FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

LIMITING CLIMATIC FACTORS OF THE ARAUCÁRIA DISTRIBUTION IN THE STATE OF PARANÁ AND THE IMPLICATIONS FOR ITS RESTORATION

Elenice Fritzsons¹, Luiz Eduardo Mantovani², Marcos Silveira Wrege³

RESUMO

Informações detalhadas sobre o clima das regiões de distribuição natural da araucária no estado do Paraná são escassas, embora elas sejam essenciais para a conservação da espécie, frente às ameaças representadas pelo aquecimento global. Com o objetivo de caracterizar estas áreas, foram utilizados os dados climáticos dos locais onde há presença natural da araucária. Foi verificado que o que distingue as áreas onde há a presença de florestas nativas de araucária das outras áreas é: temperaturas menores em todas as estações do ano e as precipitações de inverno maiores, embora a precipitação média total anual e a precipitação de verão não apresentem diferenças entre elas. A altitude média é maior (824 m contra 512 m das áreas sem araucária), mas a evaporação (883 mm comparado a 1209 mm) e a insolação (2200 h comparado a 2426 hs) são menores, resultando numa umidade relativa maior, em torno de 77% comparado a 72%, das áreas sem araucária. Foram também definidos 2 grupos climáticos, o grupo A que compreende as Áreas elevadas do Primeiro, Segundo e Terceiro Planaltos Paranaenses e o grupo B que compreende a Região Central do Segundo Planalto Paranaense e Região Sudoeste do Terceiro Planalto Paranaense. Os conhecimentos obtidos permitem definir áreas distintas de conservação *in situ* e auxiliar na elaboração de programas de conservação e melhoramento genético.

Palavras-chave: floresta ombrófila mista, conservação genética, espécie nativa.

ABSTRACT

Information about the climate, in the state of Paraná, of the natural araucaria distribution regions is scarce, although they are fundamental for conservation of the species, in the face of the threats posed by global warming. In order to characterize these areas, we used the climatic data of the places where there is a natural presence of Araucaria. We found that what differs areas where there is the presence of native araucaria forests of other areas is: lower temperatures in all seasons and higher winter precipitations, although the annual average precipitation and summer precipitation do not show differences between them. The average altitude is higher (824 m versus 512 m of araucaria areas), but evaporation (883 mm compared to 1209 mm) and insolation (2200 h compared to 2426 h) are lower, resulting in higher relative humidity in around 72%, of araucaria-free areas. We defined two climatic groups, the group A that includes the elevated areas of the First, Second and Third Paranaense Plateaus and the group B that includes the Central Region of the Second Paranaense Plateau and the Southwest Region of the Third Paranaense Plateau. The knowledge obtained allows us to define different areas of conservation *in situ* and helps us in the elaboration of conservation and genetic improvement programs.

Key-words: mixed rain Forest; genetic conservation; native specie.

Recebido em: 19/01/2017

Aceito em: 22/09/2017

¹ Embrapa Florestas, Colombo/PR, email: elenice.fritzsons@embrapa.br

² Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, email: lem@ufpr.br

³ Embrapa Florestas, Colombo/PR, email: marcos.wrege@embrapa.br

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A superfície do Estado do Paraná caracteriza-se por apresentar uma grande diversidade fitogeográfica, com diferentes tipos de florestas, entremeadas por formações campestres resultantes de peculiaridades geomorfológicas, pedológicas e climáticas (RODERJAN et al. 2002).

As regiões sudoeste e sul do Estado, assim como grande parte da região sul do Brasil, já foram ocupadas amplamente pela Floresta Ombrófila Mista - FOM (ITCF, 1991) ou Floresta com Araucária. No século XX, as florestas de araucária compunham cerca de 40% da cobertura vegetal dos estados do sul do Brasil. Elas se estendiam pelo Paraná (40%), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%). A partir do sul de São Paulo (3%) para o norte, esse tipo florestal passava a ser naturalmente fragmentado, presente em refúgios nas elevadas altitudes da Serra do Mar e da Mantiqueira (1%), do sudeste de São Paulo, sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (GUERRA et al., 2002).

A partir do século XX, a exploração madeireira, a substituição da vegetação pela agropecuária e a ampliação das zonas urbanas provocaram a redução da área originalmente ocupada pela Floresta Ombrófila Mista. Estima-se que os remanescentes desse tipo de formação, não perfazem mais do que 0,7% da área original em território brasileiro (MEDEIROS et al. 2005)

A Floresta Ombrófila Mista é considerada uma formação típica do sul do país (VELOSO, 1992) e pertence ao Bioma Mata Atlântica, sendo considerada uma das formações florestais mais sensíveis as variações climáticas. Devido a essa característica, diversos estudos paleoambientais buscam identificar em que época esse tipo de formação florestal se estabeleceu no sul do Brasil, já que *A. angustifolia*, é muito seletiva em relação à temperatura e umidade, sendo possível correlacionar a sua presença a determinados paleoambientes (JOLLY, 1998; LORENZI, 2002; KLEIN, 1975).

