

Zoneamento climático de *Pinus tecunumanii* para fins de plantio experimental no estado de São Paulo

Elenice Fritzsos¹, Ananda Virgínia de Aguiar¹, Marcos Silveira Wrege¹, Jeniffer Grabias², Márcio Rossi³, Luiz Eduardo Mantovani⁴

¹Embrapa Florestas, C.P. 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

²Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil

³Instituto Florestal de São Paulo, Rua do Horto, 931, CEP 02377-000, São Paulo, SP, Brasil

⁴Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, Jardins das Américas, C.P. 19001, CEP 81531-990, Curitiba, PR, Brasil

*Autor correspondente:
elenice.fritzsos@embrapa.br

Termos para indexação:
Pinus
Estações experimentais
Melhoramento genético vegetal

Index terms:
Pinus
Experimental stations
Vegetal genetic improvement

Histórico do artigo:
Recebido em 31/10/2011
Aprovado em 26/07/2012
Publicado em 28/12/2012

doi: 10.4336/2012.pfb.32.72.341

Resumo - O *Pinus tecunumanii* apresenta boa adaptação edafoclimática no Brasil e vem sendo plantado experimentalmente nos biomas mata atlântica e cerrado. O objetivo deste trabalho foi identificar as estações experimentais climaticamente homogêneas do estado de São Paulo para nortear a implantação de plantios experimentais de *Pinus tecunumanii* e, futuramente, os plantios comerciais. Foram selecionadas 30 áreas experimentais, em diferentes regiões do Estado de São Paulo, sendo que os dados climáticos referentes a cada estação foram organizados em planilhas e submetidos à análise multivariada, cujos resultados foram avaliados a partir de dendrogramas. As exigências climáticas da espécie foram verificadas em literatura científica e nos resultados obtidos de plantios experimentais. Toda a área do Estado de São Paulo se mostrou apta para plantios experimentais com as espécies de baixa altitude, exceto a área correspondente à estação de Campos do Jordão, devido à frequente ocorrência de geadas. A espécie também pode ser plantada nas estações de Angatuba, Buri, Pirajú, Itapeva, Avaré, Itapetininga e Itararé, exceto em áreas de baixada, onde existe o acúmulo de ar frio. Nas áreas mais quentes, tais como o norte / noroeste do estado, poderão ser efetuados testes para florescimento precoce, o que pode ser bastante útil para otimizar o tempo necessário para o melhoramento da espécie.

Climatic zoning of *Pinus tecunumanii* for experimental stands establishment in São Paulo State, Brazil

Abstract - *Pinus tecunumanii* has good adaptation to edafoclimatic regions of Brazil and these pinus have been cultivated on Savanna and Atlantic Forest biomes. The objective of this study was to identify climate homogeneous experimental stations of the Forest Institute of São Paulo and indicate places where it is possible to establish progeny and clone tests for breeding and further commercial plantation of this specie. It was selected 30 experimental areas at São Paulo state and climatic data for each meteorological station nearest of these areas were obtained and subjected to cluster analysis. The results were interpreted from the observation dendrogramas. The climatic requirements of the species were verified in the scientific literature and technical reports. All area of São Paulo State is adequate for experimental plantation, with exception of Campos do Jordão, because of great risks of freezing occurrence. The species may also be planted in the stations of Angatuba, Buri, Pirajú, Itapeva, Avaré, Itapetininga and Itararé, but lower areas of the landscape must be avoided, due to the low temperature. In hotter areas of São Paulo State, as North and Northwest region, we can test the plants for earlier flowering what would be useful for optimization the time for plant breeding.

Introdução

O *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguiluz e Perry está entre os pinus tropicais mais adaptados às condições edafoclimáticas brasileiras. Apresenta boa forma do fuste e ótimo potencial para plantios comerciais em regiões tropicais (Moura & Vale, 2002), sendo a madeira de excelente qualidade e com boas características para a produção de pasta mecânica e celulose *kraft* (Silva Junior, 1993).

Apesar do bom desenvolvimento e boa adaptação de *P. tecunumanii* em certas áreas do Brasil, há poucas áreas plantadas, o que pode ser justificado pela falta de conhecimento da espécie e pela oferta restrita de sementes melhoradas. Mori (1993) considerou que para estimular a expansão dos plantios comerciais são necessárias estratégias que propiciem aumento na produtividade, melhoramento das condições de adaptação da espécie, manutenção da variabilidade genética e melhoria na qualidade da matéria-prima. Estas lacunas ainda persistem nos dias atuais.

Pinus tecunumanii ocorre naturalmente na América Central sob a forma de populações disjuntas, desde o México até a Nicarágua, estando divididas em dois grandes grupos, de acordo com a altitude: alta (acima de 1.500 metros) ou baixa (abaixo de 1.500 metros) (Dvorak et al., 2000a).

Estas subpopulações apresentam fortes diferenças morfológicas, sendo que estudos com marcadores moleculares mostram uma nítida separação entre elas, pois há várias características, inclusive de hibridação, com *P. caribaea* var. *hondurensis* nas altitudes menores e com *P. oocarpa* nas altitudes maiores. Nesta última hibridação é, inclusive, difícil a separação das espécies por marcadores RAPD (marcadores moleculares dominantes) (Dvorak et al., 2000b).

Assim, a origem destas diferenças ocorreu como resposta às variações de altitude nas regiões de ocorrência natural, do nível do mar até mais de 3.000 metros. As árvores adultas das regiões de altitudes elevadas podem atingir 55 m, aproximadamente, e DAP maior que 100 cm, com fuste reto. Já as árvores de populações de menores altitudes, geralmente, apresentam altura entre 20 e 30 m, DAP de aproximadamente 60 cm na fase adulta, porém com fuste um pouco tortuoso (Dvorak et al., 2000a).

As populações de menores altitudes (450 a 1.500 m) são encontradas em Belize, Honduras e Nicarágua. Já as de maiores altitudes (1.500 a 2.900 m) são encontradas

no México, Guatemala, Honduras, fragmentos ao norte de El Salvador e também na Nicarágua (Dvorak et al., 2000a).

