



6

As melhores regiões para cultivo da teca no Brasil

Marcos Silveira Wrege
Marilice Cordeiro Garrastazú
Márcia Toffani Simão Soares
Elenice Fritzsons

Introdução

A teca (*Tectona grandis* L. f.) é originária das florestas de monção situadas no continente asiático. A espécie possui madeira de ótima qualidade, crescimento rápido e bastante rusticidade (Figueiredo, 2001) e, em função da presença de oleosidade e de sílica na composição de sua madeira, agrega propriedades tais como baixa retratilidade e leveza, resistência ao sol, ao calor, ao frio, à água da chuva e do mar e aos incêndios florestais de menor grau, sendo empregada na indústria de construção naval, produção de peças de usos nobres e de móveis finos (Rondon Neto et al., 1998; Klippel et al., 2013). Com todas estas qualidades, o interesse pelo cultivo dessa espécie e comercialização de sua madeira tem aumentado em todo o mundo (Lorenzi et al., 2003).

Apesar do grande potencial econômico, programas de pesquisa e fomento voltados ao cultivo da espécie são ainda escassos no Brasil, quando comparados com as culturas do eucalipto e do pinus, que apresentaram significativos ganhos com a definição de áreas de baixos riscos climáticos para plantio, seleção de materiais genéticos adaptados a diferentes condições ambientais, desenvolvimento de práticas de manejo do solo, controle de pragas e doenças e o desenvolvimento de sistemas de suporte à tomada de decisão baseados no uso de modelos matemáticos na área da bioinformática e de modelos desenvolvidos para diversas aplicações, como a estimativa de áreas de manejo, incremento do potencial de produção e riscos associados à produção silvicultural.

Entre os instrumentos de gestão de riscos na atividade agrícola, destaca-se o zoneamento de riscos climáticos, um importante instrumento de gestão de riscos oficialmente instituído e adotado como balizador de política agrícola no Brasil, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), a partir de 1996, com a adoção do Zoneamento Agrícola do Brasil que vinculava as pesquisas na área de riscos climáticos com a política agrícola do País. O zoneamento tem o objetivo de reduzir a ocorrência de sinistros na agricultura, com a adequação do calendário de plantio para cada região, classificando cada uma delas de acordo com as características climáticas. O zoneamento indica, com base em variáveis climáticas, as melhores regiões para plantio e os sítios onde diferentes materiais genéticos têm condições para se desenvolver, adotando, com base em critérios econômicos, riscos de até 20%. O primeiro zoneamento proposto para espécie florestal de valor comercial foi o da cultura do *Pinus taeda* para a região Sul do Brasil, no ano de 2008 (Higa et al., 2008).

O zoneamento de risco climático é baseado na modelagem e na extrapolação de indicadores de riscos, a partir dos quais são geradas camadas por meio de sistemas de informações geográficas. O principal critério utilizado para selecionar as melhores regiões para plantio, com os menores riscos climáticos, é relacionado a indicadores de risco de deficiência hídrica, responsável pelo maior número de sinistros, principalmente na atividade agrícola, sendo menos comum na florestal (Gonçalves; Wrege, 2018). São também considerados indicadores relacionados aos riscos de ocorrência de temperaturas extremas passíveis de danos à planta, como geada ou temperatura baixa, comuns nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, e a ocorrência de temperaturas elevadas, acima do limite superior para o desenvolvimento da espécie, comuns nas regiões Norte e Nordeste do País. Para espécies florestais de valor comercial, os critérios são aplicados para as fases mais críticas, relacionadas aos períodos do plantio e de aclimação das mudas nos primeiros 15 dias após o transplântio.

Para diminuir as imprecisões que ocorrem nos processos de modelagem e das extrapolações, são considerados todos os indicadores de risco em conjunto, prevendo-se ajustes regionais e qualitativos destes indicadores (Gonçalves; Wrege, 2018). Seguindo-se as recomendações do zoneamento, consegue-se reduzir as taxas de sinistralidade, conferindo maior sustentabilidade econômica ao sistema produtivo e, adicionalmente, obtendo-se um ganho com o aumento da capacidade produtiva da espécie, aliando o melhor material genético indicado à região mais favorável para sua produção (Wrege et al., 2018).

As análises da distribuição de uma espécie, ou de uma população, determinam a amplitude de sua distribuição no espaço e no tempo indicando, desta forma, quais são as regiões com maior potencial para o seu cultivo comercial ou para uso em sistemas de restauração.

A região na qual uma espécie tem potencial para se desenvolver pode ser definida por processos de modelagem espacial, utilizando algoritmos desenvolvidos para este fim, podendo-se prever a distribuição da espécie no espaço e suas variações no tempo, buscando compreender de que maneira as condições ambientais têm influência sobre sua ocorrência ou abundância. Essa relação entre espaço e tempo é dinâmica e vem sofrendo algumas alterações. Exemplo disso pode ser dado pelas alterações de área por espécie, em função das ameaças do clima.

Essas mudanças podem ser quantificadas com o uso de modelos e camadas contendo dados climáticos do presente e de cenários futuros, utilizando softwares de modelagem de nicho, como o openModeller (Muñoz et al., 2011) ou o MaxEnt (Phillips et al., 2006), em conjunto com o uso de softwares de sistemas de informações geográficas, para a interpretação

dos resultados. Com isso, é possível calcular o ganho ou a perda de área potencial que uma espécie poderá ter nas próximas décadas, em função de cenários de mudanças climáticas.

Para auxiliar na avaliação de um conjunto de dados, visando o melhor uso da terra, pode-se agrupá-los pelas suas características comuns, por meio de análise de agrupamento (“análise de cluster” ou “classificação não supervisionada”), que consiste na classificação dos dados em diferentes grupos, cada qual contendo os dados semelhantes, segundo uma função de distância estatística. As observações dentro do grupo devem ser muito semelhantes entre si e muito diferentes das demais (Jain et al., 1998; Theodoridis et al., 1998).

O objetivo deste capítulo é apresentar quais são as melhores regiões para o cultivo de teca no Brasil, com o uso de duas ferramentas voltadas ao planejamento de uso da terra: o zoneamento de riscos climáticos, cujas zonas foram obtidas por meio de avaliações feitas dos riscos climáticos inerentes à espécie e a análise de agrupamento de regiões com características climáticas comuns, feita através de análise de cluster.

Metodologia empregada no zoneamento de riscos climáticos para a teca

Para elaborar o zoneamento de riscos climáticos e a análise de agrupamento para a teca, foram usados dados climáticos de uma rede formada por 125 estações meteorológicas na região Sul, organizados por Wrege et al. (2012) e 321 estações na região Sudeste do Brasil e, para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, foram usadas camadas elaboradas a partir de dados compilados por Hamada et al. (2008). Os dados foram reunidos, analisando as falhas, os erros e a completude, eliminando as estações com muitas falhas ou erros e corrigindo aquelas com menos falhas e erros. Camadas foram geradas em sistemas de informações geográficas, no ArcMap 10.1 (Environmental Systems Research Institute, 2011), utilizando a técnica de regressão linear múltipla para dados de temperatura e de krigagem indicatriz para precipitação pluviométrica e déficit hídrico. Para a classificação de zonas, foram utilizados os critérios da Figura 1 e Tabela 1.

As temperaturas favoráveis, que caracterizam o envelope climático (faixa de temperatura favorável, entre o limite superior e o inferior) para o desenvolvimento da teca são elevadas. Para viabilidade do cultivo comercial, considerou-se a temperatura média anual superior a 22 °C, caracterizando as regiões com essa condição como “risco baixo” ao cultivo e, caso contrário, “risco alto” (para as regiões com temperaturas inferiores a 22 °C) (Klippel et al., 2013).

A ocorrência de geada pode causar a morte da muda de teca. Assim, foram usados os índices calculados por Wrege et al. (2018), para classificar as zonas correspondentes a “risco baixo”, quando o risco de geada era inferior a 20%, ou “risco alto”, quando era superior aos 20% nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.

Em relação às necessidades hídricas, a zona foi classificada de “risco baixo” ao cultivo da teca se o déficit hídrico no ano (P-ETP) foi inferior a 150 mm, caso contrário, o “risco foi considerado alto” (P é a precipitação pluviométrica e ETP é a evapotranspiração potencial).

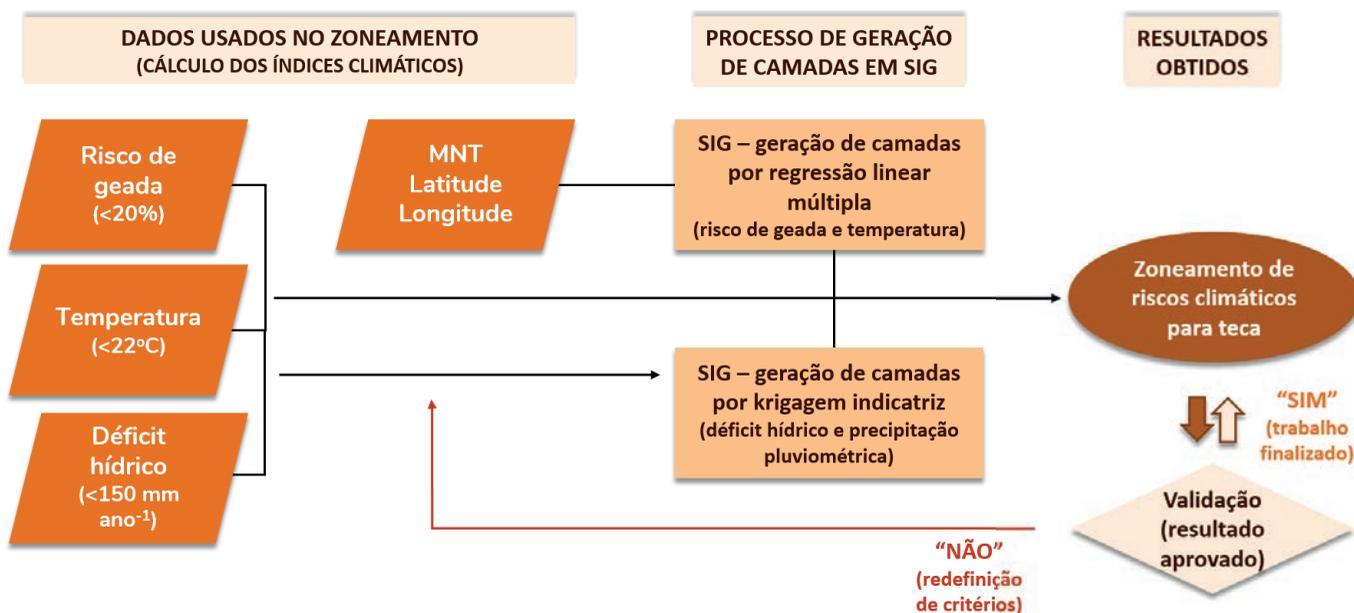


Figura 1. Modelo esquemático relacionado às atividades necessárias para elaboração de camadas de risco indicativas das melhores regiões para o plantio da teca no Brasil.

