A segunda separação climática está entre os grupos do sul do Paraná, subgrupo 2.1 (Bituruna e General Carneiro) e o das localidades de Santa Catarina, subgrupo 2 (Tabela 1).

Uma terceira divisão ocorre em Santa Catarina, entre o Planalto Central e Oeste (Caçador, São Cristóvão do Sul e Timbó Grande - subgrupo 2.2.1) e o Planalto Serrano de Santa Catarina (Campo Belo e Lages - subgrupo 2.2.2).

Nas Tabelas 2 e 3, as letras seguidas dos valores numéricos (a, b, c, d) se referem ao resultado do teste de comparação múltipla, que determina quais médias são significativamente diferentes das outras.

Tabela 2. Grupos de parâmetros climáticos com distribuição normal (Teste F e valor *p*).

Parâmetros climáticos	Grupo 1	Grupo 2.1	Grupo 2.2.1	Grupo 2.2.2	F-Razão	Valor p
ETP ano	889d	788c	725a	751b	51,6	0,000
ETP outono	208c	187b	174a	182b	55,3	0,000
ETP verão	305c	292b	268a	287b	18,2	0,000
temperatura média ano	18d	16,7c	15,5a	16b	54,5	0,000
temperatura média outono	18,3c	16,8b	15,6a	16,3b	50,9	0,000
temperatura média verão	21,2c	20,3b	19,6a	19,2a	27	0,000
temperatura mínima inverno	10c	8,3b	7,2a	7,6b	86,1	0,000
temperatura máxima verão	27,2d	26,4c	25,1a	25,8b	29,3	0,000
geada julho	0,51a	0,78b	0,92c	0,88c	110,33	0,000
chuva verão	516bc	531c	512b	449a	35,57	0,000
Altitude	857a	1083b	1216c	934a	18,87	0,000

Nota: as letras em negrito (a, b, c, d) denotam as diferenças entre os grupos

Tabela 3. Grupos de parâmetros climáticos com distribuição não normal (Teste estatístico de KW e valor *p*).

Parâmetros climáticos	Grupo 1	Grupo 2.1	Grupo 2.2.1	Grupo 2.2.2	Teste estatístico de KW	Valor p
ETP inverno	126d	113c	107b	104a	21,08	0,000
ETP primavera	210c	196b	178a	178a	19,54	0,000
temperatura média inverno	14,5d	12,9c	11,8a	12,1b	20,34	0,000
temperatura média primavera	18,2d	16,9c	15,5a	15,8b	20,34	0,000
chuva ano	1516a	1907d	1716c	1676c	20,79	0,000
chuva outono	341a	437c	368b	338a	16,69	0,000
chuva inverno	267a	411c	376b	427c	20,82	0,000
chuva primavera	388a	519c	461b	452b	20,38	0,000

Nota: as letras em negrito (a, b, c, d) denotam as diferenças entre os grupos

As diferenças entre os grupos podem ser visualizadas nas Figuras 3, 4 e 5. No Grupo 1 as temperaturas e evapotranspirações são mais elevadas, enquanto os maiores valores de precipitações pluviométricas ocorrem no subgrupo 2.1