Observando-se os mapas de distribuição natural da espécie (Dvorak et al., 2000a) verifica-se que as procedências de menores altitudes ocorrem, em sua maior parte, no clima Aw (clima tropical com estação seca de inverno) e não ocorrem nos climas Af (clima tropical úmido ou equatorial) e Am (clima de monção). Por outro lado, as procedências de maiores altitudes ocorrem, principalmente, nos climas Cfa (subtropical com verão curto e fresco), Cfb (subtropical oceânico) e também Aw.

A baixa produção de sementes dessa espécie constitui um problema para a expansão de plantios comerciais, o que poderia ser solucionado, gradativamente, mediante seleção de matrizes mais prolíficas e também de pesquisas de campo para localizar ambientes mais favoráveis à sua reprodução (Shimizu, 2006). Propágulos vegetativos da espécie podem ser enxertados sobre porta-enxertos de outras espécies como *P. caribaea*, *P. patula*, *P. elliottii* e *P. oocarpa*, o que permite a formação de pomares clonais com materiais genéticos selecionados, mesmo que não haja disponibilidade de sementes, da mesma espécie para a formação de porta-enxertos.

Pode, também, ser cruzada manualmente com várias espécies como *P. patula*, *P. greggii*, *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. oocarpa* e *P. caribaea*, sendo que o híbrido gerado com esta última tem apresentado crescimento e densidade de madeiras maiores do que as espécies parentais. Isto é muito importante na implantação de programas de silvicultura intensiva, baseada em propagação vegetativa massal de híbridos (Shimizu, 2006).

Quanto aos solos, as informações não são muito precisas, mas Dvorak et al. (2000a) afirmam que o *P. tecunumanii* não possui tanta plasticidade edáfica quanto o *P. caribaea* var. *hondurensis*. Os autores recomendam o estabelecimento da espécie em solos bem drenados e com bom controle de plantas daninhas, já que *P. tecunumanii* não resiste bem à competição com as mesmas. Dvorak (1985) também acrescenta que *P. tecunumanii* cresce em diferentes tipos de solos, mas a espécie tende a diminuir o crescimento nos solos com alto conteúdo de matéria-orgânica.

Uma excelente característica para o plantio da espécie em regiões tropicais é a baixa incidência de “foxtail”, o que aumenta a importância nos plantios comerciais, tendo em vista que este é um problema comum em pinus tropicais (Shimizu, 2006).

Moura & Vale (2002) registraram no cerrado um melhor desenvolvimento de *P. tecunumanii* em ensaios experimentais, sendo superior ao *P. caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari e *P. oocarpa* (Schiede). Foi constatado um melhor crescimento de procedências de *P. tecunumanii* provenientes da porção mais meridional da região de ocorrência natural, em altitudes em torno de 1.000 m (Shimizu, 2006).

Conforme resultados de testes de procedências em Correntina, BA, também no cerrado, Cornacchia et al. (1998) apontam o *P. tecunumanii* como espécie de melhor desempenho silvicultural dentre as três espécies de pinheiros tropicais avaliados (*P. tecunumanii*, *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*). Todas as procedências utilizadas vieram de locais de origem onde as altitudes são mais baixas, isto é, entre 450 a 1.500 m, de acordo com o estabelecido em Dvorak (2002).

Lima (1991) observou em Felixlândia, MG, em região de Cerrado, que as árvores com cinco anos de idade apresentaram, comparativamente, baixa taxa de mortalidade, baixa incidência de “foxtail” e qualidade de fuste superior ao observado para *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis*. As procedências utilizadas foram todas de zonas de maior altitude (1.500 a 2.900 m), de acordo com o estabelecido por Dvorak (2002). Entretanto, Lima (1991) observou que as procedências com melhor crescimento foram àquelas provenientes das zonas de altitudes menores dentro desta faixa altimétrica.

De acordo com os resultados obtidos por Sebbenn et al. (1995), verificou-se que *P. tecunumanii* adaptou-se perfeitamente à região de São Simão, SP, região que apresenta uma altitude média de 640 m, média do total de precipitação anual de 1.452 mm e clima do tipo Aw. Dessa forma, este local foi tomado como referência de aptidão para realização de plantios florestais. No experimento realizado pelo autor, todas as procedências vieram de locais de altitudes menores.

Vieira & Shimizu (1998) constataram que as procedências originárias de altitudes menores que 800 m são as mais apropriadas para a obtenção de altas produtividades e melhoramentos genéticos adicionais para a região de Vilhena, RO. As procedências utilizadas foram originárias de Honduras, sendo duas de menor altitude, até 970 metros, com média anual do total de precipitação de 1.500 mm e uma de maior altitude, até 1.630 metros, e média anual do total de precipitação de 2.300 mm.

No estado de São Paulo há diversas áreas de plantio e de conservação genética (bancos de germoplasma), de espécies florestais nativas e exóticas, pertencentes principalmente ao Instituto Florestal, órgão da Secretaria de Meio Ambiente. Apesar das estações experimentais estarem sob diferentes condições climáticas, o grau de semelhança ou de diferença entre elas, baseado na classificação de Köppen nem sempre é evidente. O uso da análise de agrupamento, elaborada com os dados meteorológicos obtidos de estações mais próximas pode, por meio da visualização dos dendrogramas, dar indicativos dos locais similares e distintos, em termos climáticos.

Com base na análise multivariada dos dados das estações meteorológicas é possível separar regiões que apresentem condições climáticas heterogêneas e identificar as unidades homogêneas, a exemplo dos trabalhos de Falvo et al. (1996), Tristão et al. (1997), Bernardes (1998), Reis et al. (1999), Andrade et al. (2000) e Fritzsos et al. (2010).

Este trabalho teve como objetivo principal identificar as estações experimentais do Instituto Florestal, mais apropriadas, em termos climáticos, à implantação de ensaios experimentais de *P. tecunumanii* e, com isto, subsidiar a discriminação de genótipos mais produtivos para as diferentes regiões do estado de São Paulo.

