

Fatores climáticos limitantes para a distribuição da araucária no estado de São Paulo

Climatic factors for limiting araucaria distribution in São Paulo state

Elenice Fritzsons¹, Marcos Silveira Wrege¹ e Luiz Eduardo Mantovani²**Resumo**

No estado de São Paulo, a floresta com *Araucaria angustifolia* (Bert.) ocorre de forma fragmentada na paisagem, sendo o clima um fator condicionante da sua presença. O objetivo deste estudo foi investigar a influência da precipitação e da temperatura sobre a presença natural da araucária e identificar diferentes locais onde a espécie tem sua distribuição natural. Foram separados os valores médios mensais e estacionais de temperatura e precipitação dos municípios com e sem a ocorrência natural da araucária. A altitude da estação meteorológica também foi considerada. Os dados foram submetidos a vários testes estatísticos descritivos, uni e multivariados. Concluiu-se que a presença de florestas nativas de araucária ocorreu onde as temperaturas foram entre 2 a 3 graus menores em cada estação anual e em altitudes superiores a 700 metros. As áreas com florestas naturais de araucária se dividiram em dois grupos com localizações geográficas distintas: o grupo A1 ao norte e regiões Serras da Mantiqueira e o grupo A2 com predominância no Planalto Meridional. No grupo A1, a precipitação foi maior na primavera, no verão e no outono, e a altitude também foi maior. Não houve diferença entre as temperaturas dos dois grupos e isto pode ser decorrente da compensação das altitudes menores em latitudes maiores ao sul e vice versa. Os resultados obtidos oferecem subsídios para a escolha de áreas de conservação *in situ* e podem auxiliar na elaboração de programas de conservação e melhoramento genético.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Mista; Conservação genética; Unidades de conservação; Espécies nativas.

Abstract

In the state of São Paulo *Araucaria angustifolia* (Bert.) forest occurs in a fragmented way in the landscape, and climate is the factor that determines its presence. The objective of this study was to investigate the influence of precipitation and temperature on the natural distribution of Araucaria and to identify different locations where the species has its natural distribution. The mean monthly and seasonal values of temperature and precipitation of the municipalities with and without the natural occurrence of the Araucaria were separated. The altitude of the weather station was also considered. The data were submitted to several descriptive statistical tests, uni- and multivariate. We conclude that the presence of native Araucaria forests occurred where temperatures were between 2 to 3 degrees lower in each annual season and at altitudes above 700 meters. The areas with natural Araucaria forests were divided into two groups with distinct geographical locations: the A1 group to the north and Mantiqueira Mountains regions and the A2 group with predominance in the Southern Plateau. In A1 group, precipitation was higher in the spring, summer and fall, and altitude was also higher. There was no difference between the temperatures of the two groups and this may be due to the compensation of the lower altitudes in the higher latitudes to the south and vice versa. The obtained results offer subsidies for the selection of *in situ* conservation areas and can help in the elaboration of programs of conservation and genetic improvement.

Keywords: Mixed Rain Forest; Genetic Conservation; Conservation Units; Native Species.

INTRODUÇÃO

A permanência de uma espécie florestal num determinado local ao longo do tempo depende de um processo de adaptação ao clima, ao solo e do sucesso obtido nas relações de competição e sinergismo. Reconhecer as características edafoclimáticas preferenciais e limitantes de uma espécie é fundamental para a compreensão de sua ecologia, pois elas interferem no sucesso de sua adaptação. Este conhecimento é importante para a recomposição de ecossistemas naturais e para o cultivo de espécies nas atividades agrícolas, ou seja, na introdução ou reintrodução de uma espécie em determinado tipo de clima e solo, sendo esta também a base dos zoneamentos climáticos e edafoclimáticos.

¹Pesquisadora Doutora. Embrapa Florestas - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Estrada da Ribeira - km 111 - Caixa Postal 319 - 83411-000 - Colombo, PR - Brasil. E-mail: elenice.fritzsons@embrapa.br; marcos.wrege@embrapa.br.

²Professor Associado no Departamento de Geologia. UFPR - Universidade Federal do Paraná / Centro Politécnico. Caixa Postal 19011 - 81531-990 - Curitiba, PR, Brasil: lem@ufpr.br.

O gênero *Araucaria* L. Jussieu originou-se há cerca de 200 milhões de anos e é composto por 19 espécies que ocorrem no Hemisfério Sul, sendo a espécie *Araucaria angustifolia* nativa do Brasil e possui ampla área de distribuição, contribuindo para que ela se diferencie em raças locais ou ecotipos (REITZ; KLEIN, 1966). A espécie está adaptada a climas frios e úmidos e com a ocorrência de geadas (KLEIN, 1960; PULCHALSKI et al. 2006) e, ao longo dos períodos geológicos, apresentou dispersão geográfica bastante diversa da atual, com registros fósseis no Nordeste brasileiro (IBGE, 1992). A distribuição disjunta das florestas em locais de altas altitudes ou mais frias é evidência de uma distribuição mais ampla no passado e posterior regressão desta fisionomia sob o clima atual (ARZOLLA et al., 2014). O clima e também o solo, num segundo grau de importância, determinam a existência da espécie no espaço. As temperaturas médias anuais elevadas interferem no desenvolvimento e no ciclo reprodutivo da araucária, impedindo a regeneração natural e o estabelecimento da espécie, visto que em climas mais quentes não ocorrem populações naturais e há maior competição com outras espécies mais adaptadas às temperaturas maiores (PULCHALSKI et al., 2006).

