

CLIMATOLOGIA / GEOGRAFIA FÍSICA

**OS CLIMAS DA EUROPA:**  
**segundo a classificação climática de Novais**

Giuliano Tostes Novais

**PosDoc**

2023



Giuliano Tostes Novais

**OS CLIMAS DA EUROPA:  
segundo a classificação climática de Novais**

Relatório de Pós-doutoramento, supervisionado pela Professora Doutora Helena Cristina  
Fernandes Ferreira Madureira

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Ano de 2023

*À minha esposa Taís e ao meu filho Pedro*

# Sumário

I Atividades acadêmicas desenvolvidas .....	05
II. Relatório de Investigação	
1. Introdução .....	15
2. Caracterização do continente europeu .....	17
3. Metodologia .....	21
4. Resultados e discussão .....	34
5. Considerações Finais .....	61
6. Referências .....	63

## **Atividades acadêmicas desenvolvidas**

GIULIANO TOSTES NOVAIS é bacharel, mestre e doutor em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia. Especialista em Geomática e licenciado em Geografia pela Faculdade Católica de Uberlândia. Professor efetivo do curso de Geografia da Universidade Estadual de Goiás (Campus Nordeste/Formosa). Atua principalmente nas áreas de Climatologia (classificação de unidades climáticas), Geografia Física e Cartografia.

As atividades, durante a investigação, foram supervisionadas pela Professora Dra. Helena Madureira, e desenvolvidas no Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), Faculdade de Letras da Universidade do Porto, no período de 1 ano e 6 meses, entre abril de 2022 e setembro de 2023.

O Pós-Doutorando apresentou-se ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física sob regime de dedicação integral, uma vez que estava afastado da atividade de docência no ensino superior na Universidade Estadual de Goiás (Brasil).

Sendo assim, foram realizadas as seguintes atividades no âmbito da colaboração com o CEGOT/ Faculdade de Letras da Universidade do Porto:

### 1. Participação em eventos científicos

- a) Palestra no Workshop no âmbito da unidade curricular de Riscos e Ordenamento do Território do Mestrado de MRCOT (outubro de 2022), sob o tema *Classificação Climática de Novais*;
- b) Apresentação de trabalho no Encontro Internacional do CEGOT (outubro de 2022) sob o tema *Nova metodologia de classificação climática para Portugal*;
- c) Participação na aula de Climatologia do curso de Ciências Ambientais, Geografia e Ordenamento do Território, da Faculdade de Biologia - Universidade Autônoma de Madri (novembro de 2022), cujo tema foi *Metodologia da Classificação Climática de Novais*.

### 2. Publicação de artigos científicos

- a) Artigo publicado em janeiro de 2023 na Revista Brasileira de Climatologia (Brasil), sob o título: *Os Climas do Brasil, segundo a classificação climática de Novais* (<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16163>);

b) Artigo publicado em junho de 2023 na Revista GEOUERJ (Brasil), sob o título: *Aplicação do Sistema de Classificação Climática de Novais para Goiânia* (<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/73613>).

### 3. Submissão de dois artigos científicos

a) Artigo submetido a Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), sob o título: *Contributo para a classificação climática de Portugal utilizando a metodologia de Novais*.

b) Artigo submetido ao Boletín de la Asociación Española de Geografía, sob o título: *Clasificación climática de la Península Ibérica – aportación de la metodología Novais*

### 4. Publicação de livro e capítulos

a) Publicação do livro: *Climas do Brasil: classificação climática e aplicações*, pela editora Total Books em julho de 2023, cujo lançamento foi no XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica;

b) Publicação de 10 capítulos dentro do livro supracitado.

### 5. Participação em bancas de doutorado

a) Participação em banca de Wemerson Diascanio, na Universidade Federal do Espírito Santo (Brasil), no mês de julho de 2023, cujo título foi *Classificação climática do Espírito Santo*;

b) Participação em banca de Rodson Allocca, na Universidade Federal do Espírito Santo (Brasil), no mês de agosto de 2023, cujo título foi *Classificação climática da bacia hidrográfica do rio Doce*.

### 6. Participação em bancas de mestrado

a) Participação em banca de Jefferson Pimenta, na Universidade Federal de Viçosa (Brasil), no mês de fevereiro de 2023, cujo título foi *Caracterização climática de Minas Gerais*;

b) Participação em banca de Olinda Albuquerque, na Universidade Estadual de Goiás (Brasil), no mês de abril de 2023, cujo título foi *Classificação climática do município de Goiás*;

c) Participação em banca de Jorcelita Bento, na Universidade Estadual de Goiás (Brasil), no mês de abril de 2023, cujo título foi *Unidades climática da bacia do Rio das Almas (Goiás)*.

## 7. Trabalho de campo

a) Elaboração de um trabalho de campo para reconhecimento das paisagens europeias, onde percorreu 7 países: Portugal, Espanha, França, Alemanha, Áustria, Hungria e Itália, durante os meses de julho e agosto de 2023.

## 8. Relatório Final

A partir de testes e aplicações com o programa Dinamica EGO, conseguimos expandir a classificação climática, que a princípio era para a Península Ibérica e que agora pode ser aplicada para todo o continente europeu. Portanto, no relatório a seguir, é mostrado o texto com todas as unidades climáticas que esta classificação possui na Europa, o que serve de base para um futuro artigo científico em conjunto com o CEGOT.

Declaro que o presente relatório de pós-doutoramento é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referência. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Porto, 05/09/2023

Giuliano Tostes Novais

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer a oportunidade de trabalhar integralmente nessa metodologia, com todo o apoio das supervisoras Helena Madureira e Ana Monteiro, cujas dicas e sugestões foram de grande importância para a finalização desta investigação de pós-doutoramento na Universidade do Porto. E a minha parceira científica, Lilian Aline Machado (Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil), que elaborou conjuntamente os mapas climáticos, pessoa que me acompanha desde a publicação do trabalho dos Climas do Brasil. A vocês meu muito obrigado!

Não devo esquecer da minha instituição, a Universidade Estadual de Goiás (UEG-Brasil), que me concedeu afastamento integral de minhas funções acadêmicas para realizar o estágio de pós-doutoramento durante esse ano e meio (2022-23). E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-BRASIL) pelo aporte financeiro ao projeto de pesquisa sobre a Classificação Climática de Novais.

## Resumo

O continente europeu está situado em uma área de transição entre os sistemas atmosféricos de origem polar e subtropical. A classificação climática de Novais é um sistema 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 toda Europa. A metodologia dos dados inclui 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 classificação climática na área de estudo possui hierarquias que vão desde a escala zonal até a sub-regional, divididas em zona climática, clima zonal, domínio climático, subdomínio climático e região climática. Foram encontrados 7 domínios climáticos na Europa, caracterizados pela temperatura média do mês mais frio, sendo eles: tropical ameno, subtropical, temperado, temperado frio, subglacial, 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 a região climática, a partir do relevo e regiões biogeográficas. Ao fim, foram identificadas 191 unidades climáticas para a área de estudo. A pesquisa nessa dimensão escalar, pode melhorar a compreensão dos climas regionais e sub-regionais da Europa.

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

## **Abstract**

The European continent is located in an area of transition between atmospheric systems of polar and subtropical origin. The Novais climate classification is a system that uses data obtained through climate reanalysis and data modeling to adjust the limits of climate units according to the adopted scale. The objective of this work was to spatialize this climate classification for all of Europe. The data methodology includes 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 climate classification in the study area has hierarchies ranging from the zonal to the sub-regional scale, divided into climate zone, zonal climate, climate domain, climate subdomain and climate region. Seven climate domains were found in Europe, characterized by the average temperature of the coldest month, namely: tropical mild, subtropical, temperate, cold temperate, subglacial, semi-arid and arid. These domains are divided into climatic subdomains according to the number of dry months (precipitation less than potential evapotranspiration), which can be humid, semi-humid, semi-dry and dry. To regionally locate the domains and subdomains in each continent of the Earth, the climatic type is used, based on the relief and biogeographical regions. In the end, 191 climatic units were identified for the study area. Research in this scalar dimension can improve understanding of Europe's regional and sub-regional climates.

**Key-words:** Climate Scales. Average temperature of the coldest month. Number of dry months. Climatological Water Balance. Cartographic modeling.

## Índice de Figuras

FIGURA 1- ZONAS CLIMÁTICAS DO PLANETA.....	23
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO MÉDIA DOS CLIMAS ZONAIS NO GLOBO TERRESTRE.....	25
FIGURA 3 – AS 26 MIL ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS PELO PROJETO CHELSA NO PLANETA .....	26
FIGURA 4 – ROTEIRO METODOLÓGICO PARA CLASSIFICAÇÃO DE DOMÍNIOS E SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS .....	29
FIGURA 5 – TEMPERATURA MÉDIA DO MÊS MAIS FRIO (A) E MÊS MAIS FRIO DO ANO (B) PARA A EUROPA .....	30
FIGURA 6 – NÚMERO DE MESES SECOS NO ANO NA EUROPA (A); CLASSIFICAÇÃO DE SUBDOMÍNIOS (B).....	32
FIGURA 7 – REGIÕES BIOCLIMÁTICAS DA EUROPA.....	33
FIGURA 8 – CÓDIGO UTILIZADO NA DIFERENCIAÇÃO DAS UNIDADES CLIMÁTICAS NO MAPA.....	34
FIGURA 9 – TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NA EUROPA (A) E ETP ANUAL NA EUROPA (B) .....	35
FIGURA 10 – ZONAS CLIMÁTICAS DA EUROPA.....	37
FIGURA 11 – CLIMAS ZONAIS DO PLANETA.....	38
FIGURA 12 – DOMÍNIOS CLIMÁTICOS DA EUROPA .....	40
FIGURA 13 – REGIÕES CLIMÁTICAS DA EUROPA .....	41
FIGURA 14 – UNIDADES CLIMÁTICAS DA EUROPA, ATÉ A QUINTA HIERARQUIA DE NOVAIS .....	45
FIGURA 15 – UNIDADES CLIMÁTICAS DA PENÍNSULA IBÉRICA, UTILIZANDO O MÉTODO ETP PENMAN-MONTEITH46	

## Índice de Tabelas e Quadros

QUADRO 1 – ESCALAS E HIERARQUIAS UTILIZADAS PARA A EUROPA .....	26
TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DE DOMÍNIOS CLIMÁTICOS NA EUROPA.....	31
TABELA 2 – FATOR DE CORREÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PADRÃO PARA EUROPA.....	32
QUADRO 2 – REGIÕES CLIMÁTICAS DE DOMÍNIO TROPICAL AMENO NA EUROPA.....	47
QUADRO 3 – REGIÕES CLIMÁTICAS DE DOMÍNIO SUBTROPICAL NA EUROPA .....	48
QUADRO 4 – REGIÕES CLIMÁTICAS DE DOMÍNIO TEMPERADO NA EUROPA .....	50
QUADRO 5 – REGIÕES CLIMÁTICAS DE DOMÍNIO TEMPERADO FRIO NA EUROPA .....	54
QUADRO 6 – REGIÕES CLIMÁTICAS DE DOMÍNIO SUBGLACIAL NA EUROPA.....	58
QUADRO 7 – REGIÕES CLIMÁTICAS DE DOMÍNIO ÁRIDO NA EUROPA .....	60

## Lista de abreviaturas e siglas

TMMMF .....TEMPERATURA MÉDIA DO MÊS MAIS FRIO

CHELSA ..... CLIMATOLOGIES AT HIGH RESOLUTION FOR THE EARTH'S LAND SURFACE AREAS

ETP .....EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

UEG .....UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS

## 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.

Há uma diversidade de características utilizadas como critério de classificação climática, sendo todas de grande valia para a ciência do clima. 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), Nimer (1972) e Strahler (1989). Além desses, no continente europeu temos Martonne (1925), Gaussen e Bagnouls (1953), Papadakis (1960), Alcoforado et al (2009), Daveau (1988), dentre outros. 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.

Os estudos no âmbito da climatologia demandam bases de dados consistentes para a sua correta avaliação. A existência de falhas nas séries de dados, bem como a baixa cobertura de estações meteorológicas, por vezes inviabiliza estudos climáticos de diferentes ordens. Dessa forma, bases de dados apoiadas em dados de reanálise e modelagem estatística tem auxiliado estudos nessas localidades. Dentre as diversas bases de dados disponíveis, podemos citar os dados CHELSA (*Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas*), os quais, baseados na reanálise ERA-Interim, estimam as informações de temperatura do ar e precipitação para o globo, disponibilizando as informações em arquivos com resolução espacial de 1Km (KARGER et al., 2017).

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 (1km<sup>2</sup>) dos dados de entrada. Esse sistema foi aplicado por Novais e Machado (2023b) para todo o Planeta, que também utilizaram para o território brasileiro (NOVAIS e MACHADO, 2023a). Outras áreas do Brasil também foram classificadas por este sistema, como: estado de São Paulo (NOVAIS e GALVANI, 2022), estado de Goiás e no Distrito Federal (NOVAIS, 2020; COLLI e NOVAIS, 2021); alguns municípios e regiões do estado 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 estado do Espírito Santo, município de Serra (OLIVEIRA e ALLOCCA, 2021); em Goiás, município de Formosa (NOVAIS e PIMENTA, 2021; PIMENTA e NOVAIS, 2021), e no Pantanal Matogrossense (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 continente europeu, através da automatização de dados de reanálise climática. O modelo de classificação adapta a qualquer escala climática, utilizando hierarquias de unidades, que vão desde as Zonas Climáticas até as Regiões Climáticas. Nesse contexto, a pesquisa nessa dimensão escalar pode concorrer para melhorar o entendimento do clima regional e sub-regional da Europa.

## 2. Caracterização do continente europeu

A Europa estende-se desde os Açores (29°W), passando pela planície aberta do Norte da Europa até aos Montes Urais na Rússia (60°E), e das ilhas ao sul do Mar Mediterrâneo (35°N) até às ilhas do Mar de Barents, no Círculo Polar Ártico. De acordo com Cunha (2004), a Europa corresponde a um mosaico muito variado de paisagens, consequência da diferenciação histórica dos modos de apropriação e uso do espaço pelas sociedades humanas, mas função da diversificação, mesmo em curtos espaços, das condições físico-naturais dos territórios em que se instalam.

A variada diferenciação de relevo do continente europeu, promove áreas que se elevam a mais de 4 mil metros (principalmente no setor meridional), a outras com vastas planícies abaixo dos 300 metros (no setor setentrional). O litoral é constituído por inúmeras ilhas e recortado por diferentes acidentes geográficos, como baías, cabos e penínsulas. Para Cunha (2004), é possível definir grandes grupos de geossistemas, dos bosques esclerófilos mediterrâneos à Tundra Ártica, passando pela floresta de folhosas da Europa de noroeste e pela floresta de coníferas boreal, das florestas ocidentais às estepes orientais, com paisagens próprias e características relativamente individualizadas, ou seja, passíveis de uma delimitação, ainda que grosseira e apenas aproximada.

Do ponto de vista climático, é marcada, para além da variação térmica imposta pela latitude, por fortes influências marítimas que, no entanto, progressivamente se degradam até atingir os agressivos climas das estepes interiores (CUNHA, 2004). De acordo com Boucher (2005), grandes áreas a oeste da longitude 20°E experimentam um clima oceânico temperado, onde extremos de temperatura e precipitação raramente são experimentados. Os principais fatores que promovem esse conjunto comparativamente único de climas são: 1) o movimento predominante de oeste para leste dos sistemas climáticos; 2) a extensa área de águas superficiais anormalmente quentes do Atlântico Norte; 3) a ausência virtual de cadeias de montanhas alinhadas norte-sul entre as latitudes 45°N e 60°N que, de outra forma, poderiam alterar a natureza do fluxo ocidental; e 4) a presença de grandes mares interiores, como o quente Mediterrâneo, o Báltico mais frio e os mares menores, menos quentes, como o Cáspio e o Negro.

Por se localizar em uma região temperada, o continente europeu regista um déficit líquido de radiação, com exceção da região meridional banhada pelo Mar Mediterrâneo. Conforme Rashke et al (1973), o déficit não pode ser atribuído principalmente à perda excessiva de calor da superfície terrestre, embora esta perda possa ser significativa nos invernos frios e nevados da Europa Central e Oriental. A compensação por esse déficit de energia radiante é efetuada pela transferência de calor sensível e latente de latitudes mais baixas. O resfriamento radiativo está em seu máximo em níveis médio-troposféricos em torno da latitude 60°N, e é nessa região que o resfriamento máximo ocorre no inverno. Os efeitos deste arrefecimento nos climas europeus são profundos. A longo prazo, esse resfriamento produz zonas latitudinais de gradiente de temperatura na atmosfera. Estas zonas estão associadas a ventos fortes e condições meteorológicas perturbadas tão frequentemente experimentadas na Europa.

A influência das águas quentes do Oceano Atlântico é mais claramente vista no padrão de inverno das temperaturas superficiais (JUNGE e STEPHENSON, 2003). Os valores médios de janeiro de 7°C sobre a Irlanda ocidental diminuem constantemente para o leste para cerca de -10°C nas proximidades de Moscou, produzindo um padrão térmico norte-sul entre as latitudes 45°N e 60°N (BOUCHER, 2005). No verão, o aquecimento da área continental leva a um padrão térmico mais zonal com isotermas inclinadas WSW-ENE. A isoterma de 17°C para julho se encontra do sul da Inglaterra através do sul do Mar Báltico em direção a São Petesburgo. Os verões no norte da Rússia europeia, embora quentes, são geralmente curtos e estão constantemente sendo ameaçados por surtos de ar frio de origem ártica.

A duração média do período livre de geada é intimamente associada com a estação de crescimento. Para Lednick (1985), sobre as planícies abertas da Rússia Europeia, isso aumenta de pelo menos 75 dias no norte para cerca de 200 ao longo da costa norte do Mar Negro. Mais a oeste, através da Planície Europeia, a duração do período livre de geada torna-se menos fácil de determinar por causa dos fluxos de ar alternados de fontes frias e quentes. Sobre a França de planície em meados do século XX, os valores variaram de 160 dias na Alsácia, no leste da França, a 240 dias ao longo das costas do Golfo da Biscaia (GARNIER, 1954). Em contraste, a determinação do período livre de geada em países montanhosos como a Áustria é em grande parte uma função da elevação. Nos Alpes

austríacos, a estação livre de geada a 800 m acima do nível médio do mar dura cerca de 155 dias por ano. A uma altura de 1600 m, isso é reduzido para 104 dias, enquanto acima de 2500 m períodos de temperatura abaixo de zero podem até ser esperados em verões frios. Na Península Ibérica, o período sem geada é regido tanto pela altitude como pela proximidade do Mar Mediterrâneo e do Oceano Atlântico. Grande parte do interior da Espanha pode experimentar menos de 250 dias sem geada. Apenas o extremo sudeste e sudoeste da península provavelmente estarão totalmente livres de geada durante a maioria dos anos (BOUCHER, 2005).