Material e métodos

Foram selecionadas 30 áreas do Instituto Florestal de São Paulo, que incluem Unidades de Conservação e Florestas Estaduais.

Além destas, foi também selecionada a Fazenda Experimental da UNESP de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS, divisa com o Estado de São Paulo. Para cada estação experimental considerada, foi localizada a estação meteorológica mais próxima e então registradas as coordenadas geográficas das mesmas. Para a obtenção de informações gerais das áreas experimentais (município, latitude, longitude e altitude) foram consultadas as páginas disponíveis na internet do Instituto Florestal de São Paulo (2012). Os dados climáticos das estações meteorológicas (temperatura média anual, média das temperaturas máximas mensais, médias das temperaturas mínimas mensais, média do total de precipitação pluviométrica anual, média do total de precipitação pluviométrica dos

meses de junho a agosto, precipitação pluviométrica dos meses de dezembro a fevereiro e diferença entre a precipitação pluviométrica média de junho a agosto e a de dezembro a fevereiro) foram obtidos por meio de consulta à página do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (2011).

As coordenadas das áreas experimentais e das estações meteorológicas foram inseridas como pontos no programa Google Earth versão 6.0.2, para melhor localização das áreas em questão, bem como da distância entre os pontos (estações experimentais e meteorológicas). Os dados climáticos de todas as estações foram organizados em planilhas, submetidos à análise de agrupamento (análise de Cluster). Os resultados foram interpretados a partir da visualização dos dendrogramas e do gráfico de distância de aglomeração. Depois de obtidos os agrupamentos, foi elaborada uma “tabela de pertinência”, conforme Fritzsos et al. (2010) e Carpanezzi et al. (1986), onde as amplitudes das variações dos parâmetros climáticos dentro dos grupos podem ser visualizadas.

As exigências climáticas da espécie foram verificadas em literatura científica e nas análises de relatórios técnicos da Embrapa Florestas, especialmente quanto à temperatura, precipitação e fatores limitantes. As exigências edáficas também foram assinaladas. Todas estas informações foram confrontadas com a tabela de pertinência, sendo assim definidos os melhores locais para experimentação.

Resultados e discussão

Análise de agrupamentos

Com base no resultado da análise de agrupamento dos dados das estações meteorológicas, foram definidas as principais regiões homoclimáticas do estado de São Paulo que pode ser visto em Fritzsos et al. (2010).

Analisando os grupos formados (Tabela 1), verificou-se que eles apresentaram forte coerência com a realidade espacial, em termos de distribuição regional das estações experimentais no estado. De forma hierárquica e preliminar, na análise estatística, as estações das áreas frias (grande grupo 1) foram separadas das estações das áreas quentes (grande grupo 2).

Análise dos experimentos efetuados com *P. tecunumanii* no Brasil

Vários plantios têm sido efetuados com *P. tecunumanii* no Brasil (Tabela 2). Torna-se evidente que nas áreas mais quentes, de clima Aw, as matrizes provenientes de altitudes inferiores a 1.500 metros (Dvorak, 2002) são mais bem sucedidas do que as provenientes de altitudes maiores de 1.500 metros.

Em Vilhena, RO, o experimento mais setentrional que se tem conhecimento no Brasil, situado num platô de altitude, o que confere um clima diferente do restante do estado, se encontra abaixo de 500 metros de altitude. Outros experimentos bem sucedidos foram conduzidos pela Embrapa Florestas em locais de clima mais frio e podem ser observados nas regiões de Itapetininga-SP, onde foram plantadas as procedências de maiores altitudes, e em Ventania, PR, as procedências de menores altitudes.

Moura & Vale (2002) avaliaram a variabilidade genética expressa na densidade básica da madeira de *P. tecunumanii* procedente do México e América Central, em plantio realizado em Planaltina, DF, com procedências de altitudes superiores a 1.500 metros. Os autores concluíram que existe a tendência da densidade de madeira ser maior nas procedências centro-americanas em relação às mexicanas e, ainda, que os melhores resultados são obtidos com as procedências de altitudes inferiores a 1.500 m, conforme diferenciação apresentada por Dvorak (2002).

Destes experimentos, observa-se que o clima dos locais de plantio foram: Aw (tropical com inverno seco) em Planaltina, DF, Felixlândia, MG, Correntina, BA, São Simão, SP e Vilhena, RO; Cwa (quente com inverno seco) em Itapetininga, SP e Cfb (Clima subtropical com influência marítima) em Ventania, PR.

Para Dvorak et al. (2000a), numa avaliação geral de *P. tecunumanii* aos cinco e oito anos de idade, as procedências mais bem sucedidas foram Montebello (Chiapas, México) e San Jerónimo (Guatemala), apresentando maior produção para plantios em maiores altitudes na América Latina e sul da África, enquanto que as procedências San Miguel (Guatemala) e La Esperanza (Honduras) apresentaram grande potencial em outros locais. Por outro lado, Villa Santa (Honduras), San Rafael del Norte e Yucul (Nicarágua) foram as melhores procedências para a mesma característica em locais de menores altitudes, com forte potencial produtivo, bem como as procedências Apante e Camelias, ambas da Nicarágua.

Tabela 1. Tabela de Pertinência com os agrupamentos formados.