O avanço da fronteira agrícola e a urbanização, combinado com o alto valor comercial da madeira da araucária, levou à exploração indiscriminada, colocando-a sob constante ameaça. Estima-se que os remanescentes onde se encontra a araucária ocupam entre 1 a 4% da área original no país o que a coloca na lista das espécies ameaçadas de extinção (IBAMA, 2008; ARZOLLA et al., 2014). Pode ser considerada uma espécie “Críticamente em perigo” (CR) devido à redução de 80% de sua área em 80 anos ou “Em perigo” (EN) por remanescer em unidades de conservação (UC) de proteção integral e apresenta alto potencial de cultivo (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Assim, a compreensão de quais são as variáveis climáticas que determinam a ocorrência natural da araucária pode ajudar na elaboração de estratégias que visam à conservação *in situ* e o melhoramento da espécie para fins florestais. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi descrever a variação da temperatura e da precipitação nas áreas de presença natural da araucária no Estado de São Paulo e, ainda, identificar os distintos locais onde há a presença da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi feito em duas etapas, a primeira comparando climaticamente as regiões com e sem araucária e a segunda separando as áreas com a presença da espécie no estado.

Comparação dos grupos com e sem araucária

Foram utilizados os dados de temperatura e precipitação mensais do INMET (Normais Climatológicas do Brasil) para 637 municípios do Estado de São Paulo (INMET, 2009). Os municípios foram separados em dois grupos: locais onde a araucária é de domínio natural e locais onde a araucária não é de domínio natural. Esta separação foi feita a partir do registro da presença da araucária em diversos municípios (GOLFARI et al., 1978, MATTOS, 1994; KRONKA, 2005, WREGG et al., 2016): Campos do Jordão, São Miguel Arcanjo, Apiaí, Santo Antonio do Pinhal, Serra Negra, Pinhalzinho, São Bento do Sapucaí, Espírito Santo do Pinhal, São Carlos, Itararé, Capão Bonito, Itapeva e São Luís do Paraitinga.

Foram compostas as médias mensais para as temperaturas e precipitações sazonais (primavera, verão, outono e inverno) e também para a altitude dos dois grupos. Foi realizada uma análise exploratória para identificar os valores médios dos grupos e aplicado o teste T (*teste de Student*), nível de significância $p < 0,05$, para verificar as diferenças entre os grupos.

Neste trabalho, os municípios de São Paulo e Mogi das Cruzes não foram incluídos no grupo onde há a presença natural de araucária. Os mapas do IBGE (2004) e da WWF (2006) apresentam limites coincidentes com a região mapeada por Hueck (1972) e, ambos, não incluem tais municípios.

Distinção dos grupos climáticos com araucária

Para agrupar os locais climáticos semelhantes foi feita a análise de agrupamento e construído um dendrograma. De acordo com MALLO (1985), a Análise de Cluster tem por objetivo agrupar indivíduos em um número restrito de grupos ou classes homogêneas. O critério de agrupamento é uma medida de similaridade ou de distância entre os elementos de uma matriz X (JOHNSON; WICHERN, 1982). O corte para isolar grupos semelhantes foi feito baseado na distância verificada

no gráfico “Distância de Aglomeração”, conforme inversão mais forte da inclinação na reta.

Com o resultado da análise de agrupamento foram formados grupos onde há ocorrência natural de araucária, sendo que as variáveis climáticas de cada subgrupo foram submetidas novamente ao teste t (*teste de Student*), nível de significância $p < 0,05$, para verificar as diferenças entre os grupos. Os gráficos de distribuição de frequência auxiliaram na visualização das diferenças entre os grupos. Para todas as análises foi utilizado o software *Statigraphics Centurion XVII*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação dos grupos com e sem araucária

Comparando os locais com e sem araucária, verificou-se que as temperaturas médias das quatro estações (primavera, verão, outono e inverno) apresentaram diferenças significativas (Tabela 1), sendo sempre inferiores nos locais com araucária. A probabilidade das médias serem iguais foi menor que 0,05 para as temperaturas de todas as estações, demonstrando uma diferença significativa entre as mesmas ao nível de 95% do intervalo de confiança. As precipitações não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. As altitudes apresentaram diferenças significativas e foram mais elevadas nos locais com araucária.

Tabela 1. Valores dos testes t ($p < 0,05$) e valores médios para altitude (m), temperatura (°C) e precipitação total (mm) do grupo sem araucária (GSA) e do grupo com araucária (GCA) .

Table 1. Values of the tests t ($p < 0.05$) and mean values for altitude (m), temperature (°C) and total precipitation (mm) for groups without Araucaria presence (GSA) and groups with Araucaria presence (GCA).

