

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 18 (1)

January/February 2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/18120252028>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/2028>



# Desvendando a classificação climática de Köppen: um guia prático e didático com exemplos

## Unveiling the Köppen climate classification: a practical and educational guide with examples

*Corresponding author*

**Luis Eduardo Tamayo-Ruiz**

Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico

Universidad del Valle de México

[tamayo.eduardo@outlook.com](mailto:tamayo.eduardo@outlook.com)

**Alejandro García-Ramírez**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Campo Experimental Uruapan

**Fernando Lucio-Ruiz**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Campo Experimental San Luis

**Raul Marcel Martins do Bonfim**

Universidade do Estado de Mato Grosso

**Marcos Leandro Garcia**

Universidade do Estado de Mato Grosso

**Leandro Schwertner Charão**

Universidade do Estado de Mato Grosso

**Resumo.** Este artigo tem como objetivo propiciar ao leitor uma forma rápida, simples e objetiva de compreender os princípios da classificação climática de Köppen-Geiger e aprender a classificar o clima de qualquer região do globo, utilizando tal classificação. O texto tem como público-alvo alunos de graduação, principalmente das áreas biológicas e agrárias, dos cursos de biologia, ecologia, física, geografia, geologia, agronomia, das engenharias florestal e ambiental, arquitetura e zootecnia, entre outras áreas afins, bem como, qualquer leitor do idioma português, seja ele leigo no assunto ou com diferentes níveis de conhecimento sobre climatologia, mas que não compreende o idioma alemão, e não deseja ler os extensos trabalhos publicados por Köppen, como o livro: Handbuch der Klimatologie de 1936, que por muitos climatologistas é citado como um texto complexo, o qual exige a necessidade de ir e voltar no texto várias vezes para poder classificar um determinado clima. O presente trabalho tem a pretensão de servir como um guia prático, destinado a qualquer leitor que busque compreender de uma forma resumida, este estudo clássico, que é pioneiro e representa a mais importante classificação do clima e amplamente utilizada em todo o mundo: a Classificação Climática de Köppen.

**Palavras-chaves:** Climatologia, meteorologia, Köppen-Geiger.

**Abstract.** This article aims to provide readers with a quick, simple, and objective way to understand the principles of the Köppen-Geiger climate classification and to learn how to classify the climate of any region around the globe using this system. The text is primarily targeted at undergraduate students, especially those in the biological and agricultural sciences, such as biology, ecology, physics, geography, geology, agronomy, forestry and environmental engineering, architecture, and

animal science, among other related fields. It also targets any Portuguese-speaking reader, whether unfamiliar with the subject or possessing various levels of knowledge in climatology, but who does not understand German and does not wish to read the extensive works published by Köppen, such as the *Handbuch der Klimatologie* from 1936, often cited by climatologists as a complex text requiring frequent back-and-forth reading to classify a given climate. This work is intended to serve as a practical guide for any reader seeking to understand, in a summarized way, this classic study, which is pioneering and represents the most widely used and important climate classification system in the world: the Köppen Climate Classification.

**Keywords:** Climatology, meteorology, Köppen-Geiger.

## Introdução

Wladimir Peter Köppen foi um climatologista e meteorologista russo de ascendência alemã, nascido em São Petersburgo, no ano de 1846, faleceu em 1940 aos 93 anos. Köppen desenvolveu a mais importante Classificação Climática amplamente utilizada para categorizar os diferentes tipos de climas ao redor do planeta, com base em dados climáticos simples de temperatura e precipitação e no tipo de vegetação ocorrente (ROLIM et al., 2007).

Köppen iniciou seus estudos na Crimeia, durante sua formação, ele se interessou especialmente pelas relações entre a vegetação e o clima. Estudou Geografia nas Universidades de Heidelberg e Leipzig. Obteve seu doutorado em 1870. Entre 1872 e 1873, Köppen trabalhou no Serviço Meteorológico da Rússia. Em 1875, mudou-se para a Alemanha para assumir o Observatório Naval Alemão, *Deutsche Seewarte*, sediado em Hamburgo, sendo responsável pelo serviço de previsão meteorológica do noroeste da Alemanha (WILLE, 2017).

Köppen foi um dos pioneiros em estudos sistemáticos do clima e utilizava balões para obter dados das camadas superiores da atmosfera. Publicou mais de 500 trabalhos científicos entre os anos 1869 e 1939, dominava 3 idiomas: russo, alemão e o esperanto (Greene, 2015).

