Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

OS CLIMAS DO BRASIL: segundo a classificação climática de Novais

The climates of Brazil: according to the climate classification of Novais

Los climas de Brasil: según la clasificación climática de Novais

Giuliano Tostes Novais
Programa de Pós-Graduação em Geografia/Campus Cora Coralina, e Curso de Geografia/Campus Nordeste/Universidade Estadual de Goiás (UEG)
giuliano.novais@ueg.br

Lilian Aline Machado
Instituto de Geociências/Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
lilian.aline.machado@hotmail.com

Resumo: A classificação climática de Novais é um sistema metodológico que utiliza dados obtidos através de reanálise climática e modelagem de dados para ajustar os limites das unidades climáticas de acordo com a escala adotada. O objetivo desse trabalho foi espacializar essa classificação climática para todo território brasileiro. Os cálculos foram incluídos em dois modelos cartográficos gerados no *software* livre Dinamica EGO, que consiste em uma plataforma de modelagem de dados que permite a associação de dados espaciais e não espaciais, utilizando-se equações condicionais. A escala zonal do clima, de influência astronômica, é apresentada pelas primeiras hierarquias (Zonas Climáticas e Climas Zonais). Já a escala regional do clima é caracterizada pelos Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos. Foram encontrados 8 domínios climáticos no Brasil, caracterizados pela temperatura média do mês mais frio e por sistemas atmosféricos atuantes, sendo eles: Equatorial, Equatorial Ameno, Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Temperado, Semiárido e Árido. Esses domínios são divididos em subdomínios climáticos de acordo com a quantidade de meses secos (precipitação menor que a evapotranspiração potencial), podendo ser úmido, semiúmido, semisseco e seco. Para situar regionalmente os domínios e subdomínios em cada continente da Terra, utiliza-se o tipo climático, a partir do relevo e vegetação. Ao fim, foram identificadas 119 unidades climáticas para o país. A pesquisa nessa dimensão escalar, pode melhorar a compreensão dos climas regionais e sub-regionais do Brasil.

Palavras-chave: Escalas do Clima. Temperatura média do mês mais frio. Quantidade de meses secos. Balanço Hídrico Climatológico. Modelagem cartográfica.

Abstract: The climate classification of Novais is a methodological system that uses data obtained through climate reanalysis and data modeling to adjust the limits of climate units according to the scale adopted. The objective of this work was to spatialize this climatic classification for the entire Brazilian territory. The calculations were included in two cartographic models generated in the free software Dinamica EGO, which consists of a data modeling platform that allows the association of spatial and non-spatial data, using conditional equations. The zonal climate scale, of astronomical influence, is presented by the first hierarchies (Climatic Zones and Zonal Climates). The regional climate scale is characterized by Climate Domains, Subdomains and Types. Eight climatic domains were found in Brazil, characterized by the average temperature of the coldest month and by active atmospheric systems, which were: Equatorial, Equatorial Ameno, Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Temperate, Semiarid and Arid. These domains are divided into climatic subdomains according to the amount of dry months (precipitation lower than potential evapotranspiration), and may be moist, semi-humid, semi-dry and dry. To place regionally the domains and subdomains in each continent of the Earth, the climatic type is used, from the relief and vegetation. In the end, 119 climate units were identified for the country. Research in this scale-up dimension can improve the understanding of brazil's regional and subregional climates.

Keywords: Climate Scales. Average temperature of the coldest month. Amount of dry months. Climatological Water Balance. Cartographic modeling.

Resumen: La clasificación climática de Novais es un sistema metodológico que utiliza datos obtenidos a través del reanálisis climático y el modelado de datos para ajustar los límites de las unidades climáticas de acuerdo con la escala adoptada. El objetivo de este trabajo fue espacializar esta clasificación climática para todo el territorio brasileño. Los cálculos se incluyeron en dos modelos cartográficos generados en el software libre Dinamica EGO, que consiste en una plataforma de modelado de datos que permite la asociación de datos espaciales y no espaciales, utilizando ecuaciones condicionales. La escala climática zonal, de influencia astronómica, es presentada por las primeras jerarquías (Zonas Climáticas y Climas Zonales). La escala climática regional se caracteriza por dominios climáticos, subdominios y tipos. Se encontraron ocho dominios climáticos en Brasil, caracterizados por la temperatura promedio del mes más frío y por sistemas atmosféricos activos, que fueron: Ecuatorial, Ameno Ecuatorial, Tropical, Ameno Tropical, Subtropical, Templado, Semiárido y Árido. Estos dominios se dividen en subdominios climáticos según la cantidad de meses secos (precipitación inferior a la evapotranspiración potencial), y pueden ser húmedos, semihúmedos, semisecos y secos. Para ubicar regionalmente los dominios y subdominios en cada continente de la Tierra, se utiliza el tipo climático, desde el relieve y la vegetación. Al final, se identificaron 119 unidades climáticas para el país. La investigación en esta dimensión de ampliación puede mejorar la comprensión de los climas regionales y subregionales de Brasil.

Palabras clave: Escalas climáticas. Temperatura media del mes más frío. Cantidad de meses secos. Balance Hídrico Climatológico. Modelado cartográfico.

Submetido em: 20/07/2022
Aceito para publicação em: 22/11/2022
Publicado em: 10/01/2023

1. INTRODUÇÃO

A importância dos sistemas de classificação climática deve-se ao fato de que é possível analisar e definir os climas de diferentes regiões levando em consideração elementos climáticos diferentes ao mesmo tempo, otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos (NÓBREGA, 2010). A forma generalizada que os sistemas de classificação climática abordam o clima atualmente é devida à falta de tecnologia que seus autores não dispunham no passado. Essa disponibilidade de dados climáticos, quase em tempo real, permite revisitar trabalhos pretéritos para com novas abordagens procurar melhorar e enriquecer as inúmeras classificações climáticas existentes.

Vários autores elaboraram classificações climáticas conhecidas no mundo inteiro, tanto de métodos analíticos quanto genéticos, e que ainda são muito utilizados atualmente, como Köppen (1948), Thornthwaite (1955) e Strahler (1989). Além desses, em território brasileiro temos Monteiro (1973), Toledo (1973) e Nimer (1972), sendo esse último adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Fialho e Santos (2022), dizem que em muitos estudos, as antigas referências permanecem para identificar os limites climáticos, mesmo quando foram formulados e incorporados novos modelos de controle, teorias e sistematizações da circulação secundária. Para Armond *et al*. (2016), a complexidade do mundo e a necessidade de uma abordagem híbrida dos fenômenos, nos desafiam a realizar classificações climáticas com uma relação sociedade e natureza.

Recentemente, Novais (2019) desenvolveu um sistema que classifica os climas a partir dos dados de reanálise do projeto CHELSA, utilizando a modelagem cartográfica para relacionar e sobrepor os dados obtidos, auxiliando no desenvolvimento de planos de gestão ambientais e regionais, na medida em que gera informação com detalhe na resolução original (1km²) dos dados de entrada. Esse sistema foi aplicado no estado de São Paulo (NOVAIS e GALVANI, 2022), no estado de Goiás e no Distrito Federal (NOVAIS, 2020; COLLI e NOVAIS, 2021); em alguns municípios e regiões de Minas Gerais, como Ponte Nova (ALLOCCA *et al*., 2021a), Prata (NOVAIS, 2021b), Uberlândia (NOVAIS, 2021c), Zona da Mata Mineira (ALLOCCA *et al*., 2021b), Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (NOVAIS *et al*., 2018); no Espírito Santo, município de Serra (OLIVEIRA e ALLOCCA, 2021); em Goiás, município de Formosa (NOVAIS e

PIMENTA, 2021; PIMENTA e NOVAIS, 2021); no maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro (SILVA, 2022); e na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai MT/MS (NOVAIS, 2021a).

Conforme Fialho e Santos (2022), essa proposta de classificação permite, por meio de sua hierarquização climática e da utilização dos dados de reanálise, delimitar unidades climáticas em locais com pouca ou nenhuma informação climatológica. Além de possibilitar uma melhor análise geográfica do clima, por meio da multiescalaridade, conforme destaca Jardim (2015) e Machado (2021). A reanálise climática é um reprocessamento de observações climáticas que usam sistemas de previsão do tempo e técnicas de assimilação de dados, objetivando obter uma descrição abrangente da circulação atmosférica usando maior quantidade de informação possível (Dee et al., 2014).

O objetivo principal desse trabalho foi espacializar as unidades climáticas de Novais (2019) para o território brasileiro, através da automatização de dados de reanálise climática e elaborada no *software* Dinamica EGO. O modelo de classificação adapta a qualquer escala climática, utilizando hierarquias de unidades, que vão desde as Zonas Climáticas até os Tipos Climáticos. Nesse contexto, a pesquisa nessa dimensão escalar pode concorrer para melhorar o entendimento do clima regional e sub-regional do Brasil.

2. METODOLOGIA

2.1. Procedimentos Metodológicos

O sistema de classificação climática aplicado ao território brasileiro é baseado na classificação adotada por Novais (2019), que em sua tese utilizou-o para o bioma Cerrado. O método é considerado híbrido, de caráter genético e explicativo, seguindo uma hierarquia que aborda desde os níveis superiores até os inferiores da escala do clima, como mostrado a seguir por Novais e Galvani (2022):

> A classificação climática de Novais é dividida em 8 hierarquias, sendo elas: 1) Zona Climática – de controle astronômico, é determinada pela incidência dos raios solares (ou ângulo zenital) durante o ano; 2) Clima Zonal - regulado pela Temperatura Média do Mês mais Frio (TMMMF), e Clima Azonal – localizado entre os subtrópicos, quando sua TMMMF é equivalente a 2 Climas Zonais mais frios se compararmos ao Clima Zonal adjacente (Clima de Montanha); 3) Domínio Climático – também controlado pela TMMMF, mas com atuação de sistemas atmosféricos, fundamentais para a diferenciação dessas unidades climáticas; 4) Subdomínio Climático – determinado pela quantidade de meses secos (P<ETP: precipitação menor que a evapotranspiração potencial); 5) Tipo Climático – mostra a localização dos Domínios e Subdomínios no continente; e 6) Subtipo Climático - também são delimitados por sua localização, mas com um melhor refinamento em relação aos Tipos, recebendo a nomenclatura da unidade geomorfológica do relevo em que está inserido (NOVAIS e GALVANI, 2022, p. 05).

As unidades climáticas foram formadas pela interação dessas hierarquias, dependendo da escala adotada. Para esse trabalho, foi utilizada até a 5ª hierarquia (Tipos Climáticos), pois a escala de mapeamento (de abrangência nacional), não permitia maior detalhamento climático. O sistema classificatório de Novais (2019) possui mais duas outras categorias hierárquicas do clima, inferiores à escala regional e sub-regional, conforme Novais (2021): os Mesoclimas são delimitados por feições geográficas ou antrópicas, de destaque na paisagem, que interferem no fluxo energético (serras, linhas de cumeada, topos de planaltos, vales abertos e encaixados, áreas de mata, zonas urbanas, etc); e os Topoclimas; de atuação restrita no relevo, como em vertentes expostas a insolação, a circulação local dos ventos e a precipitação orográfica.

O Quadro 1 demonstra a conexão das hierarquias climáticas de Novais (2019) com as escalas do clima. Neste trabalho foi utilizado somente o nível superior, em função da escala de mapeamento dos climas do Brasil (1:250.000 em média), a qual não permite a visualização de detalhes em escalas inferiores àquelas associadas ao clima regional.

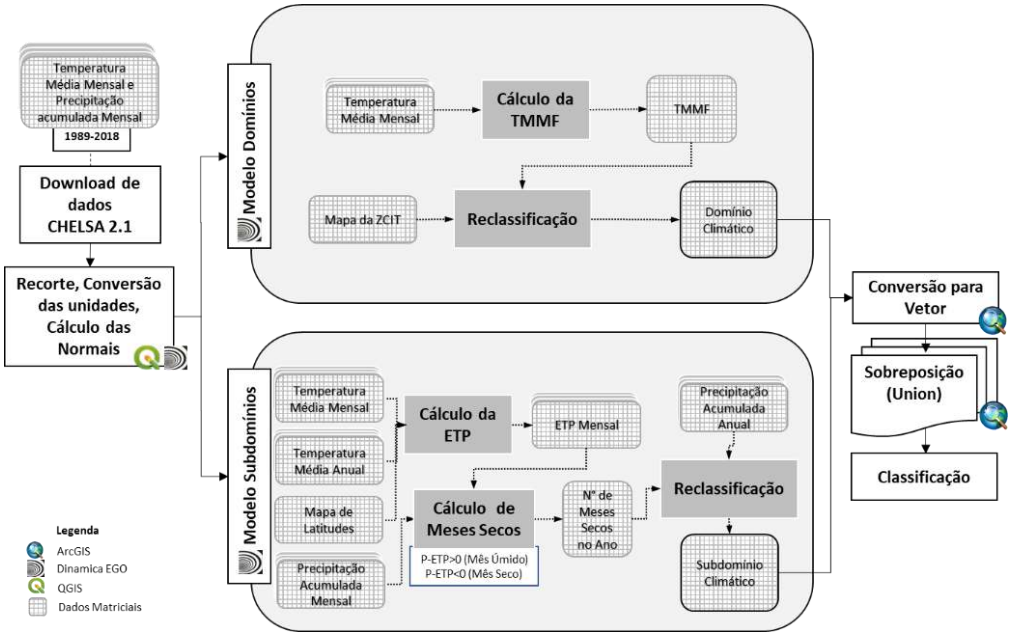
Quadro 1 - Escalas e hierarquias climáticas utilizadas no trabalho, segundo Novais (2019).