A continentalidade influencia a Europa principalmente na temperatura média entre os meses mais frios e mais quentes do ano, e é medida através de índices, sendo registrados através da faixa anual de temperatura média. Para Boucher (2005), o alcance aumenta das costas atlânticas para o leste em toda a Europa até a Rússia.

Os valores das chuvas anuais de planície têm pouca variação espacial, desde as Midlands inglesas até os Urais. Conforme Boucher (2005), a passagem de frentes geralmente garante precipitação moderada em toda a planície europeia, sendo as quedas excessivas raras e geralmente associadas a distúrbios de movimento lento. Como regra geral, a precipitação anual sobre as planícies diminui tanto para o norte em direção ao Ártico quanto para o sul em direção ao Mediterrâneo. Em todos os lugares, a existência de colinas, montanhas, bacias fechadas e penínsulas complica esse padrão simples. Os valores anuais mais altos são encontrados em áreas montanhosas onde os vales estão abertos para o fluxo de ar sudoeste ou oeste. Algumas localidades registaram precipitação média anual superior a 5000 mm para o período 1961-1990, nomeadamente na Noruega, e possivelmente no interior dos balcãs. É provável que uma ou duas localidades nos Alpes da Baviera (Alemanha) e na Serra de Gredos (Espanha) recebam 3000 mm, enquanto 2000 mm pareceriam viáveis para as partes mais altas do Maciço Central e das montanhas Jura, na França (BOUCHER, 2005).

Sobre a precipitação nival, como regra geral, as temperaturas médias mensais devem situar-se abaixo de 1 °C para que a cobertura de neve persista. O número de dias individuais com cobertura completa de neve aumenta para nordeste em toda a planície europeia de 5 dias nas Midlands da Inglaterra para 40 sobre a Polônia central, 135 dias em torno de Moscou e até 200 ao longo da orla do Ártico (BOUCHER, 2005). A maioria das áreas

montanhosas está sujeita a receber fortes nevascas, embora o aspecto e o caráter dos invernos individuais, juntamente com o recente aumento das temperaturas, tenham reduzido o acúmulo de neve. A queda de neve prolongada superior a 25 cm sobre partes da Europa Ocidental só é provável ao norte de uma zona frontal ativa. Tal situação leva a um ar continental muito frio sendo atraído para o oeste sobre o norte da Alemanha em direção ao centro da Grã-Bretanha, enquanto o ar úmido é forçado a subir sobre os orientais frios. O aumento da neve ocorre se pequenos distúrbios correrem para o leste, tipicamente ao longo do Canal da Mancha até o centro da Alemanha. As baixas polares ocasionalmente trazem nevascas para a Escócia e partes orientais do Mar do Norte, mas sua atividade depende de distúrbios ciclônicos instáveis que se desenvolvem em fluxos de ar frios do norte que atravessam águas quentes do oceano (BOUCHER, 2005).

A avaliação regional do clima tem sido frequentemente realizada com base numa classificação do movimento do ar e das condições meteorológicas associadas. As pesquisas feitas por Lamb (1972), Hess e Brezowsky (1969) e Chubukov (1977) foram pioneiras na circulação atmosférica europeia e até hoje são utilizadas por vários climatologistas britânicos, alemães e russos. Apesar de suas limitações, um exemplo de tal regime anual está incluído. Outros índices de circulação incluem o de Namias (1950) e algumas variantes usadas por Dole e Gordon (1983). A pesquisa também se concentrou em índices que afetam parte ou todo o hemisfério norte, como a Oscilação do Atlântico Norte. Acredita-se que essa flutuação no gradiente de pressão entre a baixa islandesa (65°N) e a alta dos Açores (40°N) influencie os padrões climáticos em grande parte da Europa no inverno (VAN LOON e ROGERS, 1978). Desde 1989, a atuação atmosférica tem sido majoritariamente positiva, conduzindo a invernos mais quentes em muitas partes da Europa (BARRY e CHORLEY, 2003).

Os centros médios de atividade anticiclônica e ciclônica estão sobre as ilhas dos Açores, oeste de Portugal e sudoeste da Islândia, respectivamente (Boucher, 2005). Nos períodos em que o fluxo ocidental está bem estabelecido, cristas e vales se movem para o leste, afastando-se desses centros em toda a Europa Central. Estes podem estar associados a altos e baixos isobáricos fechados na superfície. O fluxo médio de ar sobre a Europa na troposfera é predominantemente do oeste entre alta pressão para o sul e baixa pressão para o norte. Impostas a este padrão estão ondas de grande amplitude com um comprimento de onda de vários milhares de quilômetros. Sua posição, movimento e intensidade produzem

um padrão de fluxo de ar em constante mudança. Embutido neste fluxo encontram-se zonas estreitas de ar em movimento rápido conhecidas como correntes de jato que se estendem a jusante por vários milhares de quilômetros. Eles podem ter cerca de 400 km de largura e estão associados aos limites da massa de ar da Frente Polar. Eles aparecem e desaparecem com as mudanças no padrão de circulação. Dentro do núcleo do jato Polar Front, os ventos podem exceder os valores de 60 m/s sobre a Europa (BOUCHER, 2005).

Ao longo do ano, as "células" podem se separar do anticiclone semipermanente dos Açores sobre o centro-leste do Atlântico Norte e viajar lentamente para o nordeste, perto do Canal da Mancha e através da planície europeia ou da Europa Central para o sul da Rússia europeia. Para Boucher (2005), dois a quatro novos anticiclones por ano tendem a se formar ao longo deste eixo. Outro centro favorito para a anticiclogênese encontra-se sobre a Escandinávia, enquanto os altos valores sobre o Mediterrâneo representam a realocação e o desenvolvimento dos Açores altos.

Na Europa, o termo "ciclones" geralmente é aplicado a tempestades tropicais. Os distúrbios ciclônicos de latitude média são referidos como depressões ou baixas. Depressões frontais afetam grande parte da Europa ao norte de 45°N durante todo o ano, e partes do Mediterrâneo durante a metade do inverno. Conforme Businger (1985), uma grande variedade de depressões não frontais também ocorre e inclui baixas de calor (baixas de trovão), baixas polares e depressões de Lee. A maioria destes está associada a padrões climáticos sinóticos pouco frequentes. As grandes depressões que desenvolvem pressões centrais abaixo de 980 mb se originam sobre o oeste do Atlântico Norte e atingem a intensidade máxima antes de atingir a terra.

### **3. Metodologia**

A contribuição de Novais (2019) para a classificação climática da Europa é baseada na sua tese de doutoramento, que foi utilizada no Cerrado, uma região biogeográfica com mais de 2 milhões de km<sup>2</sup> no centro do Brasil. 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):

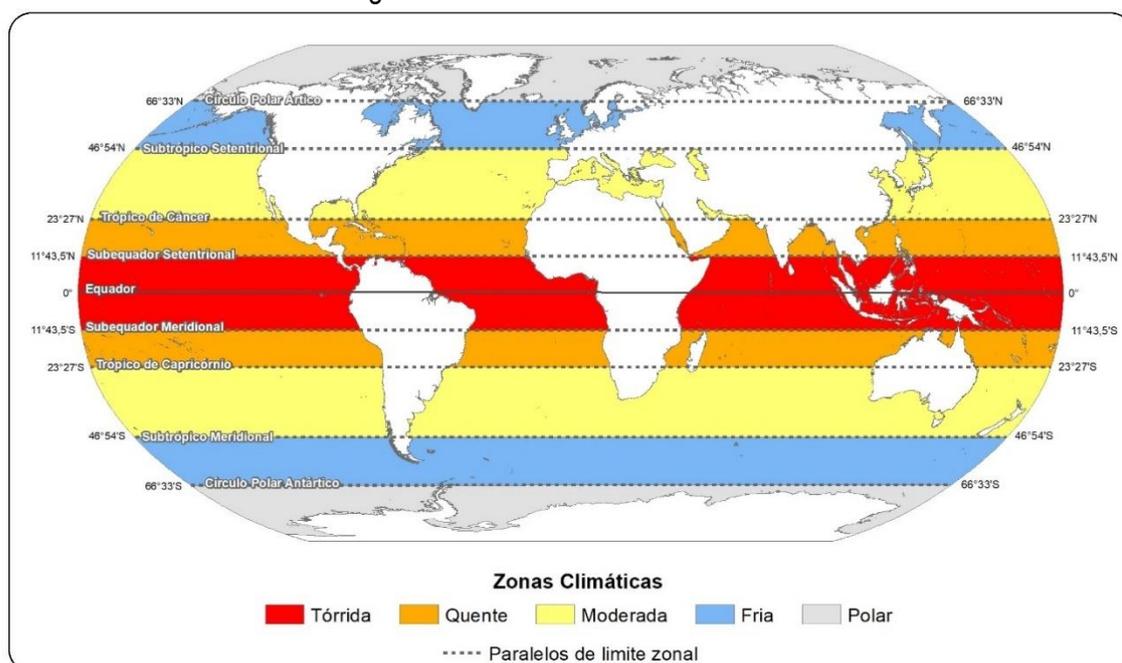
A classificação climática de Novais é dividida em 8 hierarquias, sendo elas: 1) Zona Climática: de controle astronômico, determinada pela incidência dos raios solares durante o ano; 2) Clima Zonal - regulado pela Temperatura Média do Mês mais Frio (TMMMMF); 3) Domínio Climático: também controlado pela TMMMMF, mas com atuação de sistemas atmosféricos, fundamentais para a diferenciação dessas unidades climáticas; 4) Subdomínio Climático: determinado pela quantidade de meses secos (precipitação menor que a evapotranspiração potencial); 5) Tipo Climático: mostra a localização dos Domínios e Subdomínios no continente; 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).

Houve uma modificação na nomenclatura na 5ª e 6ª hierarquias climáticas, passando a denominar-se região e sub-região climática e não tipo e subtipo climático.

Para Novais (2023), o Planeta é cortado por linhas imaginárias de incidência solar que delimitam as Zonas Climáticas (Figura 1). Além da linha do Equador, dos trópicos e dos círculos polares, essa metodologia de classificação climática possui mais quatro linhas imaginárias:

- 1) Linhas dos subequadores (paralelos  $11^{\circ}43'30''$ ): uma em cada Hemisfério (Meridional e Setentrional). Marcam a metade do caminho entre a linha do Equador e as linhas dos trópicos (Capricórnio e Câncer), no deslocamento aparente do Sol na abóbada celeste;
- 2) Linhas dos subtropicais (paralelos  $46^{\circ}54'$ ): uma em cada Hemisfério (Meridional e Setentrional). Sinalizam o local de alta incidência solar no solstício de verão, com o Sol deslocado em ângulo zenital de  $23^{\circ}27'$  (em cima do trópico do Hemisfério).

Figura 1: Zonas Climáticas do Planeta



Fonte: Novais e Machado (2023).

A partir dessas linhas imaginárias, são criadas as Zonas Climáticas, descritas a seguir:

*Tórrida*: limitada entre os subequadores, corresponde a zona de mais alta incidência solar do planeta. Durante o ano, o Sol, em seu movimento aparente pela abóbada celeste, passa duas vezes pelo zênite, ficando a uma altura mínima no horizonte de  $54^{\circ}49'30''$  no solstício de inverno local. A diferença entre a duração de horas do dia e da noite nos solstícios é pequena (máximo de 35 minutos);

*Quente*: zona climática situada entre os subequadores e os trópicos, há uma alta incidência solar anual, substancialmente na primavera e verão. O Sol, durante o ano, passa duas vezes no zênite local (uma vez em cima do trópico), ficando a uma altura mínima no horizonte de  $43^{\circ}06'$  no solstício de inverno local. A diferença entre a duração dos dias e das noites nos solstícios é de no máximo 1 hora e 35 minutos;

*Moderada*: localizada entre os trópicos e os subtropicais, possui uma alta incidência solar somente no verão. O Sol nunca fica “a pino” (no zênite local), somente na linha do trópico, estando a uma altura mínima no horizonte de  $19^{\circ}39'$  no solstício de inverno. Há uma grande diferença entre a duração das horas de dia e noite nos solstícios, variando de 1 hora e 35 minutos próximo ao trópico, a 3 horas e 19 minutos no subtropical;

*Fria*: zona climática localizada entre os subtropicais e os círculos polares, têm uma baixa incidência solar anual, o que torna sua superfície muito fria durante a maior parte do ano. A altura do Sol no horizonte varia de 46°54' no verão (no subtropical) a 0° no inverno (no círculo polar). Nos solstícios, a diferença entre a duração do dia e da noite é muito grande, com média de 7 horas e 30 minutos.

*Polar*: zona climática com a menor incidência solar do planeta, é delimitada pelos círculos polares até os polos. A altura máxima do Sol, acima do horizonte, é de 23°27'. No solstício de verão, o Sol brilha durante as 24 horas do dia; já no inverno ocorre o inverso, os raios solares não atingem a superfície, deixando a zona na escuridão.

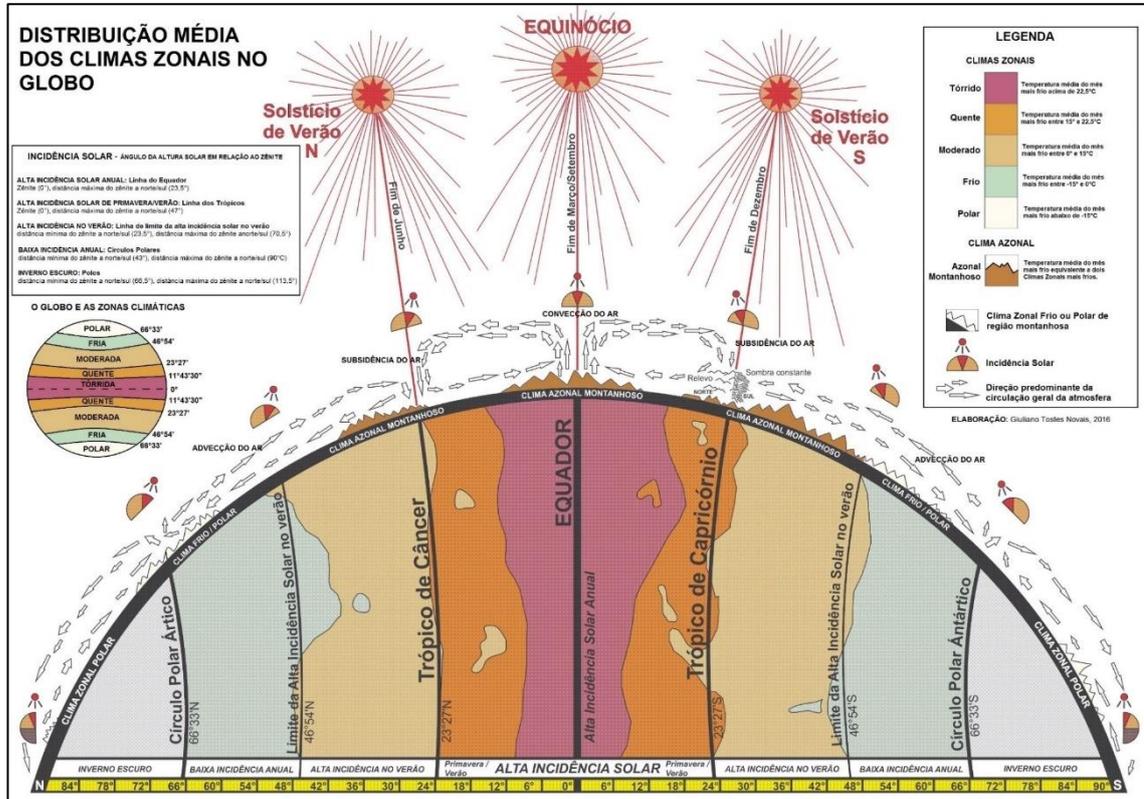
Os Climas Zonais diferem das Zonas Climáticas pois derivam da temperatura média do mês mais frio (TMMMF), mas também possuem um caráter astronômico, pois a temperatura do ar é influenciada diretamente pela radiação solar no local (Figura 2). Os valores que delimitam os climas zonais advêm de ensaios feitos por essa classificação climática, e por limites estabelecidos por Köppen (1948).

Segundo Novais (2017a), a isoietal limite entre os Climas Zonais *Tórrido* e *Quente* é de 22,5°C no mês mais frio, devido à grande sensibilidade ao frio de populações que vivem nessa região do planeta (uma média dos valores encontrados por Köppen (1948) para populações que vivem sobre a zona equatorial). Entre o Clima Zonal *Quente* e o Clima Zonal *Moderado* foi estabelecida a isoterma de 15°C para delimitar os dois climas; essa temperatura correlaciona com pelo menos um dia de geada no mês mais frio como demonstrado por Novais (2017b), afastando a possibilidade de desenvolvimento e proliferação da maioria dos vetores de enfermidades tropicais. Já a isoterma de 0°C para a TMMMF separa o Clima Zonal *Moderado* do Clima Zonal *Frio*; que segundo Köppen (1948), para os norte-americanos essa temperatura é suficientemente baixa para produzir uma cobertura de neve que se estende por várias semanas na estação de inverno. O Clima Zonal *Polar* tem o limite em sua TMMMF de -15°C, valor que propicia um congelamento do solo na maior parte do ano.

Além dos Climas Zonais temos os Climas Azonais, que ficam localizados entre os subtropicais e aparecem sobretudo nas áreas montanhosas com grande efeito adiabático do

ar. Quando a TMMMF de uma área é equivalente a dois climas zonais mais frios, comparados a zona climática adjacente, o clima se torna azonal.

Figura 2: Distribuição média dos Climas Zonais no Globo Terrestre



Autor: Novais (2017)

A terceira hierarquia da Classificação Climática de Novais atinge a escala regional do clima e é formada pelos Domínios Climáticos. Em geral, é uma subdivisão dos climas zonais, pois também utiliza a TMMMF em seus limites. A influência de sistemas atmosféricos e massas de ar que atuam por sua área é de suma importância na caracterização climática, sendo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) o principal sistema. A ZCIT separa o domínio Equatorial do Tropical, de mesma TMMMF, mas de diferentes períodos úmidos. Além da TMMMF e da ZCIT, também são determinados pela quantidade de meses secos e quantidade de precipitação (caso dos Domínios Semiárido e Árido).

Os Subdomínios Climáticos fazem parte da quarta hierarquia dessa classificação, sendo criados para dividir os domínios em quantidades de meses secos. O critério para tal é obtido pelo Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), mais especificamente na entrada e saída de água no sistema solo-planta-atmosfera, ou seja, a

diferença entre a precipitação e a Evapotranspiração Potencial (ETP). Quando a precipitação for menor que a ETP o mês é considerado seco. É dividido em Úmido (sem seca a 3 meses secos), Semiúmido (4 a 5 meses secos), Semiseco (6 a 7 meses secos) e Seco (8 a 11 meses secos).

Para localizar os domínios e subdomínios no continente, foram criadas as Regiões Climáticas (5ª hierarquia da classificação). Eles englobam essas duas hierarquias em áreas delimitadas pelo relevo em destaque na paisagem, como planaltos, serras, depressões e planícies, além da localização em regiões biogeográficas (como a de Roekaerts, 2002).