Em 1884, tornou-se o primeiro pesquisador a mapear as regiões climáticas do planeta, traçando as variações sazonais de temperatura a nível global. Esse trabalho levou ao desenvolvimento do sistema de classificação climática por volta de 1900, o qual ele continuou a aprimorar pelo resto de sua vida. A versão completa do sistema foi publicada em 1918, e após várias modificações, a versão final foi publicada em 1936 (Lima, 2018).

Köppen também tinha conhecimentos em paleoclimatologia e paleogeografia. Em 1924, ele publicou o documento científico: *Die Klimate der geologischen Vorzeit*, Os climas do passado geológico, juntamente com seu genro Alfred Wegener, autor da importante e famosa Teoria da Deriva Continental, publicada em 1915 (JANC et al., 2021). Esse trabalho deu suporte fundamental à Teoria das Eras Glaciais de Milutin Milankovitch, também conhecida como Teoria dos Ciclos de Milankovitch, que explica as mudanças climáticas na

Terra, ao longo de períodos geológicos (EUGSTER, 2021; JÖRN, 2018).

Essa teoria menciona que mudanças climáticas estão relacionadas a alterações na inclinação do eixo de rotação da Terra, que influenciam na quantidade de radiação solar que atinge diferentes regiões do planeta, desempenhando um papel importante na ocorrência das Eras Glaciais e Interglaciais (MILANKOVITCH, 1941).

No final de sua vida, Köppen colaborou com o climatologista alemão Rudolf Geiger para produzir a obra em cinco volumes: *Handbuch der Klimatologie*, (Manual de Climatologia). No entanto, Köppen conseguiu publicar apenas os três primeiros volumes antes de sua morte, em 1940 (JANC et al., 2021).

Köppen deixou um legado importantíssimo para a humanidade, suas descobertas influenciaram profundamente os rumos da meteorologia e climatologia até os dias atuais (HOLLAR, 2012).

Devido à relevância e à complexidade do Sistema de Classificação Climática de Köppen, este estudo teve como objetivo desenvolver um guia prático e didático que facilite tanto o entendimento quanto a aplicação dessa classificação. O material busca explicar os princípios, sua estrutura hierárquica, detalhando os critérios de classificação de cada Grupo Climático, utilizando exemplos práticos para proporcionar aos leitores uma compreensão clara e simplificada dos diversos tipos climáticos e suas principais características.

## Contextualização e análise

### *Histórico da Classificação Climática de Köppen*

A primeira classificação quantitativa do clima da Terra foi desenvolvida por Wladimir Köppen em 1900. A versão original foi publicada pela primeira vez, em alemão, no ano de 1900, no periódico *Geographische Zeitschrift*, (Revista Geográfica), sob o título: *Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet*, (As Zonas Térmicas da Terra, Considerando a Duração dos Períodos Quente, Temperado e Frio, e a Influência do Calor no Mundo Orgânico), em tradução livre (Kottek et al., 2006; Belda et al., 2014).

A Classificação Climática de Köppen tornou-se uma ferramenta importante e amplamente utilizada para descrever e categorizar os diferentes tipos de

climas a nível mundial. Köppen continuou a desenvolver e aprimorar a sua classificação em anos subsequentes (Köppen, 1936), bem como em colaboração com outros cientistas ao longo do tempo. Köppen foi pioneiro e mesmo que outros autores criaram outros sistemas de classificação climática, a Classificação de Köppen e suas modificações ainda estão entre os sistemas mais amplamente utilizados (NÓBREGA, 2010).

Em 1961, em colaboração com o climatologista alemão Rudolf Geiger, foi publicada uma versão expandida, revisada e aprimorada da Classificação Climática de Köppen. Essa nova edição incorporou critérios e subdivisões adicionais para melhor refletir a diversidade climática do planeta, sendo publicada em alemão no livro intitulado: *Klima der Erde, Clima da Terra*. Essa versão melhorada manteve os princípios fundamentais da versão original. Essa atualização passou a ser conhecida como a Classificação Climática de Köppen-Geiger, que se tornou a ferramenta mais famosa, reconhecida e utilizada para descrever os diferentes tipos de clima em todo o mundo.