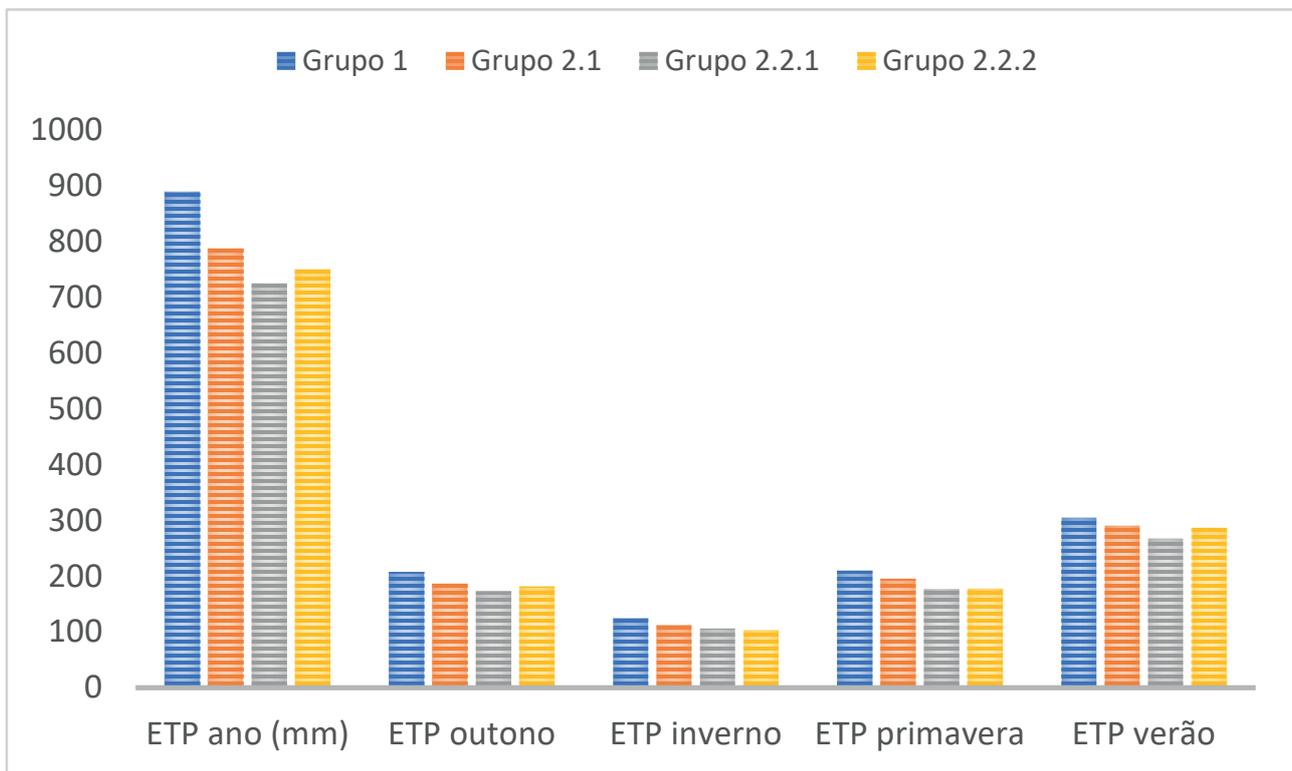


Figura 3. Evapotranspiração potencial dos diferentes grupos climáticos.