NÍVEL SUPERIOR DA ESCALA CLIMÁTICA				
ESCALA ZONAL		ESCALA REGIONAL		
Zona Climática	Clima Zonal	Domínio Climático	Subdomínio Climático	Tipo Climático

Fonte: os autores.

Para definição dos domínios e subdomínios climáticos, foi necessária uma base de dados de 30 anos para temperatura do ar e precipitação. Os dados utilizados foram obtidos do projeto CHELSA - Climatologies at high resolution for the earth's land surface áreas, de Karger *et al* (2018). O CHELSA consiste em um conjunto de dados de resolução melhorada a partir de produtos de reanálise climática ERA-Interim, combinando resultados de modelagem e recuperação de informações coletadas sobre a superfície e oceanos através de navios, aviões, radiossondas e satélites, e disponíveis para download gratuito (https://chelsa-climate.org). O projeto dispõe de dados matriciais de temperatura do ar, precipitação entre outras biovariáveis, com resolução espacial de 1km². Para a classificação climática foi utilizada a versão 2.1, com dados mensais de temperatura média do ar e precipitação acumulada do período de 1989 a 2018. Esses dados foram baixados, recortados para o Brasil, e calculada a média mensal para os 30 anos da série, gerando uma normal climatológica desse período (Figura 1). Os dados do CHELSA foram validados por Novais (2019) e Novais e Galvani (2022), em 41 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com coeficiente de determinação linear de 0,9595.

Figura 1 - Roteiro metodológico para classificação de domínios e subdomínios climáticos.



Fonte: os autores.

A definição dos domínios climáticos é calcada na Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF). Sendo assim, o modelo cartográfico inserido no *software* Dinamica EGO, consulta todos os rasters mensais de temperatura média identificando qual é o pixel mais frio do ano. Em seguida, concatena esses valores em um único raster, definindo assim, a TMMMF e o mês mais frio (Figura 4). Este raster é, então, reclassificado pelo modelo utilizando os valores apresentados na Tabela 1, em combinação com a área de atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), meses secos e precipitação média anual. A ZCIT é utilizada para diferenciar o Domínio Equatorial do Tropical, pois eles coincidem na mesma faixa de TMMMF.

Tabela 1 – Classificação de domínios climáticos

Domínio Climático	TMMMF/ZCIT	Meses Secos/Precipitação Média Anual
Equatorial	> 22,5°C + ZCIT	-
Equatorial Ameno	18° - 22,5°C + ZCIT	-
Tropical	> 18°C + sem influência da ZCIT	-
Tropical Ameno	15° - 18°C	-
Subtropical	10° - 15°C	-
Temperado	0° - 10°C	-
Semiárido	-	12 meses secos + ppt > 500m
Árido	-	12 meses secos + ppt < 500m

Fonte: os autores.

A ZCIT está no ramo ascendente da Célula de Hadley, na Zona Equatorial do Planeta, possuindo um deslocamento norte-sul ao longo do ano de 8° N a 1°N (HASTENRATH e HELLER, 1977 e CITEAU et al., 1988a e 1988b). Entretanto, para Teodoro et al. (2019) e Cavalcanti et al. (2009), a ZCIT pode chegar até 5°S, formando uma Banda Dupla, com maiores valores de precipitação em abril. Para Reboita *et al* (2010), a ZCIT atua indiretamente no interior da bacia Amazônica através de aglomerados convectivos formados ao longo dela, propagando-se para oeste até alcançarem as vertentes íngremes da Cordilheira dos Andes. Corroborando com essa afirmação, Satyamurty *et al*. (2008) diz que o efeito biótico da floresta é muito importante, pois o transporte de umidade para toda bacia Amazônica é menor que a precipitação mensal, sazonal e anual, sugerindo um acréscimo de água no ambiente pela grande evapotranspiração equatorial. Melo *et al*. (2000) e ROSA *et al*. (2016) ainda dizem que os estados do Nordeste

mais afetados pela ZCIT são: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Sendo assim, a definição da área de abrangência da ZCIT (Figura 2) considera dois critérios: 1) a delimitação do bioma amazônico utilizando seus contornos até a altura do estado do Tocantins. Conforme Simielli (2013), Strahler utiliza toda a Floresta Amazônica para determinar o Clima Equatorial em sua classificação climática; 2) delimitação de uma linha suavizada a partir do estado do Tocantins, considerando os pixels de precipitação acima de 150 mm no mês de abril, o qual marca a transição do período chuvoso para o seco na região central do país, conforme verificado por Novais (2019).

Para definição dos subdomínios são observados os meses secos do ano, os quais são definidos pela subtração dos valores de precipitação pela evapotranspiração potencial (ETP). Essa é estimada através do método de Thornthwaite e Matter (1955), obtendo-se, primeiramente, a evapotranspiração potencial padrão (ET_p) pela fórmula:

(1) $$ET_p = 16(\frac{10T_n}{I})^a \qquad 0 \leq Tn \leq 26°C$$

Onde Tn é a temperatura média do mês n, em °C e I e *a* são índices que expressam o nível de calor disponível na região.

Para o cálculo dos índices térmicos, aplicou-se as equações:

(2) $$I = \sum_{n=1}^{12}(0{,}2T_n)^{1{,}514}$$

(3) $$a = 6{,}75\ 10^{-7}I^3 - 7{,}71\ 10^{-5}I^2 + 1{,}7912\ 10^{-2}I + 0{,}49239$$

No caso de Tn> 26,5°C, a ET_p é dada pela equação de Willmott *et al* (1985).

(4) $$ET_p = -415{,}85 + 32{,}24T_n - 0{,}43T_{n^2} \qquad T_n > 26°C$$

Figura 2: Área de abrangência da ZCIT considerada no modelo de domínios.



Fonte: os autores.

O valor de ETP calculado, por definição, representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria naquelas condições térmicas, mas para um mês padrão de 30 dias, em que cada dia teria 12 horas de fotoperíodo (Thornthwaite e Matter, 1955). Portanto, para se obter a ETP do mês correspondente, a ETP foi corrigida em função do número real de dias e do fotoperíodo do mês, através da equação:

(5) $$ETP = ET_P\ Cor$$

onde Cor é um fator de correção que se relaciona à latitude da região, definido por

(6) $$Cor = (ND/30)\ (N/12)$$

onde ND é o número de dias do mês em questão e N é o fotoperíodo médio do mês dado por

(7) $$N=2h_n/15° = 0{,}1333h_n$$

sendo hn o ângulo horário na hora do nascer do sol. Este é definido por

(8) $$Hn = \arccos\ [-tg\Phi\ tg\delta\ ]$$

onde Φ é a Latitude e δ é a declinação solar dada por:

(9) $$\delta = 23{,}45 \operatorname{sem} [360 (NDA - 80)/365]$$

onde NDA consiste no dia juliano. Neste caso, adotou-se como dia juliano padrão o dia 15 de cada mês como forma de se obter a ETP média mensal.

Após calculada a ETP, o modelo faz a subtração dos valores mensais de ETP pela precipitação e define os pixels que representam meses secos, sendo aqueles em que o resultado da subtração é negativo (Fig. 6a). Ao final, é calculado o número de meses secos no ano por pixel e esse raster é reclassificado de acordo com os limiares apresentados na Figura 6b. Quando há pixels de 12 meses secos, esses são associados à precipitação média anual e classificados como domínios climáticos Semiárido quando a precipitação é superior a 500m, e Árido quando inferior a este limiar.

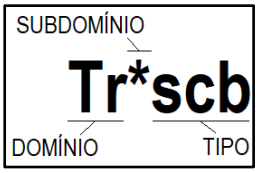
Em seguida, os rasters resultantes do modelo de domínio e subdomínio foram convertidos para o formato shapefile no *software* ArcGis 10.8, os quais são sobrepostos em um único arquivo através da ferramenta "union" contendo duas colunas na tabela de atributos com os dados de domínios e subdomínios. É feita a simbologia dos dados utilizando-se a categorização por vários campos que permite a visualização dos dados sobrepostos.

A metodologia de mapeamento dos tipos climáticos utilizou a localização dos domínios e subdomínios dentro do continente sul-americano, delimitadas pelas unidades de relevo como planícies litorâneas e escarpas de planaltos e serras. Também coincidem com grandes áreas de vegetação, como a Floresta Amazônica por exemplo. Podem ser influenciados por sistemas meteorológicos que ali atuam, modificando o tempo drasticamente, caso do tipo Centro-Sul do Brasil que tem influência na formação de geada (pelo menos um evento durante o período de 30 anos). Esse caso foi verificado por Novais (2019), que espacializou os dados de temperatura mínima absoluta do ar das estações meteorológicas do INMET pelos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Sendo assim foram definidos 15 tipos climáticos: Amazônico Central, Amazônico Ocidental, Amazônico Oriental, Central do Brasil, Centro-Sul do Brasil, Chaco, Litorâneo Amazônico, Litorâneo Leste do Brasil, Litorâneo Norte do Brasil, Litorâneo Sul do Brasil, Meridional do Brasil, Nordestino do Brasil, Ocidental do Brasil, Oriental do Brasil e do Planalto das Guianas.

Após sobrepostos os tipos climáticos sobre os domínios e subdomínios foram excluídos aqueles climas que obtiveram extensão espacial inferior a 10km², limiar considerado como

ruídos gerados na sobreposição de dados. Para a identificação das unidades climáticas no mapa, foi elaborada uma codificação mostrando a interação hierárquica dos climas. Essa disposição de letras e números foi baseada no código das formas de relevo do mapa geomorfológico de Ross e Moroz (1996). A Figura 3 apresenta o código da unidade climática Tropical semisseco do Centro-Sul do Brasil, padronizada para a língua inglesa. No domínio utilizamos duas letras (Tr), uma abreviação de Tropical; o subdomínio é representado por caracteres que vão de (“) úmido, (‘) semiúmido, (*) semisseco e (**) seco; e para o tipo climático são empregadas mais três letras em caixa baixa (scb = south central brazilian).

Figura 3 - Código utilizado na diferenciação das unidades climáticas no mapa.

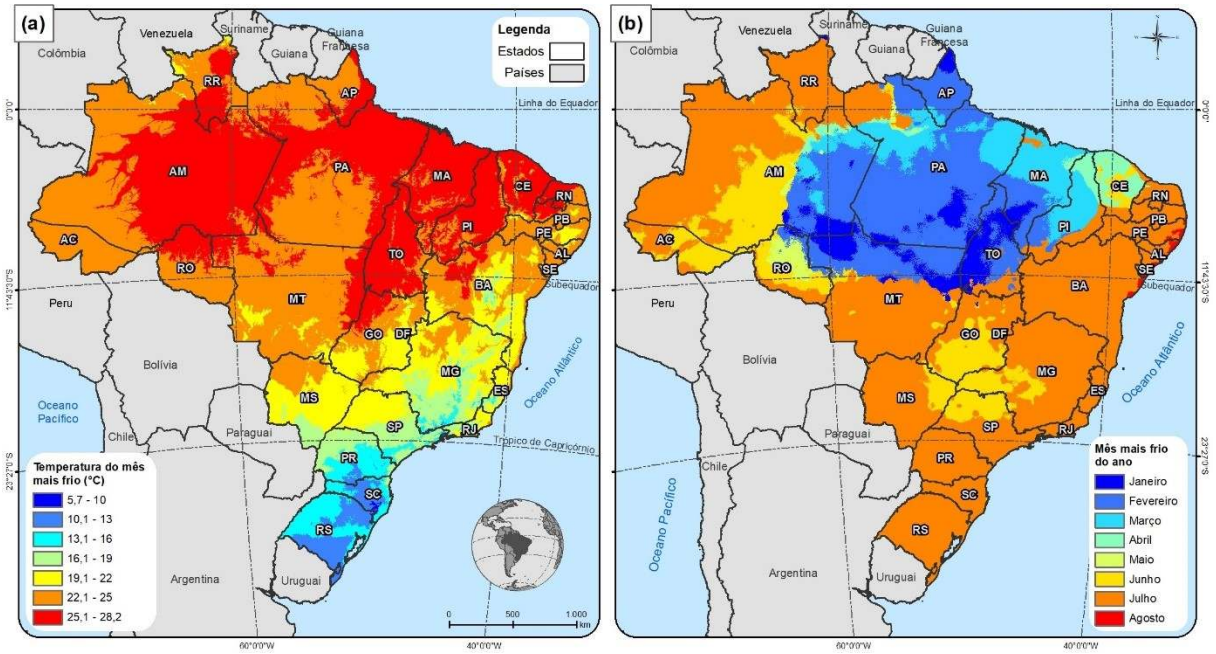


Fonte: os autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TMMMF apresenta valores abaixo de 10°C nas regiões serranas do Sul e Sudeste, e os maiores valores (acima de 25°C) por todo o Centro do Brasil, interior da Região Norte e Nordeste setentrional. A Figura 4b mostra em qual mês a temperatura do ar é mais fria, ocorrendo na maior parte do país no mês de julho, devido ao avanço mais constante do Anticiclone Polar Sul. Já no centro-norte, os meses variam de janeiro a março, o que é ocasionado pela maior nebulosidade e precipitação nessa época, com a contribuição da ZCIT.