Na sexta hierarquia da Classificação de Novais aparecem as Sub-regiões Climáticas, uma divisão dos tipos climáticos de acordo com as unidades geomorfológicas vigentes na área de estudo. Na elaboração dos subtipos deve-se levar em conta os domínios, subdomínios e tipos climáticos primeiramente, para depois ajustar a unidade geomorfológica, não “cortando” (separando) as unidades climáticas em detrimento das unidades geomorfológicas.

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; 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. Para esse trabalho, foi utilizada até a 5ª hierarquia (Regiões Climáticas), pois a escala de mapeamento, não permitia maior detalhamento climático. As unidades climáticas foram estabelecidas pela interação entre essas hierarquias, dentro da escala climática específica a que cada uma cabe, como mostrado no Quadro 1.

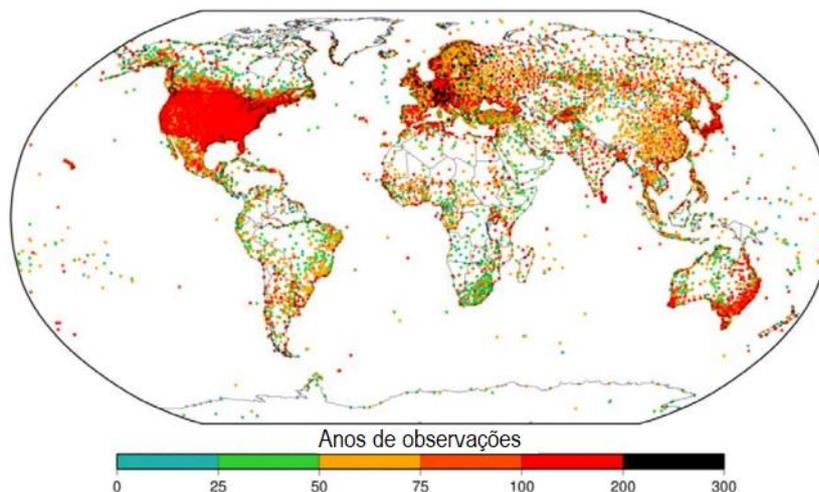
Quadro 1 - Escalas e hierarquias climáticas utilizadas para a Europa

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

### 3.1. Dados de reanálise

Para definição dos domínios e subdomínios climáticos, foi necessária uma base de dados de 30 anos de temperatura do ar e precipitação. Os dados utilizados foram obtidos do projeto CHELSA - Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas ([chelsa-climate.org](http://chelsa-climate.org)) - (KARGER et al., 2018). O algoritmo 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 (Figura 3) e oceanos através de navios, aviões, radiossondas e satélites, e disponíveis para download gratuito. O projeto dispõe de dados matriciais de temperatura, precipitação entre outras biovariáveis, com resolução espacial de 1km<sup>2</sup>.

Figura 3: As 26 mil estações meteorológicas utilizadas pelo Projeto CHELSA no planeta



Fonte: NOAA (2018).

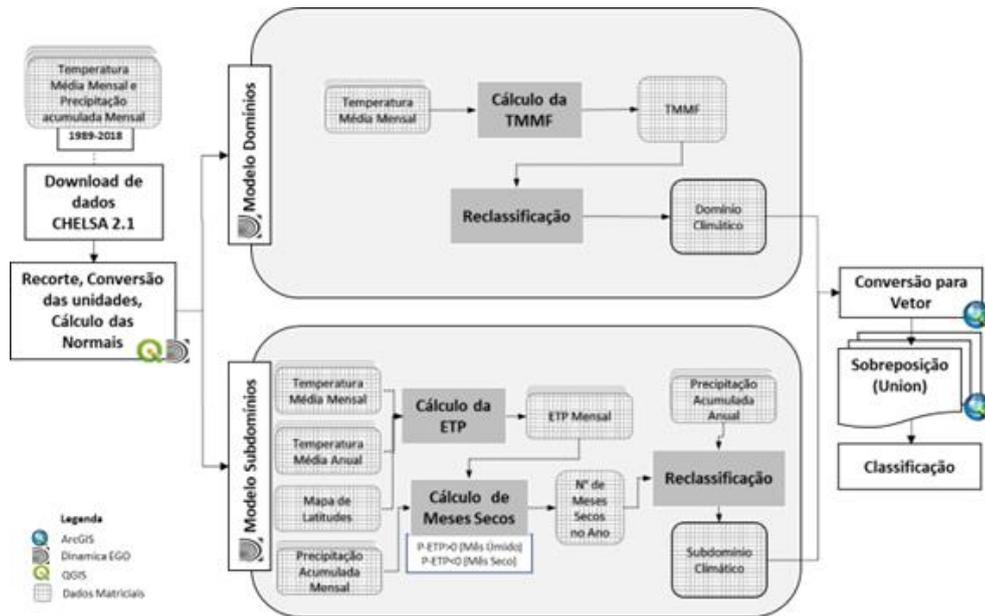
Inicialmente cumpre destacar que as verificações já realizadas entre os dados CHELSA e as informações observadas indicam uma similaridade entre os dados estimados e os observados. Khaydarov e Gerlitz (2019) investigaram a variabilidade da temperatura do ar e da precipitação no Uzbequistão e afirmam que os dados CHELSA apresentaram pouca variação quando comparados aos dados observados. Maria e Udo (2017), estudando a distribuição de espécies arbóreas na região do Himalaia compararam as bases de dados climáticos estimados pelo CHELSA e pelo WorldClim. Para os autores, os dados CHELSA representaram melhor as condições climáticas e seus dados, sobretudo quando observadas as áreas de relevo montanhoso/declivoso. Já Oliveira Júnior *et al* (2021a) avaliaram o

comportamento dos dados CHELSA a partir de sete postos localizados no estado de Alagoas (Brasil). Os autores constataram que em seis desses postos o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) observado superou os 0,7 (70%). Além disso, a partir dos resultados da Raiz do Erro Quadrático Médio observou-se que os erros oscilaram entre 60 e 70 mm, indicando que os dados CHELSA estimaram com acurácia os dados na região estudada.

Nos últimos anos, a utilização dos dados CHELSA perpassou diferentes propósitos, como para o preenchimento de falhas, avaliação da variabilidade espaço-temporal dos elementos climáticos, investigação de tendências climáticas, assim como a proposição de unidades climáticas (SANCHES *et al*, 2023). Oliveira Júnior *et al* (2021b) analisaram os dados CHELSA e estudaram a variabilidade espaço temporal da precipitação na região metropolitana de Maceió (Brasil). Novais (2019) utilizou-se das informações dos dados CHELSA para propor processos de sistematização para a classificação climática no bioma Cerrado do Brasil. Uma proposta de classificação climática aplicada para o estado de Goiás e o Distrito Federal (Brasil), foi desenvolvida por Novais (2020). Da mesma forma, em Novais e Galvani (2022) os autores apresentaram uma tipologia climática aplicada para o estado de São Paulo, atualizando e pormenorizando recortes espaciais da climatologia do estado. Novais e Machado (2023) e Novais (2023) aplicaram os dados CHELSA para a classificação climática de todo o território brasileiro. Já em níveis escalares regionais, Novais *et al* (2018) propuseram unidades climáticas para a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Minas Gerais-Brasil) utilizando dados do CHELSA. De forma similar, Allocca *et al* (2021), a partir do uso dos dados CHELSA, sugeriam unidades climáticas na Zona da Mata Mineira (Brasil). Sanches *et al* (2023), avaliaram a consistência dos dados CHELSA na precipitação da Região Sudeste do Brasil, demonstrando uma similaridade aos dados pluviométricos observados, por meio dos elevados valores obtidos de  $R^2$  e  $r$ , e baixos valores de EMA, ERM e REQM, conforme sugere a literatura desses testes.

Para esse trabalho, foi utilizado a versão 2.1, com médias mensais de temperatura e precipitação do período de 1989 a 2018. Os dados foram baixados, recortados para a Europa, e calculada a média mensal para os 30 anos da série, gerando uma normal climatológica desse período (Figura 4).

Figura 4: Roteiro metodológico para classificação de domínios e subdomínios climáticos

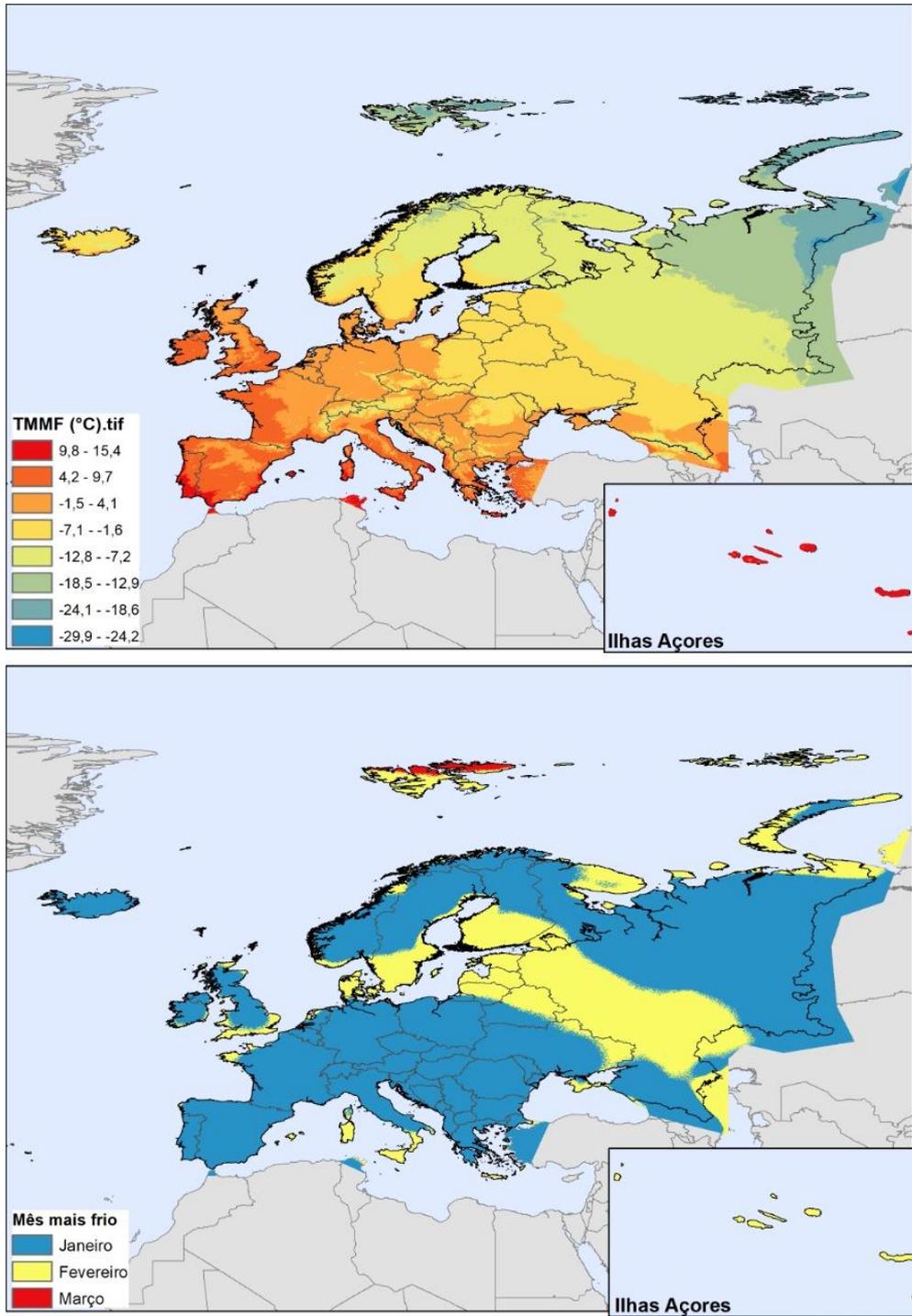


Fonte: Novais e Machado (2023)

### 3.2. Softwares utilizados

Os cálculos necessários para definição dos domínios e subdomínios climáticos foram incluídos em dois modelos cartográficos gerados no *software* livre Dinamica EGO. O *software* consiste em uma plataforma de modelagem de dados que permite a associação de dados espaciais e não espaciais, utilizando-se equações condicionais. A definição dos domínios climáticos é baseada na Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF). O modelo 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 (Figura 5). Este raster é, então, reclassificado pelo modelo utilizando os limiares de TMMMF, meses secos e precipitação média anual, apresentados na tabela 1.

Figura 5: Temperatura do mês mais frio (a) e mês mais frio do ano (b) para a Europa



Elaboração: próprio autor e L.A.Machado.

Tabela 1 – Classificação de Domínios Climáticos na Europa

Domínio Climático	TMMMF	Meses Secos/Precipitação Média Anual (PMA)
Tropical Ameno	15° a 17,9°C	-
Subtropical	10° a 14,9°C	-
Temperado	0° a 9,9°C	-
Temperado Frio	-10°C a -0,1°C	-
Subglacial	-30°C a -10,1°C	-
Árido	-	12 meses secos + pma < 500mm

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

$$\text{Eq. 1} \quad ET_p = 16\left(\frac{10T_n}{I}\right)^a \quad 0 \leq T_n \leq 26^\circ\text{C}$$

Onde  $T_n$  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:

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

$$\text{Eq. 3} \quad a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I + 0,49239$$

No caso de  $T_n > 26,5^\circ\text{C}$ , a  $ET_p$  é dada pela equação de Willmott *et al.* (1985).

$$\text{Eq. 4} \quad ET_p = -415,85 + 32,24T_n - 0,43T_n^2 \quad T_n > 26^\circ\text{C}$$

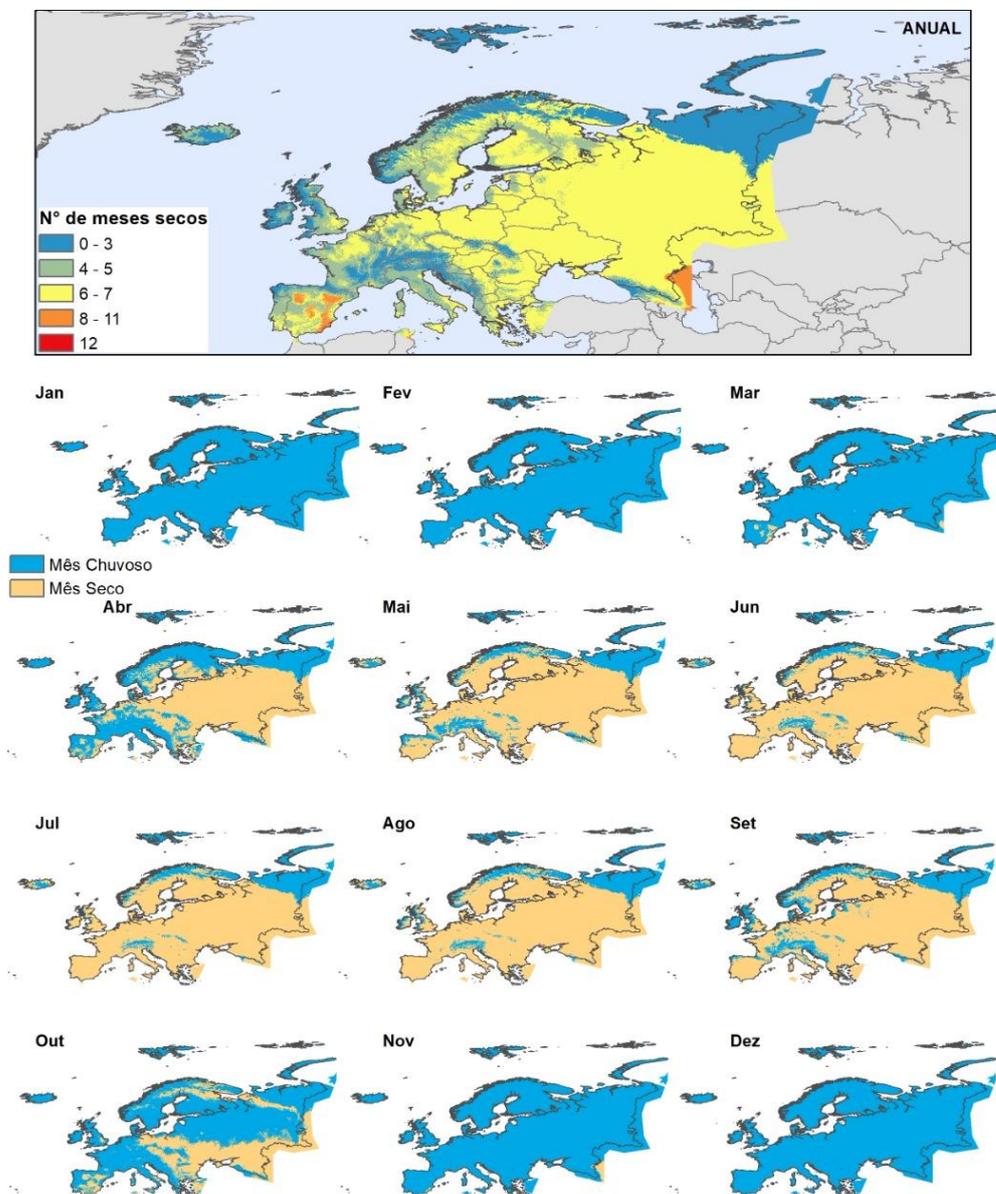
O valor de ETP calculado, por definição, representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria naquelas condições térmicas, mas para um mês padrão de 30 dias, em que cada dia teria 12 horas de fotoperíodo (Thornthwaite e Matter, 1955). Portanto, para se obter a ETP do mês correspondente, a ETP deve ser corrigida em função do número real de dias e do fotoperíodo do mês. Os valores de correção são apresentados por Thornthwaite e Matter (1955) como uma média para determinadas faixas latitudinais, conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Fator de Correção da Evapotranspiração Potencial Padrão para Europa

46°N	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fator Cor	0,87	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82

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 (Figura 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.

Figura 6: Número de meses secos no ano na Europa (a); Classificação de Subdomínios(b).

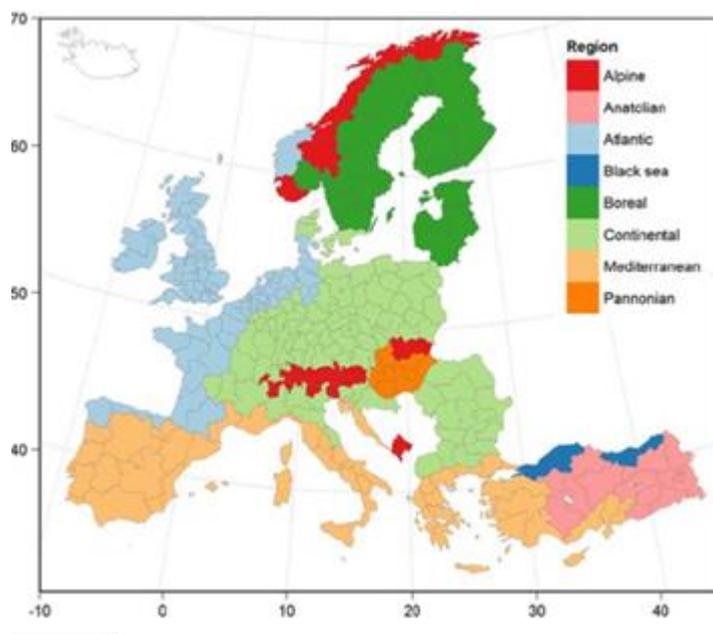


Elaboração: próprio autor e L.A.Machado.