Tabela 1. Classes de risco para o desenvolvimento da teca.

Temperatura média anual (°C)		Risco de geada (%)		Déficit hídrico anual (mm)	
Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
≥ 22	< 22	< 20	≥ 20	< 150	≥ 150

Embora o déficit hídrico se constitua em risco, não causa a morte da planta, exceto em casos excepcionais e, assim, não é um índice excludente. A excepcionalidade se aplica ao Semiárido, onde as condições de seca são um fator impeditivo ao cultivo da teca.

Pontos de presença da espécie

Para uso na análise de agrupamento, foi criada uma matriz de 2.358 pontos com resolução de 30" sobre a América Latina, no software ArcMap 10.1 (Environmental Systems Research Institute, 2011), utilizando a função Extract Multi Values to points. A partir disto, foi organizada uma tabela de atributos, contendo as coordenadas dos pontos da matriz e os valores das variáveis climáticas correspondentes a cada ponto, obtidas pelo cruzamento entre a camada da matriz de pontos com as 19 camadas de variáveis bioclimáticas (Vide anexo), obtidas do Worldclim (Fick; Hijmans, 2017). No módulo Statistical Tools, foram processadas as análises estatísticas multivariadas, criando-se dez agrupamentos na América do Sul, com características climáticas comuns.

Para a elaboração do mapa de regiões formadas pela análise de agrupamento, utilizando sistemas de informações geográficas, para cada grupo individualmente, construiu-se um buffer com raio de 1 grau decimal em torno de cada ponto da grade anteriormente citada, que foram convertidos em polígonos. No processo de conversão, utilizou-se a opção de dissolver os polígonos formados, unindo aqueles que se interseccionavam (praticamente todos), formando um único polígono correspondente a cada um dos dez grupos na América do Sul.

Resultados obtidos com o zoneamento de riscos climáticos para a teca

Os zoneamentos para teca, para cada região do País, são apresentados nas Figuras 2 a 6, mostrando as classes de baixo risco para o plantio, atendendo aos critérios necessários para a espécie.

Na região Sudeste, existem áreas de baixo risco, mas algumas têm restrições por geada, temperaturas baixas ou por déficit hídrico (Figura 2). Quanto à geada ou às temperaturas baixas, ocorre restrição ao plantio, porque a teca não tolera geada e pode ocorrer a morte da planta, sendo, portanto, um fator impeditivo ao seu desenvolvimento. Nas zonas de altitude do centro-sul do Brasil, é comum a ocorrência de geada, devido à relação (inversa) existente entre altitude e temperatura do ar. Em relação ao déficit hídrico, a restrição não é tão severa, pois não ocorre morte da planta, exceto em casos

excepcionais, como os anos mais secos, ou a zona do Semiárido brasileiro, compreendida pelo bioma Caatinga, onde as condições de seca são um fator impeditivo ao cultivo da teca. A restrição de plantio causada por déficit hídrico é maior na parte norte do Estado de Minas Gerais, onde ocorre transição do clima tropical da Mata Atlântica para o Semiárido da Caatinga.

Na região Sul, a maioria das áreas é classificada como “risco alto” para o cultivo da teca, pois o risco de geada é elevado e a temperatura do ar é baixa no inverno, inferior ao limite crítico do seu “envelope de desenvolvimento”, restringindo o cultivo da espécie, exceto no norte e noroeste do Paraná. Nesta área, o volume de chuvas se encontra dentro dos limites necessários para o cultivo comercial da espécie. No entanto, em alguns anos, podem ocorrer geadas leves (em menos de 20% dos anos). A Figura 3 apresenta apenas o estado do Paraná, único na região Sul que apresenta algumas áreas com condições favoráveis para o cultivo da teca.

A maioria das áreas da região Centro-Oeste é de risco baixo ao desenvolvimento da teca (Figura 4). No Pantanal, o risco é um pouco maior, em função do déficit hídrico. No sul do Mato Grosso do Sul ocorrem geadas em alguns anos e, portanto, uma pequena área é de risco alto ao cultivo de teca. Nas demais áreas da região, as condições são favoráveis, dentro dos limites necessários para o bom desenvolvimento da espécie. No entanto, ocorre um período extenso de déficit hídrico, o que pode interferir na produção, pois a região é de Cerrado e tem como característica a distribuição irregular das chuvas ao longo do ano, concentrando-se mais em cerca de seis meses consecutivos do ano.

A região Norte tem altos índices pluviométricos e temperaturas elevadas, no entanto, dentro dos limites necessários para o cultivo da teca (Figura 5). Porém, existem algumas áreas com cotas altimétricas inferiores a 50 m, próximas ao Rio Amazonas, que devem ser evitadas por sofrerem períodos de alagamento. No noroeste da região, o volume de chuva é excessivo, podendo prejudicar o desenvolvimento da espécie.

A região Nordeste do Brasil tem áreas de risco baixo, mas, na região conhecida como Semiárido, não é recomendado o plantio, pois o volume de chuva anual é inferior ao limite necessário para o bom desenvolvimento da teca, com alto risco de obter produtividade baixa (Figura 6). Na Zona da Mata (região litorânea), as condições necessárias para o desenvolvimento da teca são atendidas.

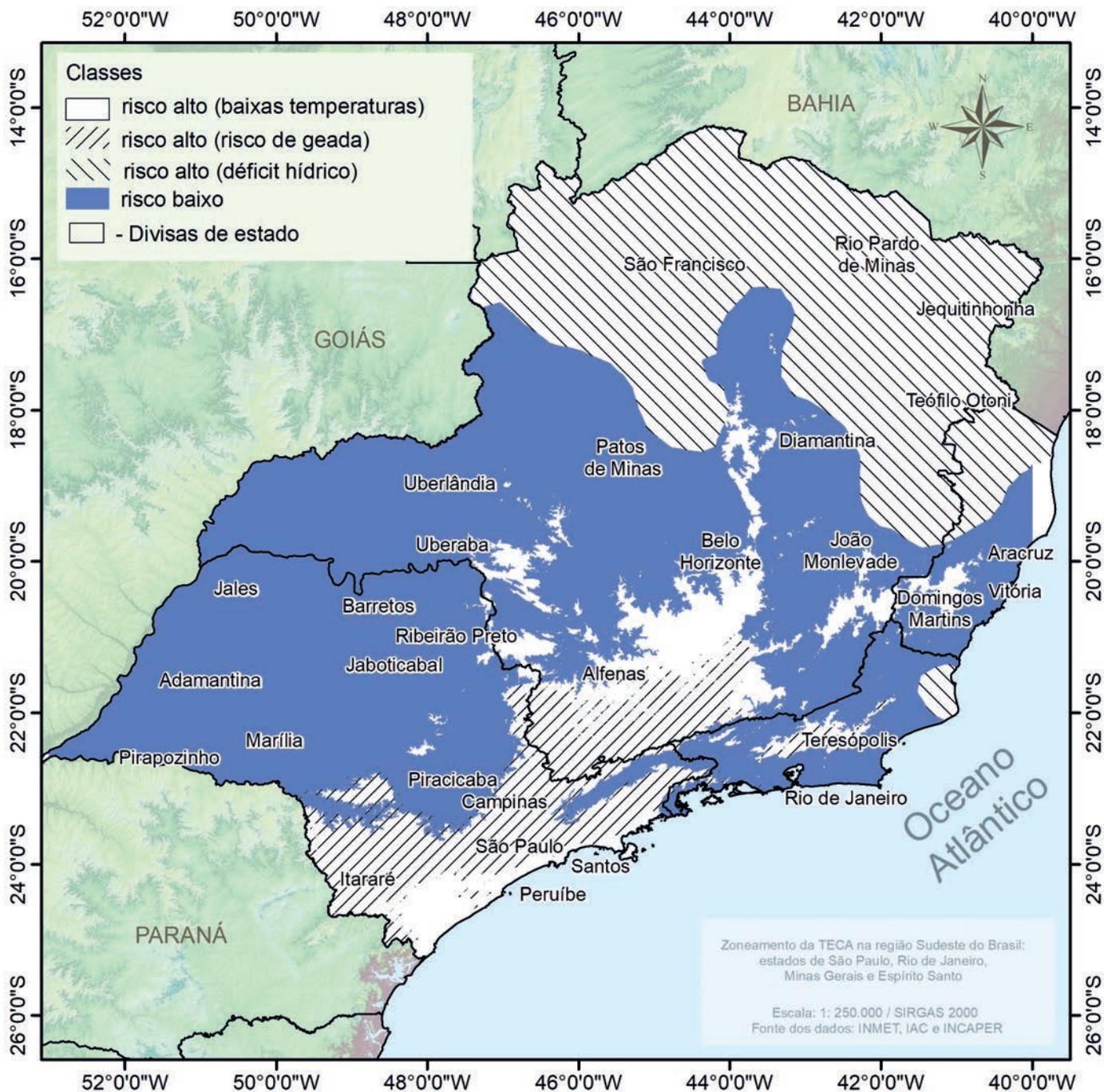


Figura 2. Zoneamento de riscos climáticos para teca, com indicação das regiões com os menores riscos climáticos para o plantio comercial da espécie – Região Sudeste.