Grande grupo	Descrição	Grupo	Descrição	Sub-grupo	Köppen	TA	TMAX	TMINMF	TMIN	TMAXMQ	Pp (mm)			Estações	Altitude (m)
											média	JJA	DJF		
°C															
1	Áreas mais frias	1.1	Áreas de altitude		Cwb	14,8	21,3	4,0	8,8	24	1.706	123	793	Campos do Jordão	1.030 a 2.007
		1.2	Áreas com verão moderado		Cfa e Cwa	19,4 a 21,5	24,3 a 27,9	9,4	14 a 14,8	30,2	1.179 a 1.415	139 a 215	496 a 591	Angatuba, Buri, Pirajú, Itapeva, Avaré, Itapetininga, Itararé	540 a 775
		2.1	Centro leste – áreas elevadas do Planalto Serra Geral		Cwa e Aw	20,8 a 22,9	27,1 a 29,3	10,1	14,4 a 16,8	30,2	1.430 a 1.517	65 a 98	703 a 760	Araraquara, Itirapina, Batatais, Luis Antonio, Santa Rita do Passa Quatro, Bento Quirino, São Simão	640 a 880
2	Áreas mais quentes	2.2	Áreas mais baixas do Planalto Serra Geral e depressão periférica	2.2.1	Cwa e Aw	21,4 a 23,5	27,8 a 29,8	10,0	14,8 a 17,3	32,0	1.173 a 1.498	79 a 153	587 a 669	Assis, Santa Bárbara, Manduri, Marília, Paraguaçu Paulista, Bauru, Jau, Mogi Guaçu, Pederneras, Casa Branca, Mogi Mirim e Tupi	490 a 700
						23,6 a 24,8	30,4 a 31,3	12,0	16,5 a 18,4	33,0	1.259 a 1.334	61 a 75	615 a 684	Bebedouro, São José do Rio Preto, Ilha Solteira	375 a 579

Legenda: TA = temperatura média anual; TMAX = média das temperaturas máximas; TMINMF = média das temperaturas mínimas do mês mais frio; TMIN = média das temperaturas mínimas; TMAXMQ = média das temperaturas máximas do mês mais quente; Pp média = média anual do total das precipitações; Pp JJA = média do total das precipitações de junho, julho e agosto; Pp DJF = média do total das precipitações de dezembro, janeiro e fevereiro.

Tabela 2. Plantios efetuados com o *P. tecunumanii* no Brasil.

Autor/Fonte	Localização	Procedências *	Ano de plantio	Idade de avaliação	Melhores procedências *	Característica	Observações	Altura média (m)	DAP médio (cm)	Volume médio (m ³ arv ⁻¹)
Lima (1991)	Felixlândia, MG	Montebello, Las Piedrecitas, Jitotol e Chempil	1984	5	Montebello e Jitotol	Crescimento em altura e DAP	Material genético originário do México	8,35	1,67	2,16
		San Vicente, La Soledad, San Jerônimo, Las Trancas, San Lorenzo e Celaque	1984	5	San Jerônimo e Celaque	Crescimento em altura	Material genético originário da América Central	8,17	1,63	2,15
Cornacchia et al. (1998)	Correntina, BA	Villa Santa 1, S. Francisco, Villa Santa 2, Jocon, San Steban, Guajiquiro, Mt. P. Ridge, S. Rafael N., La Breitera e Yucul	1985	5,5	1 - Villa Santa 1, Villa Santa 2, San Steban e Mountain Pine Ridge; 2 - S. Rafael del Norte, Yucul e Guajiquiro.	1 - Baixa incidência de bifurcação e de foxtail e rendimento volumétrico superior ao dos controles comerciais; 2 - melhor forma do tronco.	Entre as espécies de <i>Pinus</i> avaliadas, o <i>P. tecunumanii</i> é o que apresenta melhor desempenho silvicultural	-	-	0,02823
Vieira & Shimizu (1998)	Vilhena, RO	Culmí, Cerro Cusuco e Gualaco	1991	6	Gualaco e Culmí	Alta produtividade para altura, DAP e volume		7,74	1,29	1,74
								10,44	10,44	0,08

* As procedências destacadas em negrito são as de altitude elevada e as demais de baixa altitude.

Tabela 2. Continuação.

Autor/ Fonte	Localização	Procedências *	Ano de plantio	Idade de avaliação	Melhores procedências*	Característica	Observações	Altura média (m)	DAP médio (cm)	Volume médio (m ³ arv ⁻¹)		
Moura & Vale (2002)	Planaltina, DF	Chempil, Jitotol, Las Piedrecitas, Montebello e San José	s.i. ²	15	Montebello	Maior média em volume: 0,32 m ³	Material genético originário do México	17,1	1,14	22,8	1,52	0,28
		Las Trancas, La Soledad, San Vicente, San Lorenzo, San Jerônimo, Km 47, Km 33 e Celaque	s.i. ²	15	San Jerônimo	Maior volume: 0,36 m ³	Material genético originário da América Central	17,8	1,19	23,6	1,57	0,31
Sebben et al. (1995)	São Simão, SP	San Rafael del Norte, Yucul Matagalpa, La Paz San Pedro de Tutule, Villa Santa, Dulce Nombre de Culmi, San Esteban, San Francisco de La Paz, Vocón (Yoro), Las Piedrecitas, Mount Pine Ridge	1990	14	1 - San Esteban e San Francisco de La Paz; 2 - Villa Santa e Dulce Nombre del Culmi; 3 - San Rafael del Norte e Vocón	1 - Maior crescimento em DAP; 2 - Maior desempenho em altura; 3 - Boa forma do fuste		1,39	1,99	27,793	-	-

*As procedências destacadas são as de altitude elevada e as demais de baixa altitude.

Tabela 2. Continuação.

Autor/ Fonte	Localização	Procedências *	Ano de plântio	Idade de avaliação	Melhores procedências*	Característica	Observações	Altura média (m)	DAP médio (cm)	Volume médio (m ³ arv ⁻¹)		
Sebben et al. (1995)	São Simão, SP	San Rafael del Norte	1986	1	-	-	Altura total	1,65	-	-		
				2	-	-	Altura total	3,58	1,79	-		
				4	-	-	Altura total e DAP	7,29	1,82	9,64	2,41	-
Relatório técnico (2011)	Ventanias, PR	Villa Santa, San Esteban e San Francisco	1989	7	-	-	DAP, altura total, forma do tronco e volume real	12,42	1,77	14,26	2,04	120,764
				21	-	-	Sem delineamento	18,251	0,87	33,9	1,61	-
Relatório técnico (2011)	Ventanias, PR	Villa Santa, San Esteban e San Francisco	1989	21	-	-	Blocos completos ao acaso	27,111	1,29	48,2	2,30	-
Relatório técnico (2011)	Itapetininga, SP	Napite, Rancho Nuevo, Chanal e Pachoc	1989	20	-	-	-	24,71	1,24	37,6	1,88	-
Relatório técnico (2011)	Itapetininga, SP	Rancho Nuevo	1989	20	-	-	-	25,81	1,29	38,7	1,94	-
Relatório técnico (2011)	Itapetininga, SP	Napite	1989	20	-	-	-	24,01	1,20	39,1	1,96	-
Relatório técnico (2011)	Itapetininga, SP	Chanal	1989	20	-	-	-	23,101	1,16	40,7	2,04	-

* As procedências destacadas em negrito são as de altitude elevada e as demais de baixa altitude.