Durante a época do Pleistoceno, iniciada há 2.588 milhões de anos, do Período

Quaternário, com o clima mais frio, a araucária encontrava-se mais dispersa, em latitudes e altitudes menores que as atuais. A partir do Holoceno, iniciado há 11.700 anos, com o clima atual quente e úmido, houve o favorecimento da expansão da Floresta Ombrófila Densa e da Floresta Estacional Semidecidual sobre a Floresta Ombrófila Mista (KLEIN, 1960; 1984). 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).

Atualmente, a FOM está presente em amplas condições de ambientes, ocorrendo em variadas condições geológicas, pedológicas, geomorfológicas e climáticas. Entretanto, a distribuição geográfica de *A. angustifolia* e da FOM é definida pelas condições climáticas (KLEIN, 1960; PUCHALSKI et al., 2006), estando adaptada às regiões de menor temperatura com ocorrência de geadas. Há uma série de variáveis importantes que definem o nicho ecológico da araucária e que podem ser utilizadas na modelagem de nicho (SOUSA, RICHARDS, 2012; WREGE et al., 2016). Porém, analisando a distribuição da araucária no passado, há fortes indícios que o clima é a variável que determina a possibilidade de existência da araucária num amplo espaço, e as variáveis pedológicas entrariam num segundo grau de importância (PUCHALSKI et al., 2006).

Assim, muito mais importante que as condições de solos, o clima é fator condicionante no estabelecimento da araucária (PUCHALSKI et al., 2006). Esses autores afirmam que em condições climáticas onde as temperaturas médias anuais são maiores do que as existentes nas áreas de ocorrência natural há interferência no ciclo reprodutivo, impedindo a regeneração natural e o estabelecimento da espécie, visto que em climas mais quentes, tais como o Cfa (da classificação de Koeppen) não se encontram populações naturais de araucária e, ainda, que nos climas quentes há favorecimento da presença de outras espécies que apresentam maior regeneração e crescimento mais vigoroso,

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

conferindo condições de competição desfavoráveis à araucária.

Se 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, atualmente, o risco climático é uma nova ameaça devido ao aquecimento global. A araucária está adaptada às regiões mais frias do Brasil e poderá sofrer extinção em locais limítrofes e até deslocamento das populações para locais ainda mais altos e frios, áreas de maiores altitudes e latitudes, onde o clima será mais ameno e com umidade maior (CHOU et al., 2014), observadas as outras condições edafoclimáticas limitantes.

No Estado do Paraná, que abrigava quase metade da extensão total desta tipologia florestal, não existem mais áreas intocadas e os 0,3% de bons remanescentes são florestas secundárias avançadas, ou primárias alteradas (CASTELLA; BRITZ, 2004). A maior parte do que sobrou são fragmentos pequenos, isolados, fortemente impactados e pouco representativos da floresta original.

Devido à redução em área de, pelo menos, 80% em 80 anos, poderia ser considerada 'criticamente em perigo' (CR); no *Livro Vermelho da Flora do Brasil* ela está classificada como 'em perigo' (EN) por remanescer em unidades de conservação (UC) de proteção integral e apresentar alto potencial de cultivo (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Para as espécies de ciclo de vida longo, como a maioria das espécies florestais, o processo de adaptação deverá ser mais lento que a evolução das mudanças climáticas (HAMRICK, 2004) e a maioria dos efeitos negativos causados pelo declínio e fragmentação das populações de *A. angustifolia* serão evidentes apenas após algumas gerações.

Desta forma, a caracterização do clima, nas quais a araucária se estabelece em sua área de ocorrência natural atual, pode ajudar na elaboração de estratégias que visem à conservação *in situ* e melhoramento das espécies

para fins florestais, bem como seu manejo no presente e no futuro. Desta forma, o objetivo deste trabalho é caracterizar o clima onde *A. angustifolia* ocorre no Estado do Paraná e compreender quais aspectos climáticos estão estritamente relacionados à sua presença natural no estado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de temperatura e precipitação mensais de uma composição de dados do INMET e do IAPAR/SIMEPAR, de 44 estações meteorológicas, obtidos em Fritzsons et al. (2008). Deste total foram separados os municípios (onde estão as estações) em dois grupos: onde há ocorrência natural de araucária e outro, onde não há ocorrência natural.