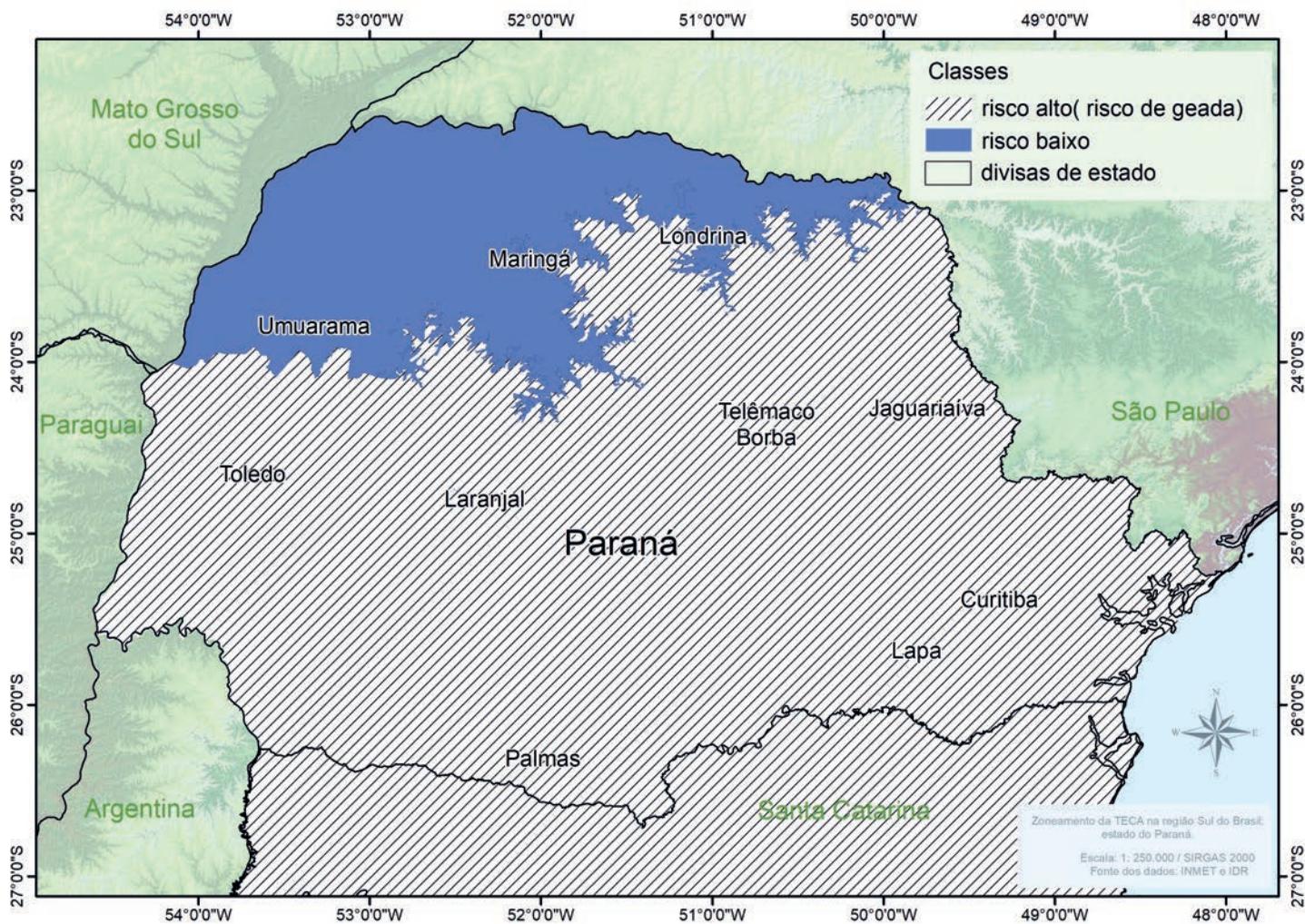


Figura 3. Zoneamento de riscos climáticos para teca, com indicação das regiões com os menores riscos climáticos para o plantio comercial da espécie – Região Sul (Estado do Paraná).

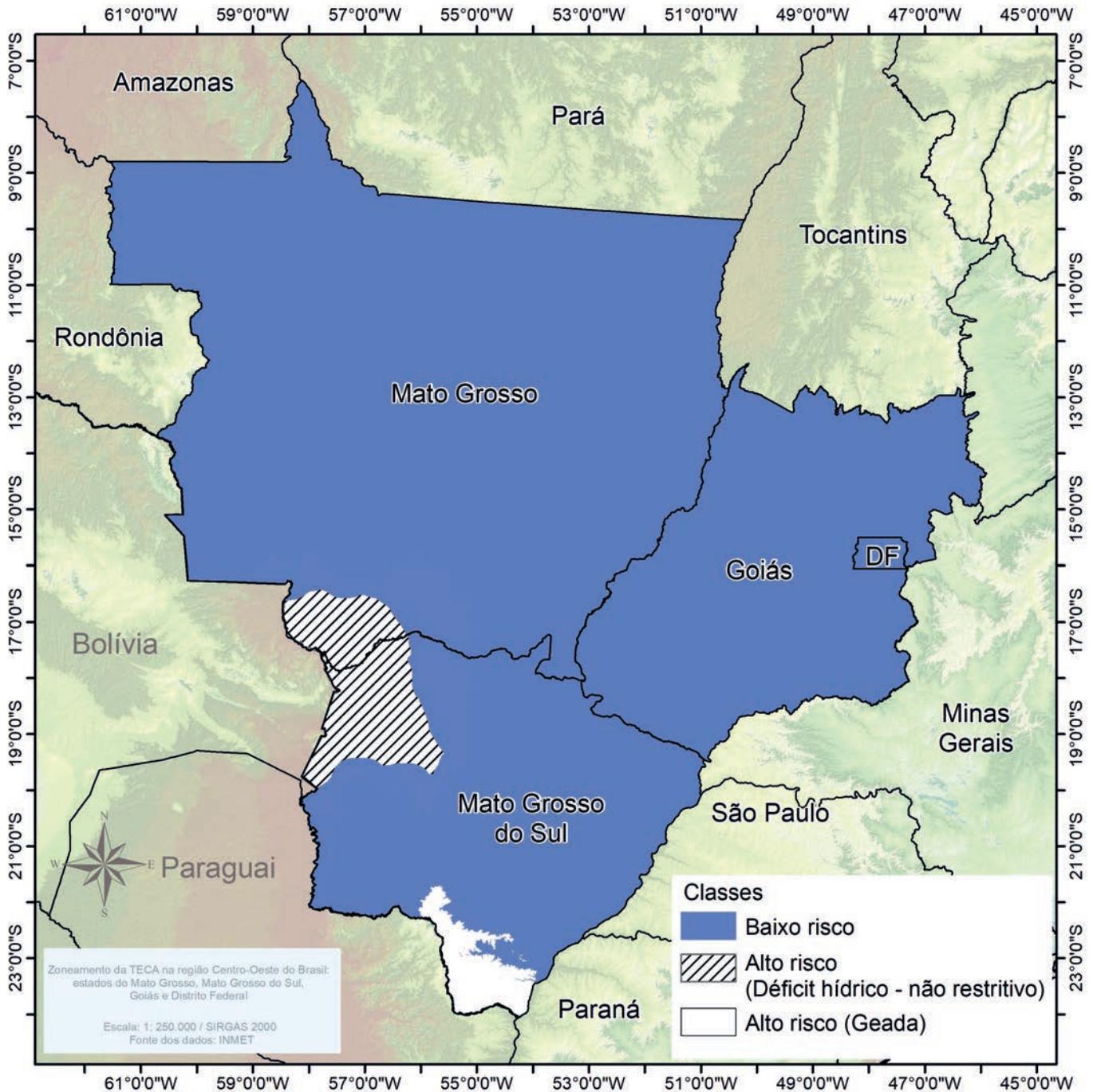


Figura 4. Zoneamento de riscos climáticos para teca, com indicação das regiões com os menores riscos climáticos para o plantio comercial da espécie – Região Centro-Oeste.

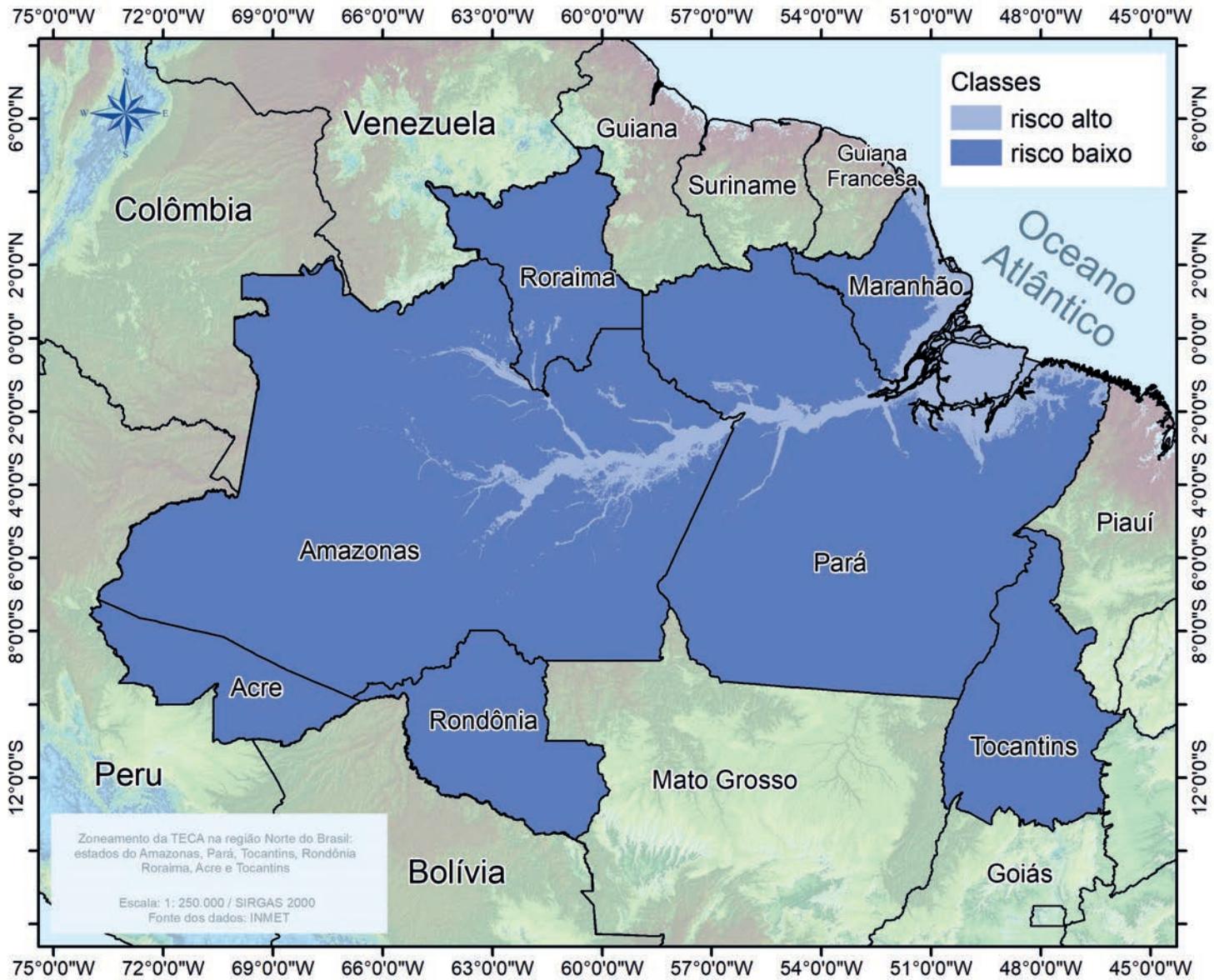


Figura 5. Zoneamento de riscos climáticos para teca, com indicação das regiões com os menores riscos climáticos para o plantio comercial da espécie – Região Norte.