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 de domínio e subdomínio sobrepostos.

A metodologia de mapeamento das regiões climáticas, utilizou a localização dos domínios e subdomínios dentro do continente europeu, baseado na delimitação de unidades de relevo como planícies litorâneas, depressões e escarpas de planaltos e serras; juntamente com aspectos bioclimáticos continentais, de acordo com a Figura 7, de Roekaerts (2002). Para descrição dos tipos climáticos, também foram utilizadas as Paisagens Pan-Européias de Meeus (1995).

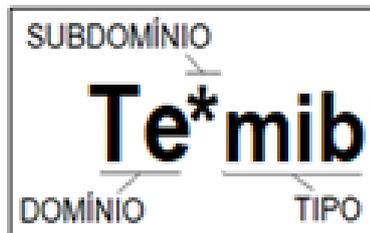
Figura 7: Regiões Bioclimáticas da Europa. Fonte: Roekaerts, 2002.



Para a identificação das unidades climáticas no mapa, foi elaborada uma codificação mostrando a interação hierárquica dos climas, conforme o padrão utilizado por Novais (2023). A Figura 8, apresenta o código (em inglês) da unidade climática *Temperado semisseco mediterrâneo ibérico*. No domínio utilizamos duas letras (Te), uma abreviação de *Temperado*; o subdomínio, que é determinado pela quantidade de meses secos, é mostrado por caracteres que vão de ( " ) úmido, ( ' ) semiúmido, ( \* ) semisseco e ( \*\* ) seco; e para a

região climática são empregadas mais três letras em caixa baixa (mib = mediterranean iberian).

Figura 8: Código utilizado na diferenciação das unidades climáticas no mapa.



#### 4. Resultados e Discussão

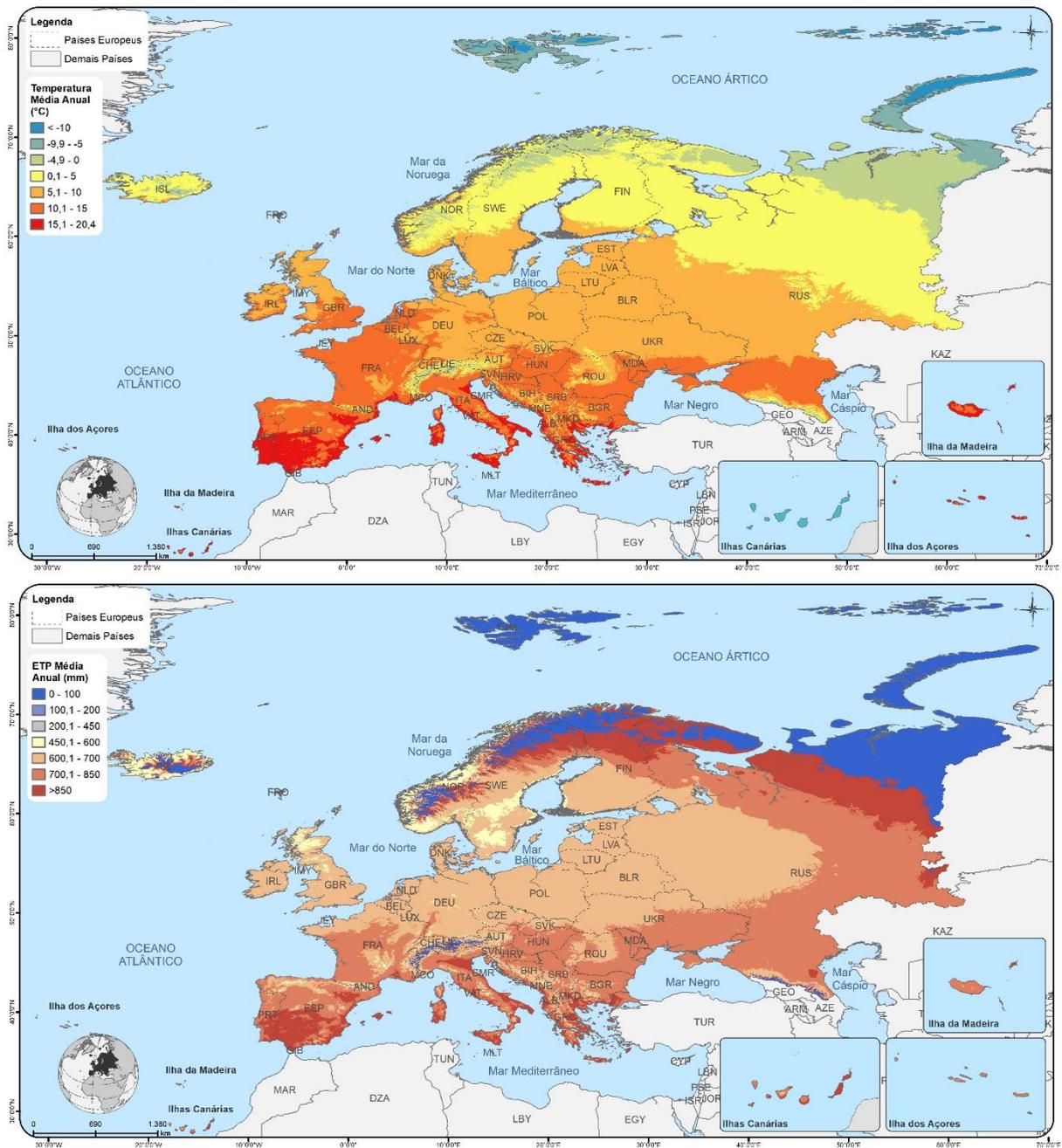
Os dados de reanálise do CHELSA, além de usarem o relevo como base, uniformizaram a distribuição espacial da temperatura do ar, precipitação e ETP, o que não é possível utilizando estações meteorológicas espalhadas irregularmente pelo continente.

A temperatura do ar média anual, a ETP média anual e a precipitação média anual, são mostradas na Figura 9a, 9b e 9c, conjuntamente, pois servem de base para a elaboração dos subdomínios climáticos.

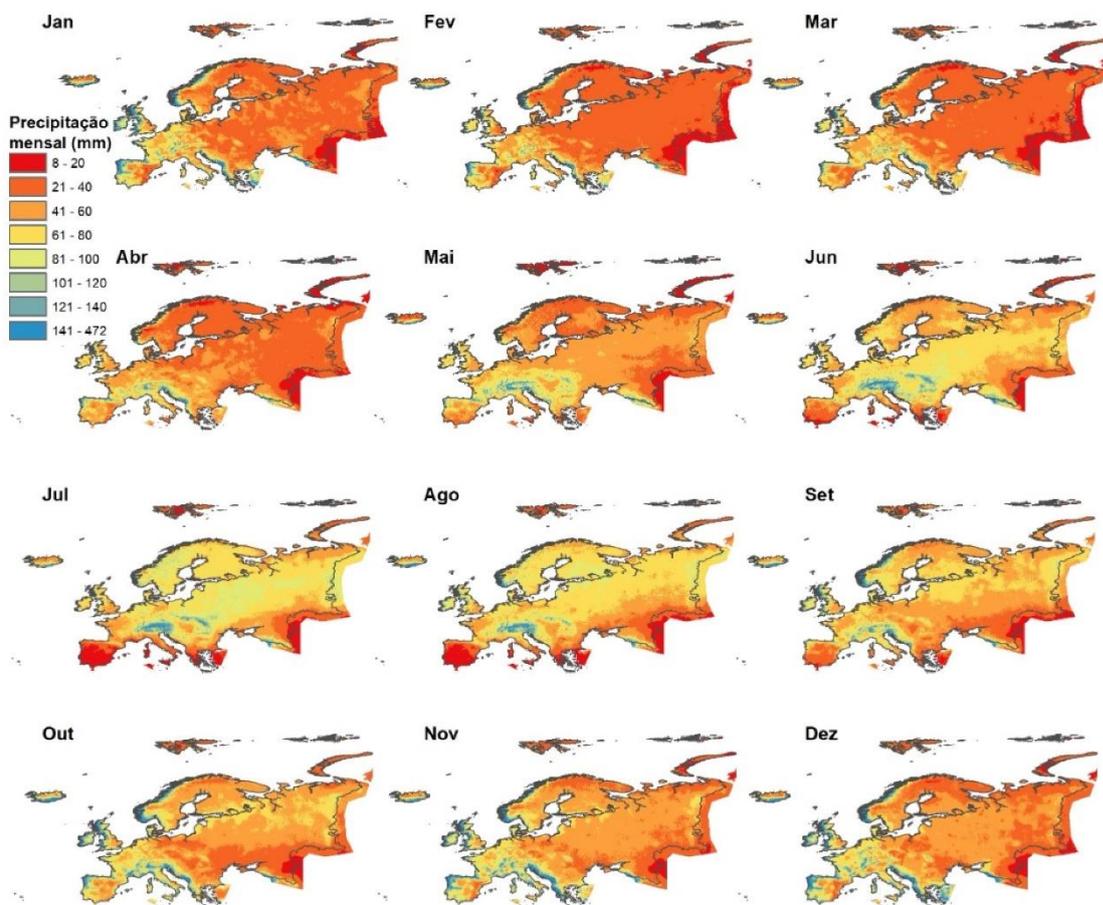
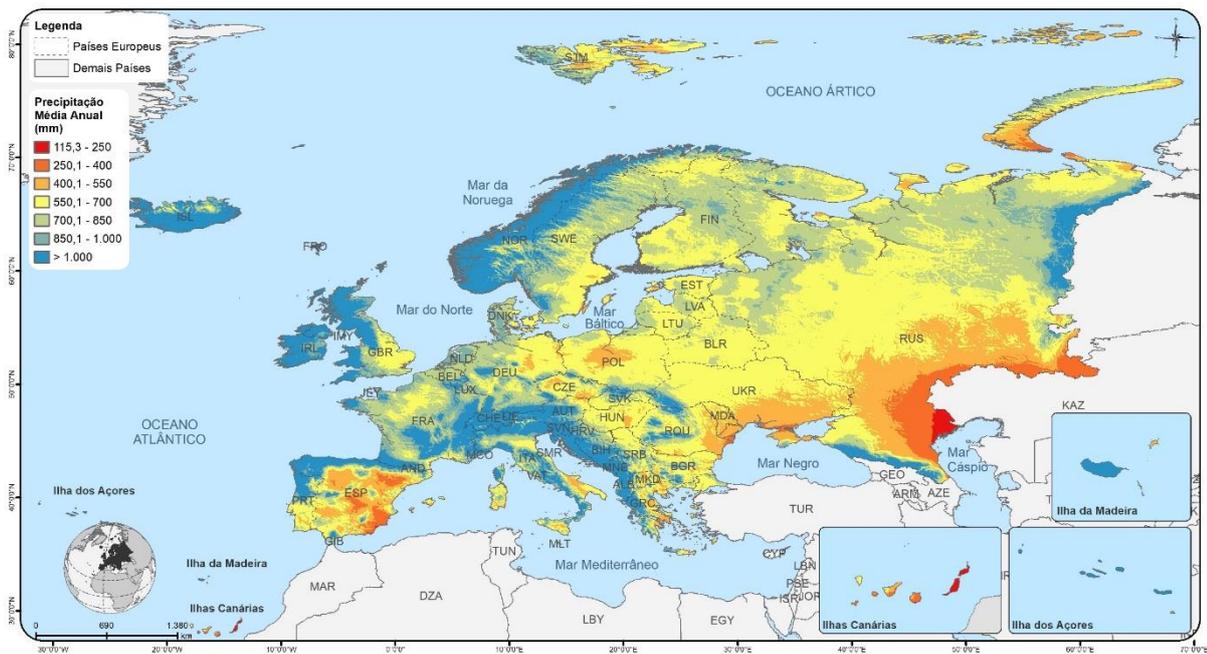
É possível observar as maiores temperaturas do ar média anual na Europa, com valores acima de 15°C no sul do continente, principalmente na costa do Mediterrâneo. As menores temperaturas localizam-se nas áreas mais elevadas (Alpes, Pirineus, Cárpatos), na Europa setentrional e no interior da Sibéria, próximo aos Urais.

A ETP segue a disposição da temperatura do ar, pois tem influência direta deste elemento climático. Já a quantidade de chuva ultrapassa os 1.000 mm no noroeste da Península Ibérica, nas áreas mais elevadas (Alpes, Pirineus, Cárpatos), na porção ocidental das Ilhas Britânicas e da Península Escandinávia, além do interior dos Balcãs e Urais. Na Figura 9C, é possível observar as variações mensais da precipitação em todas as áreas do continente. Um contribuição do CHELSA para análise pluviométrica da Europa.

Figura 9: Temperatura média anual na Europa (a) e Evapotranspiração potencial anual na Europa (b)



Elaboração: próprio autor e L.A.Machado.



Elaboração: próprio autor e L.A.Machado.

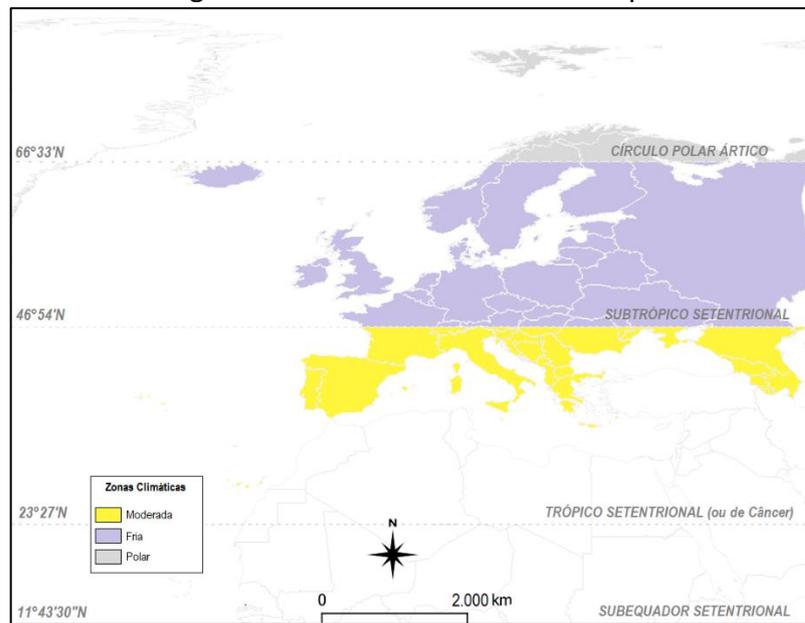
## 4.1. Unidades climáticas europeias (até a 5ª hierarquia de Novais)

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 Regiões Climáticas.

### 4.1.1. 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. A incidência do Sol na superfície marca as linhas imaginárias das zonas climáticas. Na Europa passam duas dessas linhas (o Subtrópico Setentrional e o Círculo Polar Ártico), dividindo o continente em três zonas climáticas, conforme a Figura 10: Moderada, Fria e Polar.

Figura 10: Zonas Climáticas da Europa



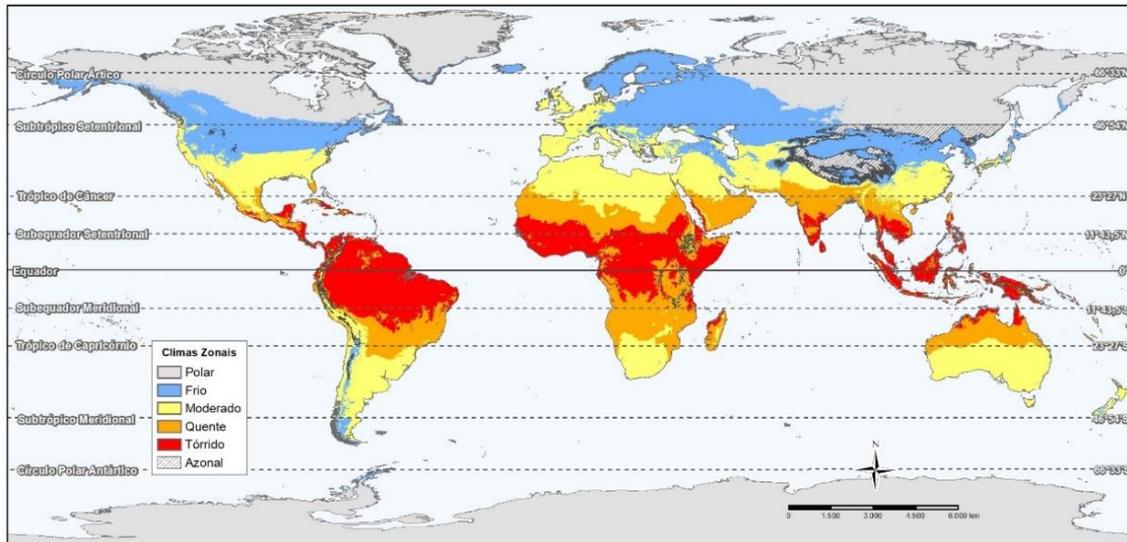
Elaboração: próprio autor.

### 4.1.2. Climas Zonais

Os Climas Zonais (Figura 11) diferem das Zonas Climáticas, sendo a TMMMF o principal elemento que caracteriza essa hierarquia. A temperatura varia de acordo com limites específicos, que vão desde a percepção ao frio de populações localizadas na região

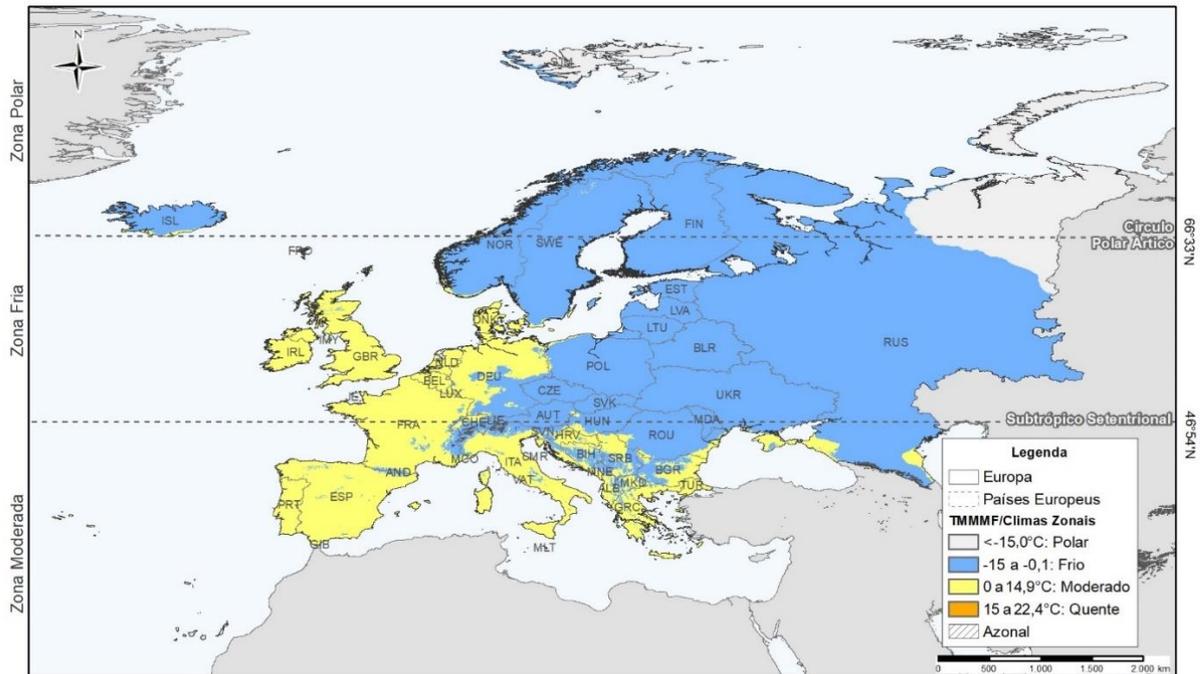
equatorial, até a proliferação de doenças tropicais e acúmulo de neve no inverno (Novais, 2017a).