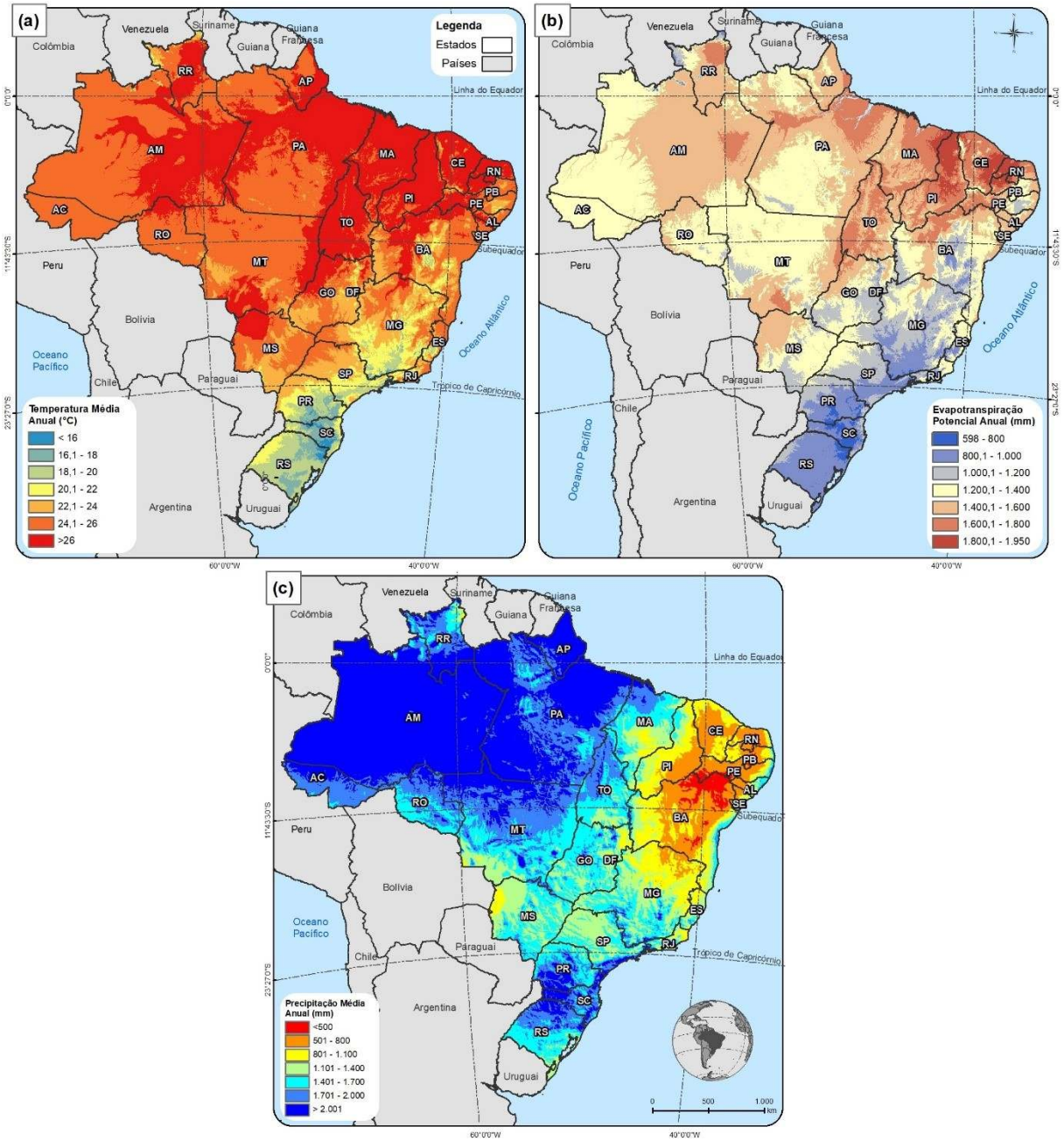
Figura 4 - Temperatura do mês mais frio (a) e mês mais frio do ano (b) para o Brasil. Fonte: CHELSA.



Fonte: os autores.

A temperatura média anual do ar, a ETP média anual e a precipitação média anual, são mostradas na Figura 5a, 5b e 5c, conjuntamente, pois servem de base para a elaboração dos subdomínios climáticos. As maiores temperaturas médias anuais do ar para o Brasil têm valores acima de 26°C no interior da Amazônia (vales dos principais rios), além do Nordeste setentrional e Pantanal Matogrossense. As menores temperaturas do ar localizam-se na Região Sul, por causa da latitude, e nas áreas mais elevadas do Sudeste, devido ao resfriamento adiabático do ar nas regiões serranas.

Figura 5 – Temperatura média anual no Brasil (a); Evapotranspiração potencial anual no Brasil (b); Precipitação média anual no Brasil (c).



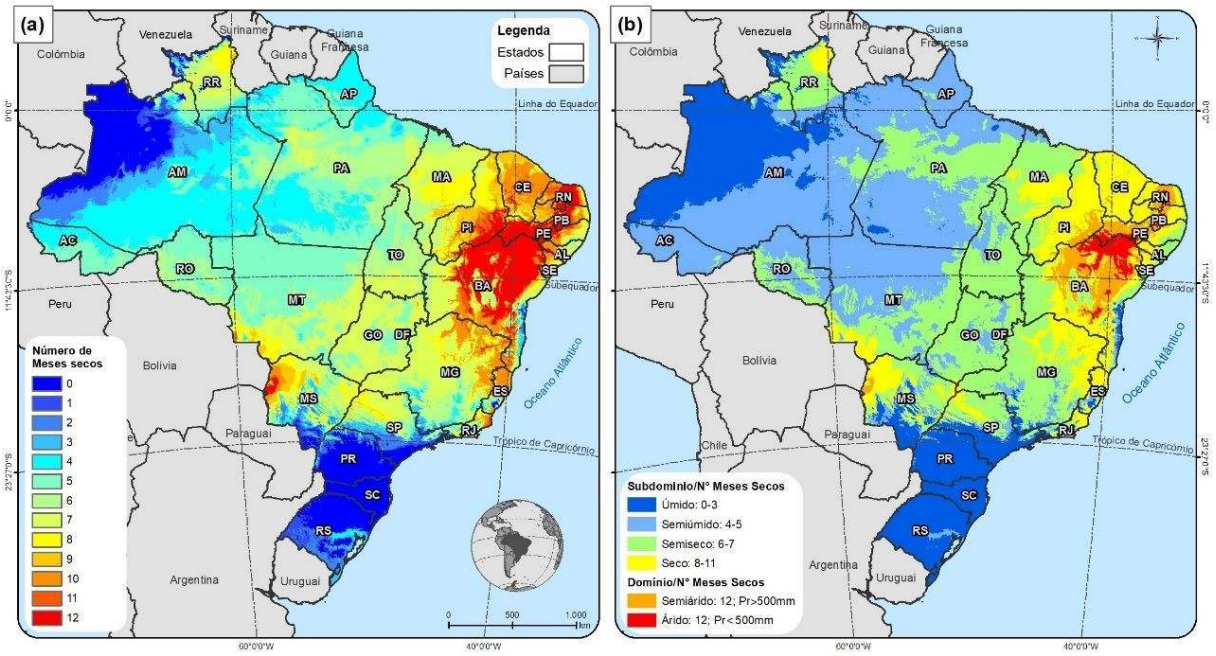
Fonte: os autores.

Na região próxima a linha do Equador estão os maiores índices de ETP, devido à grande radiação solar dessa área. Onde não há cobertura da floresta amazônica (Nordeste setentrional), a ETP ainda é maior, ultrapassando os 1.800 mm. Nas maiores latitudes e altitudes, a ETP tem os menores valores registrados no Brasil devido a menor temperatura do ar nessas áreas, chegando a menos de 800 mm nas serras gaúcha e catarinense.

A precipitação ultrapassa os 2.000mm em quase toda Amazônia devido principalmente aos ventos alísios do Atlântico Norte e a contribuição da evapotranspiração da floresta equatorial (REBOITA *et al*., 2010; SATYAMURTY *et al*., 2008). Também ocorre precipitação acima de 2000 mm no litoral paulista, resultado da influência orográfica da serra do Mar (NOVAIS e GALVANI, 2022), e no interior da Região Sul, onde há passagens mais constantes da Frente Fria Polar, como demonstrado por Cavalcanti (2009). Já no interior da Região Nordeste, os valores ficam abaixo de 800 mm em todo o perímetro do "polígono das secas", que se estende do norte de Minas Gerais ao litoral potiguar. A área que compreende o vale do rio São Francisco, com centro em Petrolina (PE) - Juazeiro (BA), é o local com as menores precipitações pluviométricas do país, com menos de 500 mm.

Em relação aos meses secos, foi observado que os locais mais úmidos se localizam no extremo noroeste do Brasil (Cabeça do Cachorro-AM) e na maior parte da Região Sul (Figura 6a). Já as áreas mais secas, em sua maioria, ficam no interior da Região Nordeste. A Figura 6b, condensa essas quantidades de meses secos, formando as classes de subdomínios: úmido (0 a 3 meses secos), semiúmido (4 a 5 meses secos), semisseco (6 a 7 meses secos) e seco (8 a 11 meses secos). Os 12 meses secos ficam restritos as áreas dos domínios Semiárido e Árido.

Figura 6 – Número de meses secos no ano no Brasil (a); Classificação de Subdomínios(b).



Fonte: os autores.

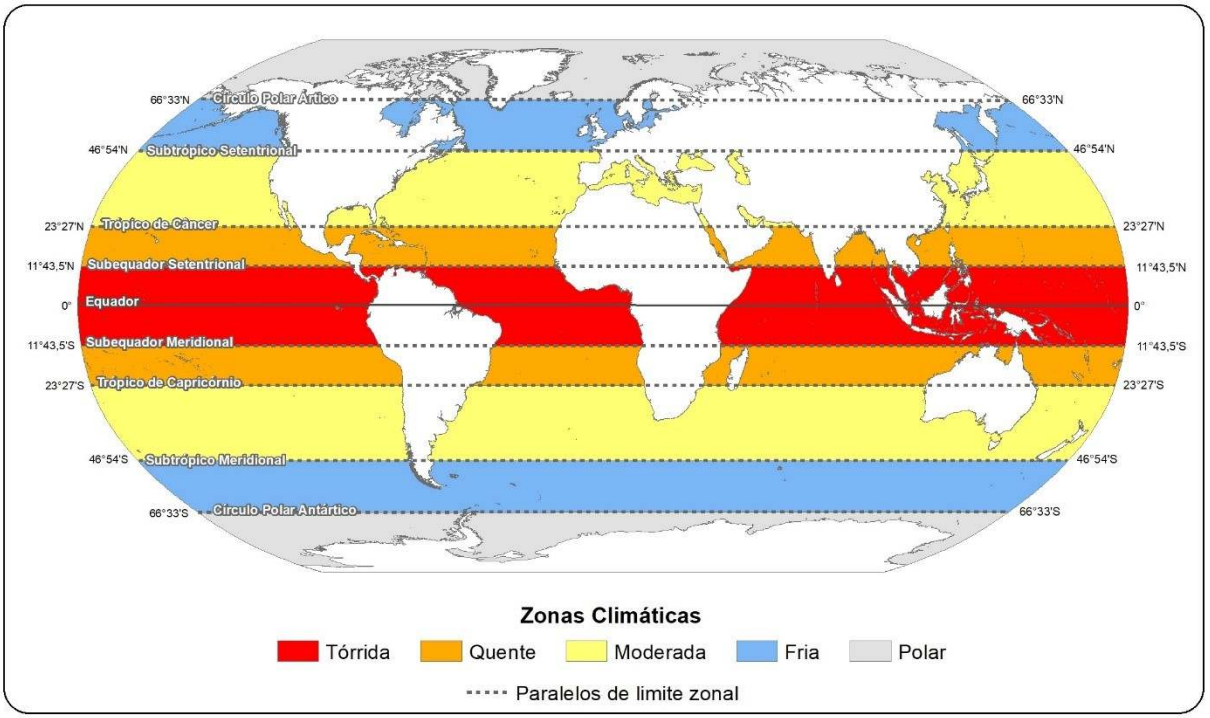
3.1. Unidades climáticas brasileiras (até a 5ª hierarquia de Novais)

A classificação de Novais é dividida em hierarquias, que faz uma unidade climática integrar a outra a partir da escala adotada. A seguir, são mostradas todas as 5 hierarquias climáticas utilizadas por esse trabalho: Zonas Climáticas, Climas Zonais, Domínios Climáticos, Subdomínios Climáticos e Tipos Climáticos.