Estado	Variáveis	Teste t	p	Valor médio GSA	Valor médio GCA
São Paulo	Altitude (m)	-6,5228	6,934 E-11*	554	902
	Temperatura na primavera (°C)	6,8168	9,3609 E-12*	22,8	19,8
	Temperatura no verão (°C)	6,9731	3,1188 E-12*	24,5	22,1
	Temperatura no outono (°C)	11,0397	0*	23,5	19,5
	Temperatura no inverno (°C)	7,0529	1,7634 E-12*	19,2	16,2
	Precipitação total na primavera (mm)	-1,3669	0,1716	336	361
	Precipitação total no verão (mm)	-0,77759	0,05	636	655
	Precipitação total no outono (mm)	-0,0611	0,912	306	308
	Precipitação total no inverno (mm)	-1,8907	0,058	114	143

Nota: * significativo no nível de 5% de probabilidade

Distinção dos grupos climáticos com araucária

O dendrograma (Figura 1) apresentou o corte na distância 17 assim como o gráfico da distância de aglomeração (Figura 2), separando os locais onde há presença natural de araucária em dois grupos (A1 e A2) (Figura 3).

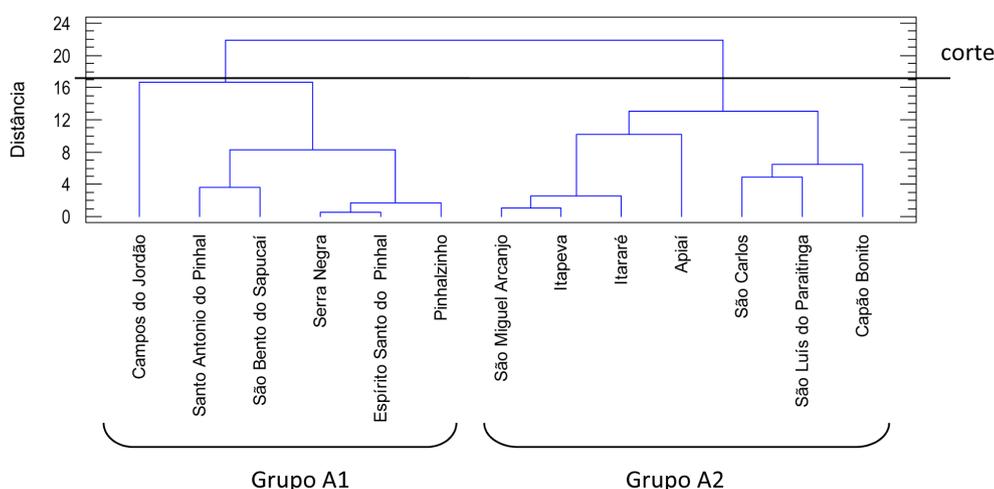


Figura 1. Dendrograma da análise de agrupamento para os locais com a presença de araucária no estado de São Paulo, com o corte efetuado na distância 17.

Figure 1. Dendrogram of the cluster analysis for the sites with the presence of araucaria in the state of São Paulo, with the cut done in the distance 17.

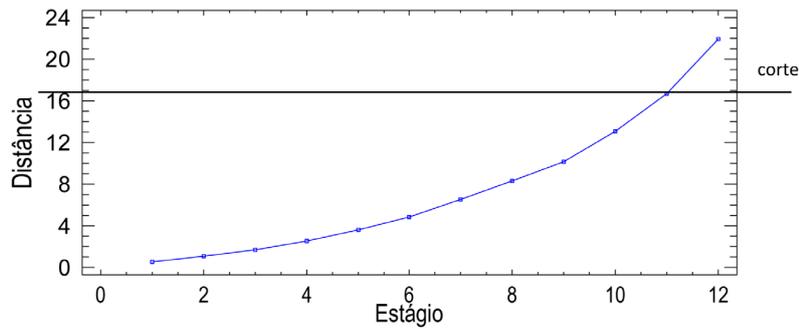


Figura 2. Distância de aglomeração, com corte efetuado na distância 17.
Figure 2. Agglomeration Distance, with the cut done in the distance 17.