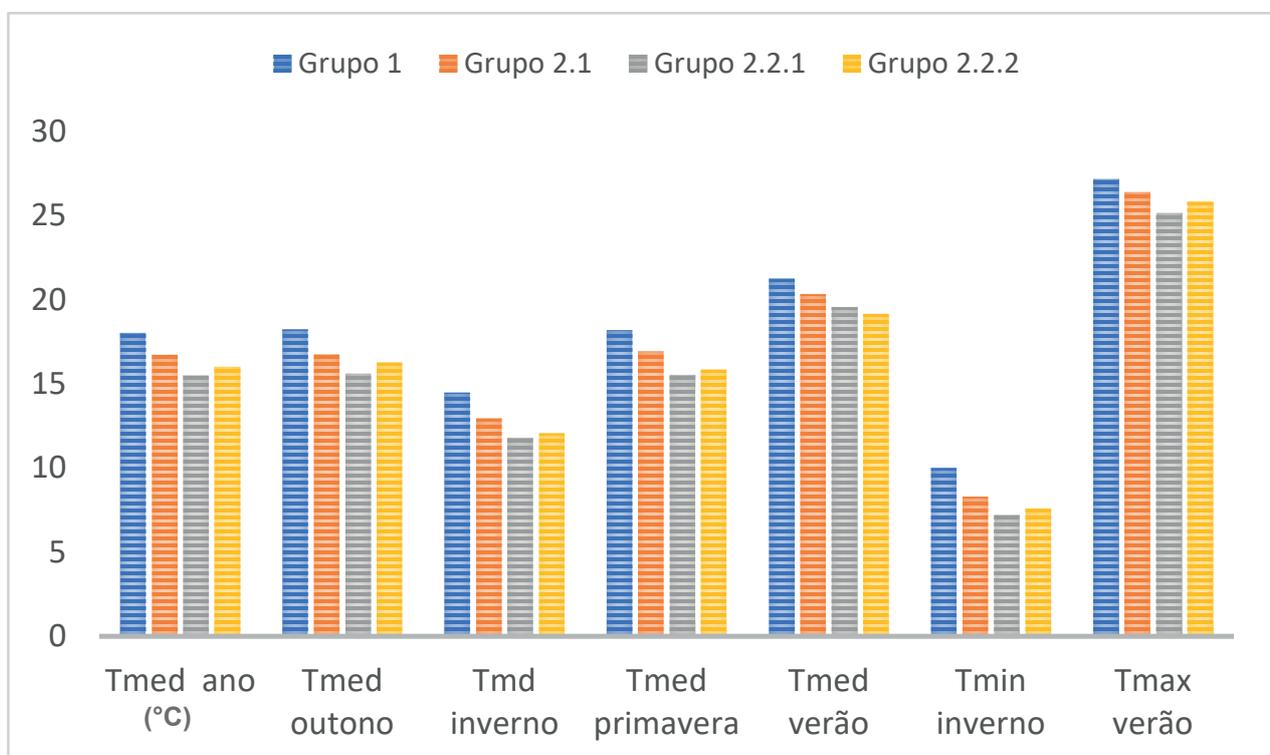


Figura 4. Temperaturas médias anuais e das estações do ano, média mínima de inverno e média máxima de verão dos diferentes grupos climáticos.