Observa-se que no plantio de Felixlândia, MG e de Planaltina, DF, as procedências Montebello e San Jerônimo se destacaram e Villa Santa se destacou em São Simão e Correntina (Tabela 2), o que confirma as observações de Dvorak (2002) para o Brasil.

Assim, com base nas referências dos grupos das estações experimentais (Tabela 1), nos resultados dos plantios (Tabela 2) e nas variáveis climáticas dos locais de experimentação (Tabela 3) foi estabelecido o zoneamento do *P. tecunumanii* para as estações experimentais do estado de São Paulo (Figura 1).

Tabela 3. Variáveis climáticas dos locais de experimentação de *P. tecunumanii* no Brasil.

Locais	TA	Tmédia min	Tmédia max	Pp med.	Pp JJA	Pp DJF	Altitude (m)	Clima (Köppen)	Fonte
	°C			(mm)					
Correntina, BA	21,3	-	-	1.300	-	-	950	Aw	1
Felixlândia, MG	24*	-	-	1.250	-	-	635	Aw	2
Vilhena, RO	24	-	-	2.000	-	-	596	Aw	3
Planaltina, DF	21	-	-	1.550	-	-	1070	Aw	4
São Simão, SP	22,9	16,8	29,3	1.471	77,4	698,5	620	Aw	5
Itapetininga, SP	20,6	14,4	26,8	1.311	143,4	573,3	660	Cwa	6
Pres. Castelo Branco, PR	22,2	17,8	28,4	1.500	212	260	480	Cfa	7
Telêmaco Borba, PR**	18,6	13,4	26,0	1.600	255	531	700	Cfb	8
Região de ocorrência natural de baixa altitude	22,9	-	-	1.302	578	124	450 a 1.500	-	9
Região de ocorrência natural de maior altitude	16,1	-	-	1.990	1038	116	1.500 a 2.900	-	10

* Média do mês mais quente. Legenda: TA = temperatura média anual; TMIN = média das temperaturas mínimas; TMAX = média das temperaturas máximas; Pp med. = média anual do total das precipitações; Pp JJA = média do total das precipitações de junho, julho e agosto; Pp DJF = média do total das precipitações de dezembro, janeiro e fevereiro.

Fonte: 1) Cornacchia et al. (1998); 2) Lima (1991); 3) Vieira & Shimizu (1998); 4) Moura & Vale (2002); 5 e 6) CEPAGRI (2011); 7 e 8) IAPAR (2011); 9) Dvorak (2002).

A Tabela 4 apresenta informações climáticas das estações experimentais.

A maior restrição climática para o desenvolvimento de *P. tecunumanii* é a ocorrência de geadas (Dvorak et al., 2000a; Aguiar et al. 2011), sendo o fator de maior peso na elaboração deste zoneamento. Ao planejar as áreas de plantios, estas zonas devem ser evitadas.

O Grupo 1.1, representado por Campos do Jordão, SP, não é aconselhável para plantio devido às temperaturas

baixas no inverno e frequente ocorrência de geadas (Tabela 1), o que pode causar danos à espécie, principalmente no primeiro ano de plantio. Entretanto, deve ser observado que, atualmente, o Plano de Manejo proíbe o plantio de ensaios experimentais nos Parques Estaduais, principalmente com exóticas. Assim, mesmo que não houvesse problemas com geadas, o plantio somente seria possível em locais fora dos limites do Parque.