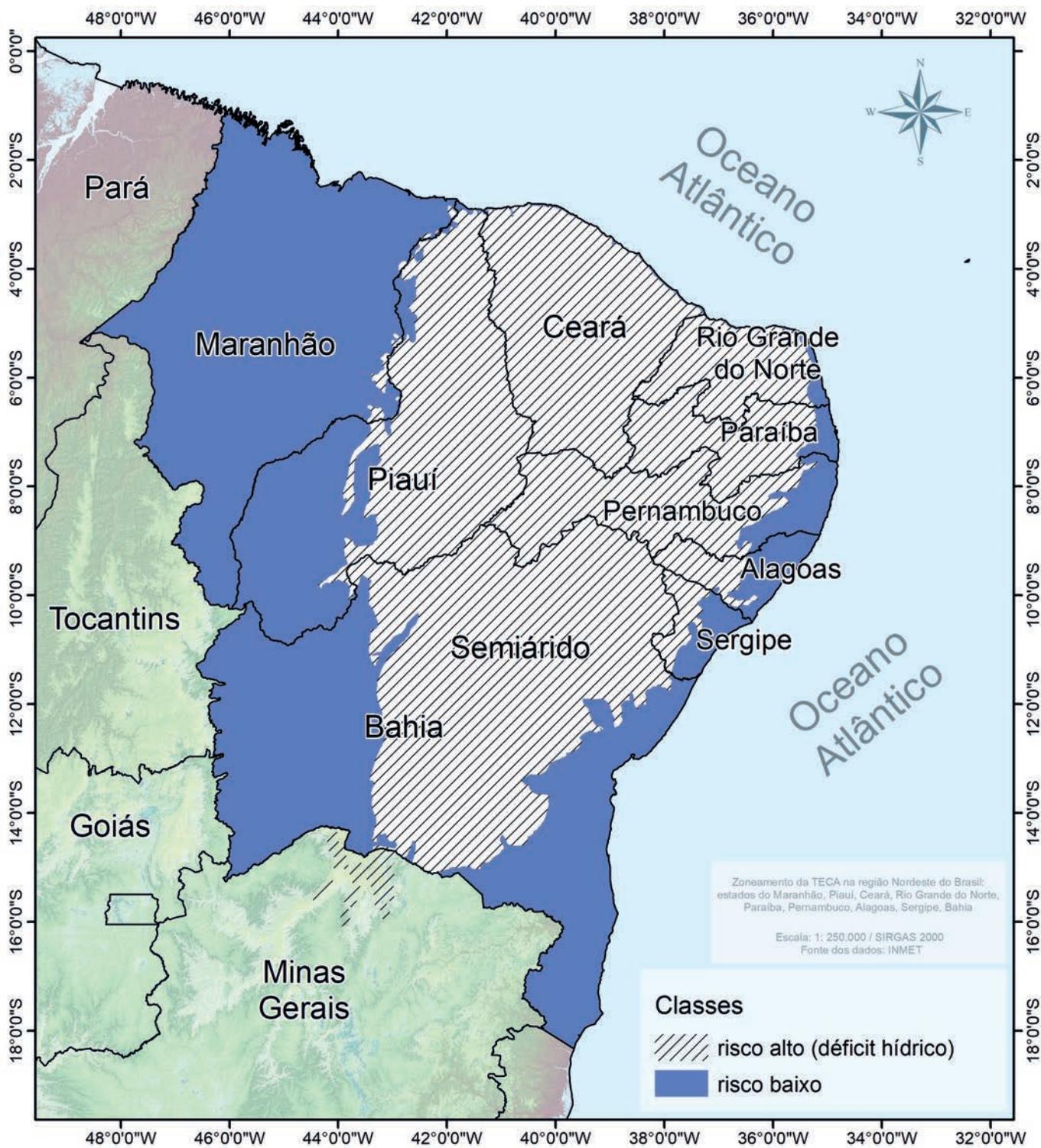


Figura 6. Zoneamento de riscos climáticos para teca, com indicação das regiões com os menores riscos climáticos para o plantio comercial da espécie – Região Nordeste.

Na Figura 7, pode-se observar a ocorrência de seis grupos distintos no Brasil, com características climáticas diferentes que os separam (Anexos 1 e 2). As divisões dos grupos formados se aproximam daquela dos biomas, pois o tipo de vegetação que existe em cada região tem relação com o clima, conforme observou Köppen, o que inclusive influenciou na criação de sua classificação climática, a mais famosa e usada, ainda hoje, em todo o mundo. Assim, em cada região (bioma), a teca tenderá a ter desenvolvimento diferente. As diferentes condições climáticas entre os grupos são apresentadas nas Figuras 9 a 17.

No bioma Amazônia, existem cinco agrupamentos climáticos diferentes (Grupos 2, 3, 5, 8 e 9 das Figuras 7 e 8), onde as condições climáticas são, de modo geral, favoráveis ao desenvolvimento da teca. O noroeste da região, fronteira do Brasil com a Colômbia, é onde ocorrem os maiores volumes de chuva, entre 2.473-7.341 mm ano⁻¹ (Grupo 9). Nessa região, a teca pode atingir o maior crescimento, dependendo do tipo de solo. Em algumas áreas desta região, principalmente naquelas situadas na fronteira do Brasil com a Colômbia, a teca pode não se desenvolver tão bem, em função do alto volume de chuva, atingindo o limite superior de capacidade da planta. Na sequência, vem a região representada pelo Grupo 5, com volume de chuva um pouco menor, mas ainda alto, com valores entre 1.710-4.186 mm ano⁻¹. Ao norte, diminui um pouco mais o volume de chuva para valores entre 1.120-3.583 mm ano⁻¹ (Grupo 2) e, ao sul da região (Grupo 8) ocorrem volumes de chuva de até 2.553 mm ano⁻¹. No sudoeste da Amazônia, a maior área no estado do Acre, tem a região representada pelo Grupo 8, com até 3.422 mm ano⁻¹, sendo o mais frio entre os demais grupos, com temperatura do ar abaixo dos 23,1 °C.

Na região Nordeste do Brasil (bioma Caatinga e Zona da Mata), existe viabilidade de cultivo comercial da teca na Zona da Mata. No Semiárido, o volume de chuvas é inferior às necessidades da espécie e o cultivo é inviável (Grupo 1).

O bioma Cerrado (Grupos 1 e 3) se caracteriza por ter menor volume de chuva, com valores entre 981 mm ano⁻¹ (mais próximo do Semiárido) e 2.553 mm ano⁻¹, e estação seca bem definida de, aproximadamente, seis meses do ano. A produtividade da teca, portanto, tende a ser menor e o ciclo de produção maior, o que não inviabiliza o cultivo comercial da espécie na região.

O bioma Mata Atlântica (Grupos 3 e 4) é extenso e, assim, caracteriza-se por apresentar grandes diferenças de clima e, como consequência, diferentes tipos de vegetação, uma vez que “o tipo de vegetação é uma expressão do clima”. Portanto, é comum encontrar subdivisões relacionadas aos tipos de vegetação, representados pelas fitofisionomias. Existem regiões frias, com alto risco de geada (Grupo 4), onde a teca não tem condições de se desenvolver, concentradas mais no sul do País, em áreas de altitude, com até 2.073 mm ano⁻¹ de chuva. Em outras regiões (Grupo 3), há condições favoráveis para o cultivo da teca, mas com a ocorrência de um menor volume de chuvas (entre 981-2.553 mm ano⁻¹).

