

Classificação climática aplicada ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil

Climate classification applied to the State of Goiás and the Federal District, Brazil

Clasificación climática aplicada al estado de Goiás y Distrito Federal, Brasil



Giuliano Tostes Novais

Universidade Estadual de Goiás – Formosa – Goiás – Brasil

giuliano.novais@ueg.br

Resumo: Este artigo sugere uma nova abordagem de mapeamento das unidades climáticas para o Estado de Goiás e o Distrito Federal, a partir da temperatura média do mês mais frio, da quantidade de chuva influenciada pelos sistemas atmosféricos, passagens de frentes frias e possibilidade de formação de geadas. Esse sistema de classificação climática possui uma hierarquia, sendo dividido em Zonas Climáticas, Climas Zonais, Domínios, Subdomínios, Tipos, Subtipos, Mesoclimas e Topoclimas. A temperatura média do mês mais frio é a principal variável térmica utilizada no trabalho, adquirida através de dados de reanálise de alta resolução espacial (1 km), fornecida pelo algoritmo Climatologia em alta resolução para superfície terrestre, e delimita todos os Climas Zonais e Domínios Climáticos. Também foram utilizados dados de 17 estações do Instituto Nacional de Meteorologia e de 108 postos de coleta de precipitação pluviométrica da Agência Nacional de Águas. Para determinar a quantidade de meses secos é feita a subtração da precipitação pluviométrica com a evapotranspiração potencial. Dois domínios climáticos foram identificados na área de estudo: Tropical e Tropical Ameno; esses foram divididos em subdomínios climáticos (com quantidade de meses secos), tipos climáticos (localização no território brasileiro) e subtipos climáticos (localização mais precisa dentro de aspectos geomorfológicos). A definição das unidades climáticas do Estado de Goiás e do Distrito Federal geram novas contribuições para estudos regionais em escalas climáticas inferiores (Climatologia de Detalhe), sendo que a precisão adquirida e o amplo número de dados históricos disponibilizados na internet, podem ser usados em diagnósticos ambientais, materiais didáticos e análises agrícolas.

Palavras-chave: Unidades climáticas, Temperatura média do mês mais frio, Precipitação pluviométrica, Quantidade de meses secos, Alta resolução climática.

Abstract: This article suggests a new approach for mapping climatic units for the State of Goiás and the Federal District (Brazil) based on the average temperature of the coldest month, the amount of rain influenced by atmospheric systems, cold fronts passages, and possible frost formation. This climate classification system has a hierarchy, being divided into Climatic Zones, Zonal Climates, Domains, Subdomains, Types, Subtypes, Mesoclimates and Topoclimates. Average temperature of the coldest month is the main thermal variable used in the work, acquired through high spatial resolution reanalysis data (1 km), provided by the algorithm Climatology in high resolution for terrestrial surface, and delimits all Zonal Climates and Climate Domains. Data from 17 stations of the National Meteorological Institute and 108 stations for collecting rainfall from the National Water Agency were also used. Subtraction of rainfall is done to determine the number of dry months from potential evapotranspiration. Two climatic domains were identified in the study area: Tropical and Mild Tropical which were divided into climatic subdomains (with number of dry months), climatic types (location in the Brazilian territory) and climatic subtypes (more precise location within geomorphological aspects). The definition of the climatic units of the State of Goiás and the Federal District provides new contributions to regional studies at lower climatic scales (Climatology of Detail), and the acquired precision and the large number of historical data available on the internet, can be used in environmental diagnostics, teaching materials and agricultural analysis.

Keywords: Climatic Units. Average Temperature of the Coldest Month. Rainfall. Amount of Dry Months. High Climate Resolution.

Resumen: Este artículo sugiere un nuevo enfoque de mapeo de las unidades climáticas para el Estado de Goiás y Distrito Federal, a partir de la temperatura media del mes más frío, de la cantidad de lluvia influenciada por los sistemas atmosféricos, pasos de frentes fríos, y posibilidades de formación de heladas. Este sistema de clasificación climática posee una jerarquía, siendo dividido en Zonas Climáticas, Climas Zonales, Dominios, Subdominios, Tipos, Subtipos, Mesoclimas y Topoclimas. La temperatura media del mes más frío es la principal variable térmica utilizada en el trabajo, adquirida a través de datos de reanálisis de alta resolución espacial (1km), fornecida por el algoritmo Climatología en alta resolución para superficie terrestre, y delimita todos los Climas Zonales y Dominios Climáticos. También fueron utilizados datos de 17 estaciones del instituto nacional de meteorología y de 108 puestos de colecta de precipitación pluviométrica de la Agencia Nacional de Aguas. Para determinar la cantidad de meses secos es hecha la substración de la precipitación pluviométrica con la evapotranspiración potencial. Dos dominios climáticos fueron identificados en el área de estudio: Tropical y Tropical Ameno; estos fueron divididos en subdominios climáticos (con cantidad de meses secos), tipos climáticos (localización en el territorio brasileño) y subtipos climáticos (localización más precisa dentro de aspectos geomorfológicos). La definición de las unidades

climáticas del estado de Goiás y del Distrito Federal genera nuevas contribuciones para estudios regionales em escalas climáticas inferiores (Climatología de Detalle), siendo que la precisión adquirida y el amplio numero de datos históricos disponibilizados en la internet, pueden ser usados en diagnósticos ambientales, materiales didácticos y análisis agrícolas.

Palabras clave: Unidades climáticas, Temperatura media del mes más frío, Precipitación pluviométrica, Cantidad de meses secos, Alta resolución climática.

Introdução

Os sistemas de classificação climática possuem uma grande relevância por definirem climas de diferentes regiões, considerando elementos climáticos diferentes, criando regiões mais homogêneas, e otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos (NÓBREGA, 2010).

Em meados do século XX, Strahler (1989) criou uma classificação genética do clima baseada na formação dos regimes das massas de ar e nos elementos de precipitação e temperatura. Köppen (1948) classifica os climas de acordo com a temperatura e precipitação (modelo analítico), sendo ajustados pela distribuição da vegetação. Em 1961 Geiger aperfeiçoou o sistema classificatório de Köppen e o tornou o mais empregado em trabalhos científicos e em livros didáticos. Outra classificação muito utilizada, principalmente em aplicações agrícolas é a de Thornthwaite (1948), que introduziu o conceito de Evapotranspiração Potencial (ETP), de grande relevância para a Climatologia. Comparando dados de precipitação e ETP, foram calculados vários tipos de índices que compõe o balanço hídrico (SAMPAIO et al, 2011).

No Brasil, Nimer (1972) elaborou uma classificação climática empregada até hoje pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa classificação climática delimita o clima quantitativamente, utilizando a precipitação e a temperatura, mas o separa também qualitativamente, considerando a quantidade de meses secos e a circulação atmosférica. Monteiro (1973) criou um sistema classificatório do clima abrangendo escalas locais e regionais (Estado de São Paulo), que busca um melhor entendimento da variabilidade local, caracterizado pela influência de fatores geográficos abordando a análise rítmica das condições do tempo atmosférico. Martinelli (2009), em seu Atlas do Estado de São Paulo, fez uma coletânea selecionada de mapas climáticos do Estado, apresentando algumas propostas de classificações como as de Setzer (1966), Salvi (1984) e Rolim et al (2007).

Os sistemas de classificação climática utilizados na atualidade, em sua maioria, continuam usando antigas

metodologias, mas vale a pena destacar alguns trabalhos, como a alta precisão na resolução dos mapas climáticos elaborados por Alvares et al (2013), Beck, Zimmermann e McVicar (2018), e Dubreul, Fante e Sant'anna Neto (2018) que apresentaram novos e melhorados mapas da classificação climática de Koppen-Geiger. A cartografia de Beck, Zimmermann e McVicar (2018) possui resolução de 0,0083°, fornecendo uma representação mais precisa de regiões heterogêneas, com a combinação de dados climáticos oriundos de várias fontes independentes (inclusive o CHELSA que é utilizado nesse trabalho), reanalisando dezenas de milhares de estações meteorológicas espalhadas pelo planeta Terra.