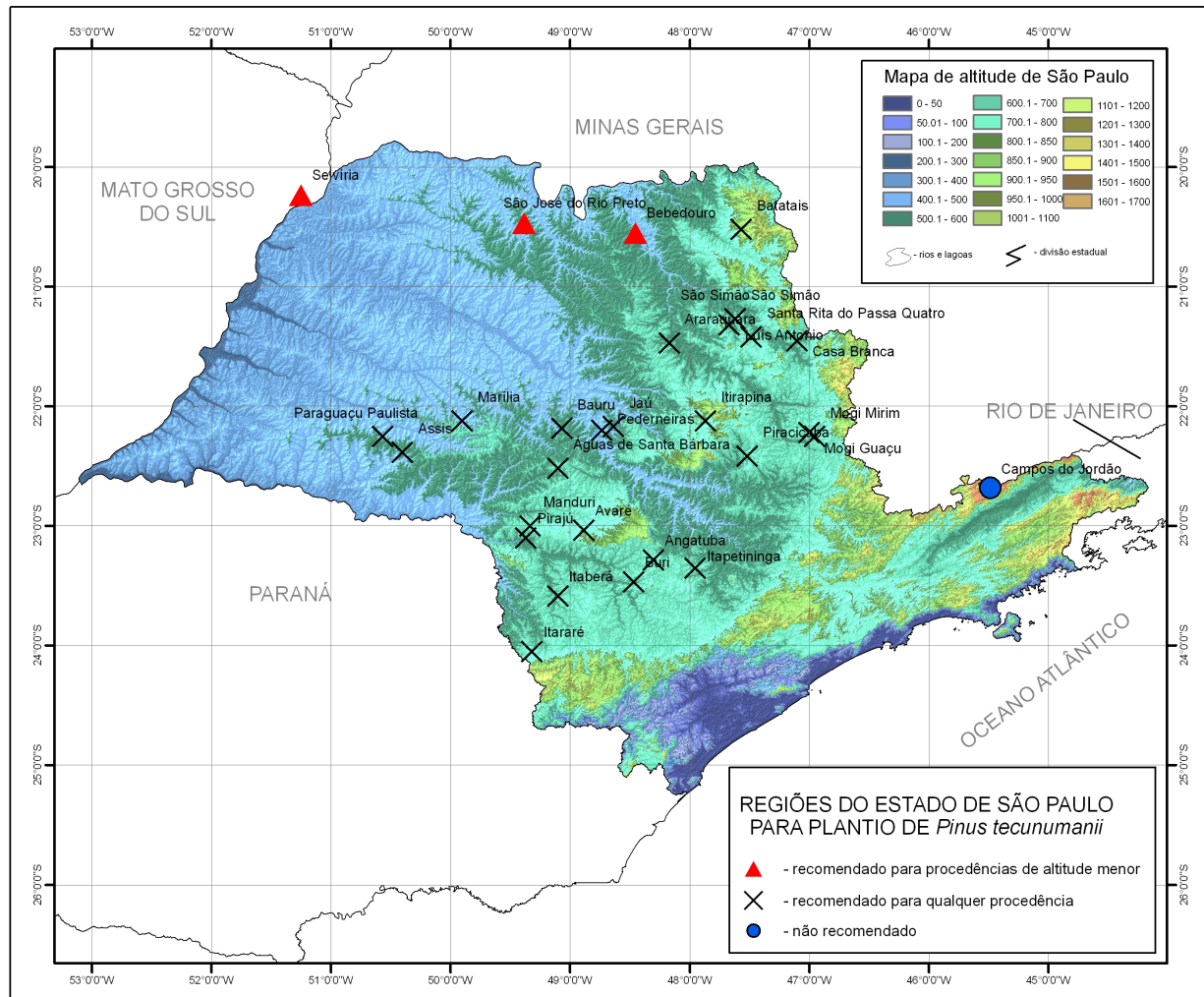


Figura 1. Zoneamento do *P. tecunumanii* para as estações experimentais do estado de São Paulo.

Dvorak et al. (2000a) relatam que populações de *P. tecunumanii* de maiores altitudes são submetidas a ocorrência de períodos curtos de geadas (-1 a -4 °C) em algumas regiões montanhosas da Guatemala e México, mas deve ser observado que a temperatura média de Campos do Jordão (14,8 °C) é inferior à temperatura média das regiões de origem de maiores altitudes (16,1 °C) (Tabela 3).

No grupo 1.2 estão as áreas com verão moderado, de clima Cwa (quente com inverno seco) e Cfa (subtropical com verão curto e fresco). Estas áreas são aconselháveis ao plantio de *P. tecunumanii*, tanto para os de maior altitude (procedências do lugar de origem acima de 1.500 m), bem como os de menor altitude (procedências do lugar de origem abaixo de 1.500 m), mas recomenda-se evitar as zonas de ocorrência

de geadas, como é o caso das porções mais baixas do terreno, onde o ar frio se acumula.

No grupo 2.1 e no subgrupo 2.2.1 de clima Cwa e Aw, respectivamente, é aconselhável o plantio de ambas as procedências, tanto de maior como de menor altitude. Em São Simão-SP, o plantio de procedências de menor altitude foi bem sucedido. Nas regiões destes grupos poderiam ser implantados também ensaios com as procedências de maior altitude.

No grupo 2.2.2, região norte-noroeste de São Paulo, é também aconselhável o plantio das procedências de menor altitude e não as de maior altitude, pois a temperatura média das estações desta região (Bebedouro e São José do Rio Preto) supera a temperatura média anual da região de origem das procedências de menor altitude.

Tabela 4. Altitude e dados climáticos de algumas estações experimentais do Instituto Florestal de São Paulo.

Estação	Município	Altitude Est. Exp. ^I (m)	Temperatura (°C) ^{II}					Precipitação (mm) ^{II}		
			TA	TMAXMQ	TMINMF	TMAX	TMIN	Pp med.	Pp JJA	Pp DJF
EEco. Angatuba	Angatuba	620 a 750	20,9	29,7	10,1	27,2	14,7	1.282,2	145,1	529,1
EExp. Araraquara	Araraquara	663	21,7	29,6	10,8	28,1	15,2	1.430,2	91,6	702,7
EEco. Assis	Assis	500 a 590	22,1	31	11	28,7	15,4	1.441,5	168	589,7
FE Avaré	Avaré	750	20,6	29	9,4	26,5	14,7	1.388,1	151,9	591,5
FE Batatais	Batatais	880	20,9	28,8	10,1	27,3	14,4	1.549,7	64,7	759,6
EExp. Bauru	Bauru	550	22,6	31	12	29,1	16	1.331	113,3	621,4
FE Bebedouro	Bebedouro	570	23,9	33	12	31	16,5	1.333,8	61,7	684,2
EExp. Bento Quirino	São Simão	640	22,9	31	12	29,3	16,8	1.470,7	77,4	733,1
EExp. Buri	Buri	600	20,9	29,8	10,1	27,2	14,7	1.253	161,1	510,9
PE Campos do Jordão	Campos do Jordão	1.732 ^{III}	14,8	24	4	21,3	8,8	1.705,8	123,4	793,7
EExp. Casa Branca	Casa Branca	680	21,5	29,5	10,7	28	15,1	1.310,2	78,6	633,7
EExp. Itapetininga	Itapetininga	500	20,6	29,3	9,8	26,8	14,4	1.310,6	143,4	573,3
EExp. Itapeva	Itaberá	740	20,1	28,9	9,4	26,2	14	1.278,4	179	514,7
EExp. Itararé	Itararé	765	19,4	27	10	24,3	14,8	1.414,6	215	561,5
EExp. Itirapina	Itirapina	700 a 827	20,8	28,8	10	27,1	14,4	1.450,1	97,6	704,9
EExp. Jaú	Jaú	530	22,7	30	12	28,5	16,5	1.254,2	84,5	614,5
EExp. Luís Antonio	Luis Antonio	832 ^{III}	21,7	29,6	10,8	28,2	15,2	1.516	85,8	739,2
FE Manduri	Manduri	700	21,4	30	10	27,9	14,8	1.498,4	139,8	663,6

Legenda: EEco. = Estação ecológica; EExp. = Estação experimental; FE = Floresta estadual; PE = Parque estadual; FExp. = Fazenda experimental; TA = temperatura média anual; TMAXMQ = média das temperaturas máximas do mês mais quente; TMINMF = média das temperaturas mínimas do mês mais frio; TMAX = média das temperaturas máximas; TMIN = média das temperaturas mínimas; Pp med. = média anual do total das precipitações; Pp JJA = média do total das precipitações de junho, julho e agosto; Pp DJF = média do total das precipitações de dezembro, janeiro e fevereiro.