Figura 11: Climas Zonais do Planeta. Fonte: Novais e Machado (2023)



De acordo com a Figura 12, o Clima Zonal Moderado, com TMMMF entre 0° e 15°C, predomina no sudoeste da Europa, por influência da latitude e também pela Corrente do Golfo, que esquentam a superfície das águas do Oceano Atlântico nessa região. O Clima Zonal Frio é o maior do continente, com TMMMF entre 0° e -15°C, aparece desde a Europa Central até os Urais (Rússia), e nas áreas mais elevadas da Europa Ocidental. Já o Clima Polar é restrito ao nordeste da Rússia Européia e nas áreas montanhosas dos Alpes e do Cáucaso, onde a TMMMF fica abaixo de -15°C

Figura 12: Climas Zonais da Europa.

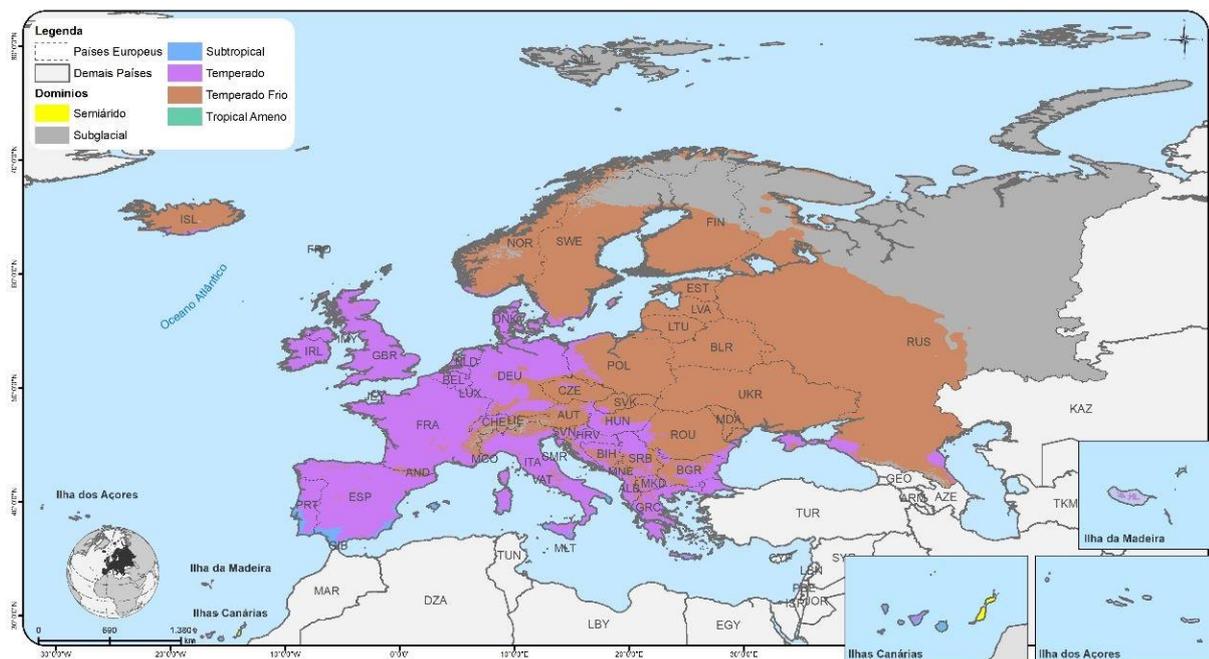


Elaboração: próprio autor e L.A.Machado.

#### 4.1.3. 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 (3ª hierarquia climática) tem na TMMMF seu principal atributo, mas sistemas atmosféricos podem diferenciá-los de outros com a mesma característica. Na Figura 12, são apresentados todos os domínios climáticos da Europa: Tropical Ameno, Subtropical, Temperado, Temperado Frio, Subglacial e Semiárido.

Figura 12: Domínios Climáticos da Europa



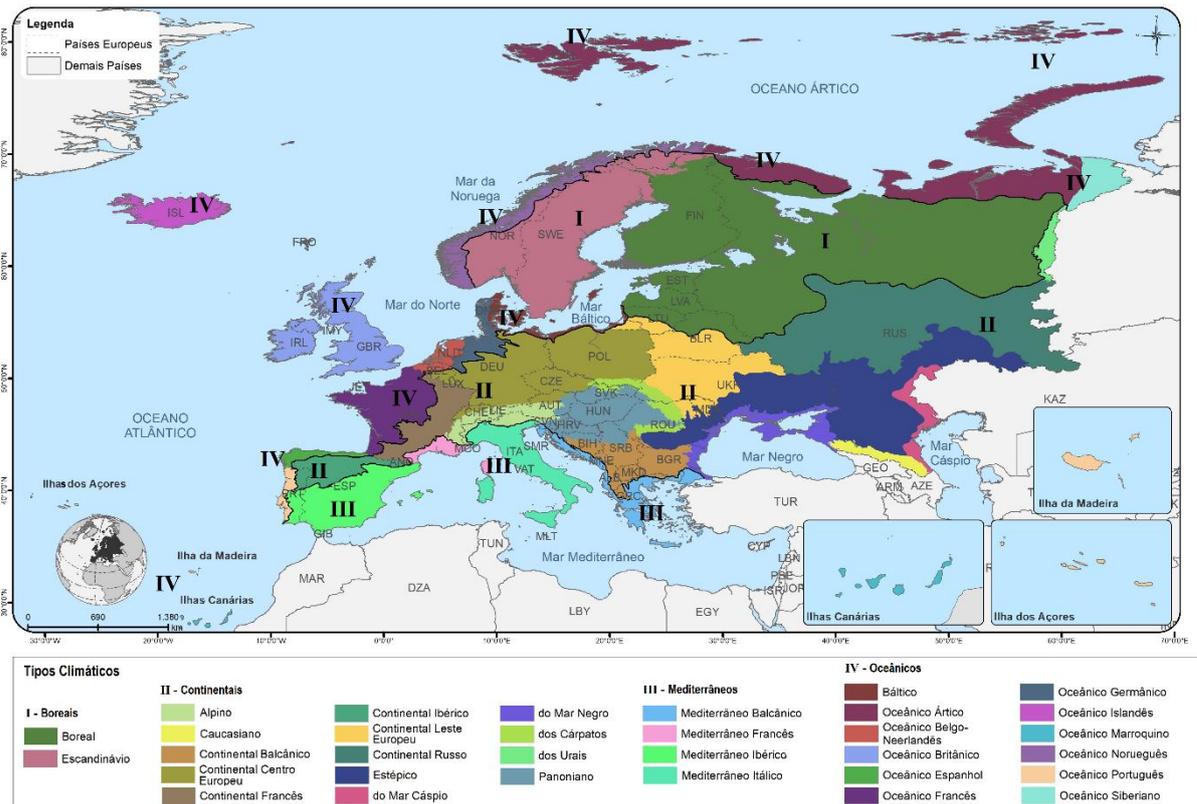
Elaboração: próprio autor e L.A.Machado.

Os domínios são divididos em Subdomínios (4ª hierarquia climática) de acordo com a quantidade de meses secos ( $P < ETP$ ), tornando-os mais úmidos ou mais secos (Figura 14). De acordo com Rolim (2020), um solo nessas condições ( $P < ETP$ ) está potencialmente seco, o que mostra uma deficiência de água no sistema solo-planta-atmosfera, gerando uma restrição no crescimento das plantas e diminuindo a vazão da drenagem superficial e subsuperficial. Agora se  $P > ETP$  for maior que zero, o excesso de água no sistema vai gerar um escoamento superficial e uma drenagem profunda para o lençol freático, favorecendo, por exemplo, um crescimento máximo das plantas. Para Novais e Galvani (2022), no Balanço Hídrico Climatológico Normal (BHCN), a ETP é uma condição que depende de atributos da atmosfera, e a Evapotranspiração Real (ETR) uma condição que depende de características da umidade do solo, por exemplo. O Excedente Hídrico mostra o quanto sobrou de água no período analisado, e a  $P-ETP$  expõe as condições potenciais para entrada ou saída de água no sistema solo-planta-atmosfera.

Para localizar os domínios e subdomínios no continente são utilizados as Regiões Climáticas (5ª hierarquia da classificação). Eles englobam as duas hierarquias anteriores, em áreas delimitadas pelo relevo e por regiões biogeográficas e paisagísticas. Foram

encontrados 32 tipos climáticos na Europa e para um melhor entendimento da sua distribuição pelo continente, estes foram separados em quatro regiões de abrangência, com características que influenciam as divisões, sendo elas: Boreal, Continental, Mediterrânea e Oceânica.

Figura 13: Regiões climáticas europeias



Elaboração: próprio autor e L.A.Machado.

A região Oceânica segue as planícies marinhas, juntamente com seus tabuleiros costeiros, até o limite com os planaltos e são nomeados na Europa como: Oceânico Ártico, Oceânico Belgo-Neerlandês, Oceânico Britânico, Oceânico Espanhol, Oceânico Francês, Oceânico Germânico, Oceânico Islandês, Oceânico Marroquino, Oceânico Norueguês, Oceânico Português e Oceânico Siberiano.

Em relação a descrição da paisagem nas regiões oceânicas, temos no Ártico um predomínio da vegetação de tundra (MEEUS, 1995), de baixas planícies e afloramentos rochosos, com geleiras (glaciares), pântanos e prados (SCHULTZ, 2002); com limite do Oceano Atlântico e Mar do Norte, as regiões Britânica, Espanhola e Francesa possuem

culturas em paisagens fechadas (Bocage) e de Openfields (campos abertos de cultivos em terra fértil). Os Polders (solos férteis e argilosos em planícies e depressões absolutas) aparecem nas regiões Belgo-Neerlandesa e Germânica, que também possuem os Kampen (paisagem fechada de cultivos, alagados e culturas). As Florestas de Taiga com criação de ovelhas são típicas do tipo Norueguês, juntamente com a cultura sustentável em terras geladas na Islândia. Na região Portuguesa, aparecem as paisagens fechadas com agricultura mista (Cultura Promiscua), mas também uma paisagem aberta com cultivo florestal (Montados). O deserto do Saara tem influência direta na região Marroquina, e a transição entre Tundra e Floresta de Taiga aparece no tipo Siberiano.

Abrangendo todo o interior do continente europeu, a região climática Continental é caracterizado por temperaturas mais frias durante o inverno (e mais quentes no verão na porção ocidental), sendo coincidente com a área do Clima Zonal Frio. Possui um relevo diversificado, desde cadeias montanhosas com a dos Pireneus (Península Ibérica), passando por maciços e planaltos, até a planície polonesa. Na região Continental Balcânica há presença de Bocages e Openfields coletivos; na Continental Francesa somente Bocages; no Centro da Europa há presença de Openfields com florestas e pastagens; na Península Ibérica aparecem Montados juntamente com Openfields; no Leste Europeu há presença de Strip Fields (“loteamento jardim”, de agricultura intensiva) e Openfields coletivos; e na Continental Russa os Openfields coletivos são vistos juntamente com a Floresta de Taiga (MEEUS, 1995).

A região Mediterrânea tem uma característica comum a todas as suas subdivisões, o verão seco e o inverno úmido, além de temperaturas do ar mais elevadas em relação aos outros tipos europeus. O relevo também é muito diversificado, com planaltos, planícies e montanhas, mas com influência direta do mar Mediterrâneo. Em muitos locais a paisagem é modificada para adaptação antrópica ao clima mais seco, como nas Huertas, de agricultura intensiva irrigada nos tipos Balcânico, Ibérico e Itálico. Conforme Meuus (1995), as Openfields aparecem nas regiões francesa, Ibérica e Itálica, sendo que nessa última também há Cultura Promiscua.

Caracterizado pela presença da floresta de Taiga, e localizado na região setentrional do continente, a região climática Boreal possui temperaturas mais baixas devido à alta

latitude. Possui dois domínios (Temperado Frio e Subglacial) e três subdomínios que vão desde o úmido ao semisseco.

Além dessas grandes regiões climáticas (Oceânica, Continental, Mediterrânea e Boreal), temos outras regiões climáticas mais localizadas, que demonstram uma certa peculiaridade em relação as outras, e são descritas a seguir:

A região Alpina é caracterizado pela influência orográfica das montanhas principalmente na temperatura do ar, mas também, na quantidade de precipitação, dependendo da localização das vertentes a barlavento e a sotavento. A terra arável é concentrada nas encostas suaves.

O Mar Báltico é a principal referência da região climática de mesma nomenclatura. A grande massa de água ameniza o frio continental das suas áreas circundantes, tornando-o mais quente no verão e no inverno. Antigos campos abertos (com agricultura e criação de gado) contrastam com as paisagens de Floresta de Taiga.

Também sob influências montanhosas, as regiões climáticas Caucásiana, dos Cárpatos e dos Urais possuem a temperatura do ar mais baixa devido a maior altitude do relevo. Na região Caucásiana, a diminuição térmica é tanta, que se forma um Clima Azonal.

A influência dos mares Cáspio e Negro também é a característica principal dessas regiões homônimas, que possuem uma maior TMMM. A depressão localizada no Mar Cáspio, torna o subdomínio na região seco. As culturas são semifechadas (Semi-Bocage) e predomínio da vegetação estépica.

A região climática estépica abrange uma região cuja vegetação é caracterizada por arbustos espaçados, típica de áreas com subdomínios secos e semissecos, e com temperatura do ar mais baixa. Aparece desde a Romênia ao leste da Rússia Européia.

A Escandinávia possui sua região climática englobando três domínios (Temperado, Temperado Frio e Subglacial) e três subdomínios: úmido, semiúmido e semisseco. Abrange a parte oriental da península, a leste dos alpes escandinavos. Com campos abertos de cultivo e criação de gado, juntamente com Florestas de Taiga.

A última região climática européia é a Panoniana, que ocupa a região corresponde à bacia central do Danúbio, com a grande planície húngara no centro (Ostergren e Rice, 2004).

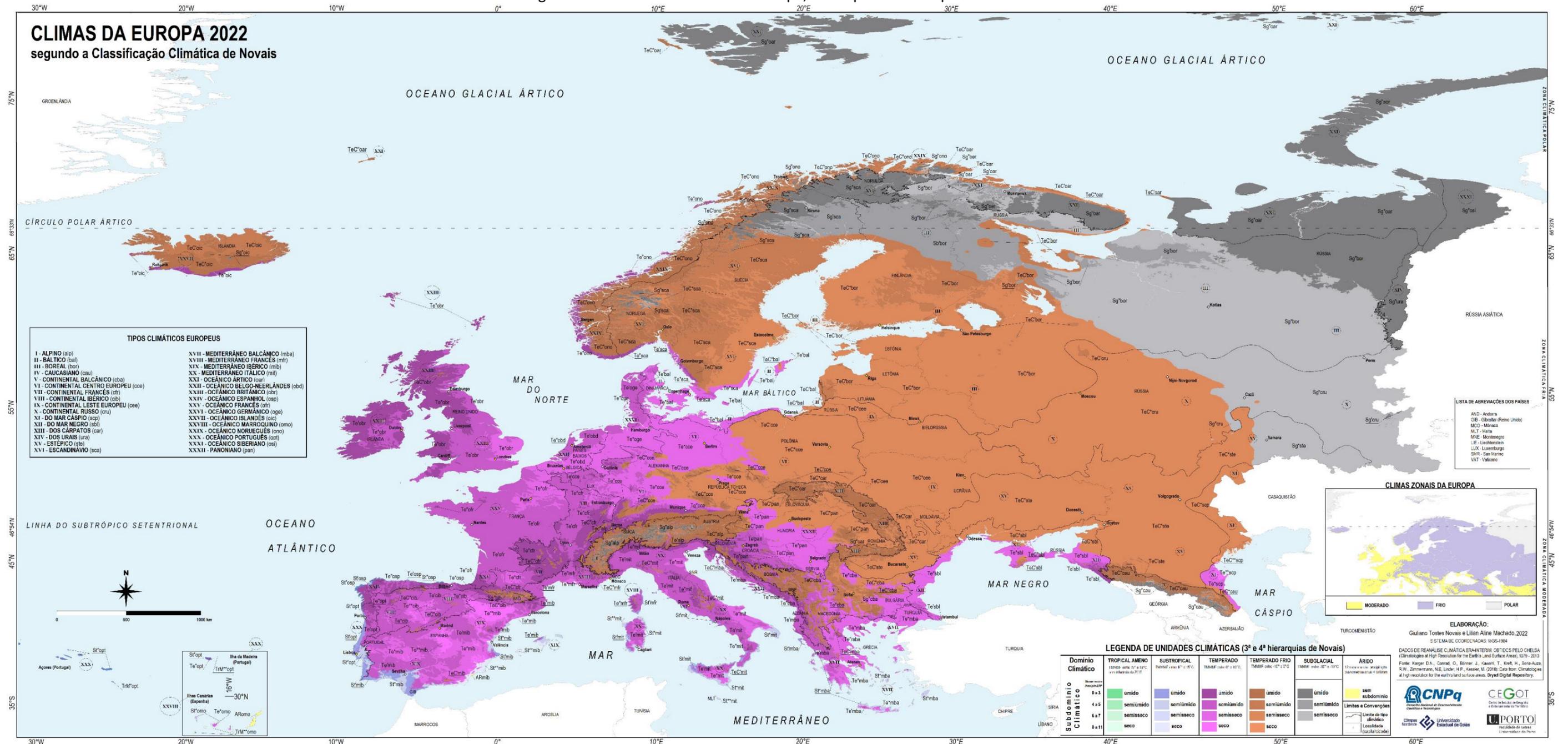
Reúne dois domínios climáticos (Temperado e Temperado Frio), com o predomínio do subdomínio semisseco no centro. Possui campos abertos de cultivo coletivo.