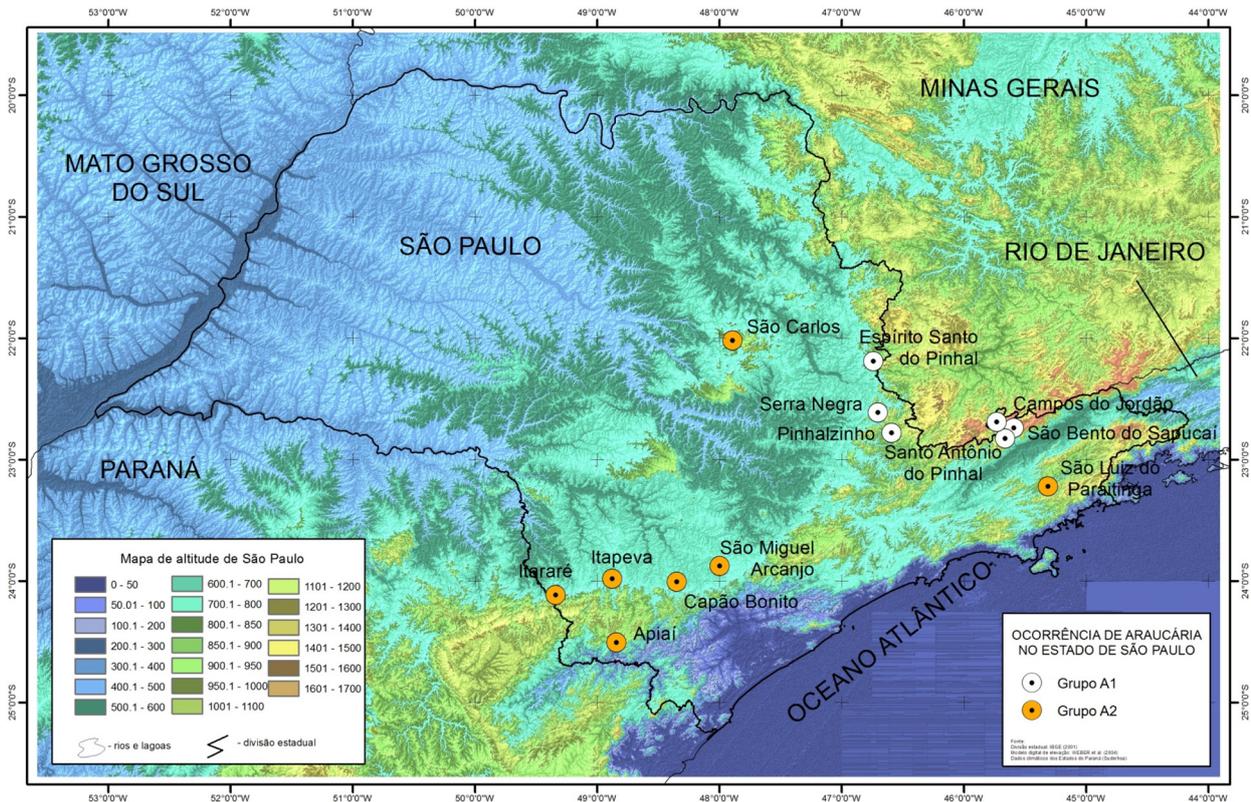


Figura 3. Localização dos grupos onde há presença de araucária no estado de São Paulo (grupo A1 em branco e grupo A2 em laranja).
Figure 3. Location of the two groups formed (group A1 in white color and group A2 in orange color).

Aplicando se novamente o teste t para as mesmas variáveis dos dois grupos (A1 e A2), verificou-se que as precipitações sazonais na primavera, no verão e no outono foram diferentes, bem como a altitude. Entretanto, as temperaturas sazonais e a precipitação de inverno não foram diferentes entre os grupos (Tabela 2, Figuras 4, 5, 6, 7 e 8).

Tabela 2. Valores médios dos grupos e valores dos testes t ($p < 0,05$) para altitude (m), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) dos grupos A1 e A2.

Table 2. Mean values of the groups and test values t ($p < 0.05$) for altitude (m), temperature ($^{\circ}\text{C}$) and precipitation (mm) of the A1 and A2 groups.

Variáveis	Grupo A1	Grupo A2	Teste t	p
Altitude (m)	1050	775	2,2593	0,0451*
Temperatura na primavera ($^{\circ}\text{C}$)	19,12	20,43	-1,3280	0,2110
Temperatura de verão ($^{\circ}\text{C}$)	21,1	22,9	-2,1161	0,0557
Temperatura de outono ($^{\circ}\text{C}$)	18,61	20,34	-1,8143	0,0969
Temperatura de inverno ($^{\circ}\text{C}$)	15,5	16,8	-1,3280	0,2111
Precipitação total de primavera (mm)	405	324	3,7473	0,0032*
Precipitação total de verão (mm)	756	569	5,1291	0,0003*
Precipitação total de outono (mm)	341	279	4,1505	0,0016*
Precipitação total de inverno (mm)	122	160	-1,6255	0,1323

O grupo A1 apresentou precipitações mais elevadas na primavera, no verão e no outono do que o grupo A2. O grupo A1 também apresentou maior altitude.

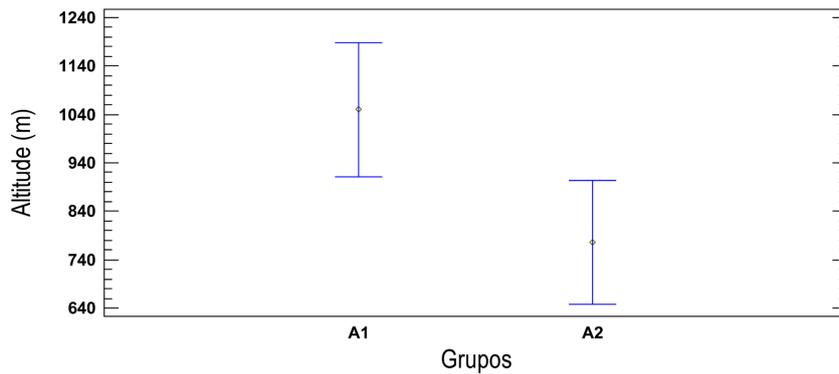


Figura 4. Gráfico de médias para a altitude (m) nos dois grupos.
Figure 4. Mean chart for altitude (m) in the two groups.