A presença da araucária nos municípios foi verificada no mapa fitogeográfico (MAACK, 1950, MAACK, 1981, RODERJAN et al., 2002) sendo elas: Palmas, Guarapuava, Clevelândia, Castro, Rio Negro, Curitiba, Pinhais, Lapa, Fernandes Pinheiro, Ponta Grossa, Jaguariáiva, Telêmaco Borba, Mauá da Serra, Laranjeiras do Sul, Pato Branco, Francisco Beltrão, Cândido de Abreu e Cascavel.

Os municípios de Foz do Iguaçu, Quedas do Iguaçu, Cerro Azul, Jacarezinho, Paranaguá, Antonina, Apucarana, Campo Mourão, Morretes, Guaraqueçaba, Joaquim Távora, Londrina, Nova Cantu, Cambará, Bela Vista do Paraíso, Palotina, Planalto, Cianorte, Guaira, Bandeirantes, Ibioporã, Paranavaí e Umuarama foram alocados em outro grupo, o que não apresenta floresta natural de araucária. Os municípios presentes na Serra do Mar e litoral (Morretes, Antonina, Guaraqueçaba e Paranaguá) foram descartados por não serem áreas onde a araucária ocorre e por apresentarem uma condição climática muito diferente do restante do estado, conforme já certificado por Fritzsons et al. (2008).

Foram utilizadas as seguintes variáveis climáticas: média da temperatura mínima absoluta, média da temperatura máxima absoluta, média das temperaturas máximas

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

anuais (TMMA), média das temperaturas mínimas anuais (TMMI), média das temperaturas médias anuais (TMME), temperatura média anual de janeiro (TMJA), temperatura média anual de julho (TMJU), umidade relativa média anual (UR%), precipitação média anual (mm), precipitação de inverno (mm), precipitação de verão (mm), diferença entre precipitação e evaporação média anual (mm), altitude (m) e insolação (horas).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva para identificar os valores médios, máximos e mínimos dos grupos. Foi aplicado o teste t - Student para verificar quais variáveis climáticas foram significativamente diferentes entre os dois grupos (com e sem araucária).

Para os locais onde havia a presença natural da araucária, foi feita a análise multivariada de Cluster, onde foi aplicado o método de Ward e a distância métrica euclidiana com o objetivo de agrupar as estações semelhantes, utilizando as variáveis climáticas. Para determinar um número razoável de clusters, foi observado o ponto de maior inflexão da curva no gráfico “Distância Média de Aglomeração”.

Inicialmente foram obtidos dois grupos (A e B) e as variáveis componentes dos mesmos foram submetidas novamente ao teste t para verificar diferenças significativas entre os dois grupos. Posteriormente foram subdivididos os dois grupos e a ANOVA foi aplicada para verificar as diferenças entre os 4 subgrupos formados e gráficos de distribuição de frequência auxiliaram na visualização das diferenças entre os grupos. Foi também aplicado o teste de Fisher LSD (procedimento de mínima diferença), que indica qual grupo tem média significativamente diferente das demais e a eles foram atribuídos letras diferentes, conforme havia diferença significativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para o teste t (Tabela 1) apontam que todos os valores para as temperaturas são significativamente menores nas regiões onde há presença de araucária. Quanto à precipitação, a média total anual e a média de verão também não apresentam diferenças, mas sim a precipitação de inverno, que é maior onde há presença de araucária.

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Tabela 1 - Valores do teste F, teste t e valor p para os grupos com e sem araucária.

Variáveis	Teste F	Valor P	Teste t	Valor P	Valores médios grupo com araucária	Valores médios grupo sem araucária
Altitude	2,532	0,060	5,089	0,000 *	824,00 m	512,00 m
TMAABS	1,376	0,510	-8,626	-4,43 ^{E-101} *	36,4 °C	39,8 °C
TMIABS	1,270	0,620	-3,048	0,004 *	-5,3 °C	-3,5 °C
TMMA	2,442	0,071	-9,637	2,97 ^{E-11} *	24,2 °C	27,6 °C
TMMI	1,904	0,189	-8,118	1,816 ^{E-9} *	13,4 °C	16,3 °C
TMME	3,194	0,019*	-10,200	6,99 ^{E-12} *	17,9 °C	21,1 °C
TMJU	1,133	0,791	-8,889	2,171 ^{E-10} *	13,6 °C	16,7 °C
TMJA	2,342	0,084	-8,769	3,008 ^{E-10} *	21,6 °C	24,4 °C
UR%	0,805	0,669	4,237	0,000*	77,48	72,24
Precipitação total	1,694	0,280	1,763	0,087	1734 mm	1598 mm
Precipitação verão	1,033	0,938	-1,186	0,2435	525 mm	540 mm
Precipitação inverno	1,125	0,803	3,467	0,001*	323 mm	241 mm
Precipitação - evaporação	0,397	0,069	4,744	0,000*	851 mm	389 mm
Evaporação	0,384	0,060	-4,360	0,000*	883	1209 mm
Insolação	1,607	0,330	-2,256	0,03*	2202 h	2426 h

* estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade

Nota: Média das temperaturas máximas anuais (TMMA), média das temperaturas mínimas anuais (TMMI), média das temperaturas mínimas absolutas (TMIABS), média das temperaturas máximas absolutas (TMAABS), média das temperaturas médias anuais (TMME), temperatura média anual de janeiro (TMJA), temperatura média anual de julho (TMJU), umidade relativa (UR%).