3.1.1. Zonas Climáticas

A inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de órbita ao redor do Sol, diferencia a altura solar na superfície terrestre, sendo mais evidenciada durante os solstícios. Para Novais (2019), o Planeta é cortado por linhas imaginárias de incidência solar que delimitam as Zonas Climáticas, sendo elas: Equador, Subequadores, Trópicos, Subtrópicos e Círculos Polares (Figura 7).

Figura 7 - Zonas Climáticas do planeta.

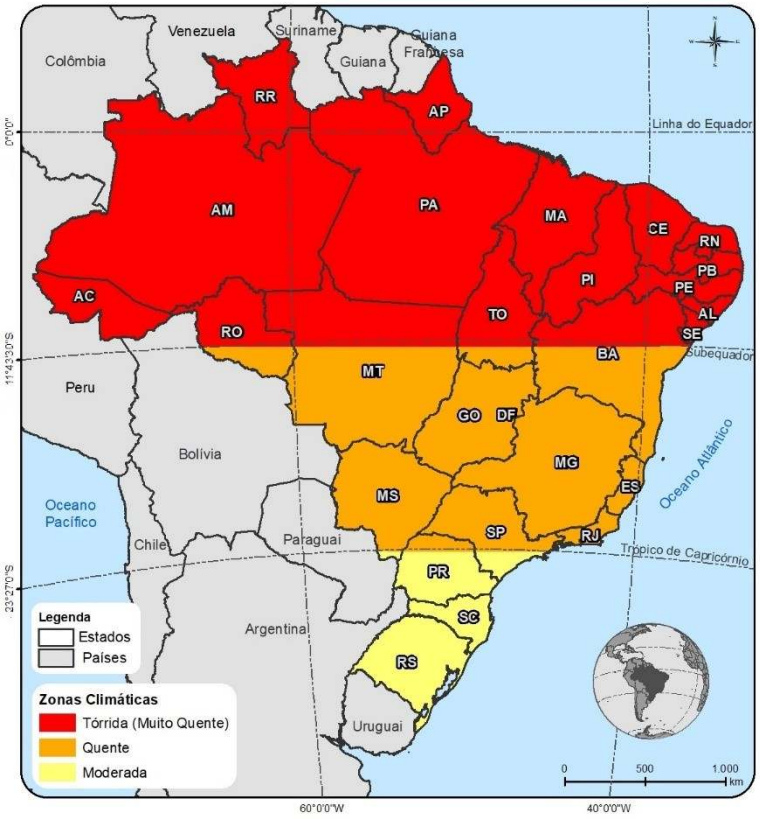


Fonte: Novais (2019).

A Zona Climática Tórrida (ou muito quente), é situada entre os paralelos de 11°43'30" Norte e Sul, denominados de "Subequadores". A insolação durante o ano é intensa e a duração do dia e da noite é aproximadamente igual. De acordo com Novais (2019), na Zona Climática

Tórrida dentro do território brasileiro (Figura 8), o Sol fica a pino duas vezes por ano, com distância máxima do zênite de 35°10’30” Norte. No Brasil, a Zona Climática Quente localiza-se entre o Subequador Meridional e o Trópico Meridional (ou de Capricórnio) diferenciando-se da anterior pela altura solar, que é mais baixa no solstício de inverno, provocando queda de temperatura. Já na Zona Climática Moderada, situada entre o Trópico e o Subtrópico Meridionais, o Sol nunca estará a pino, mas no verão a incidência ainda é alta e com grande duração da luz do dia.

Figura 8 - Zonas Climáticas do Brasil.



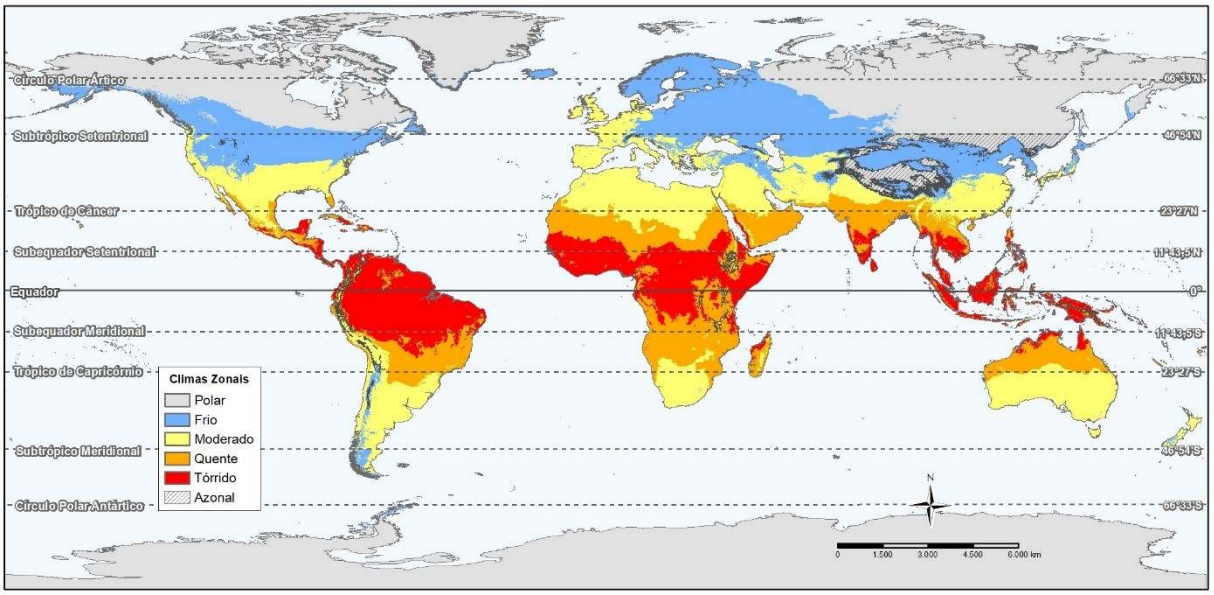
Fonte: os autores.

3.1.2. Climas Zonais

Os Climas Zonais (Figura 9) diferem das Zonas Climáticas, sendo a TMMMF o elemento que caracteriza essa hierarquia. A temperatura média do ar varia de acordo com limites específicos, que vão desde a percepção ao frio de populações localizadas na região equatorial, até a proliferação de doenças tropicais e acúmulo de neve no inverno (Novais, 2017a).

De acordo com a Figura 10, o Clima Zonal Tórrido é o que mais predomina no Brasil, com TMMMF acima de 22,5°C, aparecendo em toda a extensão da Floresta Amazônica, Nordeste setentrional, vale do Rio São Francisco, grande parte do litoral leste, centro do país e norte do Pantanal. Já no Clima Quente, a TMMMF fica entre 15°C e 22,5°C, sendo que no limite com o Tórrido, aparece nas regiões mais elevadas, e no restante do Brasil, abriga as principais cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília.

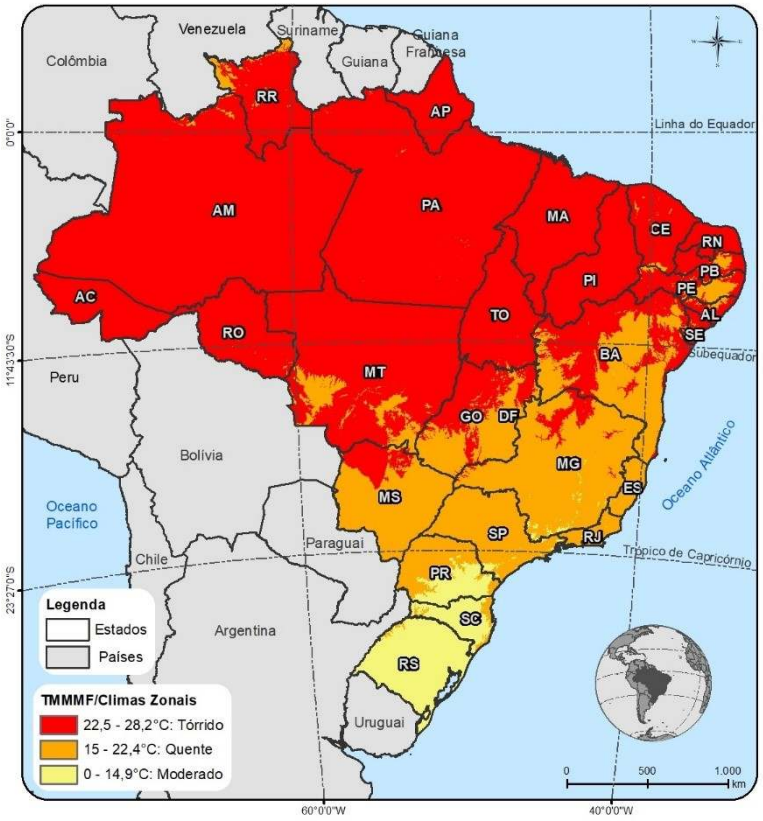
Figura 9 - Climas Zonais do Planeta.



Fonte: os autores.

O Clima Zonal Moderado é o mais frio do país, onde a TMMMF fica abaixo de 15°C, abrangendo a Região Sul e as áreas mais elevadas do Brasil. O Clima Azonal aparece em território brasileiro na Serra do Imeri e no Monte Roraima, pois sua TMMMF é de Clima Moderado em plena Zona Climática Tórrida do planeta.

Figura 10 - Climas Zonais do Brasil.



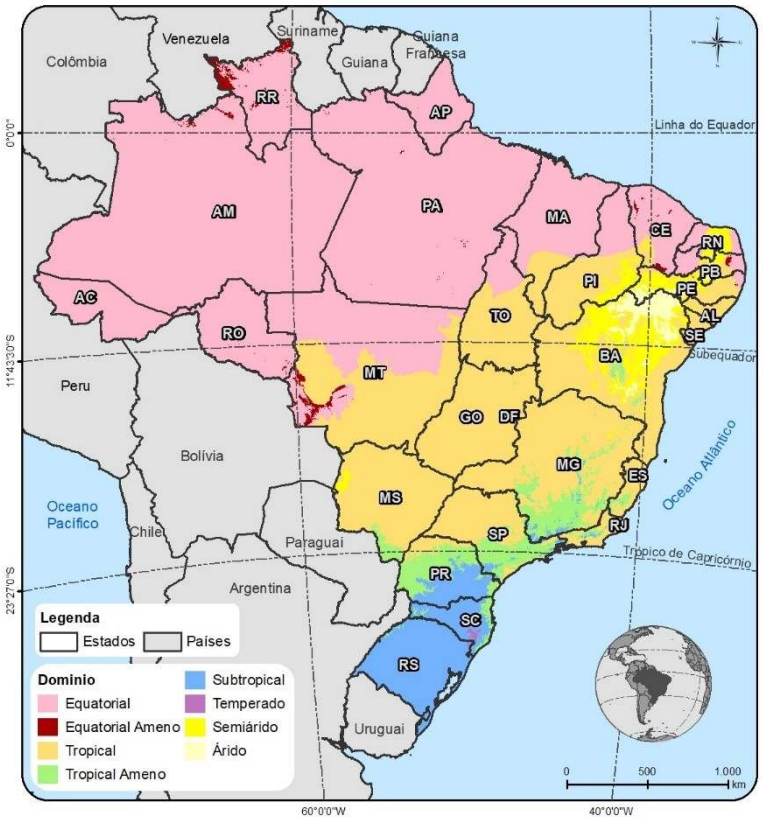
Fonte: os autores.

3.1.3. Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos

A escala regional do clima mostra a interação dos aspectos astronômicos com os sistemas meteorológicos, influenciando a 3ª, 4ª e 5ª hierarquias climáticas da classificação de Novais. O Domínio tem na TMMMF seu principal atributo, mas sistemas atmosféricos podem diferenciá-los de outros com a mesma característica. É o caso da ZCIT, que individualiza os domínios Equatorial e Tropical, de mesma TMMMF.

Na Figura 11, são apresentados todos os domínios climáticos do Brasil: Equatorial, Equatorial Ameno, Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Temperado, Semiárido e Árido.

Figura 11 - Domínios climáticos brasileiros.



Fonte: os autores.

Os domínios são divididos em Subdomínios de acordo com a quantidade de meses secos, tornando-os mais úmidos ou mais secos (Figura 13). Já os Tipos climáticos (Figura 12), mostram a localização dos domínios e subdomínios dentro do continente, que no caso do Brasil, é a América do Sul. Os tipos podem extravasar o território brasileiro, como por exemplo os Amazônicos (divididos em Oriental, Central e Ocidental), do Planalto das Guianas e do Chaco, que são regiões continentais que abrigam outros países.

Figura 12 – Tipos climáticos brasileiros, obtidos a partir da localização dos Domínios e Subdomínios climáticos.