O monitoramento do clima é principalmente baseado em medições diretas de estações meteorológicas que medem a temperatura do ar, precipitação, cobertura de nuvens, umidade relativa, velocidade do vento, etc... ou em alguma forma pós-

processada dessas variáveis climáticas. A análise de padrões climáticos pode ser realizada para cada variável climática individualmente, ou os dados podem ser agrupados, por exemplo, usando algum tipo de classificação que integra várias variáveis. Köppen se utilizou de um conjunto de dados climáticos agrupados com a distribuição da vegetação no sentido de que cada tipo de clima se interrelaciona com um tipo ou classe de vegetação (Köppen, 1936, Trewartha & Horn, 1980, Bailey, 2009, Baker et al. 2010).

O primeiro mapa-múndi digital Köppen-Geiger para a segunda metade do século XX foi publicado por Kottek et al. (2006). Este estudo utilizou o conjunto de dados de 1951 a 2000. Antes disso, muitos livros didáticos reproduziam uma cópia de um dos mapas históricos desenhados à mão por Köppen em 1936.

#### *Como funciona a Classificação de Climática de Köppen?*

A classificação original proposta por Köppen está baseada em uma ordem hierárquica, de 3 níveis que são: Grupo, Tipo e Subtipo.

Os Grupos representam o primeiro e mais importante nível hierárquico, são representados por 5 letras maiúsculas e classificam a Zonas Climáticas conforme apresentado na Tabela 01.

**Tabela 1.** Grupos e respectivas Zonas Climáticas conforme a Classificação Climática de Köppen.

Grupos	Zonas CLIMÁTICAS
A	Tropical
B	Seco, árido, semiárido
C	Temperado Chuvoso
D	Frio ou Boreal
E	Polar

A Classificação climática de Köppen utiliza apenas dados de Temperatura média mensais e precipitação médias mensais de janeiro a dezembro. Os Grupos Climáticos representam as Zonas Climáticas da Terra, sendo a temperatura o principal critério de classificação apenas nas zonas secas, áridas e semiáridas que a precipitação é o principal critério. Para a Classificação dos Grupos A, C, D e E, é necessário conhecer as temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio do ano. Para o GRUPO B é necessário analisar a relação entre a precipitação média anual e o conceito de precipitação limite, isso para a classificação de Köppen-Geiger, versão 1961, para a classificação original de 1936 o critério do grupo B, utilizada apenas dados de precipitação e sua distribuição ao longo do ano e também utilizava o tipo de vegetação ocorrente no local. A subdivisão de Tipos que está dentro de

Grupos Climáticos utiliza dados de precipitação para sua classificação, de maneira geral o Tipo climático refere-se à estação de restrição de chuvas, onde o Tipo w representa os climas com seca no inverno, Tipo s, seca no verão, ou Tipo f, sem estação seca, ou seja climas com chuvas distribuídas ao longo do ano. Nem todos os Grupos Climáticos apresentam Subtipo, aqueles grupos que possuem esse nível, ele representa a temperatura do clima, por exemplo clima quente o ano todo, frio o ano todo, ou se tem verão quente, ameno ou frio.

Como primeiro passo devemos sempre testar o critério de seleção do Grupo B, em caso de rejeição desse critério, então partimos para a análise dos critérios de temperatura dos demais GRUPOS (A, C, D, E). A tabela 02, apresenta os Grupos, Tipos e Subtipos climáticos, a descrição do clima e os critérios de seleção das Zonas Climáticas.