A umidade relativa nas regiões com araucária é maior e a insolação é menor do que em outras regiões, o que influencia na disponibilidade hídrica, ou seja, na diferença entre a água precipitada e a água evaporada. Assim, apesar da precipitação total anual ser igual entre as regiões, há menor evaporação e maior umidade relativa nas regiões onde há presença de araucária. A altitude também foi

submetida ao teste, uma vez que a hipsometria apresenta uma relação direta com a temperatura e esta apresentou diferenças significativas entre os dois grupos, sendo maior onde há presença da araucária.

O agrupamento das estações do grupo onde há presença de araucária forneceu o seguinte dendrograma (Figura 1) com o corte efetuado na distância 22, ponto de maior inflexão da curva no Gráfico “Distância Média de Aglomeração” (Figura 2). Como resultado, os locais onde há presença de araucária no estado do Paraná foram divididos em dois grupos: A e B. Sendo o Grupo A situado nas áreas elevadas do Primeiro, Segundo e Terceiro Planaltos e o Grupo B na região sudoeste e centro norte do estado (Figura 3).

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Figura 1 - Dendrograma da análise de agrupamento para os locais com presença de araucária no estado do Paraná.

Figura 2 - Gráfico de Distância de aglomeração.

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Figura 3 - Divisão dos grupos climáticos no estado do Paraná.

Aplicando-se novamente o teste t para os dois grupos (A e B) para as mesmas variáveis, verificou-se que os dois grupos foram separados pelas temperaturas, sendo que o Grupo A apresenta temperaturas menores que o grupo B (Tabela 2). Há também diferenças quanto à precipitação de verão, que é maior no grupo B,

em relação ao grupo A, embora não haja diferença nas precipitações de inverno e na total anual. O Grupo A apresenta maior umidade relativa (UR%) e menor insolação e o grupo B apresenta muito mais horas de sol e maior evaporação.

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Tabela 2 - Valores dos testes F e t, e valor p para os grupos com araucária.

Variáveis	Teste F	Valor P	Teste t	Valor P	Valor médio grupo A	Valor médio grupo B
Altitude	0,640	0,522	1,760	0,097	885 m	700 m
TMABS	0,568	0,422	-3,823	0,001*	35,6 °C	37,3 °C
TMIBS	2,308	0,283	-4,607	0,000*	-6,6 °C	-4,0 °C
TMMA	0,306	0,108	-5,513	0,000*	23,3 °C	25,3 °C
TMMI	0,986	0,961	-4,406	0,000*	12,4 °C	14,4 °C
TMME	0,945	0,914	-7,364	0,000*	16,9 °C	18,9 °C
TMJU	1,031	0,991	-4,993	0,000*	12,7 °C	14,4 °C
TMJA	0,293	0,090	-5,907	0,000*	20,7 °C	22,2 °C
UR%	1,635	0,529	3,797	0,001*	80,0	75,0
Precipitação total	1,275	0,766	-1,354	0,194	1636 mm	1806 mm
Precipitação verão	0,869	0,825	-2,614	0,018*	1200 mm	1380 mm
Precipitação inverno	0,858	0,811	-0,213	0,834	316 mm	323 mm
Precipitação - evaporação	1,673	0,509	-0,092	0,928	824 mm	834 mm
Evaporação	0,564	0,418	-2,380	0,030*	813 mm	972 mm
Insolação	25,447	0,000	-2,841	0,012*	2143,00 hs	2430,00 hs

* estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade

Nota: Média das temperaturas máximas anuais (TMMA), média das temperaturas mínimas anuais (TMMI), temperatura mínima absoluta (TMIABS), temperatura máxima absoluta (TMAABS), média das temperaturas médias anuais (TMME), temperatura média anual de janeiro (TMJA), temperatura média anual de julho (TMJU), umidade relativa (UR%).

Analisando a diferença entre subgrupos, pelo Teste de Comparações Múltiplas (Tabela 3), os subgrupos (A1, A2, B1 e B2) se diferenciaram.