Referências: ^IInstituto Florestal; ^{II}CEPAGRI; ^{III}Altitude do ponto das coordenadas das áreas experimentais obtidas pelo Google Earth; ^{IV}Dados referentes ao município de Ilha Solteira.

Tabela 4. Continuação.

Estação	Município	Altitude Est. Exp. ¹ (m)	Temperatura (°C) ^{II}					Precipitação (mm) ^{II}		
			TA	TMAXMQ	TMINMF	TMAX	TMIN	Pp med.	Pp JJA	Pp DJF
EExp. Marília	Marília	675	23,5	31	14	29,5	17,3	1.428,2	1.24,9	669,3
EExp. Mogi Guaçu	Mogi Guaçu	680	21,5	29,7	10,6	27,9	15,1	1.167,8	94,9	587,1
EExp. Mogi Mirim	Mogi Mirim	623 ^{III}	21,4	29,7	10,6	27,8	15	1.353,2	101,7	636,5
EExp. Paraguaçu Paulista	Paraguaçu Paulista	490	23,3	32	12	29,8	16,8	1.356,8	139,6	581,8
FE Pederneiras	Pederneiras	500	22,5	30,9	11,5	29	16	1.173,8	108,3	551,5
FE Pirajú	Pirajú	540 a 658	21,5	30,2	10,6	27,9	15,1	1.179,3	139,1	495,8
FE Santa Bárbara	Águas Santa Bárbara	600 a 688	21,7	30,2	10,8	28,1	15,3	1.353,7	153,4	559,4
EExp. Sta. Rita Passa Quatro	Sta. Rita Passa Quatro	725	21,1	28,9	10,3	27,5	14,6	1.506,8	82,2	739,4
EExp. São José do Rio Preto	São José do Rio Preto	488	23,6	33	12,2	30,4	17	1.259,1	61,4	626,7
EExp. São Simão	São Simão	640	22,9	31	12	29,3	16,8	1.470,7	77,4	733,1
EExp. Tupi	Piracicaba	505 a 570	21,6	30	10	28,2	14,8	1.328,1	103,5	628,4
FExp. UNESP Ilha Solteira	Selvíria	375 ^{II,IV}	24,8 ^{IV}	33 ^{IV}	13,1 ^{IV}	31,3 ^{IV}	18,4 ^{IV}	1.309,4 ^{IV}	75,3 ^{IV}	615,1 ^{IV}

Legenda: EEco. = Estação ecológica; EExp. = Estação experimental; FE = Floresta estadual; PE = Parque estadual; FExp. = Fazenda experimental; TA = temperatura média anual; TMAXMQ = média das temperaturas máximas do mês mais quente; TMINMF = média das temperaturas mínimas do mês mais frio; TMAX = média das temperaturas máximas; TMIN = média das temperaturas mínimas; Pp med. = média anual do total das precipitações; Pp JJA = média do total das precipitações de junho, julho e agosto; Pp DJF = média do total das precipitações de dezembro, janeiro e fevereiro.

Referências: ^I Instituto Florestal; ^{II}CEPAGRI; ^{III} Altitude do ponto das coordenadas das áreas experimentais obtidas pelo Google Earth; ^{IV}Dados referentes ao município de Ilha Solteira.

Quanto à precipitação pluviométrica, Dvorak et al. (2000a) comentam que a espécie se adapta a regiões onde a amplitude de variação da precipitação pluviométrica total anual é de 900 a 2.400 mm e com estação seca de até cinco meses. Assim, considerando a amplitude de variação pluviométrica do estado de São Paulo, parece não haver problema, em termos de escassez de água, em qualquer região do estado.

Um aspecto silvicultural negativo da espécie é sua alta suscetibilidade à quebra de fuste pelo vento. Portanto, a implantação de plantios em regiões com forte incidência de vento deve ser evitada. Aguiar et al. (2012) afirmam que a tendência à quebra de fuste em plantios florestais para *P. tecunumanii* é caráter de moderada a alta herdabilidade, o que possibilita a correção por meio de seleção de matrizes.

Além da suscetibilidade à quebra de fuste, foi constatado na região de Ventania, PR, o tombamento de árvores inteiras pelo vento, mas sem quebra de troncos. Isto é explicado pelo fato de que o *P. tecunumanii* não apresenta raiz profunda e o sistema radicular é muito sensível ao tamanho e forma das embalagens (saquinhos) na fase de viveiro. Adicionalmente, Dvorak (2002) observou que esta espécie apresenta o menor sistema radicular e a menor relação área de raiz por peso de broto, quando comparada a *P. maximinoi*, *P. chiapensis* e *P. ayacahuite*.

Considerando essas características, para as regiões de alta ocorrência de ventos deve-se atentar para a seleção de material com sistema radicular mais desenvolvido e menor suscetibilidade à queda. A instalação de teste de progênies nestes locais é importante para a identificação de genótipos mais resistentes a ventos. Neste caso, a própria condição local se encarregaria desta seleção.

Assim, testes de progênies devem ser instalados para definir os genótipos mais adaptados às diversas condições das regiões de São Paulo, bem como para constatar a existências das interações “genótipo x ambiente”.

Conclusões

A análise de agrupamentos utilizada neste trabalho separou de forma eficiente as estações meteorológicas e experimentais e as agrupou, conforme a homogeneidade climática de cada região do estado de São Paulo, identificando zonas diferenciadas para condução de experimentos voltados para o melhoramento genético vegetal evitando, assim, a repetição de mais de um experimento em zonas de clima semelhante.