Algumas publicações atuais estão promovendo novos métodos de classificação climática, como o mapeamento bioclimático do Estado do Rio de Janeiro (CRONEMBERGER et al, 2011), a articulação de diferentes níveis escalares do clima de Jardim et al (2019), e na criação de unidades climáticas de Tarifa & Azevedo (2001), e Silva & Jardim (2019).

A escassa produção de modelos de classificações climáticas na atualidade (surgidas no século XXI) foi um dos motivos para Novais (2019) elaborar sua tese, sendo que ele cria um sistema que classifica os climas a partir da grande quantidade de dados de reanálise disponíveis e também por modelagem, ajustando os limites das unidades climáticas de acordo com a escala climática adotada. O detalhamento das unidades climáticas feito por Novais (2019) também é de alta resolução, e fornece subsídios para novos estudos regionais, apresentando dados de forma mais didática para o ensino e aprendizagem dessa ciência. Esse sistema auxilia também em atividades antrópicas que visam um melhor planejamento das condições ambientais de cada localidade estudada. As escalas climáticas da tese de Novais (2019) abrangem desde as escalas superiores (zonal, global e regional), até as escalas inferiores (sub-regional, local e topoclimático) da Climatologia de Detalhe.

O objetivo desse artigo é propor uma nova abordagem de mapeamento de unidades climáticas para o Estado de Goiás e o

Distrito Federal, considerando a temperatura média do mês mais frio (TMMMMF), a variação na precipitação pluviométrica, a quantidade de meses secos, as passagens de frentes frias e a possibilidade de formação de geadas.

Goiás é o sétimo maior estado brasileiro, com mais de 340 mil km² e 7 milhões de habitantes (IBGE, 2020), é a principal economia da Região Centro-Oeste. O Distrito Federal abriga a capital do país, Brasília, que hoje, segundo dados do IBGE (2020), é a terceira maior cidade do país, com mais de 3 milhões de habitantes. Portanto, a criação de unidades climáticas que abrangem essa área, é de grande importância para o entendimento do clima regional e local, servindo de auxílio para projetos ambientais na região do Bioma Cerrado.

Do ponto de vista analítico, acreditamos que este trabalho possa superar uma lacuna ainda existente nos sistemas classificatórios do clima, ou seja, a atualidade de modelos para serem aplicados. Armond e Sant'anna Neto (2016) afirmam que a complexidade do mundo e a necessidade de uma abordagem híbrida dos fenômenos provocam uma compreensão e uma realização de classificações que concebam a relação sociedade e natureza como uma unidade contraditória, porém, complementar. Os autores, nos desafiam, também, a explorar as formas de representação cartográfica para que se possa, para além de uma dimensão teórica, conceitual e de método, avançar nas linguagens geográficas de abordagem do fenômeno climático.

Material e métodos

O Sistema de Classificação Climática adotado para esse estudo é o elaborado por Novais (2019), que em sua tese utilizou-o para o Bioma Cerrado. Essa classificação não é apenas o resultado de ideias e conceitos aplicados desde os sistemas de Strahler (1989), Koeppen (1948), Thorntwaite (1955) e Nimer (1979), mas também mescla modelos empíricos e genéticos para se associar num intercâmbio de informações, gerando um padrão que aborda

tanto os valores observados do tempo e do clima, quanto a influência dos sistemas meteorológicos. A precisão da resolução espacial dos dados climáticos é de 1 km, utilizando valores de reanálise (para temperatura) ajustados com a imagem de radar fornecida pelo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para as unidades climáticas.

A classificação climática é dividida em hierarquias, sendo que na primeira está a Zona Climática. De acordo com Novais (2017a), a região que possui a mais alta incidência de raios solares no globo é a intertropical, subdividindo em Zona Climática Tórrida (situada entre os Subequadores de latitude $11^{\circ}43'30''$ Norte e Sul) e Zona Climática Quente (entre os Subequadores e os Trópicos). A altura solar produz uma iluminação direta na Linha do Equador durante os equinócios, formando um cone de luz com vértice no Sol, e uma base de $46^{\circ}54'$ de latitude na superfície terrestre. Novais também propõe duas linhas de alta incidência solar no verão para as latitudes médias (nos paralelos de $46^{\circ}54'$ Norte e Sul), denominadas de Subtrópico Setentrional (no Hemisfério Norte) e Subtrópico Meridional (no Hemisfério Sul), servindo de limite entre a Zona Climática Moderada e Zona Climática Fria, determinando os locais onde a incidência solar no verão é mais alta. O Estado de Goiás e o Distrito Federal estariam inseridos totalmente na Zona Climática Quente pois ficam ao sul do Subequador Meridional ($11^{\circ}43'30''$ S).

Na segunda hierarquia climática da classificação estão os Climas Zonais (diferentes das Zonas Climáticas), determinados pela TMMMF. A temperatura é o principal elemento climático nessa escala, que influencia na distribuição de energia ocasionada pela radiação solar na troposfera se diferenciando latitudinalmente. Nas baixas latitudes, esse parâmetro demonstra o máximo deslocamento das massas polares que atingem essas regiões (NOVAIS, 2017a).

No Clima Zonal Tórrido (mais próximo da linha do Equador), a TMMMF acima de $22,5^{\circ}\text{C}$ mostra a grande sensibilidade ao frio de populações que vivem nessa região do planeta, uma média dos valores encontrados por Koeppen (1948). 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 no artigo de Novais (2017b), e também afasta a possibilidade de desenvolvimento e proliferação da maioria dos vetores de enfermidades tropicais. Os Climas Zonais Frios e Polares são as outras unidades climáticas dessa hierarquia.

A terceira hierarquia da classificação climática pertence ao Domínio Climático. Esse nível hierárquico abrange uma dimensão de escala regional, que segundo Sant'Anna Neto (2013), é mais complexa do que a escala global (Climas Zonais), resultando de uma combinação de dinâmicas e processos atmosféricos, tanto da ação da circulação geral quanto da circulação secundária.

Os Domínios podem pertencer a mais de um Clima Zonal, e a TMMMF é de suma importância na sua caracterização, mas também são controlados por sistemas meteorológicos como zonas de convergência de ventos e umidade, atuação de anticiclones, frentes frias e a possibilidade de formação de geada.

Os Domínios são divididos em Subdomínios Climáticos (quarta hierarquia), com critério de duração dos meses secos, sendo: úmido (zero a três meses secos); semiúmido (quatro a cinco meses secos); semisseco (seis a sete meses secos); e seco (oito a onze meses secos). Os Domínios Semiárido e Árido possuem 12 meses secos e não tem Subdomínios, sendo diferenciados a partir da quantidade média de precipitação pluviométrica anual, com valores acima (Semiárido) ou abaixo (Árido) de 500 mm.

A metodologia para determinação de mês seco consiste na diferença entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial (P-ETP). Se a precipitação for menor que a ETP, o mês é seco. Com isso, um solo nessas condições, estará potencialmente secando, 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 a P-ETP for maior que zero, o excesso de água no sistema gerará um escoamento superficial e uma drenagem profunda para o lençol freático, favorecendo um crescimento máximo das plantas.

Os Tipos Climáticos fazem parte da quinta hierarquia dessa classificação, mostrando a localização dos Domínios e Subdomínios no território brasileiro. Dependendo do local, são delimitados pelo relevo, vegetação ou quantidade de meses secos, sendo controlados também por sistemas meteorológicos que ali atuam e modificam o tempo drasticamente.

Quadro 1 - Unidades climáticas brasileiras

Domínio Climático	Subdomínio Climático	Tipo Climático
Equatorial	Úmido Semiúmido Semi-seco Seco	Amazônico LitorâneoN Nordestino
Equatorial Ameno	Úmido Semiúmido	Amazônico Nordestino
Tropical	Úmido Semiúmido Semi-seco Seco	Central LitorâneoNE/E Meridional Nordestino Occidental Oriental Setentrional
Tropical Ameno	Úmido Semiúmido Semi-seco Seco	Central LitorâneoS Meridional Nordestino Oriental
Subtropical	Úmido Semiúmido Semi-seco	LitorâneoS Meridional Setentrional
Subtropical Frio	Úmido	Meridional Setentrional
Semiárido	-	LitorâneoNE/E Nordestino
Árido	-	Nordestino

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Novais (2019).