O grupo A compõe os subgrupos A1 e A2 e o grupo B os subgrupos B1 e B2 (Figura 2). Verificamos que, geograficamente, o subgrupo A1 ocorre nas Áreas elevadas do Terceiro Planalto Paranaense (região de Guarapuava); o A2 no Primeiro e Segundo Planaltos Paranaenses (Região Metropolitana de Curitiba e adjacências); o B1, na Região Central do Segundo Planalto Paranaense e o B3 na Região Sudoeste do Terceiro Planalto Paranaense.

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Tabela 3 - Teste de comparações multiplas. Método: 95,0 percent LSD

	Subgrupo	N.	Valor médio	Grupos		Subgrupo	N.	Valor médio	Grupos
TMMI °C	A1	3	12,2	a	Umidade relativa %	B2	5	74,24	a
	A2	7	12,5	a		B1	3	76,47	a
	B1	3	13,8	b		A1	3	76,77	a
	B2	5	14,6	b		A2	7	81,38	b
TMMA °C	A1	3	12,2	a	Pp total de verão (mm)	A2	7	483,16	a
	A2	7	12,5	a		B2	5	438,16	b
	B1	3	13,8	b		A1	3	542,367	b
	B2	5	14,6	b		B1	3	557,1	b
TMME °C	A1	3	16,8	a	Insolação (Horas)	A2	7	1722,01	a
	A2	7	16,9	a		B1	3	2343,87	b
	B1	3	18,4	b		A1	3	2365,13	b
	B2	5	19,3	b		B2	5	2445,1	b
TMJU °C	A1	3	12,3	a	Altitude (m)	B2	5	635,2	a
	A2	7	12,9	a		B1	3	809,0	ab
	B1	3	13,9	b		A2	7	822,714	ab
	B2	5	14,8	b		A1	3	1029,33	b
Pp total mm	A2	7	1474	a	Evaporação mm	A2	6	759	a
	B1	3	1615	a		A1	3	893	ab
	B2	5	1924	b		B1	3	937	ab
	A1	3	2016	b		B2	5	993	b
Pp total de inverno mm	B1	3	249,9	a	Precipitação – evaporação mm	B1	3	673	a
	A2	7	275,7	a		A2	6	739	ab
	B2	5	367,2	b		B2	5	931	bc
	A1	3	409,0	b		A1	3	1122	c
TMJA °C	A2	7	20,6	a					
	A1	3	20,7	a					
	B1	3	21,7	b					
	B2	5	23,0	c					

Observa-se que para as temperaturas (TMMI, TMMA, TMME, TMJA e TMJU) os subgrupos A1, A2 e B1, B2 seguiram a mesma tendência de separação dos grupos A e B, ou seja, no grupo A as temperaturas são menores que no B. Para a temperatura média de janeiro, os valores do subgrupo B2 são maiores do que o subgrupo B1. Quanto à precipitação total anual os subgrupos A2 e B1 são semelhantes e diferentes dos subgrupos B2 e A1 e para a precipitação total de inverno, o subgrupo B1 e A2 são semelhantes e com valores menores que os subgrupos A1 e B2. A umidade relativa é maior no subgrupo A2, inserida no Primeiro Planalto Paranaense (Região Metropolitana de Curitiba e

adjacências) e Segundo Planalto Paranaense, onde há também menor número de horas de sol e a precipitação de verão é menor. A altitude se altera entre os subgrupos e a evaporação é diferente entre os subgrupos A2 e B2, sendo maior no B2. A quantidade de água disponível é menor no B1 e maior no A2, havendo uma transição entre os subgrupos A1 e B2.

3.1. SEPARAÇÃO CLIMÁTICA DAS ÁREAS COM E SEM A PRESENÇA DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ

Percebe-se que as áreas onde há ocorrência natural de araucária no estado do

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Paraná estão localizadas ao sul do Primeiro, Segundo e Terceiro planaltos, na zona de transição do sul para o centro norte e na porção sudoeste do estado. As condições climáticas médias de ocorrência de araucária estão relacionadas:

- a) Temperaturas menores considerando todas as variáveis observadas (TMAABS, TMIABS, TMMA, TMMI, TMME, TMJU e TMJA) (Ver tabela 1):
- b) Alta umidade relativa, em torno de 77%, comparado a 72% das áreas sem araucária;
- c) Evaporação menor, de 883 mm, comparado a 1209 mm das áreas sem araucária;
- d) Insolação menor, de 2200 h comparada a 2426 h das áreas sem araucária;
- e) Água excedente (precipitação menos evaporação) de mais que o dobro, de 851 mm, comparado a 389 mm;
- f) Altitudes médias de 824 m contra a de 512 m das áreas sem araucária.