A metodologia utilizada neste trabalho poderá ser facilmente replicada em trabalhos semelhantes, desde que se tenha posse dos dados climáticos e do resultado de experimentos realizados com as espécies alvo.

O *P. tecunumanii* pode ser plantado em todas as estações experimentais analisadas do estado de São Paulo, excetuando-se apenas áreas agregadas à estação de Campos do Jordão, devido à frequente ocorrência de geadas. Nas estações do grupo de Angatuba, Buri, Pirajú, Itapeva, Avaré, Itapetininga e Itararé, devido ao clima ameno e também pela incidência de geadas, recomenda-se evitar áreas mais baixas do terreno. Estas estações poderão ser utilizadas também para seleção de procedências provenientes de maiores altitudes.

Entretanto, as de menores altitudes também devem ser plantadas por serem mais produtivas e apresentarem características silviculturais comparativamente melhores que as observadas para as de maiores altitudes.

Como os plantios de diversas procedências têm sido bem sucedidos nas estações de Araraquara, Itirapina, Batatais, Luís Antonio, Santa Rita do Passa Quatro, Bento Quirino, São Simão, Assis, Santa Bárbara, Manduri, Marília, Paraguaçu Paulista, Bauru, Jaú, Mogi Guaçu, Pederneiras, Casa Branca, Mogi Mirim e Tupi, recomenda-se fazer experimentos com genótipos já selecionados.

Por outro lado, nas estações de Bebedouro, São José do Rio Preto e Ilha Solteira recomenda-se o plantio experimental, especialmente voltado para reprodução (seleção genética), avaliando a possível tendência ao florescimento precoce.

Referências

- AGUIAR, A. V. DE; SOUZA, V. A. DE, SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Sistemas de produção:** cultivo do Pinus. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/index.htm. Acesso em: 14 jun. 2011.
- ANDRADE, L. A. de; REIS, M. das G. F.; REIS, G. G. dos; COSTA, L. M. da. Classificação ecológica do Estado da Paraíba. 2. Delimitação e caracterização de sub-regiões ecológicas a partir de variáveis biopedológicas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 207-214, 2000.
- BERNARDES, L. R. M. **Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado do Paraná, através de técnicas de análise multivariada.** 1998. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CARPANEZZI, A. A. (Coord.). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná.** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1986. 89 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 17).
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas:** a classificação climática de Koeppen para o Estado de São Paulo. Disponível em: <http://orion.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; BORGES, R. C. G.; PIRES, I. E.; LÔBO, P. R. Variabilidade genética entre e dentro de procedências de pinheiros tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 919-928, jun.1998.
- DVORAK, W. S. *Pinus tecunumanii* Eguliz & J. P. Perry. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual.** Washington, DC: USDA, Forest Service, 2002. p. 639-643. (USDA. Agriculture handbook, 721). Disponível em: <http://www.nrem.iastate.edu/ECOS/Species/Pinus%20patula.pdf>. Acesso em: 23 out. 2011.

- DVORAK, D.W. One-year provenance/progeny test results of *Pinus tecunumanii* from Guatemala established in Brazil and Colombia. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v. 64, n. 1, p. 57-65, 1985.
- DVORAK, W. S.; HODGE, G. R.; GUTIERREZ, E. A.; OSORIO, L. F.; MALAN, F. S.; STANGER, T. K. *Pinus tecunumanii*. In: CAMCORE COOPERATIVE. **Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative**. Botha Hill, South Africa: Grow Graphics, 2000a. p. 188-210.
- DVORAK, W. S.; JORDON, A. P.; HODGE, G. P.; ROMERO, J. L. Assessing evolutionary relationships of pines in the *Oocarpae* and *Australes* subsections using RAPD markers. **New Forests**, v. 20, n. 2, p. 163-192, 2000b.
- FALVO, G.; RIZZI, N. E.; CHAVES NETO, A. Zoneamento da bacia hidrográfica do Rio Miringuava utilizando-se de técnicas de análises multivariada. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 15-32, 1996.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.; WREGE, M. S. Carta de unidades geoclimáticas para o Estado do Paraná para uso florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.62.129
- INSTITUTO FLORESTAL (São Paulo, SP). **Unidades de conservação**. Disponível em <http://www.iflorestal.sp.gov.br/areas_protegidas/index.asp>. Acesso em: 21 set 2011.
- LIMA, R. T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia/MG-Brasil, região de cerrados: 2 – *Pinus patula* spp. *tecunumanii*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 1-9, 1991.
- MOURA, V. P. G.; VALE, A. T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no Cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 104-113, 2002.
- MORI, E. S. **Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção**. 1993. 119 f. Tese (Doutorado em Genética) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- REIS, M. das G. F.; LEONARDO, A. de A.; REIS, G. G. dos.; SOUZA, L. de S. Classificação ecológica do Estado da Paraíba. 2. Delimitação e caracterização de regiões ecológicas a partir de variáveis climáticas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 139-149, abr./jun. 1999.
- SEBBENN, A. M.; PIRES, C. L. S.; SALDANHA, H. X.; ZANATTO, A. C. S. Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. Et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 241-252, 1995.
- SHIMIZU, J. Y. *Pinus* na silvicultura brasileira. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 16, n. 99, p. 4-12, set. 2006.
- SILVA JUNIOR, F. G. da; BARRICHELO, L. E. G.; SHIMOYAMA, V. R. S.; WIECHETECK, M. S. S. Avaliação da madeira de *Pinus patula* var. *tecunumanii* visando à produção de celulose Kraft e pasta mecânica. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 26., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1993. p. 357-365.
- TRISTÃO, R. A.; REIS, M. das G. F.; COSTA, L. M. da; ASPIAZU, C. Classificação ecológica de uma área do Estado de Minas Gerais: um método biopedológico. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 201-212, 1997.
- VIEIRA, A. H.; SHIMIZU, J. Y. **Avaliação do potencial de produtividade de madeira de *Pinus tecunumanii* no sul de Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1998. 16 p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Boletim de pesquisa, 24).