Para a determinação dos tipos climáticos Central e Meridional (por exemplo), Novais (2019) utiliza dados de possibilidade de formação de geada coletados a partir de estações meteorológicas do INMET. As localidades que registraram valores de temperaturas mínimas absolutas abaixo de 3,5°C pelo menos uma vez durante o período climatológico (mínimo de 30 anos) são consideradas de Tipo Meridional no território brasileiro.

O Quadro 1 demonstra a proposta de Novais (2019) para as unidades climáticas do território brasileiro, subdividida da segunda a quarta hierarquia (*Domínios Climáticos, Subdomínios Climáticos e Tipos Climáticos*).

Os Subtipos Climáticos (sexta hierarquia) também são delimitados por sua localização, mas com um melhor refinamento, recebendo a nomenclatura da unidade de relevo ou unidade geomorfológica em que está inserido. Novais, Brito e Sanches (2018) delimitaram os subtipos climáticos com a ajuda do mapa geomorfológico do Triângulo Mineiro, elaborado por Baccaro *et al* (2001).

Para auxiliar na determinação dos subtipos climáticos dentro do Estado de Goiás e no Distrito Federal foram utilizadas as unidades geomorfológicas do Banco de Dados de Informações Ambientais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BDIA/IBGE), juntamente com o Mapa de Unidades de Relevo (IBGE) e as nomenclaturas de bacias hidrográficas.

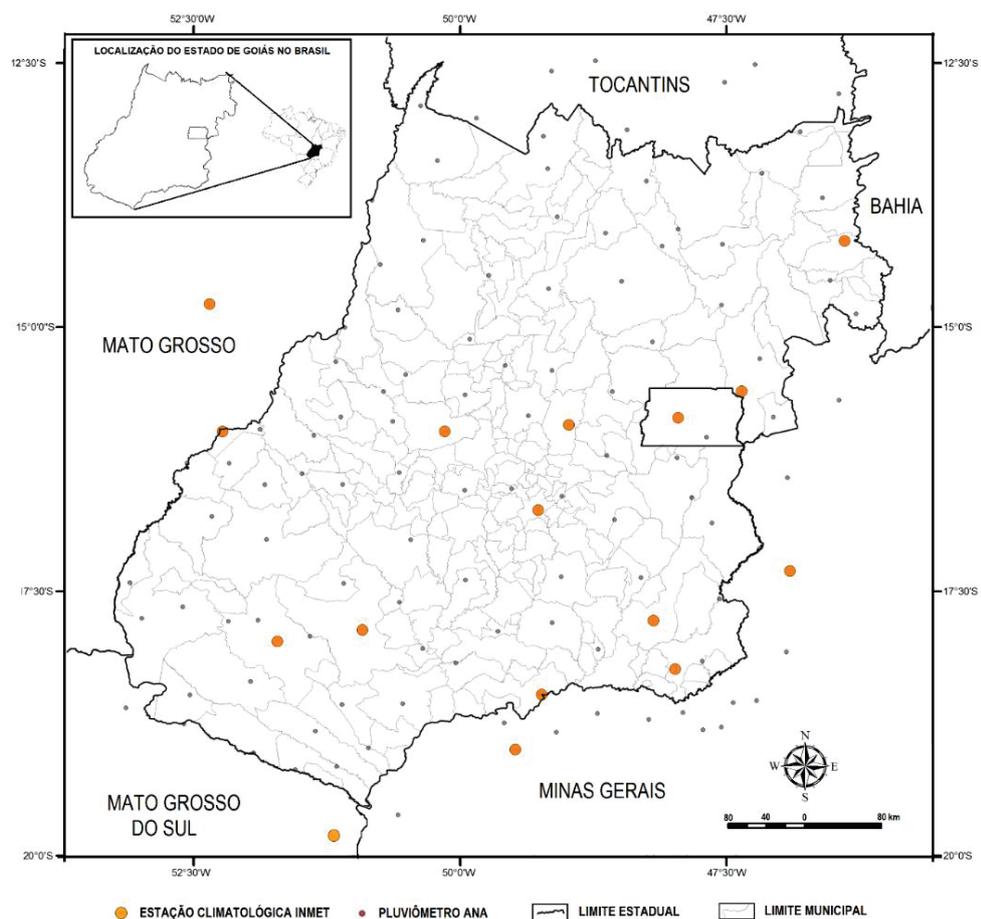
O sistema classificatório de Novais (2019) também possui mais duas outras categorias hierárquicas do clima, os Mesoclimas e os Topoclimas. Elas são delimitadas por elementos geomorfológicos de pequenos táxons (como geossistemas, geótopos e geofácies), formas de relevo de grande destaque na paisagem e também pelas zonas urbanas. Faz parte das menores escalas do clima, sendo influenciada diretamente pela superfície, modificada ou não, pelo homem.

Neste trabalho, foram subdivididas as unidades climáticas até o nível de Subtipos, ou seja, a sexta hierarquia da classificação de Novais. As “manchas” de Domínio Tropical Ameno no Planalto Central (como a Serra dos Pirineus) são propostas de delimitação para alguns Mesoclimas na área de estudo. Sugerimos também,

estudos específicos e elaboração de trabalhos para cada subdomínio e meso/topoclima, e depois apresentá-los separadamente.

Para definir as unidades climáticas de Goiás e do Distrito Federal foram utilizados dados de temperaturas médias mensais do ar e precipitações pluviométricas médias mensais de 17 estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e de 108 pluviômetros da Agência Nacional de Águas (ANA) espalhados pela área de estudo e estados limítrofes (Tocantins, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso), auxiliando nas interpolações de valores (Figura 1). Foram selecionados os locais com registros climatológicos acima de 30 anos. O modelo utilizado para a interpolação foi o *IDW*, que auxiliou na elaboração do mapa pluviométrico e da quantidade de meses secos.

Figura 1 - Estações climatológicas e pluviômetros utilizados na área de estudo.



Fonte: INMET/ANA (1981-2015).

O algoritmo de temperatura CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas) é um conjunto de dados climáticos de alta resolução (1 km) que abrange toda a superfície terrestre (KARGER *et al*, 2017). O conjunto de dados usado pelo CHELSA serviu de base para a elaboração do mapa de TMMMF e conseqüentemente, para a precisão do mapa de unidades climáticas. Os valores de temperatura foram extraídos da Reanálise ERA-Interim, resultando em um ajuste de modelagem que recupera informações da superfície terrestre e oceanos, obtidas através de navios, aviões, radiossondas e satélites. O CHELSA inclui a temperatura média mensal e padrões de precipitação para o período de tempo de 1979-2013. A temperatura média diária deriva de dados sinóticos de seis em seis horas, melhorando substancialmente o desempenho da previsão, especialmente no Hemisfério Sul (ROCHA, ARAVÉQUIA e RIBEIRO, 2016). Com a atualização dos dados anuais, esse algoritmo poderá fornecer novos valores para serem acrescentados em todos os trabalhos que utilizam essa proposta classificatória.

Novais (2019) afirma que a metodologia de estimativa da temperatura do ar do algoritmo CHELSA tem uma correlação direta com as imagens SRTM, derivando em mapas mais próximos da realidade, onde as isotermas acompanham as curvas de nível do terreno. Portanto, o padrão de distribuição de temperatura na atmosfera livre pode ser considerado diretamente relacionado à elevação da superfície, principalmente nos últimos níveis hierárquicos dessa classificação climática.