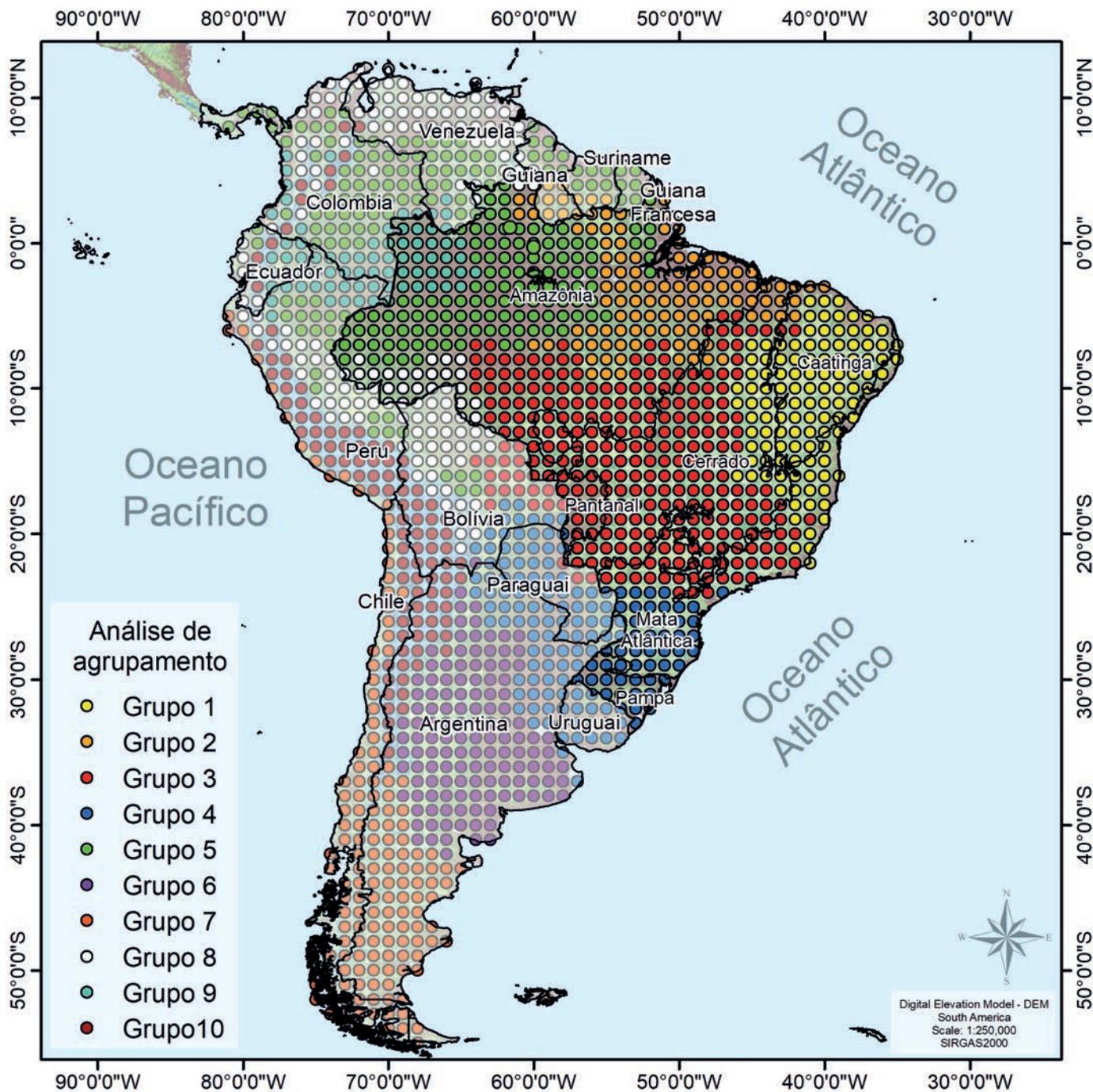


Figura 7. Grupos formados por características climáticas comuns no Brasil, utilizando análise de agrupamento: método hierárquico - Wards.

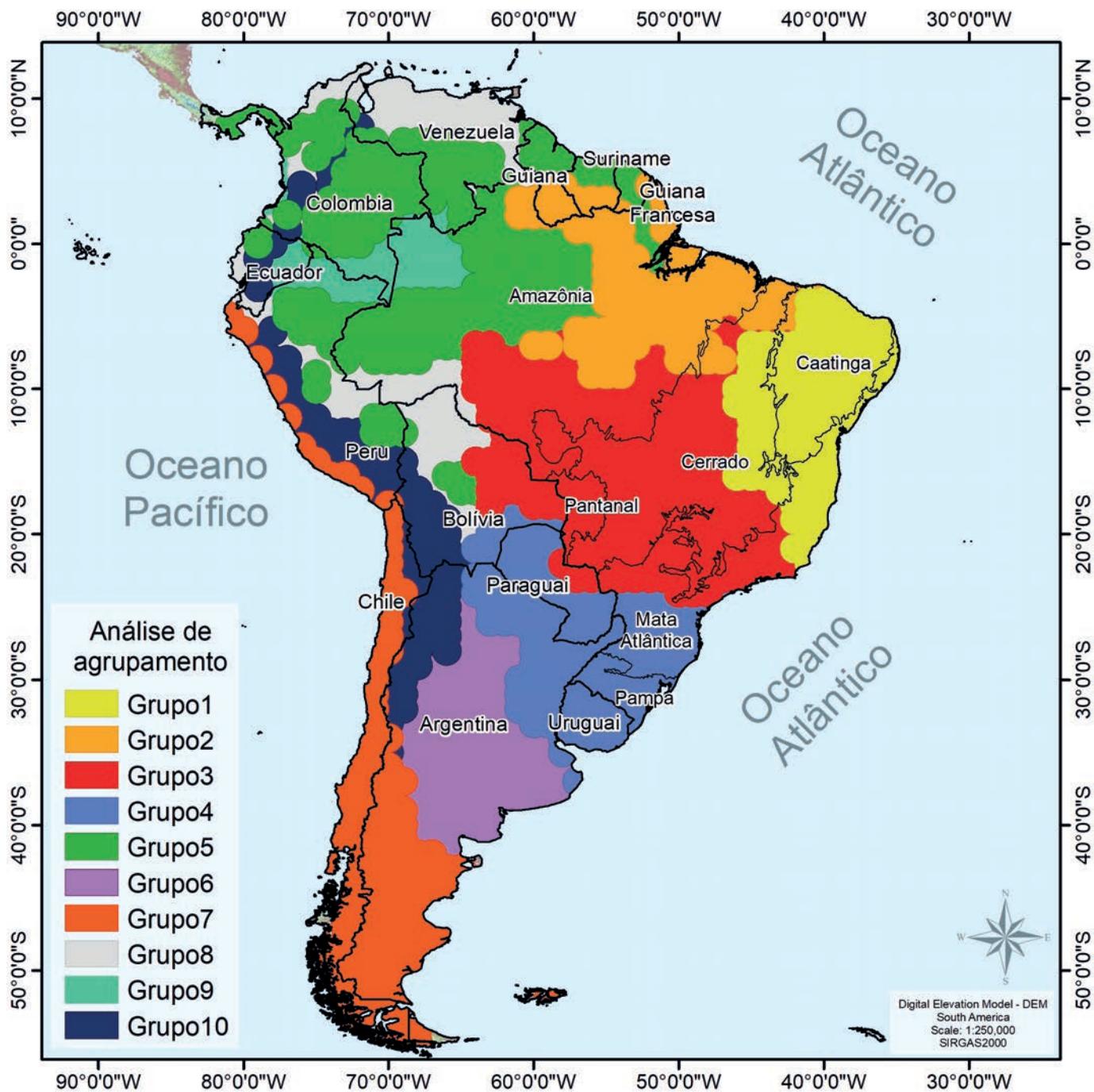


Figura 8. Grupos formados por características climáticas comuns utilizando análise de cluster e os biomas do Brasil.

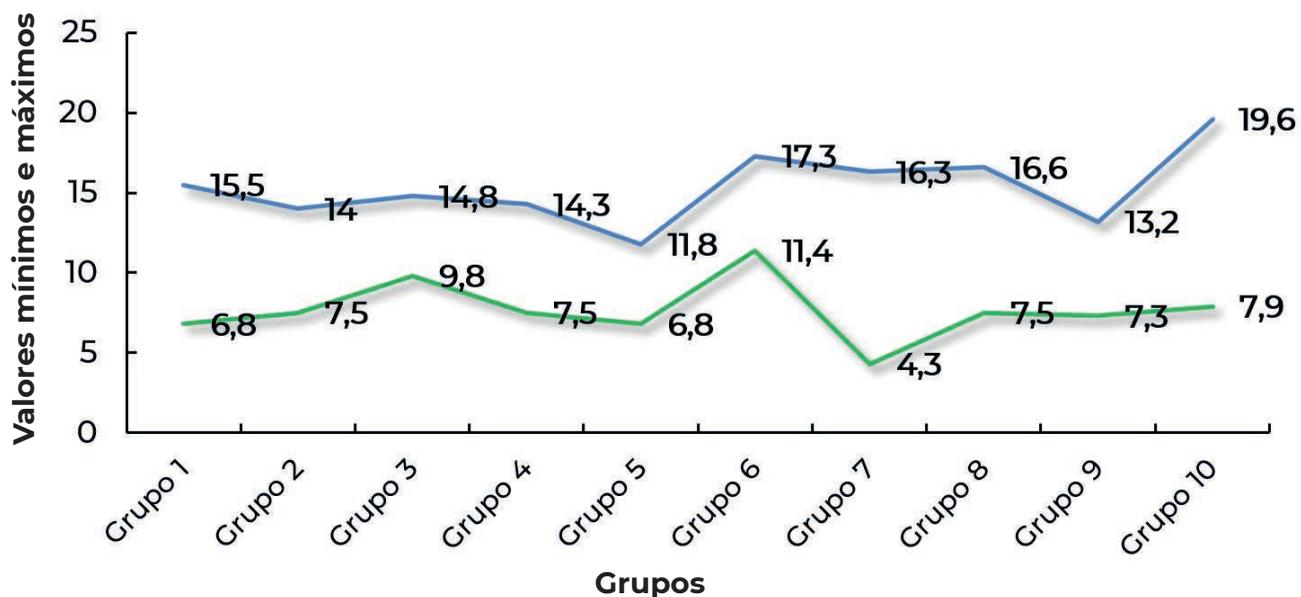


Figura 9. Valores mínimos e máximos da variação diária entre as temperaturas máxima e mínima do ar, por grupos formados na análise de *cluster*.

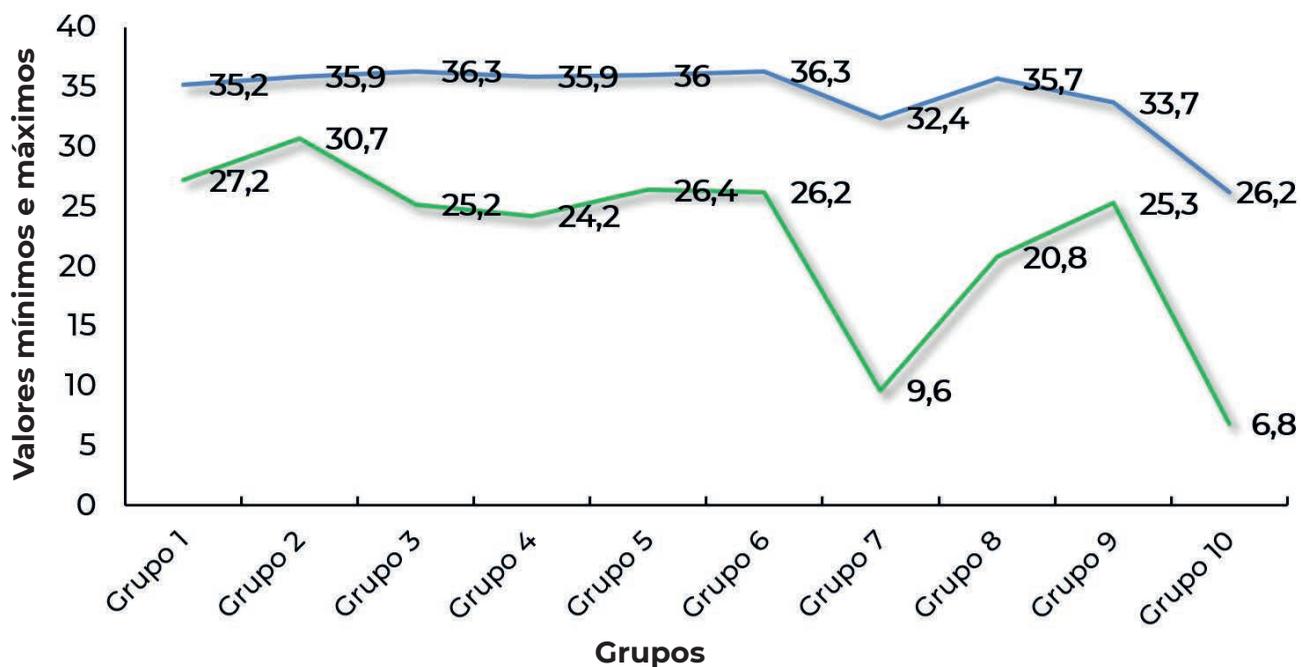


Figura 10. Valores mínimos e máximos das temperaturas máximas na semana mais quente do ano, por grupos formados na análise de *cluster*.