**Tabela 2.** Critério utilizados pela Classificação Climática de Köppen-Geiger (1961).

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério
A			Tropical	$T^{\circ}C_{cold} \geq 18^{\circ}C$
	f		Floresta úmida	$pp$ (mês mais seco) $\geq 60$ mm
	m		Monções	$pp$ (mês mais seco) $\geq 100 - pp_{anual}/25$
	w		Savanna	$pp$ (mês mais seco) $< 100 - pp_{anual}/25$
B			Secos, Áridos e Semiáridos	$pp_{anual} < 10 \times pplim$
	W		Desértico	$pp_{anual} < 5 \times pplim$
	S		Estepe	$pp_{anual} \geq 5 \times pplim$
		h	Quente	$T^{\circ}C_{med an} \geq 18^{\circ}C$
		k	frio	$T^{\circ}C_{med an} < 18^{\circ}C$
C			Temperado	Não é B e $T^{\circ}C_{hot} > 10$ e $-3 < T^{\circ}C_{cold} < 18^{\circ}C$
	w		Inverno seco	$pp_{mini} < pp_{maxv}/10$
	s		Verão seco	Não é w ( $pp_{minv} < 40$ ) e ( $pp_{minv} < pp_{maxinv}/3$ )
	f		Sem estação seca	Não enquadra em (w) ou (s)
		a	Verão quente	$T^{\circ}C_{hot} \geq 22^{\circ}C$
		b	Verão ameno	Não é (a) e ( $Tm10$ ) $\geq 4$
	c	Verão frio	Não é (a) ou (b) e $1 \leq Tm10 < 4$	
D			Frio, Boreal	Não é (B) e ( $T^{\circ}C_{hot} > 10$ ) e ( $T^{\circ}C_{cold} \leq -3^{\circ}C$ )
	w		Inverno seco	$pp_{mini} < pp_{maxv}/10$
	s		Verão seco	Não é w ( $pp_{minv} < 40$ ) e ( $pp_{minv} < pp_{maxinv}/3$ )
	f		Sem estação seca	Não enquadra em (w) ou (s)
		a	Verão quente	$T^{\circ}C_{hot} \geq 22^{\circ}C$
		b	Verão ameno	Não é (a) e ( $Tm10$ ) $\geq 4$
	c	Verão frio	Não é (a), (b) ou (d)	
	d	Inverno muito frio	Não é (a) ou (b) e $T^{\circ}C_{cold} < -38^{\circ}C$	
E			Polar	Não é (B) e $\leq 10^{\circ}C$
	T		Tundra	$T^{\circ}C_{hot} > 0^{\circ}C$
	F		Gelo	$T^{\circ}C_{hot} \leq 0^{\circ}C$

$T^{\circ}C_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente;  $T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio;  $T^{\circ}C_{medan}$  = temperatura média anual;  $pp_{anual}$  = precipitação média anual;  $pplim$  = precipitação limite;  $pp_{mini}$  = precipitação mensal mínima no inverno;  $pp_{minv}$  = precipitação mensal mínima no verão;  $pp_{maxinv}$  = precipitação mensal máxima no inverno;  $pp_{maxv}$  = precipitação mensal máxima no verão;  $Tm10$  = número de meses do ano com temperatura média mensal  $> 10^{\circ}C$ . Fonte: CUI, et al. (2021) com adaptações.

**Af (Clima Tropical de Floresta):**

Caracteriza-se por precipitação abundante ao longo do ano, sem estação seca, como critério a precipitação média do mês mais seco deve ser maior que 60 mm.

**Am (Clima Tropical de Monção):**

Apresenta uma estação seca curta e uma estação chuvosa intensa, geralmente durante o verão, como critério a precipitação do mês mais seco deve ser maior ou igual a  $100 - pp$  média anual/25.

**Aw (Clima Tropical de Savanna):**

Tem uma estação seca bem definida, com uma quantidade significativa de precipitação durante a estação chuvosa. Como critério a precipitação do

mês mais seco deve ser menor que  $100 - pp$  média anual/25.

O Grupo B Seco, árido ou semiárido, admite as variações de tipo (segunda ordem) e subtipo (terceira ordem). As variações admitidas pelo tipo climático (segunda ordem) são W ou S. As variações de Subtipo (terceira ordem) são h ou k minúsculos. Os critérios de classificação do Grupo B e seus tipos e subtipos são apresentados na tabela 02.

O Grupo Climático B apresenta como critério que a precipitação anual deve ser menor que 10 vezes a precipitação limite, sendo que esse conceito de precipitação limite tem uma fórmula variável de cálculo conforme a distribuição das chuvas ao longo do ano. As fórmulas para cálculo da precipitação limite ( $pplim$ ) são apresentadas na Tabela 03.

**Tabela 3.** Fórmulas utilizadas para o cálculo da precipitação limite  $pp_{lim}$  e critérios de uso.

	Fórmula $pplim$	Critério
a)	$pplim = 2 \times T^{\circ}C_{medan}$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no inverno
b)	$pplim = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 28$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no verão
c)	$pplim = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 14$	caso nenhuma condição anterior seja atendida

Aqui o critério que utilizaremos para considerar verão e inverno é a metade quente ou fria do ano respectivamente, como o planeta apresenta zonas equatoriais, que são sempre quentes, onde

não é sentido frio e, portanto, não se considera o inverno como uma estação fria, devemos considerar para o hemisfério Norte como verão, os 6 meses de abril a setembro e inverno de outubro a março, e no

hemisfério Sul o inverso, verão de outubro a março e inverno de abril a setembro para fins do cálculo de *pp<sub>lim</sub>*.