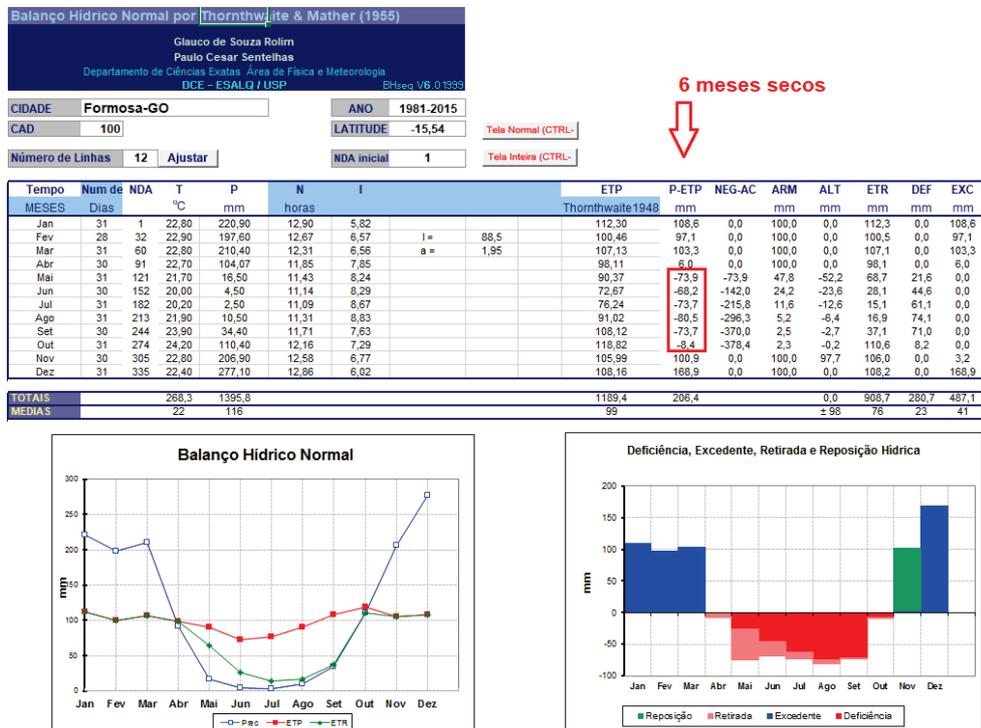
Para testar o CHELSA, Novais e Brito (2017) fizeram comparações com dados de temperatura média mensal de 88 estações do INMET espalhadas por todas as regiões do país. Em mais de 80% das análises a diferença da temperatura média mensal foi menor que 1°C, e em quase 50% menor que 0,5°C, esse erro foi considerado aceitável pelos autores.

Os valores dos pixels de temperatura e precipitação de todas as 125 localidades climáticas utilizadas no Estado de Goiás e no Distrito Federal foram inseridos numa planilha de balanço hídrico climatológico normal (BHN) elaborada por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), onde foram calculadas a ETP, e a quantidade de

meses secos, parâmetros necessários para a subdivisão das primeiras hierarquias da classificação climática. Para o balanço hídrico foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1955), pois na área de estudo não tínhamos estações climatológicas suficientes para utilizar o método de Penman-Monteith (1948), que usa dados de umidade relativa, evaporação, insolação e velocidade do vento.

Na Figura 2, é mostrado o cálculo do BHN em Formosa (GO), onde podemos observar a diferença entre a precipitação e a ETP no meio do ano, totalizando seis meses. A planilha também fornece dados de excedente e déficit hídricos, que servem para descrição e diferenciação das unidades climáticas, além disso guarda informações sobre os meses de maior e menor precipitação e temperatura do ar.

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico para a cidade de Formosa (GO). Dados de 1981-2015.



Fonte: CHELSA e ANA

Para a determinação do número médio de passagem de frentes frias por cada unidade climática, foi utilizado o mapa de Novais (2016), elaborado a partir de informações de Assad *et al* (2004), Cavalcanti *et al* (2009) e Fuentes (2009).

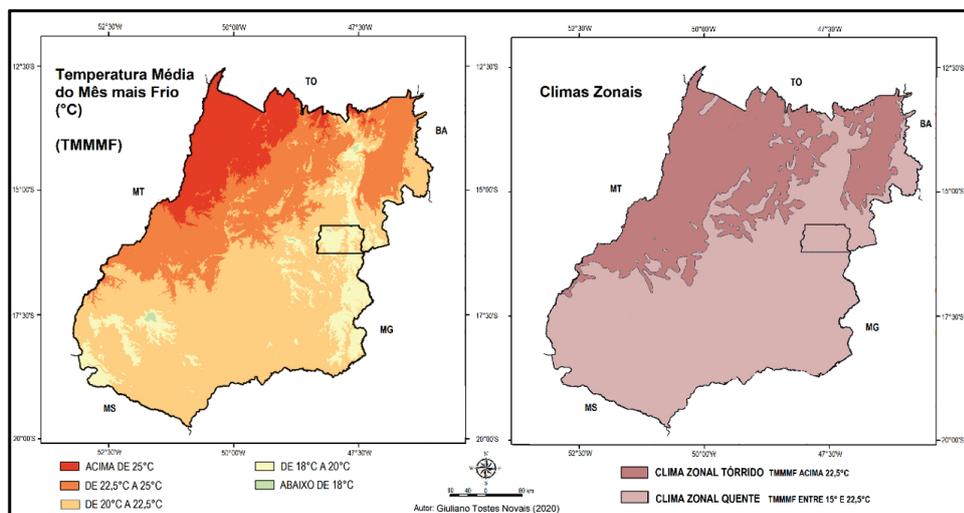
A possibilidade de ocorrência de geada no estado de Goiás e no Distrito Federal foi quantificada a partir do mapa de Novais (2019), em que o autor mostra esse parâmetro para o Bioma Cerrado. Para tal condição, a temperatura mínima absoluta do ar deverá ser abaixo de 3,5°C. Esse valor se aproxima do encontrado por Sentelhas, Ortolan e Pezzopane (1995). Os autores analisaram a diferença dos dados de temperatura mínima do ar junto à relva e a temperatura mínima do ar em abrigo meteorológico em dez locais do estado de São Paulo em noites de geada, sendo o valor médio da diferença igual a 4,1°C, variando de 3,3 a 5,7°C. A temperatura mínima absoluta é medida nas estações climatológicas do INMET, sendo interpolada para as áreas que não possuíam estações, e as imagens de radar do SRTM foram muito úteis nesse caso.

Resultados e discussões

Cruzando os dados da TMMMF, da quantidade de chuva, ETP mensais, das formas de relevo e das unidades geomorfológicas locais; com a atuação de sistemas meteorológicos que modificam o clima no centro do continente, foram geradas as unidades climáticas do Estado de Goiás e do Distrito Federal.

Como pode ser observado na Figura 3, a TMMMF segue a variação da latitude, e principalmente, o comportamento do relevo, diminuindo no Planalto Central (chegando a valores abaixo de 18°C na Chapada dos Veadeiros) e aumentando na planície do Araguaia, ao norte. A Serra dos Caiapós (a sudoeste) também registra valores abaixo de 18°C, e não é raro a formação de geada a cada cinco anos. A partir do mapa de TMMMF, foi gerado o mapa dos *Climas Zonais* que abrangem o estado, a primeira hierarquia da classificação climática, sendo eles: *Tórrido*, com TMMMF acima de 22,5°C, praticamente sem queda de temperatura média mensal no inverno; e *Quente*, com TMMMF entre 15° e 22,5°C, invernos amenos e possibilidade de geada no período climatológico, principalmente nas áreas mais elevadas do planalto meridional goiano.

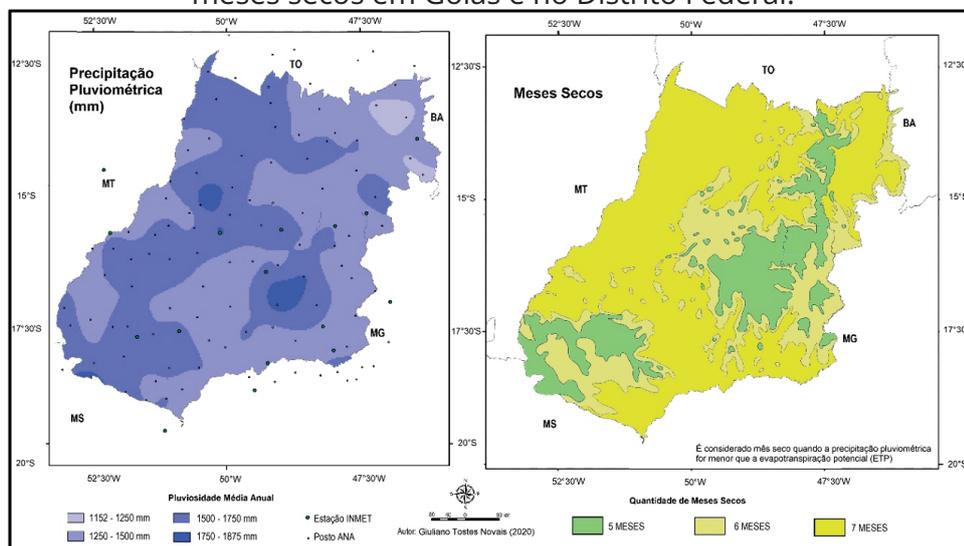
Figura 3 - Mapas de temperatura média do mês mais frio e dos Climas Zonais encontrados em Goiás e no Distrito Federal



Fonte: O autor.