O mapa das unidades climáticas da Europa (Figura 14) 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 continente. Os domínios climáticos são mostrados em cores diferentes (padronizadas para todo globo terrestre): verde para o Tropical Ameno; azul para o Subtropical; roxo para o Temperado; marrom para o Temperado Frio; cinza para o Subpolar; e amarelo para o Semiárido. Os subdomínios são divididos em 4 tons de cores, quanto mais claro mais seco. Já as regiões climáticas (tipos climáticos) foram traçadas a partir da localização dentro do continente, sendo mostrados em forma de uma linha tracejada e identificados por numerais romanos.

Foram identificadas 191 unidades climáticas até a 5ª hierarquia, sendo codificadas pelo método já especificado anteriormente na metodologia. Essas unidades são mostradas em forma de quadros dentro dos textos referentes aos domínios, com seus valores de área, altitude, temperatura média do mês mais frio (TMMMMF), precipitação pluviométrica anual, evapotranspiração potencial anual (ETP) e quantidade de meses secos.

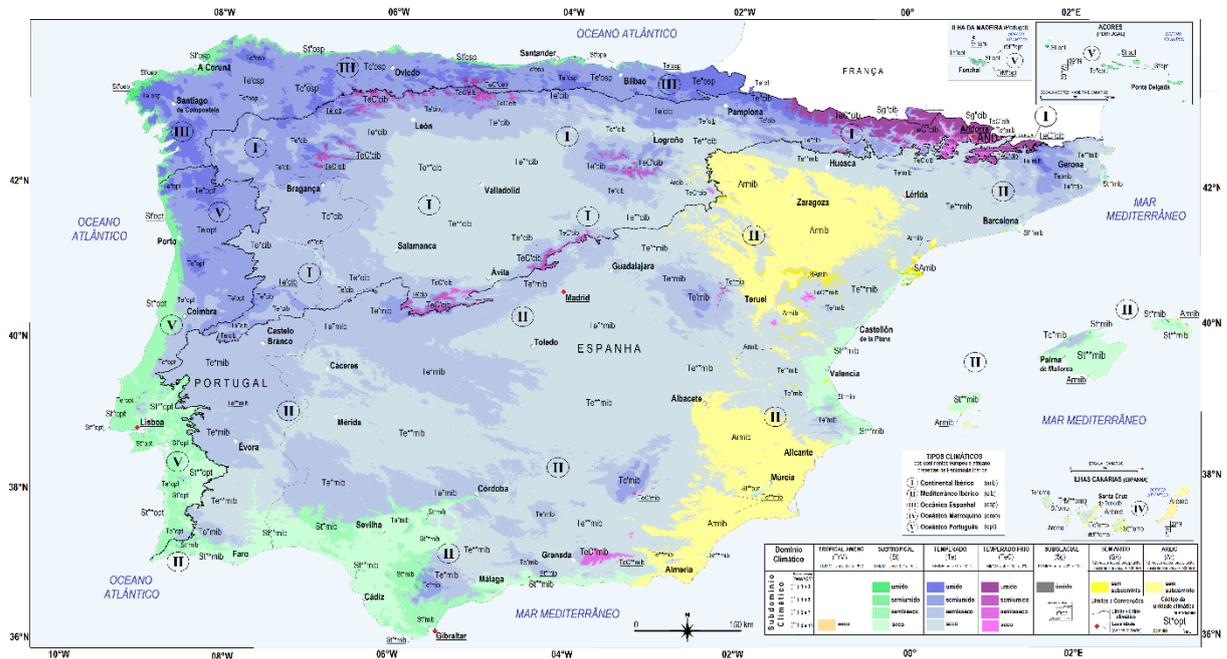
Na Figura 15, é mostrada as unidades climáticas da Península Ibérica, também até o quinto nível hierárquico (região climática), só que utilizando a metodologia de obtenção da ETP de Penman-Monteith (com mais elementos e fatores climáticos analisados), diferente da de método Thornthwaite. Com isso, outros domínios apareceram (Semiárido e Árido) e juntamente com os subdomínios, se espalham por 5 regiões climáticas: Continental Ibérica, Mediterrânea Ibérica, Litorânea Espanhola e Litorânea Portuguesa, além do região Litorânea Marroquina. As cores dos domínios climáticos (Figura 15) foram modificadas para um padrão mundial aplicado por Machado e Novais (2023), sendo as seguintes: Laranja para o Tropical Ameno, Verde para o Subtropical, Azul para o Temperado, roxo para o Temperado Frio e Cinza para o Subglacial.

Figura 14: Unidades climáticas da Europa, até a quinta hierarquia de Novais



Fonte: Elaborado por Novais e Machado (2023).

Figura 15: Unidades climáticas da Península Ibérica, utilizando o método ETP Penman-Monteith



Fonte: Elaborado pelo autor.

## Domínio Tropical Ameno

O Tropical Ameno é o domínio climático mais quente da Europa, mas em comparação com o Tropical, tem temperaturas médias mais baixas, sendo uma transição para o Domínio Subtropical. Ocupa exclusivamente o litoral dos arquipélagos dos Açores e Madeira (Portugal) e das Canárias (Espanha), com uma área de pouco mais de 2 mil km<sup>2</sup>. A predominância do Anticiclone dos Açores durante o período de verão, favorece a estabilidade do tempo, provocando um verão quente e seco. A altimetria varia de 0 a 732 metros. Funchal (Madeira) e Santa Cruz de Tenerife (Canárias) são as principais cidades desse domínio climático.

O Clima Zonal é Quente, pois a TMMMF (fevereiro nas Canárias e Madeira, e março nos Açores) fica entre 15° e 17,9 °C. A precipitação média anual varia muito, a Ilha de Gran Canária (Espanha) registra os menores valores (abaixo de 210 mm), e os maiores valores estão nas vertentes a barlavento do norte da ilha da Madeira, ultrapassando os 2100 mm.

Possui 4 subdomínios: úmido, com 3 meses secos (litoral ocidental da ilha da Madeira); semiúmido, com 4 a 5 meses secos (litoral oriental da ilha da Madeira, litoral da ilha de Santa Maria – Açores); semisseco, com 6 a 7 meses secos (ilhas de Tenerife e La Palma-Canárias) e seco, com 8 a 11 meses secos (Ilha de Porto Santo-Madeira e Ilhas Canárias Ocidentais). O Domínio Climático Tropical Ameno aparece em 2 regiões: Oceânica Portuguesa e Oceânica Marroquina. O Quadro 5, mostra as 6 unidades climáticas de Domínio Tropical Ameno, presentes dentro do continente europeu.

Quadro 2: Regiões climáticas de Domínio Tropical Ameno na Europa

Código	Unidade Climática de 5ª Hierarquia (Região)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
<b>TrM'opt</b>	Portuguese Oceanic Humid Mild Tropical	22,1	48 - 171	15,5 - 16,3	1.638 – 2.156	842 - 868	3
<b>TrM'opt</b>	Portuguese Oceanic Semi-humid Mild Tropical	51,8	6 - 391	15,0 – 15,8	757 - 1.630	846 - 872	4 - 5
<b>TrM*omo</b>	Moroccan Oceanic Semi-dry Mild Tropical	333,0	0 - 792	15,0 – 17,3	421 - 676	830 - 912	6 - 7
<b>TrM*opt</b>	Portuguese Oceanic Semi-dry Mild Tropical	19,9	0 - 255	15,1 – 16,5	539 - 854	857 - 896	6 - 7
<b>TrM**omo</b>	Moroccan Oceanic Dry Mild Tropical	1.646,2	0 - 405	15,0 – 17,9	209 - 527	825 - 957	8 - 11
<b>TrM**opt</b>	Portuguese Oceanic Dry Mild Tropical	40,6	7 - 169	15,5 – 16,3	511 - 547	866 - 889	8

## Domínio Subtropical

Localizado no litoral da Península Ibérica, principalmente em Portugal, mas também nas ilhas do Mar Mediterrâneo e nas costas meridionais da Itália e da Grécia, o domínio Subtropical possui uma área de abrangência com mais de 116 mil km<sup>2</sup>. Tem uma característica climática sazonal específica no continente, verões secos e invernos chuvosos. A altitude varia do nível do mar a mais de 1.800 metros nas Canárias. As principais cidades desse domínio climático são: Porto e Lisboa (Portugal), Sevilha, Valência e Barcelona (Espanha), Cagliari, Palermo e Nápoles (Itália).

De Clima Zonal Moderado, possui TMMMF (janeiro na Península Ibérica e fevereiro no restante da área) entre 10° e 14,9°C, tendo a possibilidade de geada anual. Com uma grande variação pluviométrica, esse domínio tem valores de 161 mm (Canárias) a 2.834 mm na ilha da Madeira (Portugal).

Têm 4 subdomínios: úmido, com 2 a 3 meses secos (Madeira e litoral noroeste da Península Ibérica); semiúmido, com 4 a 5 meses secos (litoral português e italiano); semisseco, com 6 a 7 meses secos (litoral espanhol e grego, além das ilhas mediterrâneas); e seco, com 8 a 11 meses secos (litoral sudeste da Espanha). O Domínio Climático Subtropical está presente em 7 regiões: Mediterrânea Balcânica, Mediterrânea Francesa, Mediterrânea Ibérica, Mediterrânea Itálica, Oceânica Espanhola, Oceânica Marroquina e Oceânica Portuguesa. As 17 unidades climáticas derivadas desse domínio, no continente europeu, são mostradas no Quadro 6.

Quadro 3: Regiões climáticas de Domínio Subtropical na Europa

Código	Unidade Climática de 5ª Hierarquia (Região)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
<b>St'mba</b>	Balkan Mediterranean Semi-humid Subtropical	1.208,4	0 - 632	10,0 – 12,1	691 – 1.593	820 - 965	4 - 5
<b>St'mba</b>	Balkan Mediterranean Semi-dry Subtropical	17.425,3	0 - 810	10,0 – 14,0	330 – 1.131	796 – 1114	6 - 7
<b>St**mba</b>	Balkan Mediterranean Dry Subtropical	582,2	0 - 66	10,9 – 13,8	296 - 486	828 - 1022	8 - 9
<b>St'mfr</b>	French Mediterranean Semi-humid Subtropical	1.400,7	0 - 497	10,0 – 11,4	556 – 1.220	817 - 932	5
<b>St'mib</b>	Iberian Mediterranean Semi-humid Subtropical	16.769,1	0 - 828	10,0 – 13,6	517 – 1.533	786 - 1095	4 - 5
<b>St*mib</b>	Iberian Mediterranean Semi-dry Subtropical	17.452,1	0 - 841	10,0 – 13,9	337 - 786	787 - 1102	6 - 7
<b>St**mib</b>	Iberian Mediterranean Dry Subtropical	10.835,1	0 - 552	10,0 – 13,8	222 - 584	842 - 1063	8 - 11
<b>St'mit</b>	Italic Mediterranean Semi-humid Subtropical	7.342,0	0 - 978	10,0 – 12,5	564 – 1.480	809 - 1030	4 - 5
<b>St*mit</b>	Italic Mediterranean Semi-dry Subtropical	17.983,4	0 - 753	10,0 – 13,6	374 - 923	819 - 1039	6 - 7

<b>St**mit</b>	Italic Mediterranean Dry Subtropical	357,2	0 - 160	10,0 – 13,8	387 - 557	853 - 978	8
<b>St'osp</b>	Spanish Oceanic Humid Subtropical	2.348,0	0 - 345	10,0 – 11,5	1.269 – 2.138	712 - 776	3
<b>St'osp</b>	Spanish Oceanic Semi-humid Subtropical	1.241,4	0 - 124	10,0 – 11,4	983 – 1.523	721 - 771	4 - 5
<b>St*omo</b>	Moroccan Oceanic Semi-dry Subtropical	1.199,5	0 – 1.829	10,0 – 14,9	346 - 774	740 - 887	6 - 7
<b>St**omo</b>	Moroccan Oceanic Dry Subtropical	1.118,8	0 – 1.372	10,0 – 14,9	161 - 461	747 - 929	8 - 11
<b>St'opt</b>	Portuguese Oceanic Humid Subtropical	2.528,7	0 – 1.406	10,0 – 14,9	1.009 – 2.834	704 - 850	2 - 3
<b>St'opt</b>	Portuguese Oceanic Semi-humid Subtropical	11.158,8	0 - 506	10,0 – 14,9	545 – 1.603	724 - 892	4 - 5
<b>St*opt</b>	Portuguese Oceanic Semi-dry Subtropical	5.637,6	0 - 328	10,0 – 14,9	510 - 678	768 - 892	6 - 7

## Domínio Temperado

Com uma área de 2.640.320 km<sup>2</sup>, o domínio climático Temperado é o segundo maior da Europa, predominando desde o interior de Portugal ao oeste da Polônia, e do sul da Islândia a Grécia. Possui um relevo variado, desde as planícies litorâneas até as altas montanhas meridionais. É caracterizado por ocorrências de geadas durante o inverno e precipitação de neve nos subdomínios úmidos e no contato com o domínio Temperado Frio. As principais capitais europeias se situam nesse domínio, como Londres, Paris, Roma, Madri, Berlim, Bruxelas e Amsterdã, além de importantes capitais do leste europeu (Praga, Viena e Belgrado) e cidades como Munique (Alemanha), Liverpool (Inglaterra), Lyon (França) e Milão (Itália).

Pertence ao Clima Zonal Moderado com TMMMF ocorrendo em geral no mês de janeiro, e em fevereiro nas costas britânicas, dinamarquesas e escandinavas, com valores entre 0° e 9,9°C.

O acumulado médio de chuva anual tem a maior variação da Europa, com 198 mm no entorno do Mar Cáspio, a mais de 7 mil mm (mais valor registrado no continente), nas escarpas ocidentais das Highlands Britânicas. Tem a ETP valores entre 556 e 1.096 mm. Possui os quatro subdomínios, sendo os úmidos nas maiores altitudes, passando para o semiúmido e semisseco nas planícies, até o seco no interior sudeste da Península Ibérica e costa do Mar Cáspio. Têm 22 regiões, sendo elas:

Alpina, Báltica, Continental Balcânica, Continental Centro Européia, Continental Francesa, Continental Ibérica, do Mar Cáspio, do Mar Negro, Escandinava, Mediterrânea Balcânica, Mediterrânea Francesa, Mediterrânea Ibérica, Mediterrânea Itálica, Oceânica Belgo-Neerlandesa, Oceânica Britânica, Oceânica Espanhola, Oceânica Francesa, Oceânica Germânica, Oceânica Islandesa, Oceânica Marroquina, Oceânica Portuguesa e Panoniana. Juntos, formam 62 unidades climáticas (o maior valor do continente) que são apresentadas no Quadro 7.

Quadro 4: Regiões climáticas de Domínio Temperado na Europa

Código	Unidade Climática de 5ª Hierarquia (Região)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
Te <sup>alp</sup>	Alpine Humid Temperate	4.626,4	282 – 2.454	0,0 – 4,9	784 – 3.003	622 - 878	0 - 3
Te <sup>alp</sup>	Alpine Semi-humid Temperate	1.039,2	759 – 2.648	0,0 – 3,3	601 – 1.163	653 - 847	4 - 5
Te <sup>*alp</sup>	Alpine Semi-dry Temperate	208,7	920 – 1.998	0,0 – 3,3	553 - 833	701 - 837	6 - 7
Te <sup>cba</sup>	Balkan Continental Humid Temperate	9.766,1	160 – 1.9560	0,0 - 6,6	869 – 2.993	624 - 914	1 - 3
Te <sup>cba</sup>	Balkan Continental Semi-humid Temperate	41.777,9	77 – 2.074	0,0 – 6,9	564 – 1.863	624 - 927	4 - 5
Te <sup>*cba</sup>	Balkan Continental Semi-dry Temperate	53.910,2	30 – 1.612	0,0 – 5,2	404 - 829	688 - 971	6 - 7
Te <sup>bal</sup>	Baltic Semi-humid Temperate	9.201,7	0 - 95	0,0 – 2,4	514 - 950	603 - 648	4 - 5
Te <sup>*bal</sup>	Baltic Semi-dry Temperate	42.248,3	0 - 107	0,0 – 2,4	509 - 849	606 - 666	6 - 7
Te <sup>cce</sup>	European Center Continental Humid Temperate	31.953,2	149 – 1.564	0,0 – 4,1	833 – 2.160	586 - 741	0 - 3
Te <sup>cce</sup>	European Center Continental Semi-humid Temperate	55.952,6	38 - 746	0,0 – 4,1	699 – 1.224	589 - 745	4 - 5

<b>Te*cce</b>	European Center Continental Semi-dry Temperate	196.456,1	0 - 686	0,0 – 3,3	463 - 940	609 - 731	6 - 7
<b>Te''cfr</b>	French Continental Humid Temperate	92.706,5	129 – 2.029	0,0 – 7,1	723 – 2.180	570 - 828	0 - 3
<b>Te'cfr</b>	French Continental Semi- humid Temperate	78.404,7	44 – 1.626	0,0 – 6,6	669 – 1.258	596 - 815	4 - 5
<b>Te*cfr</b>	French Continental Semi- dry Temperate	14.122,1	79 - 334	1,6 – 6,4	618 - 881	667 - 801	6
<b>Te''cib</b>	Iberian Continental Humid Temperate	12.866,9	512 – 2.610	0,0 – 6,7	681 – 2.221	556 - 798	1 - 3
<b>Te'cib</b>	Iberian Continental Semi- humid Temperate	102.548,0	20 - 2.154	0,0 – 8,8	439 – 1.746	568 - 869	4 - 5
<b>Te*cib</b>	Iberian Continental Semi- dry Temperate	23.116,7	263 - 1.259	1,5 – 7,8	395 - 669	670 - 885	6 - 7
<b>Te**cib</b>	Iberian Continental Dry Temperate	2.195,0	659 - 983	4,1 – 6,4	361 - 468	713 - 797	8
<b>Te*scp</b>	Caspian Sea Semi-dry Temperate	15.447,8	-30 - 305	0,0 – 3,8	258 - 724	711 - 860	6 - 7
<b>Te**scp</b>	Caspian Sea Dry Temperate	2.985,8	-30 - 0	0,0 – 2,5	198 - 320	818 - 852	8 - 9
<b>Te''sbl</b>	Black Sea Humid Temperate	5.109,3	183 – 2.072	0,0 – 7,3	1.060 – 2.776	664 - 855	0 - 3
<b>Te'sbl</b>	Black Sea Semi-humid Temperate	12.308,9	-21 - 663	0,0 – 6,8	613 – 1.272	634 - 854	4 - 5
<b>Te*sbl</b>	Black Sea Semi-dry Temperate	70.937,6	-38 - 401	0,0 – 6,9	292 - 904	661 - 852	6 - 7
<b>Te''sca</b>	Scandinavian Humid Temperate	3.511,3	0 - 201	0,0 – 2,1	855 – 1.680	593 - 639	1 - 3
<b>Te'sca</b>	Scandinavian Semi- humid Temperate	5.822,3	0 - 168	0,0 – 1,6	535 – 1.029	589 - 634	4 - 5
<b>Te*sca</b>	Scandinavian Semi-dry Temperate	11.795,1	0 - 159	0,0 – 1,8	466 - 835	597 - 645	6 - 7
<b>Te''mba</b>	Balkan Mediterranean Humid Temperate	22.852,2	0 – 2.091	0,0 – 9,5	891 – 3.808	594 - 957	0 - 3
<b>Te'mba</b>	Balkan Mediterranean Semi-humid Temperate	42.967,4	-10 – 1.740	0,0 – 9,9	595 – 2.133	576 - 971	4 - 5
<b>Te*mba</b>	Balkan Mediterranean Semi-dry Temperate	87.610,3	-21 – 1.820	0,0 – 9,9	338 – 1.183	605 – 1.067	6 - 7