A zona climática B da classificação de Köppen é caracterizada por climas áridos e semiáridos, onde a precipitação é insuficiente para suportar a vegetação florestal. As variações principais incluem:

BW (Clima Desértico):

BWh: Deserto quente, com temperaturas médias no mês mais quente superiores a 18 °C.

BWk Deserto frio, com temperaturas médias no mês mais quente abaixo de 18 °C.

BS (Clima Semiárido)

BSh: Semiárido quente, com temperaturas médias no mês mais quente superiores a 18 °C.

BSk: Semiárido frio, com temperaturas médias no mês mais quente abaixo de 18 °C.

A zona climática C da classificação de Köppen, é caracterizada por climas temperados, onde as temperaturas médias do mês mais frio ficam entre 0°C e 18°C. As principais variações são:

Cfa (Clima Temperado Subtropical Úmido):

Verões quentes e invernos amenos, com chuvas distribuídas ao longo do ano.

Cfb (Clima Temperado Oceânico):

Verões frescos e invernos suaves, com precipitação regular durante todo o ano e sem estação seca definida.

Cfc (Clima Temperado Frio):

Semelhante ao Cfb, mas com temperaturas médias mais baixas no verão.

Csa (Clima Mediterrâneo):

Verões quentes e secos, com invernos amenos e chuvas concentradas nos meses de inverno.

Csb (Clima Mediterrâneo com Verões Frescos):

Semelhante ao Csa, mas com verões mais frescos.

Essas variações refletem diferenças na temperatura e na distribuição de chuvas, influenciando a vegetação e os ecossistemas de cada região.

A zona climática D Clima Continental, Frio ou também denominado como Boreal, é caracterizada por climas continentais, com invernos frios e verões quentes. As principais variações são:

Dfa (Clima Continental Úmido):

Verões quentes e invernos frios, com precipitação distribuída ao longo do ano. Não há estação seca definida.

Dfb (Clima Continental Úmido com Verões Frescos) : Semelhante ao Dfa, mas com verões mais frescos. A precipitação também é bem distribuída.

Dfc (Clima Continental Frio):

Inverno longo e rigoroso, com verões frescos. A precipitação é geralmente menor, podendo ocorrer principalmente no verão.

Dsa (Clima Continental Semiárido com Verões Quentes):

Verões quentes e invernos frios, com uma estação seca mais pronunciada.

Dsb (Clima Continental Semiárido com Verões Frescos):

Semelhante ao Dsa, mas com verões mais frescos.

Essas variações refletem diferenças significativas nas temperaturas e na distribuição de chuvas, afetando a vegetação e os ecossistemas nas regiões correspondentes.

A zona climática E da classificação de Köppen é caracterizada por climas frios, onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a 10°C. As principais variações dessa zona são:

ET (Clima de Tundra):

Temperaturas médias do mês mais quente entre 0 °C e 10 °C. A vegetação é dominada por tundra, com gramíneas e arbustos baixos.

EF (Clima de gelo permanente):

Temperaturas médias do mês mais quente sempre abaixo de 0 °C. As regiões são cobertas por gelo e neve, com uma vegetação praticamente inexistente. Essas variações refletem as condições extremas de temperatura onde a vegetação é inexistente ou severamente limitada que ocorre em regiões polares e de altas montanhas.

## **Materiais e Métodos**

Este trabalho teve como metodologia a elaboração de uma breve revisão de literatura sobre a Classificação Climática de Köppen original de 1936 e a versão melhorada de Köppen-Geiger de 1961, juntamente com um apanhado de informações sobre a biografia de Köppen, o histórico de sua classificação climática e algumas das diversas adaptações propostas em diferentes países. No presente trabalho buscamos dados climáticos de diferentes localidades, seis delas (Bocas del Toro, Panamá; Juazeiro, Brasil; Medellín, Colômbia; San Carlos de Bariloche e Ushuaia, Argentina e Toronto, Canadá) foram obtidos através do site Climate-Data.org (<https://climate-data.org>), o qual fornece dados climáticos históricos de uma série de 30 anos

de 1991-2021, obtidas de estações meteorológicas que são coletados e distribuídos por agências meteorológicas globais. Os dados de Alta Floresta, Brasil e Miquihuana, México, foram obtidas da Unemat, Universidade do Estado de Mato Grosso e da Comisión Nacional del agua – Conagua México, respectivamente. Os dados obtidos foram os estritamente necessários para a classificação climática de Köppen-Geiger, que são Temperaturas médias mensais de janeiro a dezembro em graus Célsius e dados de precipitação média mensais em milímetros também de janeiro a dezembro.