A Figura 4 mostra no primeiro mapa a média de precipitação pluviométrica para o período analisado, com valores acima de 1750 mm no centro-sul do estado e na borda oeste do Planalto Central goiano. O menor índice pluviométrico (abaixo de 1250 mm) aparece no nordeste de Goiás, na transição para as unidades climáticas mais secas da Bahia. A quantidade de meses secos é determinada pela diferença entre a precipitação pluviométrica e a ETP, e segue as curvas de nível do relevo, que influencia na temperatura e na ETP também. As áreas com cinco meses secos são as mais altas do estado, onde a temperatura cai juntamente

Figura 4 - Mapas de precipitação pluviométrica média anual e de meses secos em Goiás e no Distrito Federal.



Fonte: O autor.

com a ETP. Já nas áreas com sete meses secos, as altitudes são menores, provocando a elevação da temperatura e da ETP; mas há também outras áreas com precipitação baixa, como no nordeste goiano, que influenciam no número de meses secos.

Como demonstra a Figura 5, as unidades climáticas encontradas no Estado de Goiás e no Distrito Federal pertencem a várias hierarquias na classificação de Novais (2019). Na primeira, a Zona Climática é a Quente, e os Climas Zonais são o Tórrido e o Quente, explicados anteriormente. No que diz respeito aos Domínios Climáticos (terceira hierarquia), o Tropical não tem influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e possui uma grande sazonalidade provocada por sistemas meteorológicos opostos; no verão a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e no inverno o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). O Domínio Tropical Ameno tem as mesmas características do Tropical mas sua TMMMF cai abaixo de 18°C, e são regiões mais propícias a formação de geada.

O Domínio Tropical divide-se, na área de estudo, nos Subdomínios semiúmido (de 5 meses secos) e semisseco (de 6 a 7 meses secos). Para o Domínio Tropical Ameno, o Subdomínio é somente o semiúmido, com menor quantidade de meses secos (cinco).

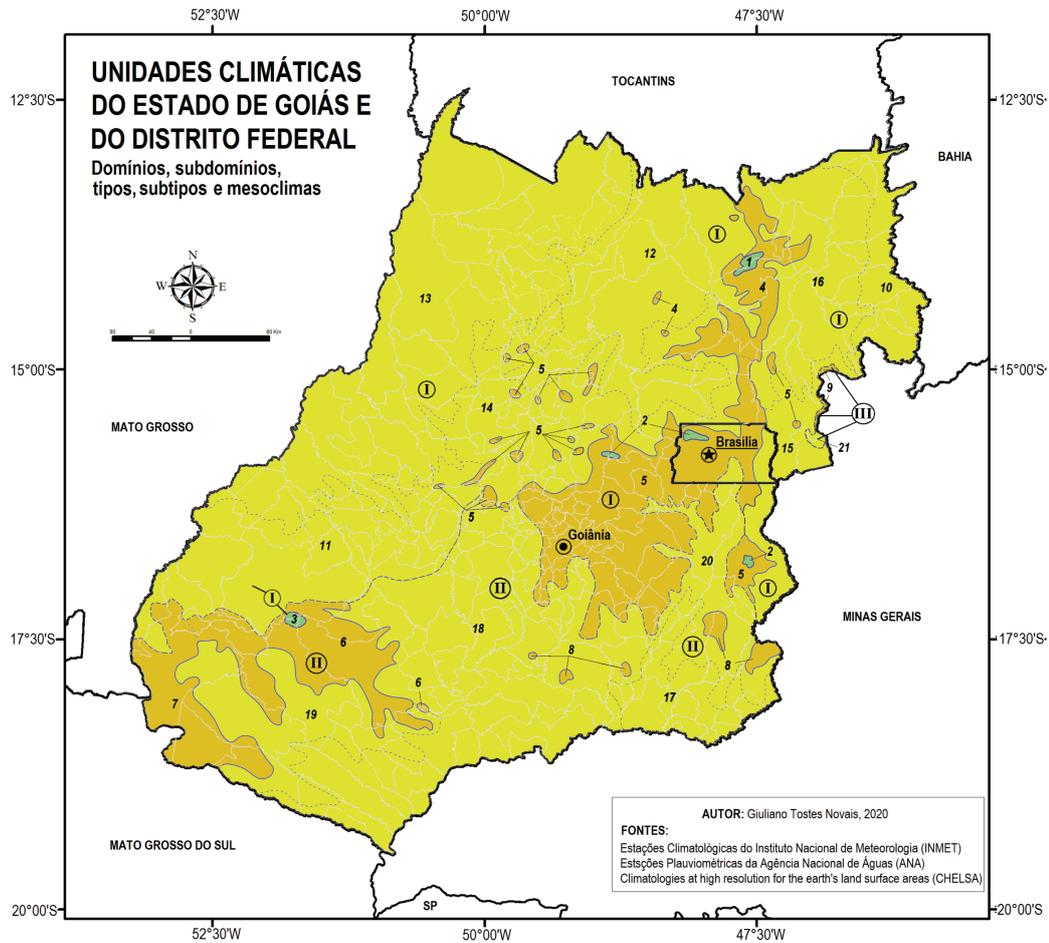
O Tipo Climático Central é marcado pela sazonalidade típica do Cerrado proporcionada pelo domínio Tropical e seus principais Subdomínios, o Semiúmido e o Semisseco. Esse tipo climático engloba todo o Planalto Central, o vale do rio Araguaia (Goiás e Mato Grosso), o Noroeste de Minas e o sul do Tocantins. No centro-sul de Goiás, o limite com o Tipo Meridional se faz nos locais onde há possibilidade de formação de geada no período climatológico (30 anos).

Os Subtipos Climáticos associados a cada Tipo, Subdomínio ou Domínio tem uma influência clara da geomorfologia regional e local. A altitude e orientação do relevo proporciona diferenças em cada unidade climática dessa hierarquia.

Na Figura 5 e no Quadro 2, são apresentadas todas as 21 unidades climáticas delimitadas no Estado de Goiás e no Distrito Federal. É possível observar os Domínios, Subdomínios e Tipos

climáticos, juntamente com a variação dos valores de TMMMF, a precipitação pluviométrica, a quantidade de meses secos e o balanço hídrico (excedente e déficit). O estudo propõe um segundo volume para uma caracterização mais detalhada de cada subtipo climático em outra publicação.