<b>Te''mfr</b>	French Mediterranean Humid Temperate	9.288,4	0 – 2.195	0,0 – 9,7	863 – 1.594	582 - 869	0 - 3
<b>Te'mfr</b>	French Mediterranean Semi-humid Temperate	39.819,8	0 – 2.189	0,0 – 9,9	588 – 1.434	585 - 939	4 - 5
<b>Te*mfr</b>	French Mediterranean Semi-dry Temperate	2.874,5	0 - 463	5,8 – 9,9	525 - 665	778 - 900	6 - 7
<b>Te''mib</b>	Iberian Mediterranean Humid Temperate	4.905,0	147 – 1.723	0,0 – 7,0	650 – 1.765	595 - 818	1 - 3
<b>Te'mib</b>	Iberian Mediterranean Semi-humid Temperate	159.092,4	0 – 2.234	0,0 – 9,9	423 – 1.323	592 – 1.095	4 - 5
<b>Te*mib</b>	Iberian Mediterranean Semi-dry Temperate	110.925,0	0 – 1.766	0,3 – 9,9	304 - 733	618 – 1.096	6 - 7
<b>Te**mib</b>	Iberian Mediterranean Dry Temperate	39.986,5	0 – 1.510	2,9 – 9,9	241 - 501	707 – 1.013	8
<b>Te''mit</b>	Italic Mediterranean Humid Temperate	35.810,8	0 – 2.508	0,0 – 8,8	797 – 2.757	584 - 859	0 - 3
<b>Te'mit</b>	Italic Mediterranean Semi-humid Temperate	158.900,8	0 – 1.783	0,0 – 9,9	543 – 1.615	582 - 962	4 - 5
<b>Te*mit</b>	Italic Mediterranean Semi-dry Temperate	36.130,5	0 – 1.134	3,2 – 9,9	402 - 916	725 - 990	6 - 7
<b>Te''obd</b>	Belgium-Dutch Oceanic Humid Temperate	120,7	-5 - 2	4,2 – 4,5	921 - 943	666 - 671	3
<b>Te'obd</b>	Belgium-Dutch Oceanic Semi-humid Temperate	22.951,4	-19 - 100	2,6 – 4,9	785 – 1.001	657 - 689	4 - 5
<b>Te*obd</b>	Belgium-Dutch Oceanic Semi-dry Temperate	28.349,4	-10 - 150	2,6 – 5,3	711 - 900	662 - 707	6
<b>Te''obr</b>	British Oceanic Humid Temperate	172.029,2	0 - 890	0,0 – 8,5	856 – 7.010	519 - 671	0 - 3
<b>Te'obr</b>	British Oceanic Semi-humid Temperate	122.506,2	0 - 556	1,3 – 8,9	584 – 1.274	574 - 686	4 - 5
<b>Te*obr</b>	British Oceanic Semi-dry Temperate	22.102,7	0 - 122	4,3 – 6,0	518 - 815	625 - 682	6 - 7
<b>Te''osp</b>	Spanish Oceanic Humid Temperate	26.951,0	0 – 1.816	0,0 – 9,9	1.150 – 2.534	548 - 789	0 - 3
<b>Te'osp</b>	Spanish Oceanic Semi-humid Temperate	11.118,7	0 – 1.149	0,0 – 9,9	874 – 1.531	564 - 787	4 - 5
<b>Te''ofr</b>	French Oceanic Humid Temperate	7.480,1	0 - 863	1,1 – 9,6	813 – 2.307	599 - 790	0 - 3

<b>Te'ofr</b>	French Oceanic Semi-humid Temperate	238.923,6	0 - 625	2,4 - 9,3	614 - 1.277	651 - 797	4 - 5
<b>Te*ofr</b>	French Oceanic Semi-dry Temperate	32.660,2	0 - 219	3,1 - 7,4	589 - 844	776 - 900	6
<b>Te''oge</b>	Germanic Oceanic Humid Temperate	346,0	28 - 53	1,6 - 2,0	909 - 972	625 - 643	3
<b>Te'oge</b>	Germanic Oceanic Semi-humid Temperate	29.088,9	-9 - 122	0,0 - 3,8	874 - 1.531	616 - 693	4 - 5
<b>Te*oge</b>	Germanic Oceanic Semi-dry Temperate	53.643,4	-1 - 461	0,0 - 4,2	577 - 910	623 - 737	6 - 7
<b>Te''oic</b>	Icelandic Oceanic Humid Temperate	7.721,2	-9 - 1.006	0,0 - 3,5	805 - 4.240	504 - 574	0 - 3
<b>Te*omo</b>	Moroccan Oceanic Semi-dry Temperate	577,4	0 - 2.286	1,1 - 9,9	346 - 744	606 - 794	6 - 7
<b>Te**omo</b>	Moroccan Oceanic Dry Temperate	51,5	999 - 2.325	7,9 - 9,9	349 - 393	788 - 808	8
<b>Te''ono</b>	Norwegian Oceanic Humid Temperate	18.837,4	-4 - 951	0,0 - 4,1	1.059 - 4.777	520 - 637	0 - 3
<b>Te''opt</b>	Portuguese Oceanic Humid Temperate	6.464,1	2 - 2.321	1,9 - 9,9	1.350 - 2.351	605 - 809	2 - 3
<b>Te'opt</b>	Portuguese Oceanic Semi-humid Temperate	11.336,4	3 - 1.399	2,4 - 9,9	558 - 1.716	615 - 856	4 - 5
<b>Te''pan</b>	Panonian Humid Temperate	21.078,0	86 - 1.016	0,0 - 2,2	893 - 2.720	641 - 780	0 - 3
<b>Te'pan</b>	Panonian Semi-humid Temperate	40.237,9	68 - 919	0,0 - 2,2	666 - 1.256	678 - 794	4 - 5
<b>Te*pan</b>	Panonian Semi-dry Temperate	112.090,4	74 - 491	0,0 - 1,7	474 - 826	688 - 819	6 - 7

## Domínio Temperado Frio

O Domínio Temperado Frio é caracterizado por uma temperatura média do mês mais frio (TMMMF) abaixo de 0°C, o que proporciona, segundo Köppen (1948), uma cobertura de neve por várias semanas no inverno. É o maior domínio climático do continente, com mais de 4,7 milhões de km<sup>2</sup>, ocupando a maior parte da Rússia Europeia, Leste Europeu, Escandinávia e avançando pelo continente até os Alpes, também é o clima predominante da Islândia e das áreas montanhosas dos Pireneus e

das Highlands Britânicas. A altimetria varia de 0 a 3.384 metros (Alpes). Cidades importantes como Moscou, São Petesburgo, Kiev, Varsóvia, Estocolmo, Sófia e Budapeste localizam-se nesse domínio.

O Clima Zonal é o Frio, pois a TMMMF (fevereiro na Rússia, Leste Europeu e Escandinávia e janeiro no restante da área) fica entre -15° e 0°C. A precipitação média anual varia muito, no entorno do Mar Cáspio os valores ficam abaixo de 160 mm, sendo que no interior da Islândia esse valor passa de 6.900 mm.

Possui 4 subdomínios, sendo que o predominante é o semisseco; úmido nas áreas mais elevadas e seco na depressão do Mar Cáspio. O Domínio Climático Temperado frio aparece em 24 regiões: Alpina, Báltica, Caucásiana, Continental Balcânica, Continental Centro Européia, Continental Leste Europeu, Continental Francesa, Continental Ibérica, Continental Russa, do Mar Cáspio, do Mar Negro, dos Cárpatos, Estépica, Escandinava, Mediterrânea Balcânica, Mediterrânea Francesa, Mediterrânea Itálica, Mediterrânea Ibérica, Oceânica Ártica, Oceânica Britânica, Oceânica Islandesa, Oceânica Norueguesa e Panoniana. O Quadro 8, mostra as 56 unidades climáticas de Domínio Tropical Ameno, presentes dentro do continente europeu.

Quadro 5: Regiões climáticas de Domínio Temperado Frio na Europa

Código	Unidade Climática de 5ª Hierarquia (Região)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
<b>TeC''alp</b>	Alpine Humid Cold Temperate	94.634,7	35 – 3.156	-9,9-(-0,1)	654 – 3.212	51 - 601	0 - 3
<b>TeC'alp</b>	Alpine Semi-humid Cold Temperate	10.553,6	662 – 3.171	-9,9-(-0,1)	597 – 1.154	51 - 541	4 - 5
<b>TeC*alp</b>	Alpine Semi-dry Cold Temperate	2.709,3	731 – 3.384	-9,9-(-0,1)	476 – 1.089	51 - 593	6 - 7
<b>TeC'bal</b>	Baltic Semi-humid Cold Temperate	2.890,5	0 - 48	-1,4-(-0,1)	735 - 866	401 - 601	4 - 5
<b>TeC*bal</b>	Baltic Semi-dry Cold Temperate	3.827,5	0 - 168	-1,3-(-0,1)	526 – 847	415 - 615	6 - 7
<b>TeC'bor</b>	Boreal Semi-humid Cold Temperate	163.972,9	0 - 450	-9,9-(-0,6)	436 – 1.018	301 - 560	4 - 5
<b>TeC*bor</b>	Boreal Semi-dry Cold Temperate	796.945,8	0 - 330	-9,9-(-0,3)	394 – 1.071	301 - 575	6

<b>TeC''cau</b>	Caucasian Humid Cold Temperate	42.950,5	152 – 3.292	-9,9-(-0,1)	644 – 3.431	101 - 600	0 - 3
<b>TeC*cau</b>	Caucasian Semi-humid Cold Temperate	5.157,0	320 – 3.353	-9,9-(-0,7)	526 – 3.302	91 - 598	4 - 5
<b>TeC**cau</b>	Caucasian Semi-dry Cold Temperate	1.390,1	914 – 2.438	-9,9-(-0,1)	434 – 3.138	201 - 615	6 - 7
<b>TeC''cba</b>	Balkan Continental Humid Cold Temperate	63.750,3	172 – 2.184	-9,9-(-0,1)	795 – 3.472	221 - 725	0 - 3
<b>TeC'cba</b>	Balkan Continental Semi-humid Cold Temperate	56.713,3	87 – 2.353	-9,9-(-0,1)	549 – 2.979	201 - 735	4 - 5
<b>TeC*cba</b>	Balkan Continental Semi-dry Cold Temperate	25.109,0	15 – 2.069	-9,9-(-0,1)	458 – 2.567	241 - 750	6 - 7
<b>TeC''cce</b>	European Center Continental Humid Cold Temperate	36.364,6	198 – 1.433	-6,3-(-0,1)	766 – 2.253	545 - 706	0 - 3
<b>TeC'cce</b>	European Center Continental Semi-humid Cold Temperate	30.486,2	0 - 975	-3,8-(-0,1)	670 – 1.248	576 - 709	4 - 5
<b>TeC*cce</b>	European Center Continental Semi-dry Cold Temperate	338.026,9	-10 - 900	-3,4-(-0,1)	457 – 1.004	589 - 728	6 - 7
<b>TeC''cfr</b>	French Continental Humid Cold Temperate	8.838,3	336 – 2.355	-9,8-(-0,1)	818 – 2.248	301 - 720	0 - 3
<b>TeC''cib</b>	Iberian Continental Humid Cold Temperate	7.516,7	858 – 2.382	-9,9-(-0,1)	713 – 2.214	401 - 755	0 - 3
<b>TeC'cib</b>	Iberian Continental Semi-humid Cold Temperate	2.157,2	772 – 2.392	-7,7-(-0,1)	557 – 2.192	527 - 750	4 - 5
<b>TeC'cee</b>	European Eastern Continental Semi-humid Cold Temperate	484,8	100 - 852	-5,5-(-1,2)	621 - 814	612 - 705	4 - 5
<b>TeC*cee</b>	European Eastern Continental Semi-dry Cold Temperate	452.134,7	-10 - 812	-5,3-(-0,7)	480 - 849	614 - 760	6 - 7
<b>TeC'cru</b>	Russian Continental Semi-humid Cold Temperate	2.118,4	91 - 107	-8,4-(-7,7)	660 - 740	648 - 660	5
<b>TeC*cru</b>	Russian Continental Semi-dry Cold Temperate	586.823,7	30 - 305	-9,9-(-4,4)	396 - 809	643 - 735	6 - 7
<b>TeC*scp</b>	Caspian Sea Semi-dry Cold Temperate	68.004,9	-30 – 1.036	-9,9-(-0,1)	157 - 781	619 - 828	6 - 7
<b>TeC**scp</b>	Caspian Sea Dry Cold Temperate	2.628,0	-30 - 0	-1,5-(-0,1)	156 - 267	809 - 836	8
<b>TeC''sbl</b>	Black Sea Humid Cold Temperate	502,5	6 - 442	-2,7-(-0,1)	885 – 2.830	564 - 739	0 - 3
<b>TeC'sbl</b>	Black Sea Semi-humid Cold Temperate	1.552,6	10 - 320	-2,4-(-0,1)	638 – 1.131	575 - 763	4 - 5
<b>TeC*sbl</b>	Black Sea Semi-dry Cold Temperate	70.132,0	-11 - 406	-3,8-(-0,1)	371 - 838	647 - 800	6 - 7

<b>TeC''car</b>	Carpathians Humid Cold Temperate	76.689,8	177 – 1.950	-9,9-(-0,1)	723 – 2.380	401 - 685	0 - 3
<b>TeC'car</b>	Carpathians Semi-humid Cold Temperate	20.909,8	205 – 2.000	-9,9-(-0,1)	630 – 2.213	401 - 650	4 - 5
<b>TeC*car</b>	Carpathians Semi-dry Cold Temperate	4.554,8	258 – 1.553	-9,9-(-0,1)	505 – 2.249	451 - 629	6 - 7
<b>TeC''ste</b>	Steppe Humid Cold Temperate	355,2	533 – 1.014	-7,9-(-1,6)	630 - 940	601 - 725	2 - 3
<b>TeC'ste</b>	Steppe Semi-humid Cold Temperate	18.239,5	61 – 1.592	-9,7-(-0,1)	566 – 1.114	599 - 861	4 - 5
<b>TeC*ste</b>	Steppe Semi-dry Cold Temperate	837.969,6	-30 – 1.173	-9,9-(-0,1)	236 - 854	630 - 856	6 - 7
<b>TeC''sca</b>	Scandinavian Humid Cold Temperate	92.982,0	0 – 1.889	-9,9-(-0,1)	607 – 3.991	101 - 500	0 - 3
<b>TeC'sca</b>	Scandinavian Semi-humid Cold Temperate	269.088,0	0 – 2.033	-9,9-(-0,1)	500 – 3.758	61 - 500	4 - 5
<b>TeC*sca</b>	Scandinavian Semi-dry Cold Temperate	107.492,0	0 – 1.314	-9,9-(-0,1)	447 – 2.918	151 - 500	6 - 7
<b>TeC''mba</b>	Balkan Mediterranean Humid Cold Temperate	1.543,4	322 – 1.459	-8,4-(-0,1)	783 – 3.625	401 - 648	0 - 3
<b>TeC''mfr</b>	French Mediterranean Humid Cold Temperate	882,9	693 – 1.413	-4,4-(-0,1)	904 – 1.595	542 - 670	2 - 3
<b>TeC'mfr</b>	French Mediterranean Semi-humid Cold Temperate	94,3	350 - 376	-2,4-(-0,1)	806 – 1.218	642 - 723	4 - 5
<b>TeC''mib</b>	Iberian Mediterranean Humid Cold Temperate	132,0	1.400-1.543	-2,4-(-0,1)	656 – 1.367	501 - 550	2 - 3
<b>TeC'mib</b>	Iberian Mediterranean Semi-humid Cold Temperate	699,8	1.190-2.731	-8,1-(-0,1)	516 – 1.353	301 - 500	4 - 5
<b>TeC''mit</b>	Italic Mediterranean Humid Cold Temperate	3.953,7	264 – 1.923	-9,4-(-0,1)	859 – 2.768	401 - 650	0 - 3
<b>TeC'mit</b>	Italic Mediterranean Semi-humid Cold Temperate	1.157,1	23 – 1.456	-7,1-(-0,1)	750 – 1.469	505 - 700	4 - 5
<b>TeC''oar</b>	Arctic Oceanic Humid Cold Temperate	3.885,0	0 - 610	-9,9-(-3,8)	454 – 1.797	0 - 200	0
<b>TeC'oar</b>	Arctic Oceanic Semi-humid Cold Temperate	8.315,2	0 - 309	-9,9-(-2,9)	533 – 1.328	101 – 200	4 - 5
<b>TeC*oar</b>	Arctic Oceanic Semi-dry Cold Temperate	4.088,1	0 - 346	-9,9-(-3,3)	432 – 1.321	101 - 200	6
<b>TeC''obr</b>	British Oceanic Humid Cold Temperate	849,6	348 - 916	-2,4-(-0,1)	1.190 – 3.928	501 - 546	0 - 2
<b>TeC''oic</b>	Icelandic Oceanic Humid Cold Temperate	55.291,8	0 – 1.891	-9,9-(-0,1)	771 – 6.911	0 - 200	0 - 3

<b>TeC<sup>oic</sup></b>	Icelandic Oceanic Humid Cold Temperate	38.928,6	0 – 1.203	-5,9-(-0,1)	526 – 5.722	50 - 200	4 - 5
<b>TeC<sup>ono</sup></b>	Norwegian Oceanic Humid Cold Temperate	95.935,5	0 – 1.720	-9,9-(-0,1)	647 – 6.338	0 - 200	0 - 3
<b>TeC<sup>ono</sup></b>	Norwegian Oceanic Semi-humid Cold Temperate	26.663,8	0 – 1.639	-9,9-(-0,1)	513 – 6.153	51 - 200	4 - 5
<b>TeC<sup>ono</sup></b>	Norwegian Oceanic Semi-dry Cold Temperate	1.393,4	0 - 796	-9,9-(-5,7)	570 – 4.442	101 - 200	6
<b>TeC<sup>pan</sup></b>	Panonian Humid Cold Temperate	21.095,6	192 – 1.430	-8,2-(-0,1)	748 – 2.298	564 - 866	0 - 3
<b>TeC<sup>pan</sup></b>	Panonian Semi-humid Cold Temperate	19.811,2	155 – 1.308	-5,8-(-0,1)	638 – 1.074	577 - 756	4 - 5
<b>TeC<sup>pan</sup></b>	Panonian Semi-dry Cold Temperate	109.290,0	80 – 1.133	-5,3-(-0,1)	485 - 917	614 - 772	6 - 7

## Domínio Subglacial

O Domínio Climático Subglacial é o mais frio da Europa, ocupa uma área de 2,4 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo a parte mais setentrional do continente, desde a Escandinávia às ilhas árticas de Svalbard. Também se faz presente no interior oriental russo e nas áreas mais elevadas das montanhas europeias (Alpes, Alpes Escandinavos, Cáucaso, Cárpatos, Pirineus e Urais). No relevo destacam as planícies do norte da Europa, as terras altas russas, além das montanhas supracitadas (MEEUS, 1995). É caracterizado por congelamento do solo em grande parte do ano, possuindo uma vegetação típica de Floresta de Taiga e Tundra. Destacam-se as cidades russas de Kazã, Perm e Murmansk, além de Kiruna no norte da Suécia.