A partir dos dados meteorológicos obtidos, foram realizadas as classificações climáticas, de forma a criar um guia prático com explicações detalhadas, passo a passo, sobre cada grupo climático, segundo Köppen. Através dos exemplos resolvidos o leitor aprende a classificação climática de Köppen-Geiger, e pode utilizar esse material como guia ou manual para classificar o clima de diferentes localidades. Buscamos exemplos que abrangessem os principais Grupos Climáticos, com foco inicial em localidades brasileiras e sul-americanas, dada a

nacionalidade do estudo, entretanto, nem todos grupos e tipos climáticos são encontrados em nosso país, sobretudo os climas: frio, temperado e polar, dos grupos D e E.

O clima do oitavo exemplo, (Miquihuana, México), foi analisado utilizando a classificação original de Köppen de 1936, a título de comparação.

### Resultados e discussão

Os resultados apresentados aqui nesta seção representam as classificações climáticas executadas passo a passo com alguma ligeira discussão em alguns pontos. Muitas das tabelas aqui apresentadas se repetem nos diferentes exemplos (localidades) justamente para evitar que o leitor tenha que retornar no texto várias vezes para acompanhar o passo a passo da classificação Climática.

### Exemplos de Classificação Climática resolvidos passo a passo:

#### Exemplo 01. Alta Floresta, MT – Brasil

**Tabela 4.** Dados meteorológicos médios dos anos de 2021, 2022 e 2023 de Temperatura ambiente, máximas, mínimas e precipitação para a cidade de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil, obtidos na estação meteorológica da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T <sub>amb.</sub>	26,8	26,4	27,4	28,5	29,0	28,5	28,8	30,3	30,0	29,5	28,3	27,5
T <sub>max.</sub>	36,9	37,8	39,5	41,7	42,5	42,4	43,7	44,9	43,3	41,0	38,8	37,6
T <sub>min.</sub>	21,6	21,9	21,7	21,8	20,2	18,8	17,2	19,2	21,2	22,0	21,9	22,2
PP <sub>mm</sub>	157	240	242	167	22	5	3	12	78	102	226	218

#### Classificação Climática para o Município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil

Alta Floresta é uma cidade situada no Norte do Estado de Mato Grosso, apresenta latitude de 9° 54' 20" ao sul da linha do Equador, com uma altitude média de 283 m acima do nível do mar. O clima é quente o ano todo, apresentando uma estação de chuvas que ocorre geralmente entre os meses de setembro a abril, com intensidade maior nos meses de dezembro a fevereiro, e uma estação seca pronunciada de maio a agosto, período no qual a insolação é intensa, período em que se registra baixa umidade no ar (ARENAS et al., 2015).

#### 1° Passo

Verificar se o clima se enquadra no critério de seleção do GRUPO B, que utiliza como critério, dados de precipitação média anual e sua relação com o regime de chuvas, que pode ser bem distribuída ao longo do ano, ou concentrada no verão ou inverno.

O Critério diz que a precipitação média anual deve ser menor que 10x a precipitação limite;

$$pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$$

Onde:  $pp_{anual}$  é a precipitação média anual, obtida pelo somatório das precipitações mensais de janeiro a dezembro;  $pp_{lim}$  (precipitação limite), varia sua fórmula de cálculo em relação à distribuição das chuvas ao longo do ano, conforme descrito na tabela 05:

**Tabela 5.** Fórmulas utilizadas para o cálculo da precipitação limite  $pp_{lim}$  e critérios de uso.

	Fórmula $pp_{lim}$	Critério
a)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan}$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no inverno
b)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 28$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no verão
c)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 14$	caso nenhuma condição anterior seja atendida

Para saber se a precipitação se distribui de forma homogênea ao longo do ano, ou ocorre em maior intensidade no inverno ou verão, devemos verificar primeiramente o hemisfério do local pois a classificação de Köppen, considera, para efeitos de cálculos, como precipitação de verão no hemisfério sul, o valor da precipitação acumulada durante os meses de outubro a março, e como inverno, os meses de abril a setembro.