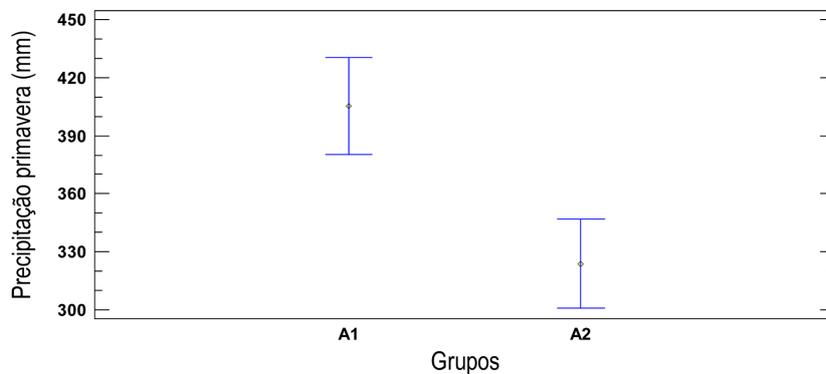


Figura 5. Gráfico de médias para a precipitação (mm) na primavera nos dois grupos.
Figure 5. Mean chart for precipitation (mm) in spring in the two groups.

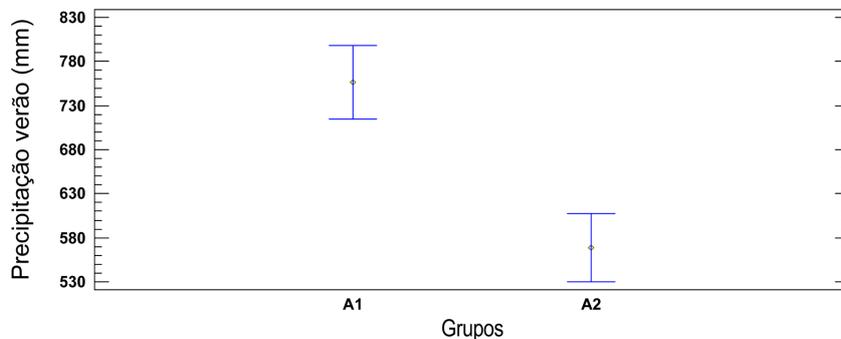


Figura 6. Gráfico de médias para a precipitação (mm) no verão nos dois grupos.
Figure 6. Mean chart for precipitation (mm) in summer in the two groups.

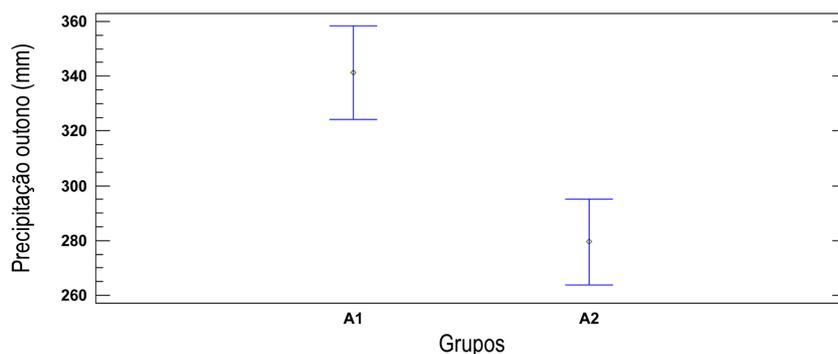


Figura 7. Gráfico de médias para a precipitação (mm) no outono nos dois grupos.
Figure 7. Mean chart for precipitation (mm) in autumn in the two groups.