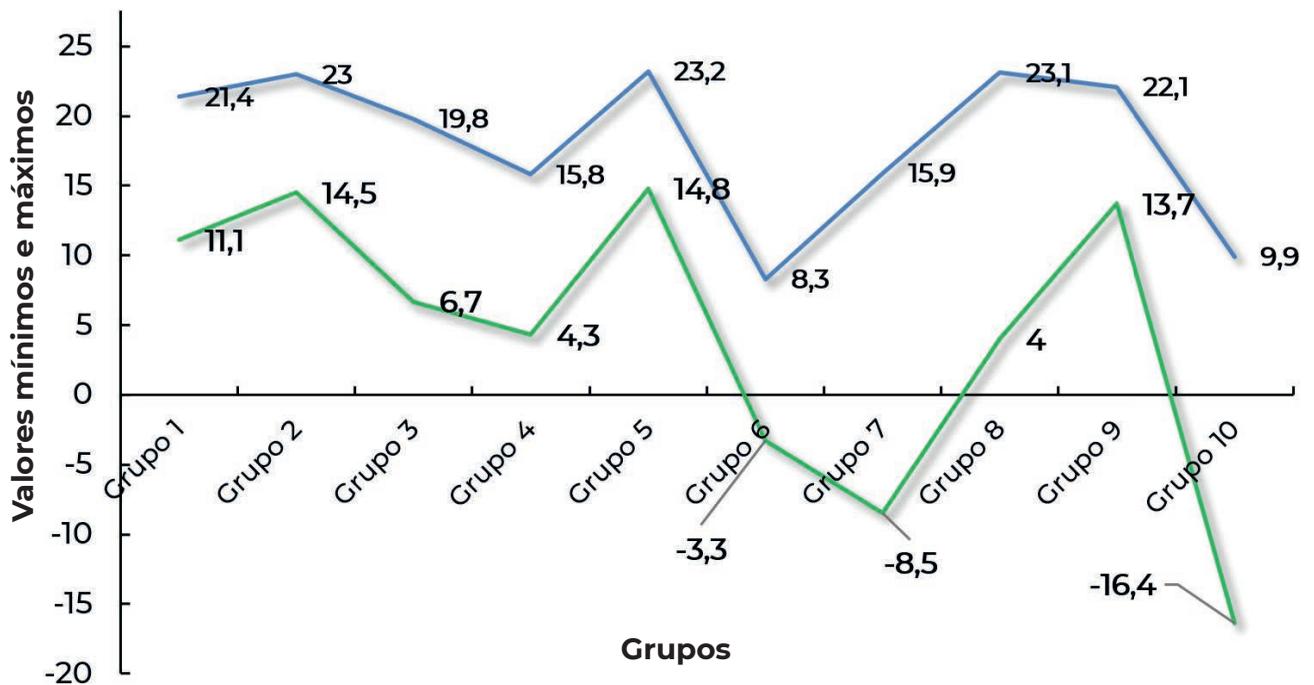


Figura 11. Valores mínimos e máximos das temperaturas mínimas na semana mais fria do ano, por grupos formados na análise de *cluster*.

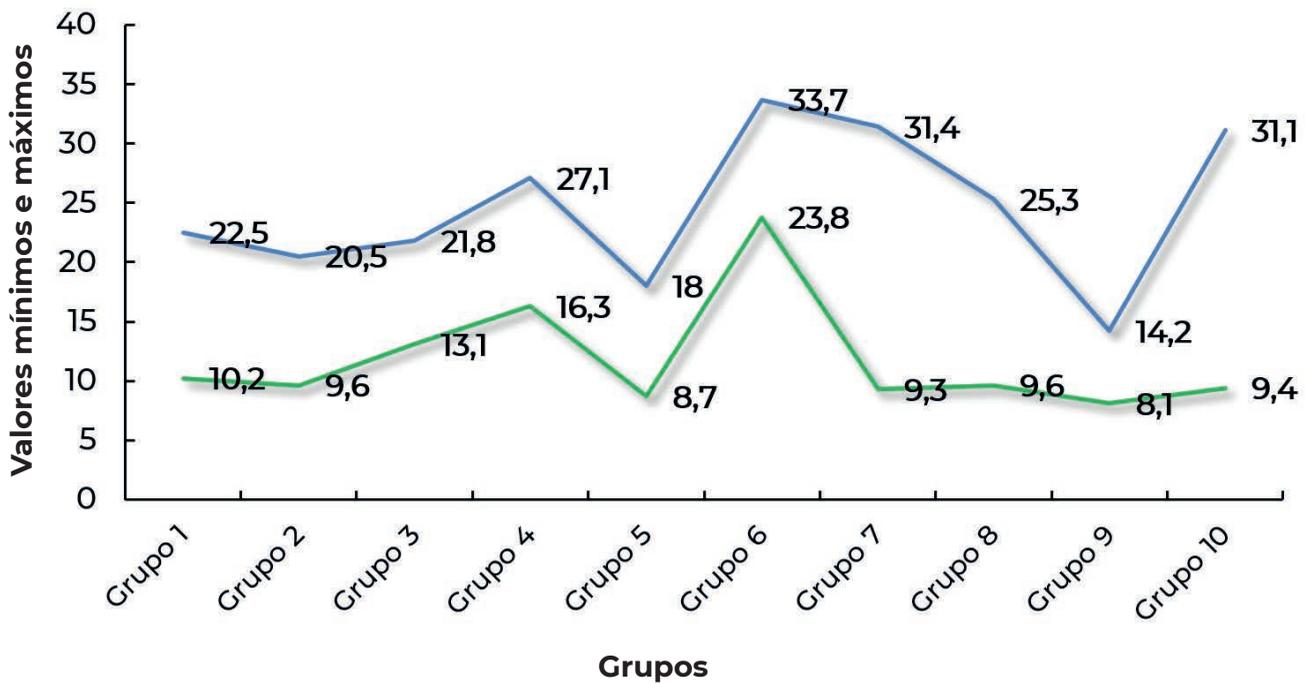


Figura 12. Valores mínimos e máximos da variação entre as temperaturas máximas do ar na semana mais fria do ano, por grupos formados na análise de *cluster*.

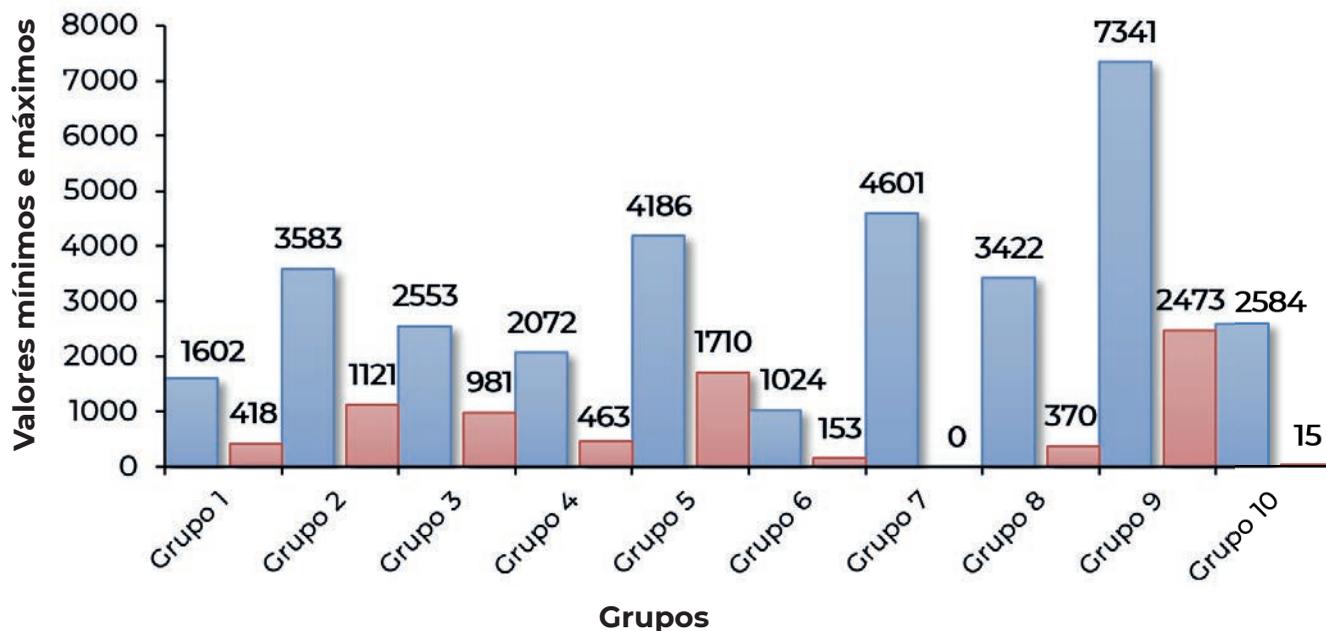


Figura 13. Valores mínimos e máximos da chuva acumulada em um ano, por grupos formados na análise de *cluster*.