Pertence a dois climas zonais: um Frio com TMMMF entre -10°C e -15°C, e outro Polar com menos de -15°C. O mês frio geralmente ocorre em janeiro. A precipitação média anual varia de 264 mm (no interior russo, fronteira com o Cazaquistão) à 6.984 na Islândia. Devido à baixa incidência solar anual (latitude alta) e das temperaturas do ar médias mensais abaixo de zero durante a maior parte do ano, os cálculos de ETP a partir do modelo de Thornthwaite não tiveram bons resultados, sendo os resultados aqui obtidos a partir de Dezsi et al (2018). Os valores de ETP ficaram entre 0 e 300 mm.

Possui três subdomínios: úmido, semiúmido e semiseco; e 14 regiões, sendo eles: Alpina, Boreal, Caucásiana, Continental Balcânica, Continental Ibérica, Continental Russa, dos Cárpatos, dos Urais, Estépica, Escandinava, Oceânica Ártica, Oceânica Islandesa, Oceânica Norueguesa e Oceânica Siberiana. A interação dessas hierarquias gerou 25 unidades climáticas, apresentadas no Quadro 9.

Quadro 6: Regiões climáticas de Domínio Subglacial na Europa

Código	Unidade Climática de 5ª Hierarquia (Região)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
<b>Sg"alp</b>	Alpine Humid Subglacial	22.942,5	492 – 3.992	-25,4-(-10,0)	735 – 3.315	0 - 200	0 - 3
<b>Sg'alp</b>	Alpine Semi-humid Subglacial	362,4	2.033 – 2.957	-11,4-(-10,0)	951 – 2.690	51 - 100	4 - 5
<b>Sg"bor</b>	Boreal Humid Subglacial	186.523,9	30 – 1.280	-22,3-(-10,0)	564 – 2.370	101 - 300	0 - 3
<b>Sg'bor</b>	Boreal Semi-humid Subglacial	220.760,8	0 - 498	-14,8-(-10,0)	492 – 1.057	101 - 300	4 - 5
<b>Sg*bor</b>	Boreal Semi-dry Subglacial	731.688,6	0 - 581	-17,3-(-10,0)	513 – 1.454	101 - 300	6 - 7
<b>Sg"cau</b>	Caucasian Humid Subglacial	13.410,3	1.433 – 3.505	-29,8-(-10,0)	619 – 3.504	0 - 150	0 - 3
<b>Sg'cau</b>	Caucasian Semi-humid Subglacial	1.220,4	1.371 – 3.688	-16,6-(-10,0)	657 – 3.435	51 - 150	4 - 5
<b>Sg"cba</b>	Balkan Continental Humid Subglacial	152,7	1.068 – 2.076	-12,9-(-10,0)	984 – 1.745	101 - 200	0
<b>Sg" cib</b>	Iberian Continental Humid Suglacial	15,8	2.735 – 2.900	-11,6-(-10,0)	1.717 – 2.069	201 - 300	3
<b>Sg" cru</b>	Russian Continental Humid Subglacial	1.143,4	411 - 884	-15,9-(-13,4)	615 – 1.375	101 - 200	3
<b>Sg' cru</b>	Russian Continental Semi-humid Subglacial	118,5	400 - 495	-14,1-(-12,4)	1.022 – 1.243	101 - 200	4 - 5
<b>Sg* cru</b>	Russian Continental Semi-dry Subglacial	456.308,1	61 - 869	-16,4-(-10,0)	264 – 1.392	101 - 200	6 - 7
<b>Sg" car</b>	Carpathians Humid Subglacial	257,8	941 – 1.859	-12,0-(-10,0)	959 – 2.380	51 - 200	0
<b>Sg" ura</b>	Urals Humid Subglacial	37.249,1	152 – 1.249	-23,7-(-15,1)	715 – 2.218	81 - 200	0 - 3
<b>Sg" ste</b>	Steppe Semi-dry Subglacial	115.280,0	46 - 274	-12,2-(-10,0)	281 - 668	101 - 200	6 - 7
<b>Sg" sca</b>	Scandinavian Humid Cold Subglacial	90.877,8	0 – 1.826	-17,2-(-10,0)	509 – 3.721	0 - 200	0 - 3
<b>Sg' sca</b>	Scandinavian Semi-humid Subglacial	44.959,5	40 – 1.175	-12,2-(-10,0)	479 – 1.268	21 - 200	4 - 5
<b>Sg* sca</b>	Scandinavian Semi-dry Subglacial	5.884,3	81 – 1.293	-12,2-(-10,0)	477 – 1.242	51 - 200	6 - 7
<b>Sg" oar</b>	Arctic Oceanic Humid Subglacial	412.161,3	0 – 1.250	-24,0-(-10,0)	628 – 2.092	0 - 100	0 - 3

<b>Sg'oar</b>	Arctic Oceanic Semi-humid Suglacial	6.710,1	0 - 295	-12,7-(-10,0)	605 - 953	21 - 100	4 - 5
<b>Sg*oar</b>	Arctic Oceanic Semi-dry Suglacial	15.282,0	0 - 511	-14,9-(-10,0)	522 - 979	21 - 100	6
<b>Sg'oic</b>	Icelandic Oceanic Humid Subglacial	318,4	948 - 1.908	-12,0-(-10,0)	1.750 - 6.984	0 - 51	0
<b>Sg'ono</b>	Norwegian Oceanic Humid Subglacial	3.559,2	0 - 1.247	-12,8-(-10,0)	637 - 4.920	0 - 100	0 - 3
<b>Sg'ono</b>	Norwegian Oceanic Semi-humid Subglacial	452,8	0 - 602	-11,0-(-10,0)	566 - 1.207	21 - 100	4
<b>Sg'osi</b>	Siberian Oceanic Semi-humid Subglacial	60.661,4	0 - 1.219	-23,7-(-17,5)	445 - 1.814	0 - 51	0

## Domínio Árido

Com a evapotranspiração potencial (ETP) maior do que a precipitação em todos os meses do ano, o Domínio Climático Árido está presente somente no litoral sudeste de Espanha, entre as províncias de Múrcia e Andaluzia, e nas ilhas orientais do arquipélago das Canárias, com uma área de pouco mais de 2,6 mil km<sup>2</sup>. A vegetação predominante nessas áreas é xeromórfica, com pequena agricultura irrigada.

Na Espanha pertence ao Clima Zonal Moderado, de TMMMF (janeiro) entre 11,6° e 13°C, sendo que nas Canárias pode passar ao Clima Zonal Quente (TMMMF acima de 15°C). A precipitação pluviométrica média anual é inferior a 300 mm, chegando ao mínimo de 115 mm nas Canárias. A ETP tem valores altos para o continente, entre 863 mm e 970 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 Árido Europeu aparece em 2 regiões climáticas: Mediterrânea Ibérica e Oceânica Marroquina, conforme o Quadro 10.

Quadro 7: Regiões climáticas de Domínio Árido na Europa

Código	Unidade Climática de 5ª Hierarquia (Região)	Área	Altitude	TMMMF	Precipit. Média Anual	ETP Média Anual	Meses Secos (P<ETP)
		(Km²)	(m)	(°C)	(mm)	(mm)	Nº
<b>Armib</b>	Iberian Mediterranean Arid	100,0	0 - 29	11,6 – 13,0	198 - 241	918 - 970	12
<b>Aromo</b>	Moroccan Oceanic Arid	2.575,0	0 - 198	14,4 – 17,6	115 - 266	863 - 968	12

## 5. Considerações Finais

A classificação de Novais utiliza as hierarquias de acordo com a escala do clima adotada, conseguindo rotular cada área do continente, em termos sub-regionais, apresentando um alto nível de detalhamento no mapeamento climático. As hierarquias vão desde as Zonas Climáticas e Climas Zonais (de influência astronômica), até os Domínios, Subdomínios e Regiões Climáticas (de escala regional do clima).

Com os dados de reanálise do CHELSA, obtemos uma distribuição espacial uniforme dos dados de temperatura, precipitação e evapotranspiração, diferentemente do que encontramos em outras publicações, que utilizam estações meteorológicas espalhadas irregularmente pelas áreas de estudo, e não usam a influência do relevo.

A contribuição dos sistemas de classificação climática de antigas referências foi de suma importância para a concepção do sistema de Novais, pois levou em conta os métodos empíricos e genéticos. A associação de informações gerou um padrão que aborda tanto os valores observados do tempo e do clima, quanto a influência dos sistemas meteorológicos. Armond e Sant'Anna Neto (2016) afirmam que a complexidade do mundo e a necessidade de uma abordagem híbrida dos fenômenos nos desafiam à compreensão e realização de classificações que concebam a relação entre sociedade e natureza como uma unidade contraditória, porém, complementar. Além disso, também nos instigam a explorar as formas de representação cartográfica para que seja possível, para além da dimensão teórica, conceitual e de método,

avançar nas linguagens geográficas de abordagem do fenômeno climático (NOVAIS, 2021b).

Portanto, do ponto de vista analítico, esse trabalho pode superar uma lacuna ainda existente nos sistemas classificatórios do clima, que é a atualidade na aplicação de modelos. As regiões climáticas, localizando e agrupando os domínios e subdomínios, resolveram um problema antigo dos sistemas de classificação climática, que é a ocorrência de um mesmo clima em áreas diferentes do globo. As 191 unidades climáticas de 5ª hierarquia encontradas no continente europeu mostraram o quanto esse sistema pode ser importante para análises detalhadas da paisagem em diferentes escalas, e reforça um maior aprendizado acadêmico da ciência climatológica na Europa. Todas as unidades climáticas desse Sistema de Classificação Climática (e de outros que utilizam a abordagem sinótica), podem ser ajustadas com dados meteorológicos, passados ou futuros, na modelagem de novas reanálises, o que contribui para o entendimento das Mudanças Climáticas que o nosso planeta sofre, principalmente pelo homem.

A implementação dessa metodologia à modelagem cartográfica representou um importante avanço para a pesquisa, na medida em que permitiu o processamento de um grande volume de dados em tempo reduzido (NOVAIS e MACHADO, 2023). Além disso, a classificação climática ficou com a resolução espacial original dos dados (1 km<sup>2</sup>), 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.

## Referências

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

A.R. Colli, G.T. Novais. Os mesoclimas do Distrito Federal. **Anais** do VIII Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás (Brasil). Pirenópolis. 2021.

- B. Maria, S. Udo. Why input matters: Selection of climate data sets for modelling the potential distribution of a treeline species in the Himalayan region. **Ecological modelling**, v. 359, p. 92-102, 2017.
- C.H. Jardim. Aspectos multiescalares e sistêmicos da análise climatológica. **Geografias**, Belo Horizonte (Brasil), Número Especial III SEGEO, p. 40-52, 2015.
- C. J. Willmott, C. M. Rowe, Y. Mintz. Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. **Journal of Climatology**, v. 5, p. 589-606, 1985.
- C. W. Thornthwaite, J. R. Mather. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p.
- D. N. Karger, O. Conrad, J. Böhrner, T. Kawohl, H. Kreft, R. W. Soria-Auza, N. E. Zimmermann, H. P. Linder, M. Kessler. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. In: **Dryad Digital Repository**. 2021. EnviDat. <https://doi.org/10.16904/envi.dat.228.v2.1>
- D.P Dee, M. Balmaseda, G. Balsamo, R. Engelen, A.J. Simmons, J.N. Thépaut. Toward a consistent reanalysis of the climate system. **American Meteorological Society**, v. 95, p. 1235 – 1248. 2014.
- E. de Martonne. **Traité de géographie physique**. Paris:Armand Colin, 1925.
- E. Nimer. 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.
- E. Raschke, T.H. Vonderhaar, W.R. Bandeen, M. Pasternak. O balanço de radiação do sistema Terra -Atmosfera durante 1969-70 a partir de medições do Nimbus 3. **Jornal da Ciência da Atmosfera**. 30:341-364. 1973.
- E.S. Fialho, L.G.F dos Santos. Unidades mesoclimáticas de Viçosa, Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v. 31, Jul. / Dez. 2022.
- F. Sanches, T.A. Oliveira, C.C.M. Ferreira, Y.C.G. Vianna. **Avaliação da consistência dos dados de precipitação modelados pelo CHELSA**. In: *Climas do Brasil: classificação climática e aplicações* (Org. G.T.Novais). Porto Alegre (Brasil): Total Books, 2023.
- G.T. Novais. **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 (Brasil): C&A Alfa Comunicação, 2021a.
- G.T. Novais. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geografia.Universidade Federal de Uberlândia (Brasil). 2019. <https://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199>

G.T. Novais. 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>

G.T. Novais. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre (Brasil): Total Books, 2023.

G.T. Novais. 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>

G.T. Novais. 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>

G. T. Novais, L.A. Machado. Ensaio sobre a classificação climática global de Novais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 15, Guarapuava, **Anais**, Paraná, UNICENTRO. 2023b.

G. T. Novais, L. A. Machado. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais, **Revista Brasileira de Climatologia**, 32: 19, 1–39. 2023a. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16163>

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

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

G. T. Novais, E. Galvani. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (Brasil)**. Volume 42. 2022. e184630 DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.18463.

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

G.T. Novais, J.L.S. Brito, F.O.Sanches. 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>

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

G.T. Novais, J.S. Pimenta. 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.

H. F. E. Gaussen, F. E. Bagnouls. Estação Seca e Índice Xerotérmico, **Bol. Soc. Hist. Nat de Tolosa**, t. 88, Tolosa, p. 193-239. 1953.

- H.H. Lamb. Isles Weather types and a register of the daily sequence of circulation patterns 1861-1971. **Geophysics Memoirs**, 16 (116): 1 – 85. 1972.
- H. van Loon, J. C. Rogers. The see-saw in winter temperatures between Greenland and Northern Europe, Part 1. General description. **Monthly Weather Review**, 106: 296-310. 1978.
- J.F. Oliveira-Júnior, W.L.F. Correia Filho, D.B. Santiago, G. Gois, M.S. Costa, C.A. Silva Junior, P.E. Teodoro, F.M. Freire. Rainfall in Brazilian Northeast via in situ data and CHELSA product: mapping, trends, and socio-environmental implications. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 5, p. 1-19, 2021a.
- J.F. Oliveira-Júnior, P.H.A. Souza, E.O.Souza, M. Henrique, G.S. Vanderlei, W.L.F. Correia Filho, C.T. Santos, B.A. Batista, D.B. Santiago, G. Gois. Climatologia da Chuva em Maceió: Aspectos Climáticos e Ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 04, p. 2253-2264, 2021b.
- J.H.A. Meeus. Pan-European Landscapes. **Landscape and Urban Planning** 31, 57-79. 1995.
- J. Labasse. **L'Europe des Régions**. Géographes Flammarion. Paris, 1991.
- J. Namias. The index cycle and its role in the general circulation. **Journal of Meteorology**, 7: 130-139. 1950.
- J. Papadakis. **Geografia Agrícola Mundial**. Barcelona: Imprensa Hispano - Americana. 1960.
- J.S. Pimenta, G.T. Novais. 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 (Brasil), **Anais**, Paraíba, UFPB, 2021. p. 1243-1255.
- J. Schultz. **The Ecozones of the World**. Springer Verlag, Berlin. 2002.
- K.R. Boucher. **Climate of Europe**. In J.E.Oliver (eds) Encyclopedia of World Climatology, Encyclopedia Series of Earth Sciences. Springer, Dordrech. 2005. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8\\_77](https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8_77)
- L.A. Machado. **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 (Brasil), 2021.
- L.A. Chubukov. Graphical methods of representing climatic Weather types, Moscow. **Akad. Nauk Mezhd. Geof. Kom.** 2: 81-88. 1977.
- M. Garnier. Contribution à l'étude des gelées em France. **La Météorologie**. 35: 369-378. 1954.
- M.M. Junge, D.B. Stephenson. Efeitos mediados e diretos do Oceano Atlântico Norte sobre as temperaturas de inverno no noroeste da Europa. **Jornal Internacional de Climatologia**. 23:245-261. 2003.

- M. Khaydarov, L. Gerlitz. Climate variability and change over Uzbekistan-an analysis based on high resolution CHELSA data. **Central Asian Journal of Water Research**, v. 5, n. 2, p. 1-19, 2019.
- M. Roekaerts. **The biogeographical regions map of Europe: Basic principles of its creation and overview of its development**. European Topic Centre Nature Protection and Biodiversity. p.17. 2002.
- N.B. Armond, J.L. Sant'Anna Neto. A Climatologia dos Geógrafos e a produção científica sobre Classificação Climática: um balanço inicial. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Goiânia, 2016.
- P. Hess, H. Brezowsky. Katalog der Grosswetterlagen Europas. **Ber. Dtsch. Wetterd (Offenbach)**, 15 (113). 1969.
- R.A.Allocca, J.S Moreira, M.A.S. Silva, M.R. Marinho. W.M. Silva. 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.
- R.A.Allocca, W.D. Oliveira, E.S.Fialho. 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.
- R.C. Ostergren, J.G. Rice, Europeans: Geography of People, **Cultural and Environment. Guilford Press**, New York, 2004.
- R. G. Barry, R. J. Chorley. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9a edição, Porto Alegre: Bookman, 2013.
- R.M. Dole, N.D. Gordon. Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: geographical distribution and regional persistence characteristics. **Monthly Weather Review**, 111: 1567-1586. 1983.
- S. Businger. The synoptic climatology of polar low outbreaks, **Tellus**. 37A: 419-432. 1985.
- S. Daveau. **Mapas Climáticos de Portugal, Nevoeiro e nebulosidade, contrastes térmicos**. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, n.7, INIC, Universidade de Lisboa. 1985.
- S. Dezsi, M. Mindrescu, D. Petrea, P.K. Rai, A. Hamann, M Nistor. High-resolution projections of evapotranspiration and water availability for Europe under climate change. **International Journal of Climatology**. 38: 3832-3841. 2018.
- V. Lednicky. Características climatológicas de um índice de período de verão. **Hidromet. Ustav: Met. Zpravy**, 38:94-95.1985.
- W. Köppen. **Climatologia: con un studio de los climas de la tierra**. 1º edición em español. México: Fundo de Cultura Económica, 1948.
- W.D. Oliveira, R.A. Allocca. Classificação climática de Serra-ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais**, Paraíba, UFPB, p. 1699-15713. 2021.