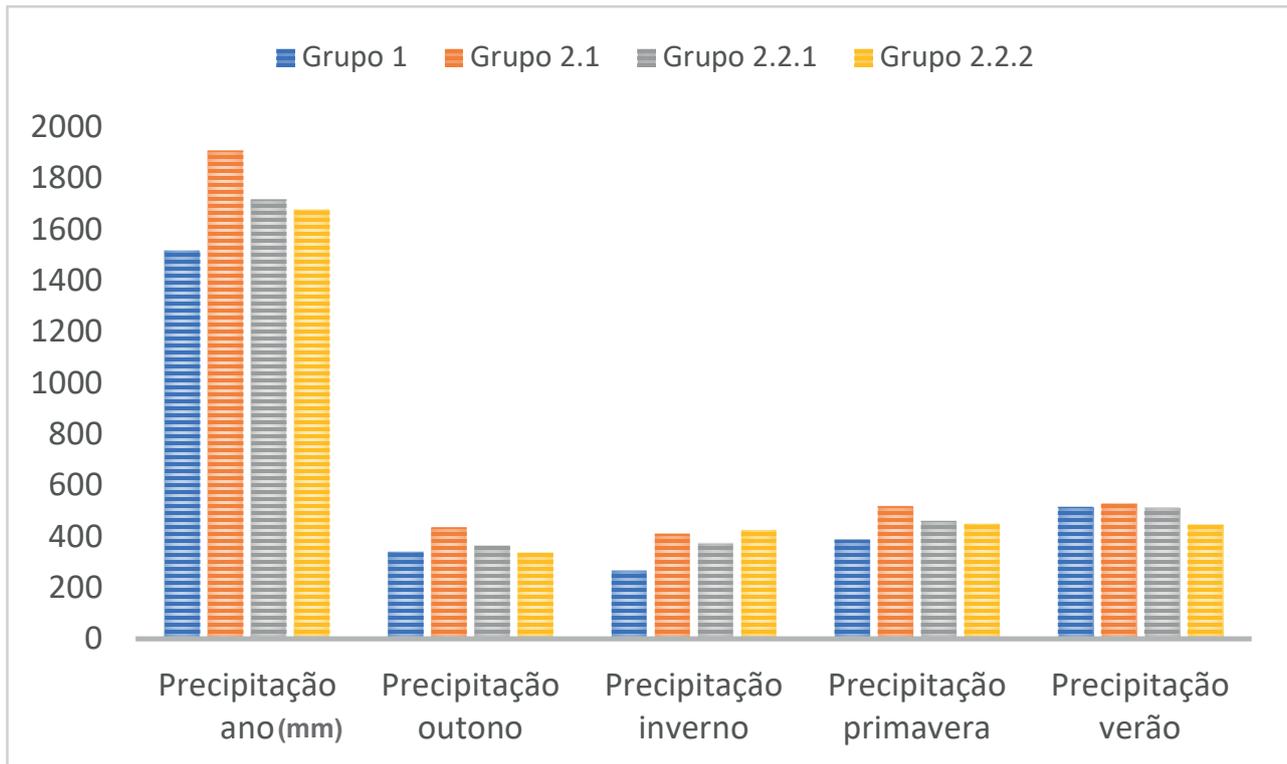


Figura 5. Chuva dos diferentes grupos climáticos.

Nota-se que o grupo 1 (Apiaí/SP e Ponta Grossa/PR), que se situa em menores latitudes, em comparação aos demais, apresenta as maiores temperaturas, menores altitudes e menor frequência de geadas, além de maiores valores de evapotranspiração e menores precipitações pluviométricas no inverno e primavera e, conseqüentemente, menor disponibilidade hídrica ao longo do ano.

Estes resultados apresentam forte convergência com o mapa elaborado pela Embrapa (2008) (Figura 6), pois Ponta Grossa/PR está na zona “recomendada”, enquanto todos os outros grupos estão em “zona preferencial” (Figura 1). Entretanto, o grupo 1, apesar de não ser considerado preferencial para o plantio, pode abrigar alta produtividade com material genético apropriado e solos adequados.

O grupo que apresenta maior contraste com o grupo 1 é o subgrupo 2.2.1 (Planalto Oeste – Caçador, São Cristóvão do Sul e Timbó Grande), de Santa Catarina, que apresenta as menores temperaturas, maiores altitudes e maior frequência de geada. Estes dois grupos representam as condições climáticas mais distintas e, portanto, as maiores diferenças encontradas entre as regiões.

O grupo 1 é o de menor precipitação pluviométrica anual (média total anual de 1.500 mm), enquanto o subgrupo 2.1 (sul do Paraná – Bituruna e General Carneiro) apresenta os maiores valores de precipitações pluviométricas anuais (média total anual de 1.900 mm), com distribuição mais regular entre os meses do ano.

Entretanto, de um modo geral, interpretando as análises realizadas, os locais mais distintos para experimentação são o grupo 1 (Apiaí e Ponta Grossa) e o 2, especialmente o 2.2.1 no Planalto Central e oeste de Santa Catarina (Caçador, São Cristóvão do Sul e Timbó Grande). Entretanto, pode-se implantar experimentos de pinus nas regiões indicadas pelos quatro grupos definidos neste trabalho e tendo como subsídio as diferenças climáticas encontradas entre os grupos (Tabelas 2 e 3).

De acordo com Bognola (2007), entre os solos mais adequados para plantio, estão os profundos, bem drenados e com grande espessura do horizonte A (alto teor de matéria orgânica). A importância

dos solos também foi relatada por Bizon (2005) que observou grandes variações na produtividade de *Pinus taeda*, no noroeste do Paraná e sul de São Paulo, em relação às condições edafoclimáticas.