Figura 5 - Unidades Climáticas do Estado de Goiás e do Distrito Federal



DOMÍNIO CLIMÁTICO	SUBDOMÍNIO CLIMÁTICO	TIPO CLIMÁTICO	MESOCLIMA (Ex.) da Serra dos Pireneus, e todas as manchas de Domínio Tropical Ameno no Planalto Central. Cada uma com sua característica geoclimática.	LIMITES
TROPICAL AMENO	SEMIÚMIDO	CENTRAL ①		MUNICÍPIO/ESTADO
TROPICAL	SEMIÚMIDO	CENTRAL, MERIDIONAL, NORDESTINO ① ② ③		DOMÍNIOS CLIMÁTICOS
	SEMISECO	CENTRAL, MERIDIONAL, NORDESTINO ① ② ③		SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS
				TIPOS CLIMÁTICOS
				SUBTIPOS CLIMÁTICOS

SUBTIPOS CLIMÁTICOS		
1. TROPICAL AMENO SEMIÚMIDO CENTRAL, DA CHAPADA DOS VEADEIROS	8. TROPICAL SEMIÚMIDO MERIDIONAL, DOS PLANALTOS E SERRAS DO SUL/SUDESTE GOIANO	15. TROPICAL SEMISECO CENTRAL, DO PLANALTO CENTRAL
2. TROPICAL AMENO SEMIÚMIDO CENTRAL, DO PLANALTO CENTRAL	9. TROPICAL SEMIÚMIDO NORDESTINO, DAS CHAPADAS DO RIO SÃO FRANCISCO	16. TROPICAL SEMISECO CENTRAL, DO VÃO DO PARANÁ
3. TROPICAL AMENO SEMIÚMIDO CENTRAL, DA SERRA DOS CAIAPÓS	10. TROPICAL SEMISECO CENTRAL, DA SERRA GERAL DE GOIÁS	17. TROPICAL SEMISECO MERIDIONAL, DO PLANALTO DISSECADO DO RIO PARANAÍBA
4. TROPICAL SEMIÚMIDO CENTRAL, DA CHAPADA DOS VEADEIROS	11. TROPICAL SEMISECO CENTRAL, DO ALTO ARAGUAIA	18. TROPICAL SEMISECO MERIDIONAL, DO PLANALTO RIO GRANDE-PARANAÍBA
5. TROPICAL SEMIÚMIDO CENTRAL, DO PLANALTO CENTRAL	12. TROPICAL SEMISECO CENTRAL, DO ALTO TOCANTINS	19. TROPICAL SEMISECO MERIDIONAL, DA BORDA SUL DO PLANALTO CENTRAL
6. TROPICAL SEMIÚMIDO MERIDIONAL, DA SERRA DOS CAIAPÓS	13. TROPICAL SEMISECO CENTRAL, DO ARAGUAIA	20. TROPICAL SEMISECO MERIDIONAL, DA BORDA SUL DO PLANALTO CENTRAL
7. TROPICAL SEMIÚMIDO MERIDIONAL, DO ALTO ARAGUAIA	14. TROPICAL SEMISECO CENTRAL, DA BORDA NORTE DO PLANALTO CENTRAL	21. TROPICAL SEMISECO NORDESTINO, DA DEPRESSÃO DO ALTO SÃO FRANCISCO

Fonte: O autor.

Nas próximas seções, serão analisados cada Tipo Climático da área de estudo (quinta hierarquia da classificação climática), mostrando quais sistemas meteorológicos são mais atuantes; o período úmido e seco (com a descrição dos meses); o número médio de passagem de frentes frias e se há possibilidade de formação de geada no período climatológico; os valores da TMMMF; e a precipitação pluviométrica média juntamente com o balanço hídrico climatológico para a área de influência da unidade climática.

Tropical semiúmido central

Unidade climática da quinta hierarquia (como todos os tipos), que abrange o Planalto Central e as duas maiores metrópoles do Cerrado, Brasília e Goiânia. Cidades importantes como Anápolis, Luziânia e Formosa também pertencem a essa unidade climática. Em boa parte dessa área as altitudes superam os 1.000 metros, o que faz a temperatura média mensal do ar diminuir em relação ao seu entorno, e com isso, os valores de ETP também caem, fazendo crescer o excedente no balanço hídrico. A altimetria varia de 700 a 1250 metros na área e estudo.

Essa unidade climática é de Domínio Tropical, e possui Clima Zonal Quente, com influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul/Umidade (ZCAS/ZCOU) durante os meses de outubro a março (meses mais úmidos), e da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) nos meses mais secos. O Subdomínio é o semiúmido, com cinco meses secos (de maio a setembro). Por estar localizado no Estado de Goiás, o seu Tipo climático é o Central do Brasil, com passagem média anual de 12 frentes frias, e com rara possibilidade de formação de geadas (uma a seis a cada 30 anos) em alguns pontos no limite com o tipo Meridional.

A TMMMF acontece em junho; e varia de 18° a 20°C. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1450 e 1850 mm, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos. O excedente hídrico anual é de 400 a 600 mm, e o déficit hídrico de 150 a 250 mm no ano.

No Estado de Goiás e no Distrito Federal, os Subtipos

vinculados a essa unidade climática foram: Tropical semiúmido central, da Chapada dos Veadeiros; e o Tropical semiúmido central, do Planalto Central.

Tropical semiúmido meridional

Aparece nas “terras férteis” do planalto de Rio Verde; e em manchas no sul e sudeste de Goiás (serra de Caldas e planaltos de Catalão e Campo Alegre). A altimetria varia de 850 a 1050 metros em Goiás. Essa unidade climática está separada em porções dentro do estado de Goiás. Aparece no sudoeste goiano (região da serra dos Caiapós),

Tem um Clima Zonal Quente, com influência das ZCAS/ZCOU nos meses mais úmidos (de outubro a março) e da ASAS e Anticiclone Polar Sul (APS) no meio do ano. Os meses em que a precipitação pluviométrica é menor que a ETP são cinco (maio a setembro), tornando seu Subdomínio Semiúmido. A possibilidade rara a frequente de formação de geada (de seis a 30 a cada 30 anos) faz seu tipo climático tornar-se Meridional (ou Meridional do Brasil), com incursões periódicas de frentes frias (12 a 20 por ano).

Junho e julho são os meses mais frios, com temperatura média variando de 18° a 19,5°C. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1.400 e 1.650 mm, com os meses de verão sendo os mais chuvosos (dezembro, janeiro e fevereiro). Os valores de excedente hídrico anual variam de 350 a 750 mm; e seu déficit hídrico anual tem valores de 150 a 400 mm.

No Estado de Goiás, os Subtipos vinculados a essa unidade climática foram: Tropical semiúmido meridional, da Serra dos Caiapós; Tropical semiúmido meridional, do Alto Araguaia; e Tropical semiúmido meridional, dos Planaltos e Serras do Sul/Sudeste Goiano.

Tropical semiúmido nordestino

Unidade climática criada por Pimenta (2019) e que aparece no topo das chapadas ocidentais da bacia do Rio São Francisco em Goiás e Minas Gerais. No Estado de Goiás surge em cima da Serra do Bonito, no município de Formosa, seguindo pela cumeada até o início da Serra Geral de Goiás. A altimetria varia de 950 a 1050 metros.

De Clima Zonal Quente, tem influência das ZCAS/ZCOU nos meses mais úmidos (de outubro a março) e da ASAS no meio do ano. Seu Subdomínio é o Semiúmido, com cinco meses secos (maio a setembro). O Tipo Climático é o Nordeste, com incursões médias de 10 frentes frias por ano e sem possibilidade de formação de geada.

A TMMMF (junho) varia de 19° a 20°C. A precipitação pluviométrica anual fica em 1500 mm, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos. O excedente hídrico anual é de 450 a 550 mm e o déficit hídrico anual de 250 a 350 mm.

O subtipo desse tipo climático, no Estado de Goiás é o Tropical Semiúmido Nordeste, das Chapadas do Rio São Francisco.

Tropical semisseco central

A maior unidade climática da área de estudo abrange todo o centro-norte goiano, ao norte da borda escarpada do Planalto Central e a leste da Chapada dos Veadeiros. A altimetria varia de 200 a 900 metros dentro do Estado de Goiás.

Inserida tanto no Clima Zonal Tórrido (porção norte) quanto no Clima Zonal Quente (porção sul), tem influência das ZCAS/ZCOU nos meses mais úmidos (de novembro a março) e da ASAS no período seco. Seu Subdomínio é o Semisseco, de seis a sete meses secos (podendo variar de abril/maio a outubro). O Tipo climático é o Central, com incursões de frentes frias periódicas (cinco a vinte por ano). Há possibilidade de registro de pelo menos uma geada, no período de 30 anos, em alguns pontos no limite com o tipo meridional.

A TMMMMF (junho-sul e janeiro-norte) varia de 22° a 25,5°C. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1200 e 1750 mm, sendo os meses de dezembro, janeiro e novembro os mais chuvosos. Possui um excedente hídrico anual que varia de 100 a 700 mm, e déficit hídrico anual entre 300 e 600 mm.