Fonte: os autores.

O tipo Litorâneo, segue as planícies marinhas, juntamente com seus tabuleiros costeiros, até o limite com os planaltos, e é dividido em: litorâneo Amazônico, litorâneo Norte, litorâneo Leste e litorâneo Sul do Brasil.

Abrangendo todo o interior da Região Nordeste até o norte de Minas Gerais, o tipo climático Nordestino engloba todos os subdomínios secos dessa área, coincidindo também, em sua maior parte, com o bioma da Caatinga.

O tipo Central do Brasil, anexa os subdomínios semiúmidos e semissecos localizados nessa área, e é delimitado pelo relevo: ao sul pelo Planalto Central, a leste pelo Espigão Mestre/Serra Geral de Goiás, a norte pela Chapada das Mangabeiras, e a oeste pelo Planalto dos Guimarães. É a área central do Cerrado, onde não há ocorrência de geadas, com exceção de locais pontuais no limite com o tipo Centro-Sul.

A característica principal do tipo Centro-Sul do Brasil é o registro de pelo menos uma temperatura do ar mínima absoluta abaixo de 3,5°C (o que possibilita a ocorrência de geada no solo) durante o período climatológico de 30 anos de observações. Esses dados foram coletados a partir de postos meteorológicos localizados nessa área (Novais, 2019).

O tipo Ocidental localiza-se em área de Cerrado, no centro do estado do Mato Grosso, entre os tipos Amazônico, Central, Centro-Sul e do Chaco (esse último englobando o Pantanal), caracterizado por subdomínios semiúmido e semisseco nessa faixa.

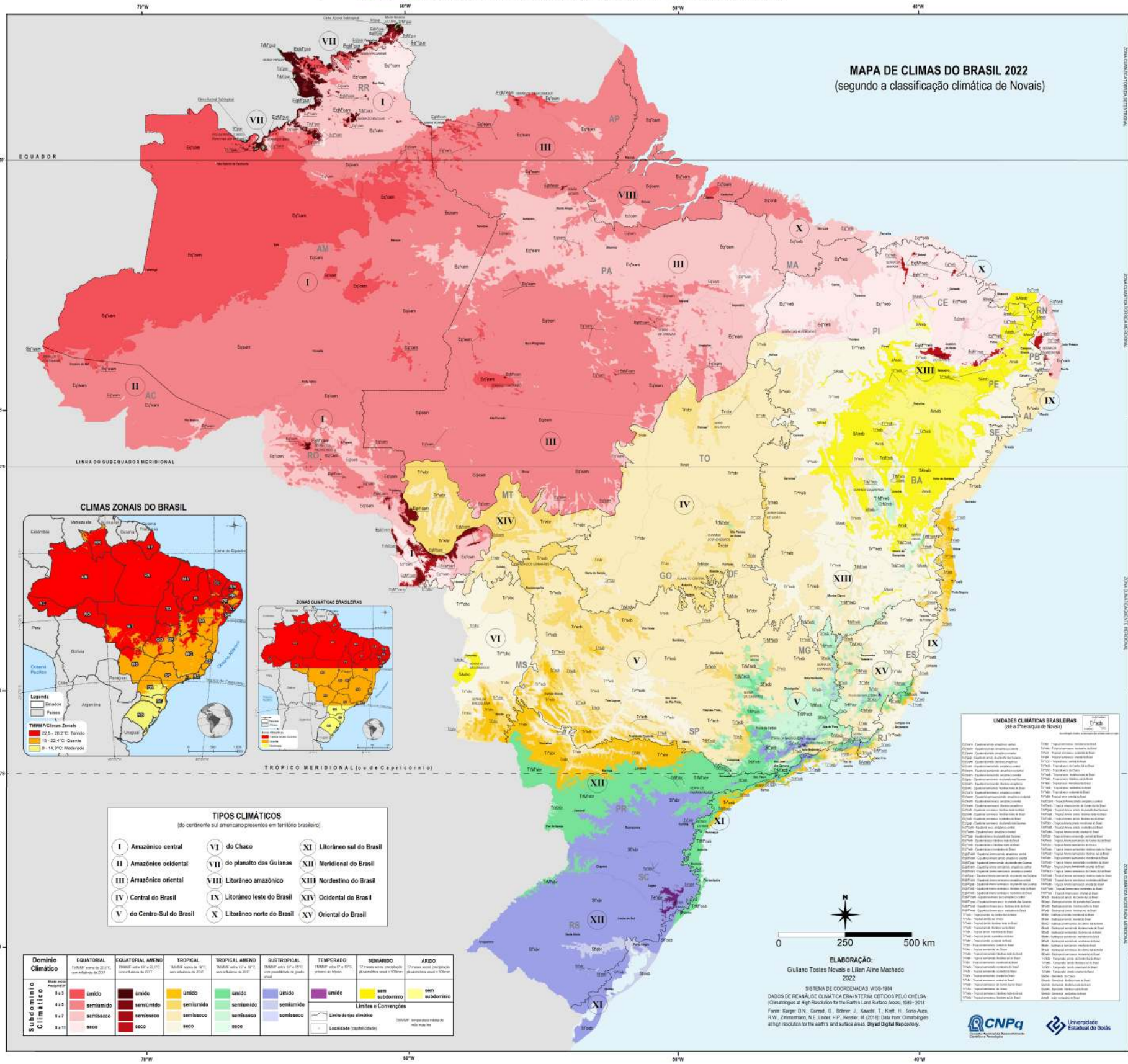
Localizado numa faixa de transição entre tipos climáticos mais secos (Nordeste), de influência marinha (Litorâneo leste) e com possibilidade de geada (Centro-Sul), o tipo Oriental do Brasil é o mais variado em termos de domínios (Tropical, Tropical Ameno, Subtropical e Temperado) e subdomínios climáticos (úmido, semiúmido, semisseco e seco), mas sua vegetação predominante é a Mata Atlântica.

O tipo climático Meridional do Brasil, que nos últimos trabalhos sobre a classificação climática de Novais (Novais, 2019; Colli e Novais, 2021; Fialho et al, 2022; Novais, 2021a; Novais, 2020; Novais, 2021b; Novais, 2021c; Novais et al, 2018; Novais e Galvani, 2022), se expandia até o limite com o tipo Central do Brasil, agora está mais próximo da linha do Trópico de Capricórnio. Engloba subdomínios mais úmidos, e com influência direta das Massas Polares, o que faz reduzir suas temperaturas do ar, principalmente no inverno.

O mapa das unidades climáticas brasileiras (Figura 13) mostra as 5 hierarquias adotadas nesse trabalho. As duas primeiras (Zonas Climáticas e Climas Zonais) estão representadas em dois encartes menores, mostrando a distribuição dessas unidades pelo País. Os domínios climáticos são mostrados em cores diferentes (padronizadas para todo Globo Terrestre): vermelho para o Equatorial; bordô (vermelho escuro) para o Equatorial Ameno; laranja para o Tropical; verde para o Tropical Ameno; azul para o Subtropical; roxo para o Temperado; amarelo para o Semiárido; e amarelo claro para o Árido. Os subdomínios são divididos em 4 tons de cores, quanto mais claro mais seco. Já os 15 tipos climáticos presentes no Brasil, traçados a partir da localização dentro do continente sul-americano, são mostrados em forma de uma linha tracejada e identificados por numerais romanos.

Foram identificadas 119 unidades climáticas até a 5ª hierarquia (tipos climáticos), sendo codificadas pelo método já especificado anteriormente na metodologia. Essas unidades são mostradas em forma de quadros dentro dos textos referentes aos domínios (logo a seguir do mapa), com seus valores de área, altitude, temperatura média do mês mais frio (TMMMF), precipitação pluviométrica anual, evapotranspiração potencial anual e quantidade de meses secos.

Figura 13: Unidades climáticas brasileiras, até a quinta hierarquia de Novais.



Domínio Equatorial

O domínio climático Equatorial é o maior do Brasil, com mais de 4,5 milhões de Km² de área. Ocupa desde o bioma Amazônia, passando por todo o Nordeste setentrional brasileiro e chega até a Zona da Mata pernambucana. O sistema atmosférico predominante, que se torna o fator genético do clima no domínio Equatorial é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), aumentando significativamente a quantidade de chuva durante os meses de verão e outono (principalmente).

O Clima Zonal é o Tórrido, com TMMMF acima de 22,5°C. Tem a maior variedade de meses frios dentre todos os domínios brasileiros, sendo fevereiro (Amazônia centro-oriental) e julho (extremo oeste da Amazônia brasileira) os principais. A TMMMF varia de 22,5°C no limite com as terras mais altas, até 28,2°C no interior do Piauí (maior valor do Brasil).

A precipitação média anual é abundante no extremo noroeste do Brasil, e planalto das Guianas, onde pode ultrapassar os 4500 mm. Os menores valores aparecem no interior do Nordeste, próximo as regiões semiáridas com 500 mm. A grande ETP (1063 a 1945mm), causada pela insolação direta do Sol sobre a linha do Equador, anula, em grande parte, os altos valores de precipitação pluviométrica, provocando um número maior de meses secos nessa área do Brasil.

Possui os 4 subdomínios possíveis: úmido (zero a 3 meses secos) no noroeste do Amazonas, planalto das Guianas e serras residuais norte e sul amazônicos; semiúmido (4 a 5 meses secos), maior parte da Amazônia e litoral noroeste do Maranhão; semisseco (6 a 7 meses secos), no interior de Roraima, vale do rio Amazonas no Pará, sul de Rondônia, norte do Tocantins, centro maranhense e no litoral do Rio Grande do Norte a Pernambuco; e seco (8 a 11 meses secos), extremo leste de Roraima e do interior do Maranhão a Paraíba. O Domínio Equatorial localiza-se em 8 tipos climáticos no Brasil (amazônico central, amazônico ocidental, amazônico oriental, do planalto das Guianas, litorâneo amazônico, litorâneo leste, litorâneo norte e nordestino do Brasil), que interagindo com os domínios e subdomínios, geram 25 unidades climáticas (Quadro 2).

Quadro 2 - Tipos climáticos de Domínio Equatorial no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ªHierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
Eq"cam	Equatorial úmido, amazônico central	722.376	20 a 1105	22,5 - 26,4	1715 - 4698	1063 - 1624	0 - 3
Eq"wam	Equatorial úmido, amazônico ocidental	5.686	170 a 752	22,6 - 24,7	1844 - 2493	1120 - 1369	0 - 3
Eq"eam	Equatorial úmido, amazônico oriental	23.765	104 - 962	22,5 - 25,1	2018 - 3297	1067 - 1429	0 - 3
Eq"gup	Equatorial úmido, do Planalto das Guianas	7.824	100 - 1162	22,5 - 24,5	1590 - 4518	1067 - 1551	0 - 3
Eq"oam	Equatorial úmido, litorâneo amazônico	2.036	0 - 66	25,7 - 26,2	2866 - 3216	1612 - 1668	3
Eq'cam	Equatorial semiúmido, amazônico central	971.368	15 - 1075	22,5 – 26,8	1427 - 3037	1098 - 1701	4 - 5
Eq'wam	Equatorial semiúmido, amazônico ocidental	155.288	108 - 462	22,9 – 24,9	1561 - 2389	1194 - 1447	4 - 5
Eq'eam	Equatorial semiúmido, amazônico oriental	1.191.365	10 - 858	22,5 – 26,8	1353 - 3703	1074 - 1689	4 - 5
Eq'gup	Equatorial semiúmido, do Planalto das Guianas	3.953	74 - 996	22,5 – 25,0	1487 - 2664	1097 - 1597	4 - 5
Eq'oam	Equatorial semiúmido, litorâneo amazônico	176.545	0 - 432	23,1 – 26,4	1576 - 4183	1190 - 1696	4 - 5
Eq'onb	Equatorial semiúmido, litorâneo norte do Brasil	26.115	0 - 220	25,2 – 26,2	1812 - 2590	1417 - 1717	5
Eq*cam	Equatorial semisseco, amazônico central	281.153	14 - 961	22,5 – 26,9	1247 - 2539	1152 - 1714	6 - 7
Eq*wam	Equatorial semisseco, amazônico ocidental	3.206	120 - 295	23,9 – 24,7	1592 - 1872	1307 - 1437	6
Eq*eam	Equatorial semisseco, amazônico oriental	519.619	7 - 686	22,5 – 26,9	1165 - 2871	1207 - 1754	6 - 7
Eq*oam	Equatorial semisseco, litorâneo amazônico	16.875	0 - 199	25,3 – 26,4	1576 - 2831	1495 - 1670	6 - 7
Eq*oeb	Equatorial semisseco, litorâneo leste do Brasil	8.364	0 - 505	22,5 – 25,5	936 - 1984	1290 - 1695	6 - 7
Eq*onb	Equatorial semisseco, litorâneo norte do Brasil	60.553	0 - 223	24,9 – 27,1	1012 - 2216	1490 - 1877	6 - 7
Eq*neb	Equatorial semisseco, nordestino do Brasil	55.240	10 - 1034	22,5 – 27,3	860 - 1845	1151 - 1910	6 - 7
Eq*gup	Equatorial semisseco, do Planalto das Guianas	2.471	67 - 1069	22,5 – 25,0	1299 - 2334	1095 - 1692	6 - 7
Eqcam**	Equatorial seco, amazônico central	51.957	37 - 936	22,5 – 26,3	932 - 1878	1152 - 1755	8 - 9
Eqeam**	Equatorial seco, amazônico oriental	15.597	21 - 404	24,6 – 26,2	1033 - 1691	1379 - 1688	8
Eqgup**	Equatorial seco, do planalto das Guianas	1.879	126 - 947	22,5 – 25,7	922 - 1759	1110 - 1698	8 - 9
Eqoeb**	Equatorial seco, litorâneo leste do Brasil	13.216	1 - 523	22,5 – 25,1	683 - 1461	1262 - 1677	8 - 11
Eqonb**	Equatorial seco, litorâneo norte do Brasil	29.691	0 - 345	24,9 – 28,1	577 - 1529	1606 - 1933	8 - 11
Eqneb**	Equatorial seco, nordestino do Brasil	283.220	5 - 1069	22,5 – 28,2	501 - 1600	1155 - 1945	8 - 11

Fonte: os autores.