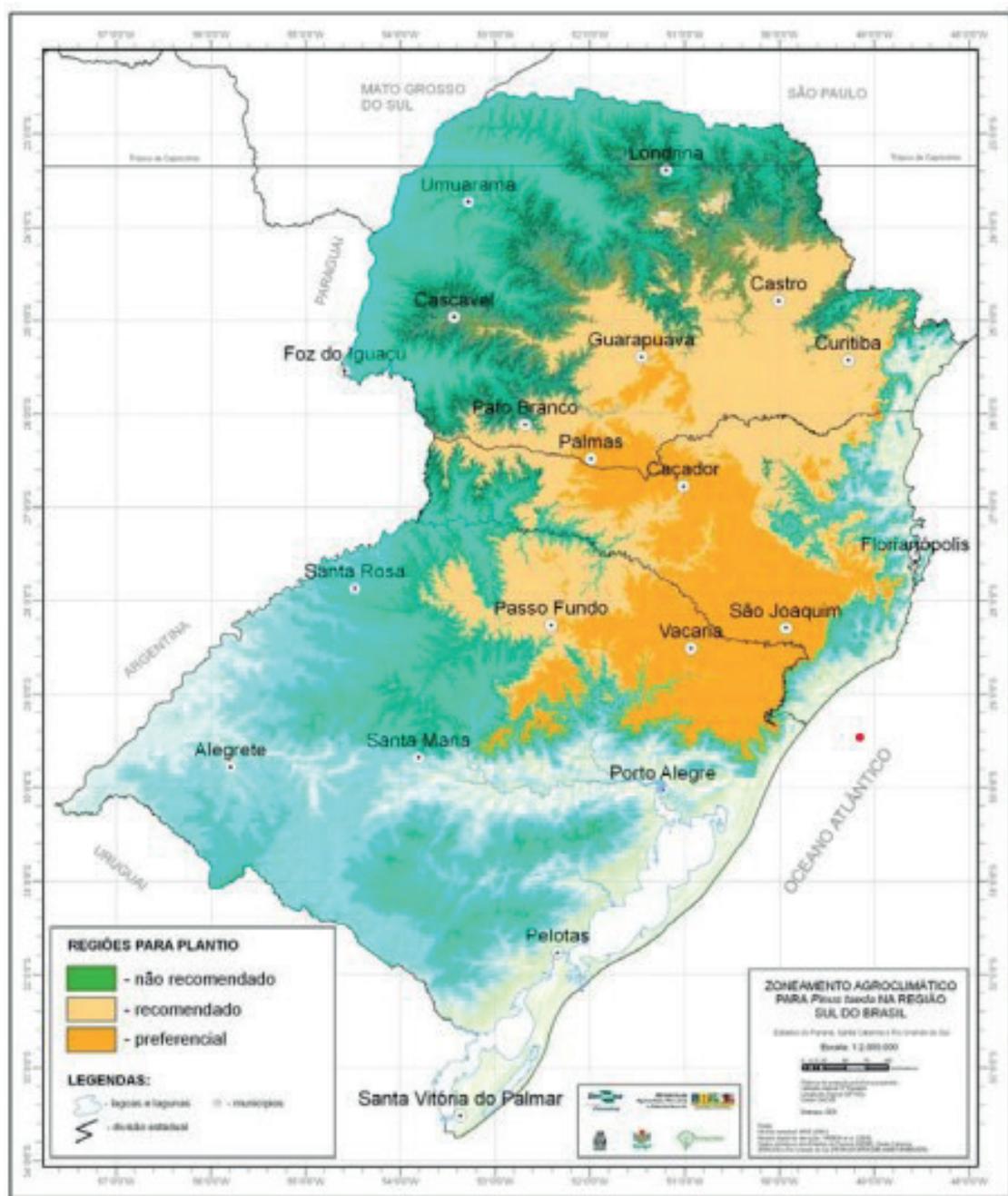


Figura 6. Zoneamento climático para *Pinus taeda* na região Sul do Brasil (Higa et al., 2008).