A região de ocorrência é bem delimitada por um clima temperado, com alto índice de chuvas e geadas frequentes, sendo que a zona de ocorrência da Floresta com Araucária coincide com a isoterma de 18°C (BACKES, 1999), o que confere com a temperatura média anual encontrada neste trabalho (Tabela 1). A média mensal pode atingir valores inferiores a 10°C nos meses mais frios e superiores a 20°C nos meses mais quentes (MAACK, 1981; BACKES, 1999). Neste trabalho a média mensal das regiões com araucária foi 13,5°C para o mês de julho e de 21,5°C para o mês de janeiro.

Oliveira-Filho et al. (2013) afirmam que a distribuição da araucária (e da FOM) está positivamente correlacionada com a nebulosidade e ocorrência de geadas e, inversamente com a temperatura, o que foi confirmado pela menor insolação das áreas com araucária.

Nas regiões naturais de araucária as altitudes situam-se desde 516 m em Telêmaco Borba até 1.340 m em Palmas (altitude das estações meteorológicas). As regiões onde não ocorre araucária no estado situam-se desde o nível do mar no litoral paranaense, até 756 m em Umuarama. Segundo Maack (1950), a distribuição contínua da araucária tem seu limite altitudinal inferior de ocorrência de 500 m (para os estados de Paraná e Santa Catarina) abaixo do qual a espécie só ocorre de forma descontínua e nas linhas de escoamento de ar frio. Roderjan et al. (2002) afirmam que na cota de 650-700 m aparecem as araucárias no Paraná e, em São Paulo, acima dos 750 a 800 m. Dessa forma, uma menor latitude é compensada com uma altitude maior, o que ocorre também no Paraná.

Quanto à temperatura ser mais baixa devido à altitude, sabe-se que a temperatura é influenciada pela altitude e latitude e, normalmente, decresce com a elevação da altitude numa proporção de aproximadamente 1°C/100m (gradiente adiabático do ar seco). Esta taxa de arrefecimento ocorre, pois uma massa de ar em ascensão está sujeita a pressão cada vez menor, aumentando seu volume e diminuindo a temperatura.

Como este gradiente térmico depende da umidade relativa do ar, diminuindo quando o ar começa a se saturar por liberação de calor latente de condensação, o decréscimo da temperatura média com a altitude se situa em torno de 1°C a cada 180 metros (DURY, 1972). No Paraná, Maack (1981) cita a alteração de 0,5°C para cada 100 metros e, como um dado geral, Ometto (1981) cita a alteração de 0,6°C para cada 100 m de altitude. Assim, nos trópicos, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias são principalmente decorrentes dos efeitos da variação da altitude e 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). Mesmo em zonas subtropicais, considerando a altitude e a latitude influenciando a temperatura média

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

decendial do ar, Cargnelutti et al. (2006) concluíram que a altitude exerce maior influência que a latitude para o Estado do Rio Grande do Sul. Em estudo, feito no estado do Paraná (FRITZSONS et al., 2008) verificaram que havia diminuição de 1°C / 126 m de altitude e que a altitude foi o fator que mostrou maior influência sobre a temperatura seguido, respectivamente, da latitude e longitude. A temperatura média anual apresentou uma variação entre $0,54$ a $1,17^{\circ}\text{C}$ para cada grau de latitude e entre $0,22$ a $0,72^{\circ}\text{C}$ para cada grau de longitude, aumentando para oeste. Desta forma, o que permite a existência de araucárias são temperaturas menores em todas as estações do ano, pois em locais mais quentes a espécie perde pela competição por outras mais adaptadas.

Observa-se que nas áreas onde há araucárias, apesar da precipitação total anual ser a mesma das áreas onde não há araucárias, a oferta hídrica é maior, especialmente no inverno e estudos (FERNANDÉZ, 1989) mostram uma estreita relação entre maior oferta hídrica e crescimento de araucárias. Golfari et al. (1978) afirmam que a araucária não tolera condições de seca e que embora vivam em regiões de geadas, estas não são exigência da espécie. Golfari et al. (1978) colocam que as precipitações onde a araucária ocorre se encontram numa faixa entre 1250 e 2000 mm, periódicas e sem seca no inverno. No Paraná, a menor precipitação total anual onde ocorre araucária está em Jaguariaíva (1.396 mm) e a maior em Palmas (2.002 mm), ou seja, dentro dos limites estimados pelos autores supracitados.

Entretanto, esta questão deve ser melhor averiguada, pois, em São Francisco de Paula, na Serra Catarinense, observou-se que as variáveis meteorológicas, como temperatura e precipitação, estão diretamente correlacionadas com o incremento, mas que a ocorrência de precipitação acompanhada de temperaturas baixas reduz o crescimento em diâmetro (ZANON; FINGE, 2010). Entretanto, deve-se considerar que São Francisco de Paula apresenta precipitação média total de inverno de 390 mm e

temperatura média de inverno de $11,8^{\circ}\text{C}$ (WREGE; FRITZSONS, 2015), ou seja, condições bem mais frias e úmidas do que qualquer lugar encontrado no estado do Paraná.