No Estado de Goiás e no Distrito Federal, são sete os Subtipos vinculados a essa unidade climática, sendo: Tropical semisseco central, da Serra Geral de Goiás; Tropical semisseco central, do Alto Araguaia; Tropical semisseco central, do Alto Tocantins; Tropical semisseco central, do Araguaia; Tropical semisseco central, da borda norte do Planalto Central; Tropical semisseco central, do Planalto Central; e Tropical semisseco central, do Vão do Paranã.

Tropical semisseco meridional

Unidade climática que abrange os planaltos basálticos da bacia do Paraná, no sul do Estado de Goiás, e segue também até o centro do Distrito Federal, na bacia hidrográfica do São Bartolomeu. Compreende as cidades de Jataí, Rio Verde, Itumbiara e Catalão, principais centros urbanos da grande área agrícola. A altimetria varia de 300 a 950 metros na área de estudo.

De Clima Zonal Quente, com influência da ZCAS e ZCOU nos meses mais úmidos (de novembro a março); e da ASAS e APS no período seco do meio do ano. Seu Subdomínio é o Semisseco, de seis a sete meses secos (abril-maio a outubro). O Tipo climático é o Meridional, com incursões de frentes frias periódicas (12 a 25 por ano) e possibilidade rara a frequente de geadas (de uma a 30 a cada 30 anos).

A TMMMMF (junho ou julho) variando de 18,5° a 22,5°C. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1000 e 2000 mm, sendo os meses de janeiro, dezembro e fevereiro os mais chuvosos. Tem uma grande variação de excedente hídrico anual, com valores de 25 a 500 mm; o déficit hídrico anual também varia muito, de 50 a 450 mm.

No Estado de Goiás e no Distrito Federal, os Subtipos vinculados a essa unidade climática foram: Tropical semisseco meridional, da Borda sul da Serra dos Caiapós; Tropical semisseco

meridional, da borda sul do Planalto Central; Tropical semisseco meridional, do Planalto Dissecado do Rio Paranaíba; e Tropical semisseco meridional, do Planalto Rio Grande-Paranaíba; esses dois últimos descritos por Novais, Brito e Sanches (2018), nas unidades climáticas do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

Tropical semisseco nordestino

A menor unidade climática do Estado de Goiás aparece apenas na cabeceira do rio Urucuia, na alta bacia do São Francisco, dentro dos municípios de Formosa e Cabeceiras. A altimetria varia de 600 a 850 metros no Estado de Goiás.

Seu Clima Zonal é o Quente, e os principais sistemas atmosféricos que controlam esse Domínio Tropical são as ZCAS/ZCOU nos meses mais úmidos (de novembro a março) e a ASAS no período seco do meio do ano. Seu subdomínio é o semisseco, de sete secos (maio a outubro). O Tipo Climático é o Nordeste, com incursões médias de 10 frentes frias por ano e possibilidade rara de formação de geada (uma a cada 30 anos).

A TMMMF (junho) varia de 20,5° a 22,0°C. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1150 e 1400 mm, sendo os meses de janeiro, dezembro e fevereiro os mais chuvosos. Tem uma variação de excedente hídrico anual, com valores indo de 150 a 200 mm (os menores do Estado de Goiás); o déficit hídrico anual é de 400 a 500 mm.

No Estado de Goiás, o Subtipo vinculado a essa unidade climática foi o Tropical semisseco nordestino, da Depressão do Alto São Francisco.

Tropical ameno semiúmido central

Unidade climática influenciada pelo resfriamento adiabático provocado pelas maiores elevações do Planalto Central brasileiro. É dividida em cinco “manchas” detectadas pelo CHELSA; a primeira sobre a Serra dos Caiapós, no sudoeste Goiano; a segunda na Serra dos Pireneus, no Centro Goiano; a terceira na Chapada do Rodeador, ponto culminante do Distrito Federal; a quarta nas

altitudes mais elevadas da Chapada dos Veadeiros, no norte de Goiás; e a quinta “mancha tropical amena” localiza-se na cidade de Cristalina, no topo do planalto homônimo. As altimetrias dessa unidade climática variam de 1000 a 1690 metros.

De Clima Zonal Quente, tem influência da ZCAS e ZCOU nos meses mais úmidos (outubro-março) e da ASAS nos meses mais secos. A menor ETP provocada pela maior altitude, torna o seu Subdomínio Semiúmido, com cinco meses secos (maio a setembro). O Tipo continua sendo o Central, e é caracterizado pelas mais altas terras localizadas nesse tipo climático no país. Tem média de 12 passagens de frentes frias por ano e possibilidade rara a frequente de formação de geadas (de uma a trinta a cada 30 anos).

A menor temperatura média acontece no mês de junho, e cai abaixo de 18°C (variando de 17,2° a 17,9°C), típico Cwa de Köppen. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1400 e 1625 mm, sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro os mais chuvosos. O excedente hídrico anual varia de 450 a 800 mm, e o déficit hídrico anual tem valores entre 100 e 250 mm.

No Estado de Goiás e no Distrito Federal, os Subtipos vinculados a essa unidade climática foram: Tropical Ameno semiúmido central, da Chapada dos Veadeiros; Tropical Ameno semiúmido central, do Planalto Central; e Tropical Ameno semiúmido central, da Serra dos Caiapós.

Os subtipos climáticos

Os subtipos climáticos são as menores unidades climáticas deste trabalho. Suas nomenclaturas descrevem em quais unidades geomorfológicas ou de relevo elas estão inseridas. A seguir, são mostradas em forma de quadro, as unidades climáticas do Estado de Goiás e do Distrito Federal, da terceira a sexta hierarquia dessa classificação, ou seja, Domínios, Subdomínios, Tipos e Subtipos Climáticos. Para diferenciar tais unidades, são utilizados dados de variação de altitude, TMMMF, precipitação pluviométrica, excedente e déficit hídricos, e quantidade de meses secos.

Classificação climática aplicada ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil
Giuliano Tostes Novais

Domínio, Subdomínio e Tipo Climático (terceira a quinta hierarquia)	Subtipo Climático (sexta hierarquia)	Variação de altitude (m)	TMMMF (°C)	Precipitação (mm)	Excedente (mm)	Déficit (mm)	Meses Secos P<ETP
Tropical Ameno semiúmido	da Chapada dos Veadeiros	1420 -	17,2 - 18,0	1470 - 1500	700 - 800	125 - 150	5
Tropical Ameno semiúmido	do Planalto Central	1200 -	17,8 - 18,0	1400 - 1630	500 - 700	100 - 250	5
Tropical Ameno semiúmido	da Serra dos Caiapós	1000 -	17,9 - 18,0	1450 - 1580	450 - 600	175 - 200	5
Tropical semiúmido central	da Chapada dos Veadeiros	1000 -	18,1 - 20,5	1400 - 1550	500 - 600	150 - 300	5
Tropical semiúmido central	do Planalto Central	800 - 1280	18,7 - 21,5	1420 - 1880	450 - 750	175 - 325	5
Tropical semiúmido meridional	da Serra dos Caiapós	730 - 1000	18,1 - 20,7	1390 - 1650	500 - 750	150 - 250	5
Tropical semiúmido meridional	do Alto Araguaia	700 - 930	19,2 - 20,8	1400 - 1800	450 - 600	175 - 300	5
Tropical semiúmido meridional	dos Planaltos e Serras do Sul/Sudeste	900 - 1030	19,0 - 20,5	1430 - 1500	350 - 500	300 - 400	5
Tropical semiúmido nordestino	das Chapadas do Rio São Francisco	950 - 1050	19,0 - 20,0	1450 - 1550	450 - 550	250 - 350	5
Tropical semisseco central	da Serra Geral de Goiás	550 - 1050	19,8 - 23,6	1150 - 1600	200 - 500	350 - 550	6 - 7
Tropical semisseco central	do Alto Araguaia	400 - 980	20,0 - 23,4	1400 - 1650	300 - 600	250 - 500	6 - 7
Tropical semisseco central	do Alto Tocantins	290 - 1000	21,0 - 25,7	1310 - 1670	400 - 550	400 - 600	6 - 7
Tropical semisseco central	do Araguaia	200 - 700	22,1 - 26,5	1410 - 1700	250 - 550	450 - 650	7
Tropical semisseco central	da Borda Norte do Planalto Central	580 - 1050	20,5 - 23,2	1320 - 1690	350 - 550	350 - 500	6 - 7
Tropical semisseco central	do Planalto Central	750 - 1075	19,5 - 21,0	1350 - 1500	450 - 550	200 - 350	6
Tropical semisseco central	do Vão do Paranã	320 - 750	21,1 - 25,5	1160 - 1500	150 - 450	400 - 650	7
Tropical semisseco meridional	do Planalto Dissecado do Rio Paranaíba	500 - 850	19,5 - 21,8	1400 - 1530	400 - 550	250 - 400	6 - 7
Tropical semisseco meridional	do Planalto Rio Grande-Paranaíba	350 - 900	19,7 - 22,5	1310 - 1670	250 - 500	250 - 450	6 - 7
Tropical semisseco meridional	da Borda Sul da Serra dos Caiapós	500 - 800	19,8 - 21,6	1550 - 1650	350 - 500	200 - 300	6
Tropical semisseco meridional	da Borda Sul do Planalto Central	700 - 950	19,7 - 20,8	1330 - 1600	300 - 500	250 - 350	6
Tropical semisseco nordestino	da Depressão do Alto São Francisco	630 - 850	20,5 - 21,8	1190 - 1350	150 - 200	400 - 500	7