Recomendações e considerações finais

Todos os grupos resultantes deste estudo pertencem ao Bioma Mata Atlântica e ao ecossistema da Floresta Ombrófila Mista (FOM) e todos os locais de plantio considerados neste trabalho são adequados ao plantio de *P. taeda*, porém os ensaios para a seleção de indivíduos mais adaptados às regiões amostradas e, ou com características mais desejadas no melhoramento devem ser implantados nas áreas dos cinco grupos climáticos para determinação do efeito da interação genótipo x ambiente e seleção de indivíduos mais adaptados a cada região de plantio.

A análise climática utilizando um banco de dados mais específico de cada região permitiu identificar grupos climáticos diferentes. Essa análise pode ser utilizada para qualquer outra espécie, desde que se tenha os dados de localização dos plantios, os dados climáticos e se conheça suas exigências climáticas.

Os solos deveriam ser avaliados localmente e, numa próxima etapa, incorporados à análise estatística, pois podem potencializar os efeitos benéficos de um clima mais favorável ou compensar algum atributo climático desfavorável como, por exemplo, uma capacidade maior de retenção hídrica do solo que pode amenizar algum atributo climático desfavorável relacionado à menor precipitação pluviométrica ou menor umidade relativa do ar.

Agradecimentos

Os autores agradecem as empresas do Funpinus, Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal e Associação Catarinense de Empresas Florestais pelo fornecimento de dados de localização dos plantios de *P. taeda*.

Referências

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE BASE FLORESTAL PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA 2022 (Ano base 2021). Lages: ACR, 2022. Disponível em: <https://acr.org.br/portfolio/titulo-anuario-estatistico-de-base-florestal-para-o-estado-de-santa-catarina-autor-associação-catarinense-de-empresas-florestais-acr/>. Acesso em: 9 nov. 2022.
- APRE, 2020. **Estudo Setorial**. Disponível em: https://apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2021/01/estudo_setorial_digital.pdf. Acesso em: 9 nov. 2022.
- BAKER J. B.; LANGDON, O. G. *Pinus taeda* (L.) Loblolly Pine. In: BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (Coord.). **Silvics of North America**. Washington, DC: USDA, Forest Service, 1990. v. 2, p. 198-204. (USDA. For. Serv. Agric. Handbook, 654).
- BIZON, J. M. C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada-saída de nutrientes**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- BOGNOLA, I. A. **Unidades de manejo para *Pinus taeda* L. no planalto norte catarinense, com base em características do meio físico**. 2007. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BRAGA, R. C.; PALUDETO, J. G. Z.; SOUZA, B. M.; AGUIAR, A. V.; POLLNOW, M. F. M.; CARVALHO, A. G. M.; TAMBARUSSI, E. V. Genetic parameters and genotype x environment interaction in *Pinus taeda* clonal tests. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam: Elsevier, v. 474, 8 p., 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/208870>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- DEBELL, D. S.; WHITESELL, C. D.; SCHUBERT, T. H. Using N₂-fixing Albizia to Albizia to increase growth of *Eucalyptus* plantations in Hawaii. **Forest Science**, v. 35, p. 64-75, 1989.
- FRITZSONS, E.; SHIMIZU, J.; WREGE, M. S.; AGUIAR, A. V. de; V. VENSON, I. **Método para definir áreas para plantios de espécies florestais suscetíveis a geadas no Sul e Sudeste do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2022. 22 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 369). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143859/1/EmbrapaFlorestas-2022-Docmentos369.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- GOLFARI, L. **Coníferas aptas para o reflorestamento nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília: IBDF, 1971. 71 p. (Boletim Técnico, 1).
- HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S.; RADIN, B.; BRAGA, H.; CAVIGLIONE, J. H.; BOGNOLA, I.; ROSET, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, Y. M. de. **Zoneamento climático: *Pinus taeda* no sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 175). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/44600/1/Doc175.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- LANNER, R. M. **The phenology and growth habits of pines in Hawaii**. [Minneapolis]: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 1966. (USDA Forest Service. Research Paper, PSW-31).