3.2. SEPARAÇÃO CLIMÁTICA DAS ÁREAS ONDE A ARAUCÁRIA ESTÁ PRESENTE NATURALMENTE NO PARANÁ.

As áreas onde a araucária está presente naturalmente no Paraná foram divididas inicialmente em dois grupos. O grupo A situa-se na porção sul do estado e o grupo B situa-se ao norte do grupo A2, e no sudoeste do estado (Figura 3). O grupo A se distingue do grupo B da seguinte forma (Tabela 2): temperaturas (o grupo A apresenta temperaturas menores); umidade relativa (o grupo A apresenta maior umidade relativa); evaporação (o grupo A apresenta menor evaporação); precipitação de verão (o grupo A apresenta menor precipitação de verão) e insolação (o grupo A apresenta menor insolação).

Já a precipitação total, a precipitação de inverno e a diferença entre precipitação e evaporação são as mesmas para os grupos. Na classificação de Koeppen, o Grupo A situa-se totalmente no clima Cfb, clima temperado, propriamente dito, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida. O grupo B situa-se e em parte no Cfa e em parte no Cfb, definido por clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C ; verões quentes; geadas pouco frequentes e tendência à concentração das chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida (MAACK, 1981).

Para um melhor detalhamento do clima, os grupos formaram subgrupos obtidos na análise de agrupamento: A1 e A2 e B1 e B2. Sendo as seguintes diferenças observadas tanto nos gráficos de médias quanto nos testes de diferenças múltiplas:

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Para TMMI, TMMA, TMME, TMJU os subgrupos A1 e A2 são semelhantes e com valores menores, comparado aos subgrupos B1 e B2;

Para a TMJA os subgrupos A1 e A2 são semelhantes, porém com valores inferiores ao subgrupo B1, que também apresenta valor inferior ao subgrupo B2;

Para a precipitação total de inverno, os subgrupos B1 e A2 são semelhantes e com valores menores do que os subgrupos B2 e A1;

Para a umidade relativa os subgrupos B são semelhantes ao A1 e o A2 apresenta maior umidade relativa;

A precipitação total de verão é menor no subgrupo A2 e os subgrupos B2, A1 e B1 são semelhantes;

A insolação é menor no subgrupo A2, subgrupo que se diferencia dos demais;

A evaporação é menor no subgrupo A2 que se diferencia do subgrupo B2, sendo que há uma transição entre os subgrupos A1 e B1;

A disponibilidade hídrica é menor no B1 e maior no A1, havendo uma transição entre A2 e B2.

Desta forma, o Grupo A1 localiza-se nas áreas com latitudes maiores e altitudes maiores e, por isso, as temperaturas são menores. O subgrupo A2 se diferencia do restante por apresentar menor insolação, menor evaporação, menor precipitação de verão e maior umidade relativa. A proximidade do oceano com o subgrupo A2 deve influenciar na maior umidade relativa. O subgrupo A1 apresenta maior disponibilidade hídrica, sendo que os subgrupos B2 e A1 apresentam maiores precipitação de inverno. Sabe-se que a região de Guarapuava, sul do Paraná, é a que mais chove no estado, com 1.800 mm de chuvas anuais.

Quanto aos subgrupos B1 e B2, para a temperatura média de janeiro, o subgrupo B2 apresenta valores maiores, sendo o B2 localizado mais a oeste, numa faixa onde as temperaturas são maiores. A precipitação de inverno é superior nos subgrupos B2 e A1 devido ao clima mais temperado.

4. CONCLUSÕES

No estado do Paraná, o que separa as áreas onde há presença de florestas nativas de araucária das demais áreas com outras formações florestais são as temperaturas mais baixas em todas as estações anuais associadas às precipitações maiores de inverno. Além disso, as florestas com araucária se encontram acima dos 500 metros de altitude. Mais importante que a precipitação é a disponibilidade hídrica para as áreas com araucária, pois apesar da precipitação total média anual ser igual a das áreas sem araucária, a evaporação é menor, a insolação é menor, o que resulta, também, numa umidade relativa maior.

As áreas naturais de distribuição das florestas de araucária eram contínuas, mas atualmente estão distribuídas em fragmentos. Neste trabalho distinguimos quatro subgrupos climáticos: Áreas elevadas do terceiro Planalto Paranaense (região de Guarapuava); Primeiro e Segundo Planalto Paranaense (Região Metropolitana de Curitiba e adjacências); Região Central do Segundo Planalto Paranaense e Região sudoeste do Terceiro Planalto Paranaense. Essas são áreas climaticamente diferentes e, embora todas com temperaturas menores, diferem quanto à insolação, umidade relativa e disponibilidade hídrica.