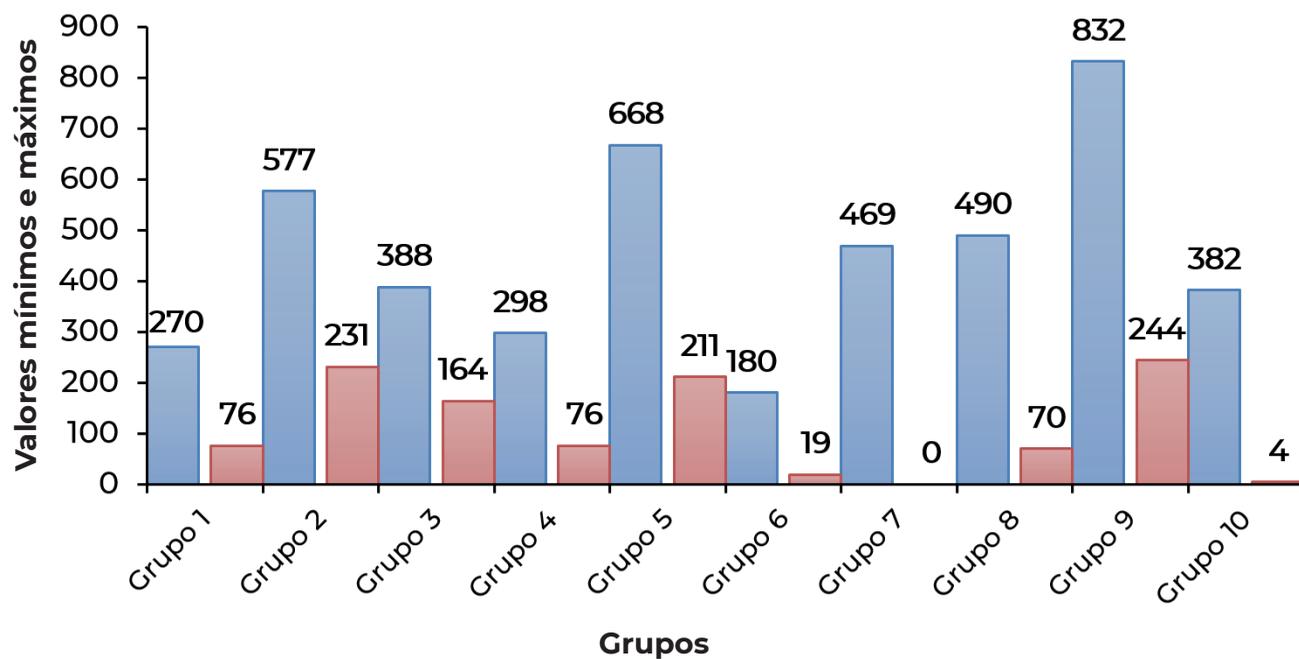


Figura 14. Valores mínimos e máximos da chuva na semana mais úmida do ano, por grupos formados na análise de *cluster*.

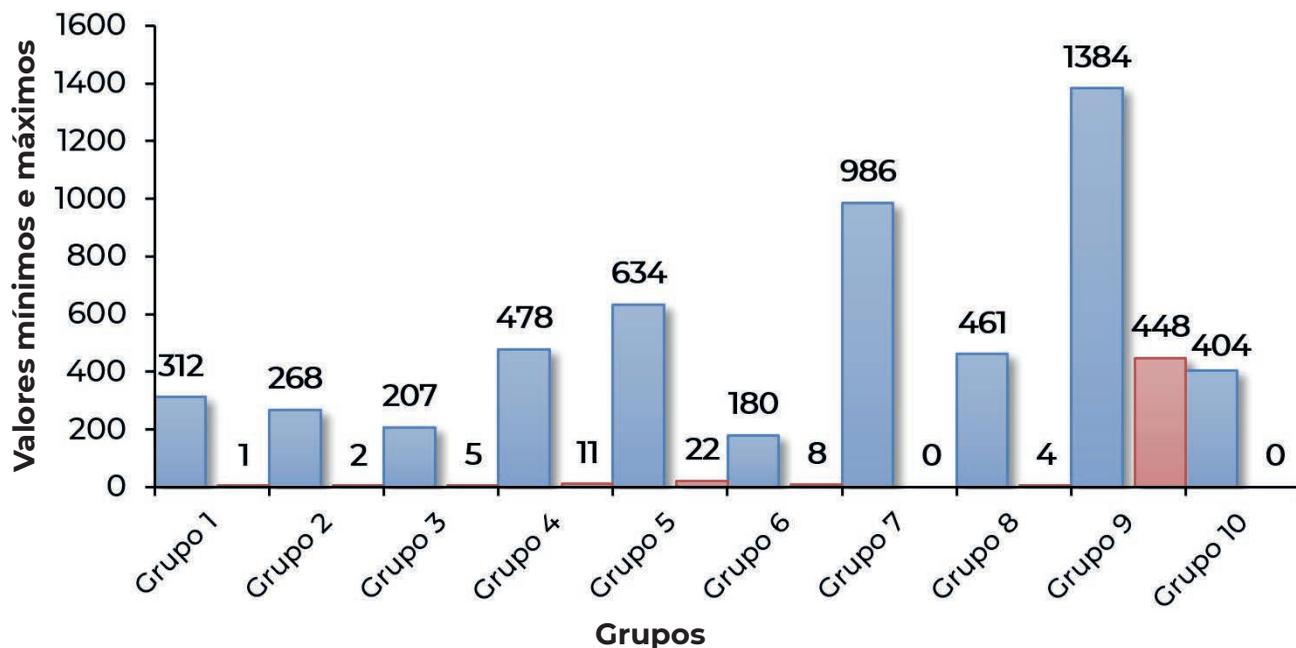


Figura 15. Valores mínimos e máximos da chuva no período mais seco do ano, por grupos formados na análise de *cluster*.

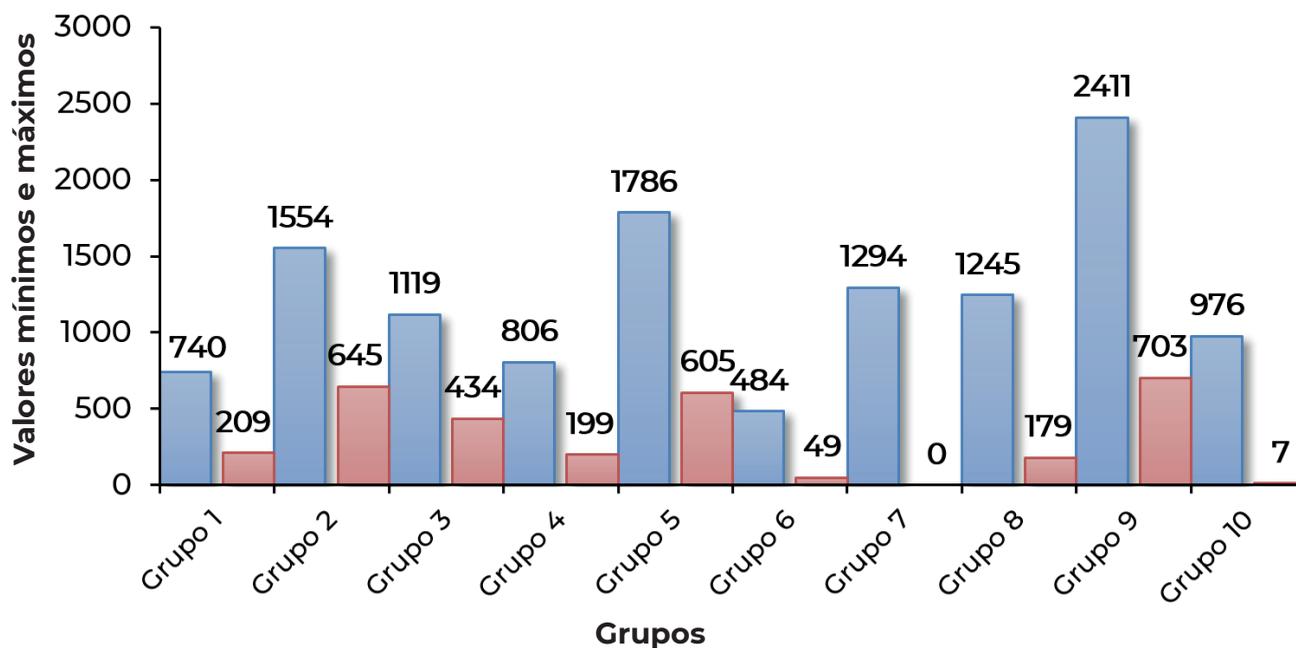


Figura 16. Valores mínimos e máximos da chuva no período mais úmido do ano, por grupos formados na análise de *cluster*.

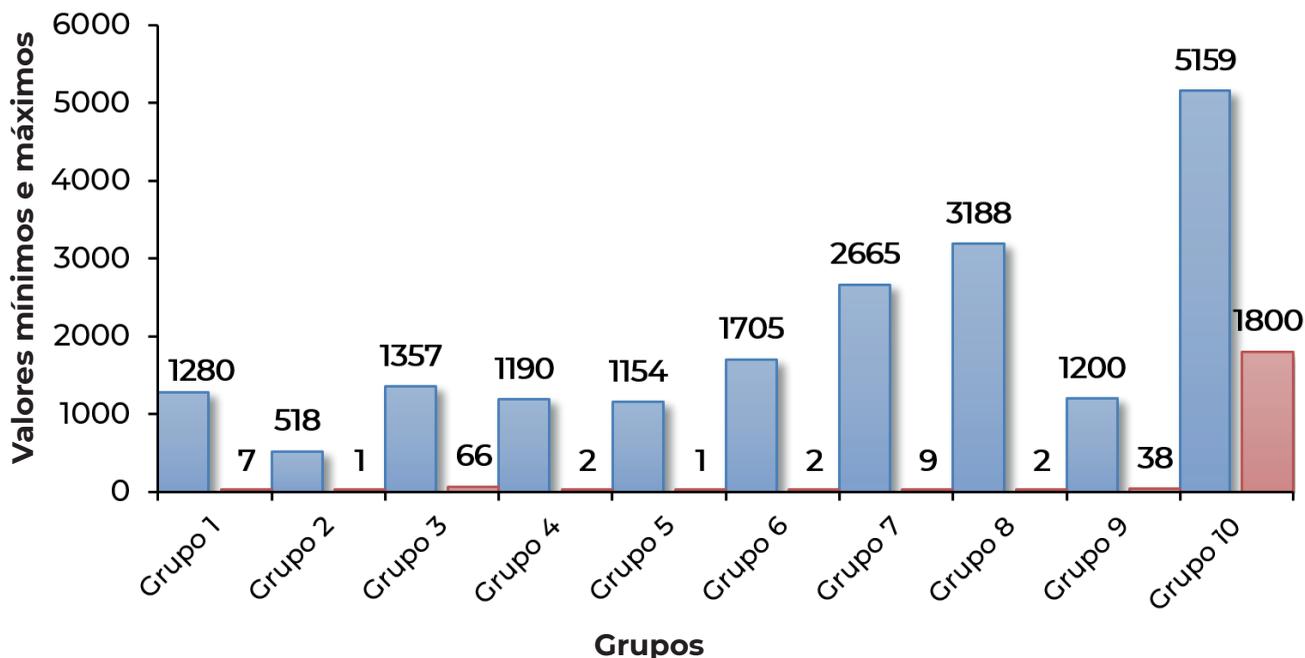


Figura 17. Valores mínimos e máximos da altitude, por grupos formados na análise de *cluster*.