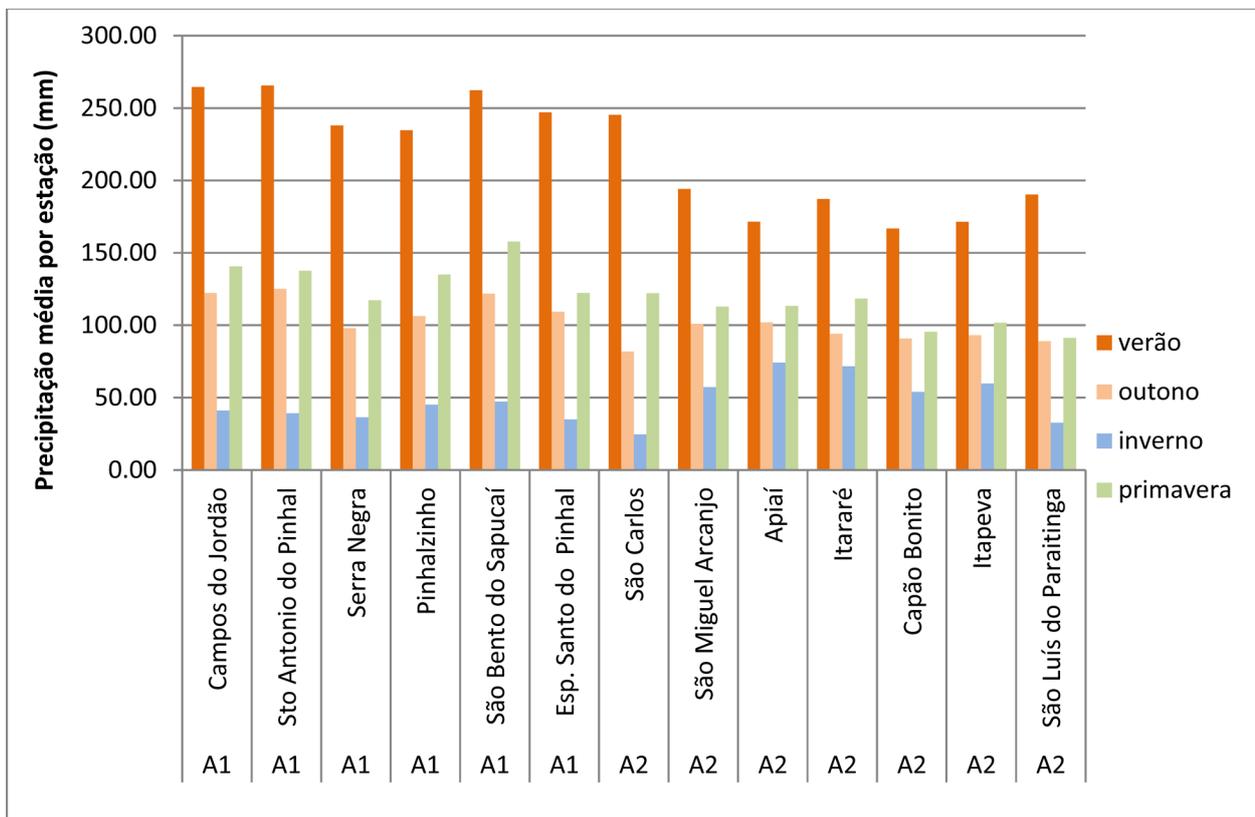


Figura 8. Valores médios mensais de precipitação (mm) em cada estação nos grupos A1 e A2.

Figure 8. Mean monthly precipitation (mm) values in each season in A1 and A2 groups.

A precipitação média anual nas localidades onde há presença natural de araucária variou de 1210 mm a 1768 mm. A do grupo A1 variou de 1496 mm (Serra Negra) a 1786 mm (São Bento do Sapucaí) e do grupo A2 variou de 1210 mm (São Luiz do Paraitinga) a 1422 mm (São Carlos).

Comparação dos grupos com e sem araucária

O que diferenciou as regiões com araucária das regiões sem araucária no estado de São Paulo foram as temperaturas médias menores em todas as estações do ano (Tabela 1). Em média, 2 a 3 graus menores em cada estação do ano, comparado às áreas sem araucária. As temperaturas das regiões com araucária variaram entre os valores mínimos médios no inverno de 15,2 °C e os valores máximos médios no verão de 22,5 °C, com média anual de 19,8 °C, enquanto nas regiões sem araucária os valores variaram entre 18,3 °C e 25,8 °C, com média anual de 22,6 °C.

Segundo Maack (1981), a distribuição contínua da araucária apresenta o seu limite altitudinal inferior a 500 m para os estados do Paraná e de Santa Catarina, abaixo do qual a espécie só ocorre de forma descontínua e nas linhas de escoamento de ar frio. Roderjan et al. (2002) afirmaram que as araucárias no Paraná ocorrem a partir de 650-700 m de altitude e, em São Paulo, acima de 750 m. Ruschi (1950) constatou a presença desta espécie no Espírito Santo, crescendo espontaneamente, em meio natural, num relicto da Serra do Caparaó, acima de 1.700 m de altitude.

Neste trabalho, a altitude média nos locais com araucária foi também superior em relação às áreas sem araucária. Nas regiões com araucária as altitudes variaram de 700 m nos municípios de Itapeva e Capão Bonito até 1620 m em Campos do Jordão, sendo que Itapeva e Capão Bonito estão sob influência de uma latitude maior e Campos do Jordão de uma altitude maior. Campos do Jordão é representativo das áreas cimeiras da Serra da Mantiqueira, junto à divisa com Minas Gerais, com altitude mais elevada e temperaturas mais frias do Estado.

A relação entre altitude e latitude é importante, pois há uma compensação entre uma menor latitude por uma altitude maior e vice-versa, uma vez que a temperatura, normalmente, diminui com o aumento da altitude numa proporção de aproximadamente 1°C/100m (gradiente adiabático do ar seco). Entretanto, o gradiente térmico depende da umidade relativa do ar, pois há uma redução da temperatura quando o ar começa a se saturar devido a liberação de calor latente de condensa-

ção e, assim, o decréscimo da temperatura média em relação à altitude se situa em torno de 1 °C a cada 180 metros (DURY, 1972). Maack (1981) citou a alteração de 0,5 °C para cada 100 metros de altitude no Paraná e Ometto (1981) a alteração de 0,6 °C para cada 100 m em outras áreas. Nos trópicos, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias são principalmente decorrentes da variação da altitude e da nebulosidade e não da latitude, podendo haver também grandes diferenças nas condições de temperatura entre os locais a barlavento e os situados a sotavento de uma montanha (OMETTO, 1981).

Desta forma, o que possibilita a existência das araucárias são as menores temperaturas em todas as estações do ano, pois nas regiões mais quentes e secas a espécie se torna um competidor menos eficiente que as outras, devido ao fato de seu sistema fisiológico estar adaptado a locais mais frios e úmidos. As maiores altitudes também favoreceram as precipitações no inverno e na primavera, por indução de chuvas orográficas.