Considerações finais

Neste artigo, as unidades climáticas identificadas mostram um maior detalhamento das condições climáticas de cada área do Estado de Goiás e do Distrito Federal. A atuação do ASAS; e a sua dinâmica associada a formação das ZCAS e ZCOUs, influenciam na quantidade de meses secos. A duração do Anticiclone Polar Sul (APS) favorece a TMMMF e condiciona a passagem de frentes frias, e juntamente com o ASAS, promove a possibilidade de ocorrência de geadas na porção centro-sul de Goiás.

Optou-se por subdividir as unidades até o nível de subtipos climáticos (apesar de não ter sido possível analisá-los individualmente devido à reduzida quantidade de páginas proposta pela revista) ampliando as tradicionais propostas de classificações climáticas, e detalhando melhor sua localização espacial no território. Por sua vez, caso a classificação adotasse os níveis escalares dos meso/topoclimas, sua quantidade ultrapassaria os quatro dígitos, não podendo ser descritos em um trabalho somente. Portanto, a partir do método proposto, recomendamos estudos específicos em nível de compartimentos e subcompartimentos geomorfológicos, bacias hidrográficas intraregionais, sub-bacias e microbacias, por exemplo, para a elaboração de trabalhos para cada subtipo, apresentando-os separadamente.

A classificação climática utilizada juntou modelos empíricos e genéticos gerando um padrão que abrangeu tanto os valores observados do tempo e do clima, quanto a influência dos sistemas meteorológicos.

A adoção de um algoritmo de temperatura de alta resolução espacial, contribuiu para melhorar substancialmente os dados devido à deficiente distribuição das estações climatológicas dentro de Goiás e também em todo o território brasileiro.

Com o surgimento de novos dados essa classificação poderá ser melhorada, principalmente em seus limites climáticos. A delimitação de unidades climáticas permite não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico para a região em estudo, mas também conhecer áreas homogêneas sob o ponto de vista socioeconômico, contribuindo para o planejamento e o

desenvolvimento de atividades sustentáveis e viáveis no estado. Esse novo sistema de classificação climática é aperfeiçoado, devido à grande quantidade de fonte de dados históricos utilizados e os recursos técnicos para sua proposição (ambiente SIG) podem ser usados em análises ambientais, didáticas e agrícolas, em nível detalhado de escalas espaciais.

Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate Classification Map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013. (published online January 2014)

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

ASSAD, E.D. [et al]. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2004.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100001>

BACCARO, C.A.D.; FERREIRA, I.V.; ROCHA, M.R.; RODRIGUES, S.C. Mapa geomorfológico do Triângulo Mineiro: uma abordagem morfoestrutural-escultural. In: **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia, 13 (25): 115-127, 2001.CAVALCANTI, I.F.A. [et al]. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

BECK, H., ZIMMERMANN, N., MCVICAR, T. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data** 5, p.180-214 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

CRONEMBERGER, F.M.; VICENS, R.S.; BASTOS, J.S.; FEVRIER, P.V.F.; BARROS, G.M. Mapeamento Bioclimático do Estado do Rio de Janeiro. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 2011, INPE p.5745.

DUBREUIL, V.; FANTE, K.P; SANT'ANNA NETO, J.L. **Os tipos de climas anuais no Brasil**: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. Revista Franco-Brasileira de Geografia. n.37, 2018.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa da População para o Estado de Goiás. 2020.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/panorama>. Acesso em: 24/11/2020.

JARDIM, C.H.; GALVANI, E.; SILVA, M.R.; GARCIA, R.A. O clima em áreas limítrofes ao Planalto Meridional do Espinhaço: Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.25, p. 549-570, jul/dez 2019. <https://dx.doi.org/10.25380/abclima.v25i0.65826>

KARGER, D.N., CONRAD, O., BÖHNER, J., KAWOHL, T., KREFT, H., SORIA-AUZA, R.W., ZIMMERMANN, N.E., LINDER, H.P., KESSLER, M. CHELSA - **Dados de Climatologia em alta resolução para as áreas terrestres.** In: Dryad Digital.Repository. 2017. <https://chelsa-climate.org/>

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

MARTINELLI, M. **Atlas do Estado de São Paulo.** Revista Franco-Brasileira de Geografia. n.7, 2009.

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

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 1ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1979.

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

NÓBREGA, R.S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física.** Recife, v.3, n.1, p. 18-22, 2010. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v3.1.p18-22>

NOVAIS, G.T.; BRITO, J.L.S. Avanço do domínio climático subtropical para o norte do Trópico de Capricórnio: um exemplo da serra dos Órgãos (RJ). In: **VII Simpósio Internacional de Climatologia.** Petrópolis, 2017.

NOVAIS, G.T. Classificação climática aplicada ao bioma Cerrado. **Tese de doutorado** apresentada ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199>

_____. Condições climáticas em três cidades do clima tropical semiúmido: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Goiânia, 2016.

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

<https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623>

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

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

<https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 193, n. 1, p. 120-146, 1948.

PIMENTA, J.S. **Caracterização climática do município de Formosa (GO)**. Trabalho de Conclusão do curso de Geografia da Universidade Estadual de Goiás. Formosa, 2019.

ROCHA, F.B.; ARAVÉQUIA, J.A.; RIBEIRO, B.Z. Estudo de Ciclones e de Padrões de Circulação Atmosférica no Oceano Atlântico Sul Próximo à Costa das Regiões Sul e Sudeste do Brasil Usando Dados da Reanálise do Era-Interim. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol.31, nº.2 São Paulo Abr./Jun 2016. <https://doi.org/10.1590/0102778631220140151>

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Revista Bragantia**. V.66, n.4, Campinas, 2007.

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

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

SANT'ANNA NETO, João Lima. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: Margarete C. de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant'Anna Neto; Ana Monteiro (org.). **Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1ª edição. São Paulo: Outras Expressões, 2013.

SALVI, L.L. Tipologia Climática do Estado de São Paulo: segundo técnicas de quantificação. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. 1984.

SENTELHAS, P.C.; ORTOLAN, A.A.; PEZZOPANE, J.R.M. Estimativa da temperatura mínima de relva e da diferença de temperatura entre o abrigo e a relva em noites de geada. **Revista Bragantia**. v.54. n.2. 1995. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051995000200023>

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo**. São Paulo: CIBPU, 1966.

SILVA, A.A.F.; JARDIM, C.H. Unidades Climáticas em Unaí, Noroeste de Minas Gerais-Brasil: proposta preliminar. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 10 - 26, 2019.

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

TARIFA, J.R; AZEVEDO, T.R. Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática. Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001. 199p. **GEOUSP** – Coleção Novos Caminhos, 4.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Reviews**, 38: 55-94. 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: **Drexel Institute of Technology** - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

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.

Recebido para publicação em 6 de outubro de 2020

Aceito para publicação em 4 de dezembro de 2020

Publicado em 30 de dezembro de 2020