SAMUELSON, L. J.; EBERHARDT, T. L.; BUTNOR, J.; STOKES, T. A.; JOHNSEN, K. H. Maximum growth potential in loblolly pine: results from a 47-year-old spacing study in Hawaii. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 10, p. 1914-1929, 2010.

SCHMIDTLING, R. C.; ROBINSON, T.L.; MCKEAND, S. E.; ROUSSEAU, R.J. ALLEN, H.L.; GOLDFARB, B. The role of genetics and tree improvement in southern forest productivity. In: **Gen. Tech. Rep.** - 75. Asheville, NC: US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. Chapter 10. p. 97-108. (2004). Disponível em: <https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/9649>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SCHULTZ, R. P. Loblolly-the pine for the twenty-first century. **New Forests**, v. 17, p. 71-88, 1999.

SHIMIZU, J. Y.; HIGA, A. Variação racial do *Pinus taeda* L. no sul do Brasil até o sexto ano de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 2, p. 1-26, jun. 1981.

SHIMIZU, J. Y.; SEBEN, A. M. Espécies de Pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. (ed.). **Pínus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.

SIERRA-LUCERO, V.; MCKEAND, S. E.; HUBER, D. A.; ROCKWOOD, D. L.; WHITE, T. L. Performance differences and genetic parameters for four coastal provenances of loblolly pine in the Southeastern United States. **Forest Science**, v. 48, p. 732-742, 2002.

SOUZA, B. M.; AGUIAR, A. V.; DAMBRAT, H. M.; GALUCHA, S. C.; TAMBARUSSI, E. V.; SESTREM, M. S. C. S.; TOMIGIAN, D. S.; VENSON, I.; DINI, D. T.; LONGUI, E. L. Effects of previous land use on genotype-by-environment interactions in two loblolly pine progeny tests. **Forest Ecology and Management**, v. 503, p. 119762-119762, 2021.

TOMAZELO FILHO, L. J. V. de F.; FISCHER, F. M.; MUÑIZ, G. I. B. de; MELANDRI, J. L.; STASIAK, P. M.; TORRES, M. A.; PICCION, W. J.; SILVA, L. D. **Avaliação da Dispersão de Sementes de *Pinus taeda* L. pela Análise dos Anéis de Crescimento de Árvores de Regeneração Natural**. 24. ed. Rio de Janeiro: Floresta e Ambiente, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/JgwTYSw9wfBSKnsZxRyFbkS/?format=html>. Acesso em: 01 jun. 2020

USDA, 2022. **Pinaceae -- Pine Family**. Disponível em: [Pinus taeda \(fs.fed.us\)](https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pintaee/all.html). Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/database/feis/plants/tree/pintaee/all.html>. Acesso em: 13 abr. 2022.

WREGGE, M.S., S. STEIMETZ, C. REISSER JU' NIOR, I.R. ALMEIDA, 2011: Atlas climático da região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. – Embrapa Clima Temperado/Embrapa Florestas, Pelotas e Colombo, Brasil, 336 pp.

WREGGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; GARRASTAZÚ, M. C.; FRITZSONS, E.; PARTALA, A.; CHRISTENSEN, G. L. Plantios florestais com pinus no estado do Paraná e os novos cenários definidos pelas mudanças climáticas globais. **Revista Instituto Florestal**, v. 28 n. 2 p. 159-175, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.24278/2178-5031.201628206>.

ZOBEL, B. J. Are there natural loblolly-shortleaf pine hybrids? **Journal of Forestry**, v. 51, n. 7, p. 494-495, 1953.

Embrapa

Florestas

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CGPE: 017896