Há uma estreita relação entre maior oferta hídrica e o crescimento de araucárias em regiões sem déficits hídricos anuais (FERNÁNDEZ, 1989). Entretanto, esta questão deve ser melhor averiguada, pois, Zanon e Finge (2010) observaram que em São Francisco de Paula, Serra do Nordeste do Rio Grande do Sul, a precipitação acompanhada de temperaturas muito baixas reduziu o crescimento da espécie em diâmetro. Deve-se considerar que São Francisco de Paula apresenta condições bem mais frias e úmidas do que qualquer lugar no estado de São Paulo, pois a temperatura média no inverno é de 11,8°C (WREGG; FRITZSONS, 2015). Neste trabalho não foram encontradas diferenças entre as precipitações dos locais com e sem araucária no estado de São Paulo.

Distinção dos grupos climáticos com araucária

Embora exclusivo da Floresta Ombrófila Mista, a araucária também ocorre em áreas de tensão ecológica com a Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa, bem como em refúgios na Serra do Mar e Serra da Mantiqueira. Assim, a araucária possui ampla área de distribuição, o que contribui para que ela se diferencie em raças locais ou ecótipos (REITZ; KLEIN, 1966). Neste trabalho observou-se que as áreas naturais de araucária no estado de São Paulo são descontínuas e dividiram-se em dois grupos, separados pelas precipitações e altitudes e não pelas temperaturas, as quais foram semelhantes nos dois grupos.

Quanto às temperaturas, já era esperado que os dois grupos apresentassem temperaturas baixas, condizentes com as áreas de araucária no estado, mas as precipitações foram diferentes. O grupo A1 apresentou precipitações mais elevadas no verão, na primavera e no outono, bem como altitudes maiores. A precipitação no inverno não foi diferente entre os grupos.

O grupo A1 localiza-se na Serra da Mantiqueira e também na região Serrana contígua ao sul de Minas Gerais. O grupo A2 localiza-se no Sudeste do Estado de São Paulo, nas porções elevadas do Planalto Meridional. O grupo A1 situa-se ao norte do Trópico de Capricórnio e o grupo A2 ao sul, com exceção de São Carlos e São Luiz de Paraitinga que estão situados ao norte do Trópico. São Luiz de Paraitinga apresenta altitude de 760 m e está sob influência da região serrana do vale do Paraíba e da brisa do mar do Atlântico e, provavelmente, por esta situação de transição, se isolou, geograficamente, do grupo A2. São Carlos, com altitude mais elevada e clima tropical de altitude com invernos secos, ficou mais distante das outras localidades do grupo A2.

Existe uma forte relação entre o clima e a adaptação da araucária. Estudos utilizando marcadores moleculares ou marcadores bioquímicos em populações de araucária revelaram que havia diferenças genéticas entre e dentro das populações (AULER, 2002; MANTOVANI et al. 2006; SHIMIZU et al. 2000; SOUSA, 2001) Grupos distintos de populações foram identificados, um situado na região Norte, entre os estados de São Paulo e Minas Gerais e outro situado na região Sul, nas regiões serranas situadas entre os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul (VALGAS, 2008; VALGAS et al. 2009; SOUSA et al., 2009; FÄHSER, 1981; HUECK, 1972; CARVALHO, 1994).

Este estudo também diferenciou grupos climáticos ao norte e ao sul do Trópico de Capricórnio sugerindo que, possivelmente, a influência do clima induziria à formação de populações geneticamente diferentes, entretanto estudos genéticos mais aprofundados deverão ser realizados para confirmar esta hipótese. A araucária é uma espécie vulnerável às mudanças climáticas globais, manifestada pelas alterações na habilidade de reprodução, de germinação e de dispersão de suas sementes (BITTENCOURT; SEBBENN, 2007), que podem resultar na redução de sua capacidade de regenera-

ção e crescimento. Sua vulnerabilidade pode ainda aumentar com a expansão de riscos de ataque de insetos e de pragas, dos incêndios florestais e da competição com as espécies folhosas tropicais e exóticas invasoras, que apresentam mecanismos de reprodução e crescimento mais eficientes. Portanto, a manutenção de sua diversidade genética será ainda mais importante para a adaptação aos novos ambientes climáticos que surgirão nas próximas décadas e representará a possibilidade de uma melhor resposta da espécie às mudanças climáticas globais.

CONCLUSÕES

No estado de São Paulo, o que diferenciou as áreas com e sem a ocorrência natural de araucária foram as menores temperaturas em todas as estações anuais e a maior altitude. As áreas com araucária apresentaram, em média, 2 a 3 graus a menos em cada estação do ano e se encontraram acima dos 700 metros de altitude.

Os grupos com florestas de araucária estão distribuídos de forma descontínua ao longo da faixa leste do Estado de São Paulo, excetuando o litoral e Serra do Mar, e foram separados pela precipitação. Um grupo está situado acima do Trópico de Capricórnio, na Serra da Mantiqueira e o outro no Sudeste do estado de São Paulo, nas porções elevadas do Planalto Meridional. A diferença encontrada entre estes dois grupos foram as altitudes e as precipitações no verão, no outono e na primavera, sendo que no grupo acima do Trópico de Capricórnio as precipitações e as altitudes foram maiores, mas a precipitação de inverno não apresentou diferença entre os grupos.

A temperatura não foi diferente entre os dois grupos, considerando as quatro estações do ano, provavelmente pela compensação das altitudes menores com latitudes maiores resultando em temperaturas semelhantes entre os grupos e a ocorrência que é restrita às regiões onde as temperaturas são menores.