As conclusões desse trabalho são bastante úteis para definir áreas de conservação *in situ* da floresta com araucária, pelo estabelecimento de Unidades de Conservação, associadas a uma abordagem metodológica que assegure a proteção de extensões mais abrangentes da paisagem e não ilhas isoladas, passíveis de sofrerem deterioração progressiva. Porém, este trabalho poderia ser detalhado utilizando os dados de uma maior número de estações meteorológicas.

Além disso, programas de conservação genética poderiam ser orientados para verificar diferenças entre os genótipos presentes nesses subgrupos distintos, verificando uma possível associação entre distribuição geográfica da espécie e diversidade genética. Estudos

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

pedológicos complementares poderiam também indicar diferenciações edafoclimáticas importantes.

REFERÊNCIAS

ARZOLLA, F.A.R. D. P.; IVANAUSKAS, N.M.; NALON, M.; PISCIOTTA, K; MEIRELLES, L.D.; ANTUNES, A.Z.; RODRIGUEZ, R.R.; JOLY, C.A. . Porque tomar imediatamente a Serra da Mantiqueira no Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://iflorestal.sp.gov.br/2014/05/06/porque-tomar-imediatamente-a-serra-da-mantiqueira-no-estado-de-sao-paulo/>. Data da disponibilidade: 22/10/2016.

BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de Araucária angustifolia. (Bertol.) Kuntze no Brasil - II. Pesquisas - Botânica, 49:31-51.1999.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T; MATZENAUER, R; STOLZ, Á. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.

CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M. A Floresta com Araucária no Paraná: Conservação e diagnósticos dos remanescentes florestais. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 233p. 2004.

CHOU, S.C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, SIQUEIRA, G.; D.; MARENGO, J. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5. Downscaling Scenarios. American Journal of Climate Change, v.3, p. 512-525, 2014.

DURY, G. H. High temperature extremes in Australia. Annals of the Association of American Geographers. 62 (3), 388–400. 1972.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao

zoneamento climático no estado do Paraná. Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, 10.1, p. 49-64. 2008.

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

GUERRA, M. P. et al. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucária angustifolia*). In: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (Eds.). Sustentável Mata Atlântica: A exploração de seus recursos florestais. São Paulo: SENAC. 2002.

HAMRICK, D.L. Response of tree to global environmental damages. Forest Ecology and Management. 194:323-335. 2004.

ITCF. Plano de Manejo: ARIE do Buriti. Instituto de Terras Cartografia e Florestas, Paraná. 1991

JOLY, A.B. 1998. Botânica: Introdução à taxonomia vegetal. Companhia Editora Nacional. São Paulo, 12 ed.1998.

KLEIN, R. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. Sellowia, v. 12, p.17-48, 1960.

KLEIN, R.M. Southern brazilian phytogeographic features and probable influence of upper quaternary climatic changes in the floristic distribution. Boletim Paranaense de Geociências, n.33. 1975.

KLEIN, R.M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. Sellowia, Itajai, v. 36, p. 5-54, 1984.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2 ed., v.1, v.2. 2002.

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Ed., 1981.

MAACK, R. Mapa fitogeográfico do Estado do Paraná. Curitiba: IBPT-SAIC/INP. Um mapa 115 x 80 cm. 1:750.000. 1950.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Eds.). Livro Vermelho da Flora Brasileira. Rio de Janeiro:

FATORES CLIMÁTICOS LIMITANTES DA DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ E AS IMPLICAÇÕES PARA SUA RESTAURAÇÃO

Andrea Jakobson Estúdio; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1100p. 2013.

MEDEIROS, J.D., SAVI, M.; BRITO, B. F. A. Seleção de áreas para criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista. Biotemas 18: 33-50. 2005.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; EISENLOHR, P. V.; NEVES, D. R. M. 2013. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. *Journal of Plant Ecology* (Online first). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/jpe/rtt058>. Acesso em: jan.2014.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Agronômica Ceres. 129-132 p. 1981.

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

SOUSA, V. A.; RICHARDS, C. M. Genetic diversity and biogeography determinants of population structure in *Araucária angustifolia* Bert. O Ktze. In: *Molecular Ecology. International Conference. Programme and Abstracts*. Vienna, 2012.

WREGE, M. S.; FRITZSONS, E. Dados climáticos dos municípios da região Sul do Brasil [recurso eletrônico] / Colombo: Embrapa Florestas (Documentos / Embrapa Florestas). 2015.

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

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