Domínio Equatorial Ameno

Com influência direta do relevo sobre a temperatura do ar, o domínio Equatorial Ameno ocupa uma área de 47 mil km² dentro do território brasileiro, abrangendo os locais mais elevados da região equatorial, onde as temperaturas do ar ficam mais baixas em relação ao seu entorno. Predomina em todo planalto das Guianas (AM/RR), serras do Tumucumaque (AP/PA), serras de Monte Alegre, Cachimbo e Carajás (PA), serra dos Pacaás Novos e planalto de Vilhena (RO), bordas da Chapada dos Parecis (MT), serras do Ibiapaba e Araripe (CE) e serra da Borborema (RN/PB/PE). A ZCIT também é presente na maioria dessas áreas, elevando a quantidade de chuvas, principalmente no outono.

O Clima Zonal é Quente, com TMMMF (julho na maior parte, e maio no Ceará) mais baixa em relação ao domínio Equatorial, ficando entre 18° e 22,5°C. A precipitação média anual registra os maiores valores absolutos do país, com os pixels do CHELSA atingindo 5960 mm nas vertentes da Serra do Imeri (AM). Já nas regiões serranas da Paraíba e Pernambuco, esse valor cai para menos de 600mm.

Também possui 4 subdomínios: úmido, semiúmido, semisseco e seco; com a umidade variando de oeste para a leste (na Amazônia mais úmido, no Nordeste mais seco). O Domínio Equatorial Ameno aparece sob 5 tipos climáticos (amazônico central, amazônico oriental, do planalto das Guianas, litorâneo leste e nordestino do Brasil), sendo apresentados no Quadro 3, com 14 unidades climáticas no Brasil.

Quadro 3 - Tipos climáticos de Domínio Equatorial Ameno no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ª Hierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
EqM"cam	Equatorial Ameno úmido, amazônico central	3.288	114 - 1778	18,0 – 22,5	1627 - 4936	829 - 1331	0 - 3
EqM"eam	Equatorial Ameno úmido, amazônico oriental	549	362 - 989	20,7 – 22,5	2103 - 2963	980 - 1162	0 - 3
EqM"gup	Equatorial Ameno úmido, do planalto das Guianas	23.333	155 - 1988	18,0 – 22,5	1412 - 5960	801 - 1327	0 - 3
EqM'cam	Equatorial Ameno semiúmido, amazônico central	12.275	164 - 1470	18,0 – 22,5	1466 - 2564	948 - 1305	4 - 5
EqM'eam	Equatorial Ameno semiúmido, amazônico oriental	696	368 - 903	21,5 – 22,5	1826 - 2682	1031 - 1158	4 - 5
EqM'gup	Equatorial Ameno semiúmido, do planalto das Guianas	3.058	162 - 1647	18,5 – 22,5	1340 - 2353	899 - 1311	4 - 5
EqM*cam	Equatorial Ameno semisseco, amazônico central	5.769	194 - 1083	20,4 – 22,5	1173 - 2392	1009 - 1393	6 - 7
EqM*gup	Equatorial Ameno semisseco, do planalto das Guianas	1.008	338 - 1169	20,5 – 22,5	1270 - 1846	993 - 1284	6 - 7
EqM*oeb	Equatorial Ameno semisseco, litorâneo leste do Brasil	452	96 - 696	20,8 – 22,5	836 - 1601	1094 - 1341	6 - 7
EqM*neb	Equatorial Ameno semisseco, nordestino do Brasil	1.081	375 - 1169	19,5 – 22,5	767 - 1278	1054 - 1348	6 - 7
EqMcam**	Equatorial Ameno seco, amazônico central	1.744	423 - 957	21,4 – 22,5	1030 - 1515	1072 - 1399	8
EqMgup**	Equatorial Ameno seco, do planalto das Guianas	616	490 - 1123	20,7 – 22,5	1141 - 1529	1009 - 1178	8
EqMoeb**	Equatorial Ameno seco, litorâneo leste do Brasil	1.336	146 - 667	20,8 – 22,5	701 - 1080	1134 - 1329	8 - 10
EqMneb**	Equatorial Ameno seco, nordestino do Brasil	5.064	253 - 1186	20,0 – 22,5	594 - 1136	1092 - 1479	8 - 11

Fonte: os autores.

Domínio Tropical

Segundo maior domínio climático do Brasil, com mais de 2,7 milhões de km², têm o predomínio das zonas de convergência de umidade na primavera-verão, alinhadas no sentido noroeste-sudeste; e pelo avanço dos anticiclones do Atlântico Sul e Polar Sul, nas estações de outono-inverno (NOVAIS, 2019). A ZCIT, principal sistema atmosférico da região equatorial do Globo, não tem influência nesse domínio climático. Abrange o litoral brasileiro desde Alagoas até o Paraná. Já no centro do país, onde está presente o bioma Cerrado, tem como característica principal a sazonalidade da precipitação, gerando duas "estações", uma seca de inverno e outra úmida de verão.

Está inserido em 2 Climas Zonais, um Tórrido e outro Quente, tem influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) nos meses mais úmidos (de outubro a março) e da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no meio do ano (NOVAIS, 2019). A TMMMF (julho na maior parte; junho em Goiás, DF e Triângulo Mineiro; janeiro e fevereiro no Tocantins) fica entre 18°, nos limites com o domínio Tropical Ameno, à 27,5°C, no vale do rio Gurguéia-PI. A precipitação média tem grande variação, de 506 mm no interior do Nordeste, até 2901 mm em Mato Grosso do Sul. A ETP varia de 879 mm (Chapada dos Veadeiros) a 1884 mm (Piauí).

Possui 4 subdomínios: úmido (zero a 3 meses secos), semiúmido (4 a 5 meses secos), semisseco (6 a 7 meses secos) e seco (8 a 11 meses secos). Como apresentado no Quadro 4, o Domínio Tropical está localizado em 9 tipos (central, do Centro-Sul, do Chaco, litorâneo leste, litorâneo sul, meridional, nordestino, ocidental e oriental do Brasil) derivando na maior quantidade de unidades climáticas brasileiras (33).

Quadro 4 - Tipos climáticos de Domínio Tropical no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ªHierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	N°
Tr"scb	Tropical úmido, do centro-sul do Brasil	16.642	166 - 1167	18,0 – 21,8	1274 - 2901	965 - 1415	0 - 3
Tr"chc	Tropical úmido, do Chaco	11.141	120 - 837	18,0 – 20,9	1327 - 2011	1014 - 1397	1 - 3
Tr"oeb	Tropical úmido, litorâneo leste do Brasil	12.816	0 - 1116	18,0 – 23,2	1104 - 2135	932 - 1469	0 - 3
Tr"osb	Tropical úmido, litorâneo sul do Brasil	10.023	0 - 1117	18,0 – 21,4	1157 - 2960	953 - 1356	0 - 3
Tr"sbr	Tropical úmido, meridional do Brasil	66.484	188 - 741	18,0 – 21,0	1228 - 1966	1007 - 1360	0 - 3
Tr"neb	Tropical úmido, nordestino do Brasil	199	261 - 1007	18,0 – 19,2	1056 - 1344	943 - 1058	1 - 3
Tr'cbr	Tropical semiúmido, central do Brasil	76.545	140 - 1613	18,0 – 26,1	1193 - 2487	879 - 1649	5
Tr'scb	Tropical semiúmido, do centro-sul do Brasil	122.554	152 - 1184	18,0 – 24,7	1204 - 2866	941 - 1634	4 - 5
Tr'chc	Tropical semiúmido, do Chaco	14922	57 - 976	18,0 – 21,4	1271 - 1685	1001 - 1434	4 - 5
Tr'oeb	Tropical semiúmido, litorâneo leste do Brasil	15.512	0 - 1129	18,0 – 23,4	967 - 1941	934 - 1491	4 - 5
Tr'osb	Tropical semiúmido, litorâneo sul do Brasil	2.722	0 - 842	18,0 – 21,5	1127 - 1991	998 - 1355	4 - 5
Tr'sbr	Tropical semiúmido, meridional do Brasil	14.581	187 - 714	18,0 – 21,2	1226 - 1645	1007 - 1392	4 - 5
Tr'neb	Tropical semiúmido, nordestino do Brasil	5.113	78 - 1035	18,0 – 23,8	938 - 2147	939 - 1362	4 - 5
Tr'wbr	Tropical semiúmido, ocidental do Brasil	106.217	190 - 1115	18,1 – 24,9	1398 - 2238	914 - 1577	4 - 5
Tr'ebr	Tropical semiúmido, oriental do Brasil	1.780	129 - 1122	18,0 – 20,7	1095 - 2085	986 - 1270	4 - 5
Tr*cbr	Tropical semisseco, central do Brasil	538.374	134 - 1250	18,4 – 26,6	886 - 2127	972 - 1727	6 - 7
Tr*scb	Tropical semisseco, do centro-sul do Brasil	449.721	128 - 1227	18,0 – 24,6	853 - 2042	941 - 1634	6 - 7
Tr*chc	Tropical semisseco, do Chaco	51.585	59 - 1052	18,2 – 24,6	1091 - 2034	1008 - 1642	6 - 7
Tr*oeb	Tropical semisseco, litorâneo leste do Brasil	55.037	0 - 1027	18,0 – 24,4	787 - 1913	949 - 1596	6 - 7
Tr*osb	Tropical semisseco, litorâneo sul do Brasil	1.538	0 - 865	18,3 – 21,4	1059 - 1612	1034 - 1355	6 - 7
Tr*sbr	Tropical semisseco, meridional do Brasil	10.243	185 - 469	18,5 – 20,8	1213 - 1458	1145 - 1328	6 - 7
Tr*neb	Tropical semisseco, nordestino do Brasil	226.919	6 - 1578	18,0 – 26,4	634 - 2048	910 - 1737	6 - 7
Tr*wbr	Tropical semisseco, ocidental do Brasil	82.120	103 - 919	19,7 – 25,4	1173 - 1962	1054 - 1642	6 - 7
Tr*ebr	Tropical semisseco, oriental do Brasil	39.684	22 - 1405	18,0 – 22,0	946 - 1802	963 - 1386	6 - 7
Trcbr**	Tropical seco, central do Brasil	4.072	240 - 788	21,9 – 26,2	871 - 1323	1265 - 1713	8 - 11
Trscb**	Tropical seco, do centro-sul do Brasil	58.522	124 - 1122	18,3 – 23,5	860 - 1488	1024 - 1553	8 - 10
Trchc**	Tropical seco, do Chaco	103.288	24 - 901	19,4 – 24,0	932 - 1430	1131 - 1639	8 - 11
Troeb**	Tropical seco litorâneo leste do Brasil	33.934	0 - 1000	18,2 – 25,0	585 - 1411	968 - 1655	8 - 11
Trosb**	Tropical seco, litorâneo sul do Brasil	2.878	0 - 559	19,0 – 21,5	813 - 1405	1069 - 1355	8 - 11
Trsbr**	Tropical seco, meridional do Brasil	4.319	209 - 444	19,3 – 20,7	1160 - 1376	1220 - 1343	8 - 9
Trneb**	Tropical seco, nordestino do Brasil	441.217	5 - 1410	18,0 – 27,5	506 – 1301	905 - 1884	8 - 11
Trwbr**	Tropical seco, ocidental do Brasil	788	102 - 624	22,7 – 24,2	1193 - 1440	1408 - 1641	8 - 10
Trebr**	Tropical seco, oriental do Brasil	69.847	5 - 1287	18,0 – 23,0	730 - 1369	973 - 1436	8 - 11

Fonte: os autores.