Os resultados obtidos neste estudo permitem melhorar as estratégias de conservação da espécie, com informações importantes para auxiliar no planejamento de áreas de conservação *in situ* e no estabelecimento das Unidades de Conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARZOLLA, F. R. D.P; IVANAUSKAS, N. M.; NALON, M.; PISCIOTTA, K.; MEIRELES, L. D.; ANTUNES, A. Z.; RODRIGUES, R.R; JOLY, C. A. **Por que tomar imediatamente a Serra da Mantiqueira no Estado de São Paulo.** Governo do Estado de São Paulo. 2014. Disponível em: < <http://iflorestal.sp.gov.br/2014/05/06/porque-tomar-imediatamente-a-serra-da-mantiqueira-no-estado-de-sao-paulo/> >. Data de acesso: 12 jul. 2016.
- AULER, N. M. F.; REIS, M. S.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. The genetics and conservation of *Araucaria angustifolia*: genetic structure and diversity of natural populations by means of non-adaptative variation in the state of Santa Catarina, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 239-338, 2002.
- BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBENN, A. M. Patterns of pollen and seed dispersal in a small, fragmented population of the Wind-pollinated tree *Araucaria angustifolia* in southern Brazil. **Heredity**, London, v. 99, p. 580–591, 2007.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: potencialidades e uso da madeira.** Brasília: Embrapa-CNPQ/SPI, 1994. 640 p.
- DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 62, p. 388–400, 1972.
- FÄHSER, L. Die Bewirtschaftung der letzten Brasil-Kiefer-Naturwälder, eine entwicklungspolitische Aufgabe. **Forstarchiv**, Hannover, v. 52, p. 22-26, 1981.

- FERNÁNDEZ, R. A. **Identificação dos atributos do solo determinantes da qualidade de sítio para *Araucaria angustifolia* (BERT) O. Ktze., com apoio na metodologia da análise estrutural.** 1989. 154 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil.** Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (Série Técnica, 11).
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica.** São Paulo: Polígono, 1972. 466 p.
- IBAMA - INSTITUTO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção.** 2008. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/> >. Acesso em: 23 set. 2009.
- IBGE - - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: 1992. 92 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências)
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil (1961 – 1990).** Brasília: INMET, 2009. 465 p
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis.** Madison: Prentice Hall International, 1982. 607 p.
- KLEIN, R. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. *Sellowia*, Itajaí, v. 12, p.17-48, 1960.
- KRONKA, F. J. N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 2005. 200 p.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Ed., 1981. 442 p
- MALLO, F. **Análisis de componentes principales y técnicas factoriales relacionadas: teoría, computación y aplicaciones.** Leon: Universidad de Leon, 1985. 523 p.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, P. C.; REIS, M. S. Internal genetic structure and out crossing rate in a natural population of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Journal of Heredity*. Washington, v. 97, n.5, p. 466-472, 2006.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Eds.). **Livro Vermelho da Flora Brasileira.** Rio de Janeiro: Andrea Jakobson Estúdio; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro.** 2 ed. Lages: Artes Gráficas Princesa, 1994. 225p.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1981. 129-132 p.
- PULCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M.S. dos. Variações em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafoclimáticas. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 70, p.137-148, 2006.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. **Araucariaceae.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 29p.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v. 24, p. 75 – 92, 2002.

SOUSA, V. A. **Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**. 2001. 161 p. Thesis (PhD in Forest Sciences) - Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, University of Göttingen, Georgia, 2001.

SOUSA, V. A.; LAVORANTI, O. J.; CHAVES NETO, A.; SHIMIZU, J. Y. Genetic differentiation among araucaria populations in Brazil. In: CONGRESSO FLORESTAL MUNDIAL. 13. 2009. Buenos Aires. *Anais...* Buenos Aires: FAO, 2009. CD ROOM.

VALGAS, R. A. **Análise multivariada aplicada no mapeamento da divergência genética de subpopulações de *Araucaria angustifolia* por marcadores moleculares**. 2008. 139 p. Dissertação (Mestrado em Métodos numéricos) – Universidade Federal do Paraná, 2008.

VALGAS, R. A., CHAVES NETO, A., LAVORANTI, O. J.; SOUSA, V. A. Cluster analysis applied in mapping the genetic divergence of populations of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze by isoenzymatic markers. In: WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND COMPUTERS IN BIOLOGY AND CHEMISTRY. 10., Prague. *Proceedings...* Prague: WSEAS, 2009. p. 87-91.

WREGE, M. S; FRITZSONS, E. **Dados climáticos dos municípios da região Sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. (Documentos Embrapa Florestas, 290),

WREGE, M. S.; SOUSA, V. A.; FRITZSONS, E.; SOARES, M. T. S.; AGUIAR, A. V. de. Predicting current and future geographical distribution of araucaria in Brazil for fundamental niche modeling. *Environment and Ecology Research*, v. 4, n. 5, p. 269-279, 2016.

WWF - WORLD WILDLIFE FUNDATION. **Terrestrial ecoregions GIS full database**. 2006. Disponível em: < <http://www.worldwildlife.org/science/data/item6373.html> >. Acesso em: 05 mar. 2013.

ZANON, M. L. B.; FINGE C.A.G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

Recebido em 20/10/2016

Aceito para publicação em 03/07/2017