Alta Floresta está localizada no hemisfério Sul. A precipitação de verão é calculada pelo somatório das precipitações mensais de outubro a março e a precipitação de inverno é calculada pelo somatório das precipitações mensais de abril a setembro. Com os dados climáticos da Tabela 4 de Alta Floresta, realizamos as somas de precipitação obtendo os seguintes valores:

pp anual = 1.472 mm  
(representa 100% da chuva anual média)

pp verão = 1.185 mm  
(representa 80,5% da chuva no verão)

pp inverno = 287 mm  
(representa 19,5% da chuva no inverno)

No caso de Alta Floresta a chuva de verão representou 80,5% da precipitação anual, nessa condição tomamos a fórmula da precipitação limite como:

$$b) \quad pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med\ an} + 28$$

A temperatura média anual utilizada na fórmula é calculada através da média da temperatura dos 12 meses do ano retiradas da Tabela 4

$$T^{\circ}C_{med\ an} = 28,4^{\circ}C$$

$$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med\ an} + 28$$

$$pp_{lim} = 2 \times 28,4 = 84,8$$

O Grupo B, tem como critério que ( $pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$ )

$pp_{anual} = 1.472$  mm, deve ser menor que  $10 \times pp_{lim}$   
 $10 \times 84,8 = 848$  não é menor que a pp anual, portanto, essa condição não foi atendida:

### CRITÉRIO GRUPO B = não atendido

#### 2° Passo:

Excluído o Grupo B, devemos analisar os critérios dos Grupos (A, C, D ou E), devemos verificar os valores de temperatura média mensal do mês mais quente e do mês mais frio:

Para Alta Floresta:

Mês mais quente = 30,3°C (agosto)

Mês mais frio = 26,4°C (fevereiro)

Verificar os critérios de temperaturas dos grupos conforme a Tabela 06:

**Tabela 6.** Critérios para classificação climática de Grupos segundo Köppen-Geiger (1961):

Grupo	Descrição	Critério
A	Tropical	Não é (B) e $T^{\circ}C_{cold} \geq 18^{\circ}C$
B	Secos, Áridos e Semiáridos	$pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$
C	Temperado	Não é (B) e ( $T^{\circ}C_{hot} > 10$ ) e ( $-3 < T^{\circ}C_{cold} < 18^{\circ}C$ )
D	Frio, Boreal	Não é (B) e ( $T^{\circ}C_{hot} > 10$ ) e ( $T^{\circ}C_{cold} \leq -3$ )
E	Polar	Não é (B) e $T^{\circ}C_{hot} \leq 10$

$T^{\circ}C_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente do ano;  $T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio do ano;  $pp_{anual}$  = precipitação média anual;  $pp_{lim}$ , precipitação limite.

Como a temperatura do mês mais frio está acima de 18°C fica selecionado o Grupo A

### CRITÉRIO GRUPO A = atendido

#### GRUPO A =Clima Tropical

#### 3° Passo:

Classificar o Tipo Climático:

O Grupo Climático **A** apresenta apenas divisão de Tipo (segunda ordem), mas não apresenta subtipos (terceira ordem), nesse grupo os Tipos podem variar entre **f**, **m** ou **w** conforme apresentado na Tabela 07.

**Tabela 7.** Critérios de classificação do Grupo Climático A e seus tipos:

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério
A	f	m	Tropical	$T^{\circ}C_{cold} \geq 18^{\circ}C$
			Floresta úmida	$pp$ (mês mais seco) $\geq 60$ mm
			Monções	$pp$ (mês mais seco) $\geq 100 - pp_{anual}/25$
		w	Savanna	$pp$ (mês mais seco) $< 100 - pp_{anual}/25$

$T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio do ano;  $pp_{anual}$  = precipitação média anual.

a) O mês mais seco de Alta Floresta foi julho, com 3 mm (média de 3 anos: 2021, 2022 e 2023), não atende o TIPO f porque o critério é de que o mês mais seco apresente precipitação maior ou igual a 60 mm de chuva.

**CRITÉRIO TIPO f = não atendido**

b) Quando não enquadra no TIPO f devemos analisar a condição do TIPO m, onde a precipitação do mês mais seco  $\geq 100 - pp \text{ anual}/25$ .

Mês mais seco = 3 mm

pp anual = 1.472 mm

pp (mês mais seco)  $\geq 100 - 1.472/25 = 41,12$  mm

O critério do Tipo m indica que a precipitação do mês mais seco deveria ser maior ou igual a 41,12 mm, portanto:

**CRITÉRIO TIPO m = não atendido**

c) Quando não enquadra no Tipo m, devemos testar a condição do Tipo w, onde precipitação do mês mais seco  $< 100 - pp \text{ anual}/25$ .