Domínio Tropical Ameno

O Tropical Ameno é um Domínio Climático caracterizado pelas suas temperaturas médias mais baixas em relação ao Domínio Tropical, sobretudo pelo resfriamento adiabático do ar nas áreas mais elevadas que se destacam no relevo, mas também, pela localização em latitudes mais altas. Ocupa predominantemente o Centro-Sul do território brasileiro, e alguns locais do Planalto das Guianas-AM/RR e Chapada Diamantina-BA, em uma área total de 341 mil km². As zonas de convergência de umidade predominam na primavera e principalmente no verão, mas o avanço do Anticiclone Polar Sul (APS) tem uma grande relevância na baixa da TMMMF, que acontece em junho ou julho. Temperaturas mínimas absolutas abaixo de 3,5°C acontecem anualmente em várias áreas de atuação desse Domínio Climático, possibilitando a formação de geada (NOVAIS, 2019).

O Clima Zonal é Quente, pois sua TMMMF (julho na maior parte; e junho no Triângulo Mineiro) está entre 15° e 17,9 °C. A precipitação média anual também varia muito, de 588 mm no interior do Nordeste a quase 5900 mm no Planalto das Guianas. Possui 4 subdomínios: úmido, semiúmido, semisseco e seco. O Domínio Climático Tropical Ameno aparece em 9 tipos: amazônico central, central, do Centro-Sul, do planalto das Guianas, litorâneo leste, litorâneo sul, meridional, nordestino e oriental do Brasil. São 22 unidades climáticas, de Domínio Tropical Ameno, presentes dentro do território brasileiro (Quadro 5).

Quadro 5 - Tipos climáticos de Domínio Tropical Ameno no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ªHierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	N°
TrM"cam	Tropical Ameno úmido, amazônico central	23	994 - 1974	15,3 – 17,9	1915 - 3150	737 - 836	0
TrM"scb	Tropical Ameno úmido, do Centro-Sul do Brasil	23.813	474 - 1603	15,0 – 17,9	1227 - 2741	814 - 1035	0 - 3
TrM"gup	Tropical Ameno úmido, do planalto das Guianas	1.155	360 - 2292	15, 0 – 17,9	1922 - 5899	698 - 886	0 - 3
TrM"oeb	Tropical Ameno úmido, litorâneo leste do Brasil	3.118	157 - 1583	15,0 – 17,9	1143 - 2313	820 - 1048	0 - 3
TrM"osb	Tropical Ameno úmido, litorâneo sul do Brasil	24.964	0 - 1508	15,0 – 17,9	1211 - 3027	790 - 1158	0 - 3
TrM"sbr	Tropical Ameno úmido, meridional do Brasil	147.968	20 - 1197	15,0 – 17,9	1150 - 3114	808 - 1201	0 - 3
TrM"neb	Tropical Ameno úmido, nordestino do Brasil	304	497 - 1181	16,4 – 17,9	996 - 1278	859 - 965	2 - 3
TrM"ebr	Tropical Ameno úmido, oriental do Brasil	83	653 - 1287	15,0 – 17,0	1568 - 1875	844 - 958	3
TrM'cbr	Tropical Ameno semiúmido, Central do Brasil	236	1222 - 1670	16,6 – 17,9	1799 - 2489	825 - 917	5
TrM'scb	Tropical Ameno semiúmido, do Centro-Sul do Brasil	42.448	397 - 1595	15,0 – 17,9	1186 - 2356	825 - 1061	4 - 5
TrM'chc	Tropical Ameno semiúmido, do Chaco	13	488 - 1040	17,5 – 17,9	1249 - 1331	946 - 996	4
TrM'oeb	Tropical Ameno semiúmido, litorâneo leste do Brasil	950	179 - 1679	15,0 – 17,9	1004 - 1778	828 - 1050	4 - 5
TrM'osb	Tropical Ameno semiúmido, litorâneo sul do Brasil	523	228 - 1402	15,0 – 17,9	1220 - 1867	842 - 1028	4 - 5
TrM'sbr	Tropical Ameno semiúmido, meridional do Brasil	1.179	104 - 713	16,6 – 17,8	1151 - 1609	952 - 1168	4 - 5
TrM'neb	Tropical Ameno semiúmido, nordestino do Brasil	1.045	505 - 1822	15,0 – 17,9	949 - 1433	812 - 997	4 - 5
TrM'ebr	Tropical Ameno semiúmido, oriental do Brasil	9.615	241 - 1678	15,0 – 17,9	1047 - 1919	827 - 1057	4 - 5
TrM*scb	Tropical Ameno semisseco, do Centro-Sul do Brasil	50.558	315 - 1653	15,0 – 17,9	854 - 1817	834 - 1062	6 - 7
TrM*oeb	Tropical Ameno semisseco, litorâneo leste do Brasil	38	137 - 998	17,0 – 17,9	1134 - 1358	941 - 1044	6
TrM*neb	Tropical Ameno semisseco, nordestino do Brasil	15.665	529 - 1797	15,0 – 17,9	635 - 1524	814 - 1029	6 - 7
TrM*ebr	Tropical Ameno semisseco, oriental do Brasil	14.348	137 - 1541	15,0 – 17,9	923 - 1760	827 - 1065	6 - 7
TrMneb**	Tropical Ameno seco, nordestino do Brasil	4.126	518 - 1685	16,2 – 17,9	581 - 1117	877 - 1021	8 - 11
TrMebr**	Tropical Ameno seco, oriental do Brasil	53	426 - 1313	16,6 – 17,9	836 - 1077	892 - 1000	8 - 9

Fonte: os autores.

Domínio Subtropical

No Brasil, além da Região Sul, o domínio Subtropical ultrapassa o Trópico de Capricórnio em direção norte-nordeste, chegando as serras da Mantiqueira, dos Órgãos (RJ) e do Espinhaço, em Minas Gerais. Como observado por Novais e Pereira (2008), esses locais possuem um clima bem parecido ao verificado no interior da Região Sul do Brasil, com vegetação de Mata de Araucária e Campos Rupestres. Ocupa uma área total de 447 mil km².

A média das temperaturas mínimas absolutas do ar cai abaixo de 0°C, ou seja, há registro de geadas anuais em várias localidades, inclusive ao norte do trópico devido ao resfriamento adiabático do ar nas altitudes mais elevadas. Essa condição foi verificada por Novais (2017b) nas estações meteorológicas do Sul e Sudeste, que registraram centenas de valores abaixo de 3,5°C no período climatológico de 1981 a 2015.

A distribuição da precipitação pluviométrica é mais desigual em relação à temperatura, enquanto as localidades da Região Sul são mais úmidas, na parte mais setentrional a duração dos meses secos é maior. Essas regiões mais secas são caracterizadas por vegetação campestre similar a observada na Campanha Gaúcha, que também é caracterizada por pequeno período seco anual (NOVAIS e BRITO, 2017). Mais ao norte, há 3 locais em que esse domínio também se faz presente, principalmente pela magnitude do relevo: no topo da Chapada Diamantina (BA), no monte Roraima (RR) e na serra do Imeri (AM), esse último abriga os picos da Neblina e 31 de Março. De acordo com Novais (2017b), no Centro-Sul do Brasil, a presença constante do ar mais frio, ocasionado pelas altitudes das serras, faz, juntamente com os avanços constantes do APS, criar uma área subtropical em meio a Zona Climática Quente do Planeta. As zonas de convergência de umidade também estão presentes na primavera-verão, quando a incidência solar chega ao zênite, ou próximo disso.

Esse domínio climático pertence ao Clima Zonal Moderado, pois possui TMMMF (julho) abaixo de 15°C. Em Roraima e no Amazonas, o Subtropical aparece sob Clima Azonal, ou seja, sua TMMMF é equivalente a 2 Climas Zonais mais frios, em comparação com o Clima Zonal adjacente (Tórrido para Moderado).

O acumulado médio de chuva anual atinge os maiores valores na serra do Imeri, com mais de 5400 mm. De acordo com Novais e Galvani (2022), a precipitação também é alta nas

encostas da serra do Mar paulista ultrapassando os 3100 mm. A precipitação não é distribuída uniformemente pelo ano, mas há alguma precipitação em todos os meses, apesar da queda na estação de inverno. A ETP é baixa, com valores entre 673 e 1075 mm anuais.

Possui 3 subdomínios: um úmido, de zero a 3 meses secos, que predomina na maioria absoluta da área subtropical brasileira (Sul e Sudeste); um semiúmido (4 a 5 meses secos), aparecendo no entorno da Lagoa dos Patos e vale do Jacuí (RS), e nas encostas a sotavento da serra da Mantiqueira e Caparaó (MG); e outro semisseco, no topo da Chapada Diamantina. O Domínio Subtropical está localizado em 7 tipos climáticos no País (do Centro-Sul, litorâneo leste, litorâneo sul, meridional, nordestino, oriental e do planalto das Guianas), com 14 unidades climáticas derivadas da interação dos tipos e dos subdomínios (Quadro 6).

Quadro 6 - Tipos climáticos de Domínio Subtropical no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ªHierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	N°
St"csb	Subtropical úmido, do Centro-Sul do Brasil	9.143	737 - 2330	10,0 – 14,9	1362 - 2791	678 - 856	0 - 3
St"gup	Subtropical úmido, do planalto das Guianas	107	626 - 2992	11,4 – 14,9	2122 - 5448	617 - 766	0
St"oeb	Subtropical úmido, litorâneo leste do Brasil	609	593 - 1989	11,2 – 14,9	1336 - 2338	700 - 848	0 - 3
St"osb	Subtropical úmido, litorâneo sul do Brasil	27.738	0 - 2234	10,0 – 14,9	1238 - 3168	677 - 1027	0 - 3
St"sbr	Subtropical úmido, meridional do Brasil	389.211	10 - 1831	10,0 – 14,9	1203 - 3456	673 - 1075	0 - 3
St"ebr	Subtropical úmido, oriental do Brasil	167	839 - 2258	10,0 – 14,9	1456 - 1883	683 - 853	3
St'scb	Subtropical semiúmido, do Centro-Sul do Brasil	3.084	829 - 2045	11,3 – 14,9	1295 - 2341	730 - 863	4 - 5
St'oeb	Subtropical semiúmido, litorâneo leste do Brasil	21	732 - 1681	13,5 – 14,9	1282 - 1563	764 - 833	4
St'osb	Subtropical semiúmido, litorâneo sul do Brasil	8.000	0 - 1476	12,6 – 14,9	1147 - 1722	785 - 995	4 - 5
St'sbr	Subtropical semiúmido, meridional do Brasil	7.966	5 – 308	11,9 – 14,9	1239 - 1612	875 - 994	4 - 5
St'neb	Subtropical semiúmido, nordestino do Brasil	137	1040 - 2021	12,5 – 14,9	934 - 1508	743 - 841	4 - 5
St'ebr	Subtropical semiúmido, oriental do Brasil	586	720 - 2338	10,3 – 14,9	1200 - 1838	689 - 862	4 - 5
St*scb	Subtropical semisseco, do Centro-Sul do Brasil	54	981 - 1562	14,0 – 14,9	1164 - 1622	812 - 851	6
St*neb	Subtropical semisseco, nordestino do Brasil	131	1011 - 1922	13,3 – 14,9	753 - 1444	778 - 849	6

Fonte: os autores.

Domínio Temperado

Com uma área de pouco mais de 4 mil km², o domínio climático Temperado predomina nas serras gaúcha e catarinense, e ultrapassa o trópico meridional nas áreas mais altas do relevo do Sudeste (acima de 1800 metros de altitude, nas serras da Mantiqueira, Bocaina, dos Órgãos e Caparaó). As ocorrências de geadas são semanais do final da estação de outono ao início da primavera, com precipitação de neve anual na Região Sul do Brasil (FUENTES, 2009).

A presença da ZCAS na primavera-verão, principalmente na Região Sudeste, torna as encostas das serras, grandes receptoras de precipitação, com possibilidades de deslizamento de terras saturadas por água (SILVA et al, 2018). Pertence ao Clima Zonal Moderado com as menores TMMMF do país, ocorrendo no mês de julho, ficando abaixo de 10,0°C, e chegando a 5,7°C no Pico das Agulhas Negras (MG/RJ), tornando o esse topônimo, o mais frio do Brasil.

O acumulado médio de chuva anual varia de 1450 mm no Caparaó (MG) a 3300 mm nos Aparados da Serra (RS). Tem a ETP com os menores valores do País, sempre abaixo de 750 mm. Possui apenas um subdomínio, o úmido (de zero a 3 meses secos), e 4 tipos climáticos: do Centro-Sul, litorâneo sul, meridional e oriental do Brasil (Quadro 7).

Quadro 7 - Tipos climáticos de Domínio Temperado no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ªHierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	N°
Te"scb	Temperado úmido, do Centro-Sul do Brasil	248	1479 - 2785	5,7 – 9,9	1841 - 2757	600 - 700	0 - 3
Te"osb	Temperado úmido, litorâneo sul do Brasil	20	1254 - 2238	8,5 – 9,9	2007 - 2333	641 - 679	0 - 1
Te"sbr	Temperado úmido, meridional do Brasil	3.955	637 - 1818	7,3 – 9,9	1472 - 3308	641 - 737	0
Te"ebr	Temperado úmido, oriental do Brasil	73	1623 - 2890	5,8 – 9,9	1452 - 1686	598 - 680	3

Fonte: os autores.