Conclusões

Na América do Sul, em função das condições variadas do clima, existem dez grandes zonas climáticas distintas, ocorrendo seis zonas no Brasil, apresentando condições diferentes para o cultivo da teca.

As principais causas de variação climática se dão em função das temperaturas do ar e do regime de chuvas, sendo que a causa principal de variação das temperaturas se deve à altitude (representada pelo modelo numérico do terreno) e à latitude, e o regime de chuvas é dependente do comportamento das frentes frias, influenciadas também, em parte, pelo relevo (Cordilheira dos Andes).

A teca pode ser cultivada com baixo risco climático em quase todas as áreas do Brasil, exceto em algumas áreas Sul, onde o risco de ocorrência de geadas é elevado.

Na região Norte do Brasil, a teca pode ser cultivada com baixo risco climático, exceto nas áreas que são atingidas por alagamentos e ao noroeste, onde o volume de precipitação pluviométrica é muito elevado, principalmente na fronteira com a Colômbia.

Na região Nordeste do País, a teca pode ser cultivada, com baixo risco climático, nas áreas situadas na Zona da Mata e no bioma Cerrado, exceto na região do Semiárido, onde o volume de precipitação pluviométrica é baixo e sua distribuição anual é irregular.

Na região Centro-Oeste, a teca também pode ser cultivada com baixo risco climático, exceto no extremo sul da região, onde existe risco de geada. Nas demais áreas desta região, contudo, a precipitação pluviométrica é sazonal e ocorre uma grande estação seca, com aproximadamente seis meses de baixo volume de chuvas, conferindo alto risco de déficit hídrico, o que não é impeditivo para o cultivo da espécie, mas certamente impacta na produtividade e aumenta o risco de incêndios florestais, principalmente na zona de transição do clima tropical do bioma Cerrado para o Semiárido do bioma Caatinga.

Na região Sudeste, pode-se cultivar a teca em áreas de baixo risco climático. No entanto, existem zonas de altitude, com alto risco de geada, em que a teca não se desenvolve. No noroeste dessa região, ocorre a redução da precipitação pluviométrica, principalmente nas áreas de contato entre a Mata Atlântica e o Cerrado, que não impede o cultivo da teca, mas pode impactar a sua produtividade.

Na região Sul, o risco de geada é alto e, na maior parte da região, não é possível o cultivo da teca, exceto no norte do Paraná, onde as temperaturas são maiores. Apesar disto, podem ocorrer geadas em menos de 20% dos anos e a região é, portanto, classificada como “favorável”. Os riscos são menores no noroeste do Paraná e na região compreendida entre os municípios de Bandeirantes e Cambará (nordeste da região).

Referências

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS desktop**: release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2011.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.

FIGUEIREDO, E. O. **Reflorestamento com teca (*Tectona grandis* L. f.) no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 65). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117320/1/4495.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S. Considerações sobre metodologias para zoneamento agrícola em escala regionalizada. **Agrometeoros**, v. 26, p. 275-285, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31062/agrom.v26i2.26426>.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V.; MARENGO, J. A.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 25-73. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149956/1/2008OL-06.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021

HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S.; RADIN, B.; BRAGA, H. J.; CAVIGLIONE, J. H.; BOGNOLA, I.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, Y. M. M. **Zoneamento climático: Pinus taeda no Sul do Brasil**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008. 17 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 175). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/315638/1/Doc175.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

JAIN, A. K.; MURTY, M. N.; FLYNN, P. J. Data clustering: a review. **ACM Computing Surveys**, v. 31, n. 3, p. 264-322, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1145/331499.331504>.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; CASTRO, F. S.; PIMENTA, L. R. Zoneamento climático para teca, cedro australiano, nim indiano e pupunha no estado do Espírito Santo. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 671-680, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5380/ufv.v43i4.30914>.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 382 p.

MUÑOZ, M. E. S.; GIOVANNI, R.; SIQUEIRA, M. F.; SUTTON, T.; BREWER, P.; PEREIRA, R. S.; CANHOS, D. A. L.; CANHOS, V. P. OpenModeller: a generic approach to species potential distribution modelling. **Geoinformatica**, v. 15, n. 1, p. 111-135, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10707-009-0090-7>.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, p. 231-259, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>.

RONDON NETO, R. M.; MACEDO, R. L. G.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L. f. (teca). **Boletim Técnico**: Série Extensão, v. 7, n. 33, p. 1-29, 1998.

THEODORIDIS, S.; KOUTROUMBAS, K. **Pattern recognition**. San Diego: Academic Press, 1998.

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

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 334 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143521/1/Atlas-climatico-da-regiao-Sul-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021

Anexos:

Anexo 1. Grupos com características climáticas distintas no Brasil e índices bioclimáticos correspondentes a cada grupo.

Grupos	Altitude (m)	bio 1	bio 2	bio 3	bio 4	bio 5	bio 6	bio 7	bio 8	bio 9	bio 10	bio 11	bio 12	bio 13	bio 14	bio 15	bio 16	bio 17	bio 18	bio 19
Grupo 1	> valor	27,4	15,5	82	2156	35,2	21,4	22,5	27,9	27,9	28,4	26,6	1602	270	95	740	740	312	479	694
	< valor	7	20,1	6,8	561	27,2	11,1	10,2	17,8	17,8	21,2	17,8	418	76	0	209	209	1	18	1
Grupo 2	> valor	518	27,7	14,0	997	35,9	23,0	20,5	27,3	28,1	28,8	27,0	3583	577	71	1554	1554	268	565	1354
	< valor	1	24,2	7,5	256	30,7	14,5	9,6	23,9	24,0	24,9	23,5	1121	231	0	645	645	2	18	165
Grupo 3	> valor	1357	27,4	14,8	78	3079	36,3	19,8	21,8	26,7	28,4	26,4	2553	388	52	1119	1119	207	779	358
	< valor	66	17,5	9,8	258	25,2	6,7	13,1	19,6	14,6	19,7	14,3	981	164	0	434	434	5	87	24
Grupo 4	> valor	1190	25,8	14,3	4789	35,9	15,8	27,1	28,8	23,6	29,0	22,2	2072	298	138	806	806	478	800	505
	< valor	2	14,6	7,5	2074	24,2	4,3	16,3	11,8	10,4	17,9	8,9	463	76	2	199	199	11	191	12
Grupo 5	> valor	1154	28,4	11,8	2056	36,0	23,2	18,0	28,0	28,9	29,6	27,8	4186	668	168	1786	1786	634	1388	1778
	< valor	1	20,9	6,8	248	26,4	14,8	8,7	20,5	21,0	21,3	20,4	1710	211	2	605	605	22	117	210
Grupo 6	> valor	1705	21,8	17,3	6149	36,3	8,3	33,7	27,0	21,7	27,6	16,3	1024	180	58	484	484	180	479	188
	< valor	2	10,0	11,4	3521	26,2	-3,3	23,8	9,8	4,2	17,1	2,7	153	19	1	49	49	8	34	9
Grupo 7	> valor	2665	23,7	16,3	5703	32,4	15,9	31,4	26,2	22,0	26,3	21,3	4601	469	303	1294	1294	986	1261	1037
	< valor	9	3	4,3	1267	9,6	-8,5	9,3	-1,3	-3	4,3	-4,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo 8	> valor	3188	28,8	16,6	2980	35,7	23,1	25,3	28,8	28,3	29,8	28,0	3422	490	140	1245	1245	461	967	1190
	< valor	2	13,8	7,5	165	20,8	4	9,6	14,8	10,7	15,2	10,5	370	70	0	179	179	4	38	7
Grupo 9	> valor	1200	27,0	13,2	663	33,7	22,1	14,2	26,7	27,2	27,4	26,4	7341	832	424	2411	2411	1384	1605	2162
	< valor	38	19,5	7,3	220	25,3	13,7	8,1	19,3	19,6	19,8	18,8	2473	244	125	703	703	448	478	496
Grupo 10	> valor	5159	15,5	19,6	4765	26,2	9,9	31,1	19,3	14,8	19,3	14,8	2584	382	130	976	976	404	705	823
	< valor	1800	-5,4	7,9	187	6,8	-16,4	9,4	-9,1	-2,3	-1,0	-10,0	15	4	0	7	7	0	6	0

Anexo 2. Variáveis bioclimáticas e variáveis climáticas correspondentes.

Variável bioclimática	Variável climática correspondente
bio1	Temperatura média anual (°C)
bio2	Variação diurna da temperatura (temperatura máxima – mínima) (°C)
bio3	Isotermalidade (bio2 /bio7)
bio4	Sazonalidade da temperatura
bio5	Temperatura máxima da semana mais quente (°C)
bio6	Temperatura mínima da semana mais fria (°C)
bio7	Intervalo anual da temperatura (Bio5-Bio6) (°C)
bio8	Temperatura média do período mais úmido (°C)
bio9	Temperatura média do período mais seco (°C)
bio10	Temperatura média do período mais quente (°C)
bio11	Temperatura média do período mais frio (°C)
bio12	Precipitação anual (mm)
bio13	Precipitação da semana mais úmida (mm)
bio14	Precipitação da semana mais seca (mm)
bio15	Sazonalidade da precipitação
bio16	Precipitação do período mais úmido (mm)
bio17	Precipitação do período mais seco (mm)
bio18	Precipitação do período mais quente (mm)
bio19	Precipitação do período mais frio (mm)