Domínio Semiárido

Com a evapotranspiração maior do que a precipitação pluviométrica em todos os meses do ano, o domínio climático Semiárido está presente, ininterruptamente, desde o litoral setentrional brasileiro, até o vale do Jequitinhonha em Minas Gerais. Também é verificado em mais duas outras áreas no País: na região dos Lagos (litoral sudeste do estado do Rio de Janeiro), e no curso principal do rio Paraguai no oeste do estado de Mato Grosso do Sul, região do Pantanal brasileiro. No total, abrange uma área de 270 mil km². A vegetação

predominante nessas áreas é xeromórfica, com exceção do Pantanal, que recebe e acumula as águas dos planaltos circundantes, criando uma paisagem alagada (NOVAIS, 2021a).

Possui 2 Climas Zonais: um Tórrido, na maior parte; e outro Quente, com TMMMF (julho) entre 18,0° e 27,9°C. A precipitação pluviométrica média anual é superior a 500 mm, chegando a 1100 mm no litoral fluminense. A ETP tem valores entre 932 mm e 1918 mm.

Por ser um domínio em que tem a ETP é maior que a quantidade chuva nos 12 meses do ano, ele não tem subdomínio, pois essa hierarquia climática tem valores até 11 meses secos. O Semiárido brasileiro aparece em 5 tipos climáticos: do Chaco, litorâneo leste, litorâneo norte, litorâneo sul e nordestino do Brasil (Quadro 8).

Quadro 8 - Tipos climáticos de Domínio Semiárido no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ªHierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	N°
SAchc	Semiárido do Chaco	7.456	48 - 381	21,3 – 22,8	891 - 1060	1425 - 1543	12
SAoeb	Semiárido litorâneo leste do Brasil	4.366	1 - 590	22,1 – 25,2	500 - 755	1230 - 1663	12
SAonb	Semiárido litorâneo norte do Brasil	5.970	1 - 299	24,3 – 27,9	500 - 734	1537 - 1918	12
SAosb	Semiárido litorâneo sul do Brasil	152	1 - 423	20,3 – 21,4	934 - 1100	1189 - 1305	12
SAneb	Semiárido nordestino do Brasil	252.145	10 - 1120	18,0 – 27,8	500 - 1030	932 - 1908	12

Fonte: os autores.

Domínio Árido

O domínio climático Árido não constava em bibliografias de classificações climáticas anteriores em território brasileiro (Köppen, 1948; Monteiro, 1973; Nimer, 1973; Simielli, 2013; Strahler, 1989; Toledo, 1973; Thornthwaite, 1955). Novais (2019) menciona o domínio Árido para as regiões com precipitação menor que a ETP em todos os meses do ano, mas teve que alterar a quantidade de chuva acumulada no ano para diferenciar do domínio Semiárido, que já era presente no Brasil. Portanto, o domínio que apresenta 12 meses secos e com precipitação pluviométrica inferior a 500 mm, é o Árido, que pode ser aplicado a todas as áreas do Planeta. No país, ocupa uma área de mais de 97 mil km², aparecendo principalmente no vale do rio São Francisco-PE/BA (região frutífera irrigada de Petrolina - Juazeiro), e a sotavento do planalto da Borborema.

Como no domínio Semiárido, possui 2 Climas Zonais: um Tórrido, na maior parte; e outro Quente, com TMMMF (julho) entre 18,7° e 27,6°C. Tem apenas um tipo climático, o nordestino do Brasil (Quadro 9).

Quadro 9 - Tipo climático de Domínio Árido no Brasil.

Código	Unidade Climática de 5ªHierarquia (Tipo)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	N°
Arne	Árido nordestino do Brasil	97.633	10 - 1044	18,7 – 27,6	325 - 499	923 - 1884	12

Fonte: os autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação de Novais utiliza as hierarquias de acordo com a escala do clima adotada, conseguindo rotular cada área do nosso país, a nível sub-regional, apresentando um nível de detalhe no mapeamento climático nunca visto no Brasil. As hierarquias vão desde as Zonas Climáticas e Climas Zonais (de influência astronômica), até os Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos (de escala regional do clima). Os 8 domínios climáticos encontrados no Brasil, já são maiores em quantidade do que os achados por Strahler e Koppen. Considerando a divisão em subdomínios, as unidades climáticas também ultrapassam a quantidade de Nimer, classificação utilizada pelo IBGE. Com a localização dos domínios e subdomínios agrupados em tipos, Novais consegue resolver um problema antigo dos sistemas de classificação climática que é o mesmo clima presente em áreas diferentes do país e do Globo, o que não acontece nessa classificação. A quantidade de unidades climáticas (5ªhierarquia) encontradas no Brasil foi de 119, mostrando o quanto esse sistema pode ser importante para análises detalhadas da paisagem em diferentes escalas, e para o aprendizado acadêmico da ciência climatológica.

No que diz respeito à implementação da metodologia de Novais à modelagem cartográfica, essa representou um importante avanço para a pesquisa, na medida em que permitiu o processamento de um grande volume de dados em tempo reduzido. Além disso, a classificação climática ficou com a resolução espacial original dos dados (1km²), representando um ganho na perspectiva escalar da classificação. Assim, o geoprocessamento e a modelagem provam ser importantes aliados nos estudos do clima, subsidiando a produção de dados de extrema importância para o entendimento das condições ambientais do espaço.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Universidade Estadual de Goiás, instituição a qual é docente efetivo, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo aporte financeiro ao projeto de investigação científica sobre a classificação climática de Novais.

REFERÊNCIAS

ALLOCCA, R. A.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. Delimitação de domínios e subdomínios climáticos para o município de Ponte Nova, Minas Gerais**.** in: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais**, Paraíba, UFPB, p. 1512-1525. 2021.

ALLOCCA, R. A.; MOREIRA, J. S.; J.; SILVA, M. A. S.; MARINHO, M, R.; SILVA, W. M. Proposta de delimitação de unidades climáticas para a região da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1. 25p. 2021.

ARMOND, N.B.; SANT'ANNA NETO, J.L. A Climatologia dos Geógrafos e a produção científica sobre Classificação Climática: um balanço inicial. **Anais** do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Goiânia, 2016.

CAVALCANTI, I.F.A. [et al]. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009

CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. Position de la Zone de Convergence a 28 N et température de surface de l'ocean. **Veille Climatique Satellitaire**, sv(21):3-7. 1988ª.

CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drougth forecast over Sahelian area. **Ocean-Atmosphere Newsletter**, sv(45):1-3. 1988b.

COLLI, A. R.; NOVAIS, G.T. Os mesoclimas do Distrito Federal. **Anais** do VIII Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás. Pirenópolis. 2021.

DEE, D. P.; BALMASEDA, M.; BALSAMO, G.; ENGELEN, R.; SIMMONS, A. J.; THÉPAUT, J.-N. Toward a consistent reanalysis of the climate system. **American Meteorological Society**, v. 95, p. 1235 – 1248. 2014.

FIALHO, E.S.; DOS SANTOS, L.G.F. Unidades mesoclimáticas de Viçosa, Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados (MS), v. 31, Jul. / Dez. 2022.

FUENTES, M.V. **Dinâmica e Padrões da precipitação de neve no sul do Brasil.** Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

HASTENRATH, S; HELLER, L., 1977. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil**. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, 103(435):77-92.

JARDIM, C. H. Aspectos multiescalares e sistêmicos da análise climatológica. **Geografias**, Belo Horizonte-MG, Número Especial III SEGEO, p. 40-52, 2015.

KARGER D.N., CONRAD, O., BÖHNER, J., KAWOHL, T., KREFT, H., SORIA-AUZA, R.W., ZIMMERMANN, N.E, LINDER, H.P., KESSLER, M. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. **Dryad Digital Repository.** 2008.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un studio de los climas de la tierra.** 1° edición em español. México: Fundo de Cultura Económica, 1948.

MACHADO, L. A. **Análise das relações superfície-atmosfera na bacia hidrográfica do rio das velhas em uma perspectiva multiescalar: proposta de síntese.** 217f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

MELO, A. B. C.; NOBRE, P.; MELO, M. L. D.; SANTANA, S. C. Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste do Brasil. **Anais** *XI Congresso Brasileiro de Meteorologia* (Vol. 16, pp. 1142-1145). 2000.

MONTEIRO, C. A. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo.** Instituto de Geografia - USP, São Paulo. 1973.

NIMER, E. Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. **Boletim de Geografia.** Rio de Janeiro, v. 31, n.277: pp.141-153, mar/abril, 1972.

NÓBREGA, R.S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. Revista **Brasileira de Geografia Física** 03. p.18-22. Recife, 2010. https://doi.org/10.26848/rbgf.v3i1.232646

NOVAIS, G.T. **A semiaridez do Pantanal Brasileiro: o clima no fundo da bacia hidrográfica do Alto Paraguai.** In: Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas/ Karla Maria Silva de Faria, Silas Pereira Trindade (Organização). Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2021a.

NOVAIS, G.T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado.** Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019. https://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199

NOVAIS, G. T. Classificação climática aplicada ao estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil: **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 40, n. 01, p. 1–29, 2020. https://doi.org/10.5216/bgg.v40.62297

NOVAIS, G.T. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.10, n.5, p. 1614-1623, 2017a. https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623

NOVAIS, G.T. Mesoclimas do Município de Prata (MG). **Revista Brasileira de Climatologia**, *28*, 8–27. 2021b. https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14337

NOVAIS, G.T. Os domínios subtropicais brasileiros: do Rio Grande do Sul ao Centro-Sul de Minas Gerais. **Anais** ENANPEGE. Porto Alegre, 2017b.

NOVAIS, G.T. Unidades climáticas do município de Uberlândia (MG). **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1. 18p., 2021c.

NOVAIS, G.T.; BRITO, J.L.S. O avanço do domínio climático Subtropical para o norte do Trópico de Capricórnio: um exemplo da Serra do Órgãos (RJ). **Anais** VII Simpósio Internacional de Climatologia. Petrópolis, 2017.

NOVAIS, G.T.; BRITO, J.L.S.; SANCHES, F.O. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.23, p. 223-243, jul/dez 2018. https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520

NOVAIS, G.T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, 42, e184630. 2022. https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.184630

NOVAIS, G.T.; PEREIRA, K.G.O. A subtropicalidade nas serras mineiras: uma proposta de classificação climática para o Sudeste brasileiro. **Anais** do VIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Alto Caparaó, 2008.

NOVAIS, G.T.; PIMENTA, J. S. Unidades climáticas do município de Formosa (GO): climas zonais, domínios, tipos e subtipos climáticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais**, Paraíba, UFPB, p. 1228-1241. 2021.

OLIVEIRA, W. D.; ALLOCCA, R. A. Classificação climática de Serra-ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais**, Paraíba, UFPB, p. 1699-15713. 2021.

PIMENTA, J. S.; NOVAIS, G. T. Sugestões de meso-topoclimas para o município de Formosa (GO): Aplicação da menor hierarquia da classificação climática de Novais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais**, Paraíba, UFPB, 2021. p. 1243-1255.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; DA ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia.** São José dos Campos: v.5. n.2. p. 185-204. 2010. https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004

ROSA, M. B.; SILVA, L. T. Alguns Aspectos Climatológicos da ZCIT sobre o Atlântico. **Climanálise.** Edição comemorativa de 30 anos, 2016.

ROSS, J. L. S., MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, 10, 41-58, 1996. https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004

SAMPAIO, M.S.; ALVES, M.C.; CARVALHO, L.G.; SANCHES, L. Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de Thornthwaite. **Anais** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, p.8858, 2011.

SATYAMURTY, P.; DA COSTA, C.P.W.; MANZI, A.O. Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years**. Theoretical and applied climatology**. Springerwien. New York. v.91. n.1-4. 2008.

SILVA, F.P.; FILHO, O.C.R; ARAÚJO, A.A.M.; SILVA, M.G.A.J.; PIRES, G.D.; SAMPAIO, R.J. Proposta de avaliação dinâmica e termodinâmica da atmosfera para eventos extremos de chuva em Petrópolis (RJ). **Anais** do III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Juiz de Fora, 2018.

SILVA, M.S. **Análise do mapeamento das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca – Rio de Janeiro – RJ.** Tese Doutorado em Geografia) Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2022.

SIMIELLI, M.E.R. **Geoatlas.** 34 edição. São Paulo: Ática, 2013.

STRAHLER, A. N. **Geografía Física.** Barcelona: Ed. Omega, 1989.

TEODORO, T.A.; REBOITA, M.S.; ESCOBAR, G.C.J. Caracterização da Banda Dupla da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Oceano Atlântico. **Anuário do Instituto de Geociências** - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 42 – 2. p. 282-298. 2019.

TOLEDO, G. S. **Tipos de tempo e categorias climáticas na Bacia do Alto Tietê (1968): Ensaio Metodológico.** 142f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo-SP, 1973.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance. Centerton,** NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

WILLMOTT, C.J.; ROWE, C.M.; MINTZ, Y. Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. **Journal of Climatology**, v. 5, p. 589-606, 1985.