Mês mais seco = Julho com 3 mm é menor que  $(100 - 1.472/25) = 41,12$  mm  
 $3 \text{ mm} < 41,12 \text{ mm}$

**CRITÉRIO TIPO w = atendido**

**Classificação Climática de Alta Floresta:  
Clima Aw = Tropical de Savanna**

**EXEMPLO 02. BOCAS DEL TORO, PANAMÁ**

**Tabela 8.** Dados meteorológicos de Temperatura média, máximas, mínimas (°C) e precipitação média (mm) da cidade de Bocas del Toro, Isla Carenero, Panamá, entre os anos de 1991 – 2021.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T <sub>amb.</sub>	23,3	23,5	23,9	24,5	24,8	24,9	24,5	24,7	24,8	24,5	23,9	23,6
T <sub>max.</sub>	25,5	25,9	26,3	26,9	27,1	27,1	26,7	26,9	27,1	26,8	26,0	25,6
T <sub>min.</sub>	21,7	21,7	22,0	22,6	22,9	23,0	22,7	22,7	22,8	22,7	22,3	22,1
PP <sub>mm</sub>	183	135	136	126	272	248	293	241	189	270	356	286

*Classificação Climática para Bocas del Toro, Panamá:*

Bocas del Toro é uma cidade turística situada a nordeste do Panamá, próxima à fronteira com a Costa Rica. Situada em uma ilha costeira, entre a Bahia Almirante e a Laguna de Chiriquí e o mar Caribe a leste. Apresenta latitude de 9° 20' ao Norte da linha do Equador, com uma altitude média de 10 m acima do nível do mar. O clima é quente o ano todo, apresentando uma alta pluviosidade distribuída ao longo do ano (ARAYA, 2012).

*1° Passo*

Verificar se o Clima de Bocas del Toro se enquadra no GRUPO B.O Critério do GRUPO B diz que a precipitação média anual deve ser menor que 10x a precipitação limite;

$$pp \text{ anual} < 10 \times pp_{lim}$$

Para calcular a precipitação limite tomamos uma das 03 fórmulas descritas na Tabela 09 conforme a distribuição das chuvas ao longo do ano:

**Tabela 09 – Fórmulas utilizadas para o cálculo da precipitação limite (pp<sub>lim</sub>) e critérios de uso.**

	Fórmula pp <sub>lim</sub>	Critério
a)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C \text{ median}$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no inverno
b)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C \text{ median} + 28$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no verão
c)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C \text{ median} + 14$	caso nenhuma condição anterior seja atendida

Para saber quanto da precipitação ocorre concentrada no inverno ou verão, ou nenhum dos anteriores, devemos verificar primeiramente em qual hemisfério fica localizado o local de análise:

Bocas del Toro está localizada no hemisfério Norte. A Classificação de Köppen, considera para o hemisfério norte:

Verão = meses de abril a setembro;  
 Inverno = meses de outubro a março;

Precipitação de verão = somatório das precipitações mensais de abril a setembro;  
 Precipitação de inverno = somatório das precipitações mensais de outubro a março.  
 Com os dados climáticos da Tabela 08 de Bocas del Toro, realizamos os somatórios:

pp anual = 2.735 mm  
 (representa 100% da chuva anual média)

pp verão = 1.366 mm  
 (representa 49,95% da chuva no verão)

pp inverno = 1.369 mm  
(representa 50,05% da chuva no inverno)

Nessa condição tomamos a fórmula da precipitação limite ( $pp_{lim}$ ) como:

$$c) \quad pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med \text{ an}} + 14$$

A temperatura média anual utilizada na fórmula é calculada através da média da temperatura dos 12 meses do ano retiradas da tabela 08 de dados Climáticos de Bocas del Toro;

$$T^{\circ}C_{med \text{ an}} = 24,2^{\circ}C$$

$$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med \text{ an}} + 14$$

$$pp_{lim} = 2 \times 24,2 + 14 = 62,4$$

$$pp \text{ anual} = 2.735 \text{ mm}$$

$10 \times 62,4 = 624$  o GRUPO B, tem com critério que ( $pp \text{ anual} < 10 \times pp_{lim}$ ) essa condição não foi atendida, portanto o Clima de Bocas del Toro não se enquadra no GRUPO B, dos Climas Secos, Áridos e Semi-áridos.

### CRITÉRIO GRUPO B = não foi atendido

#### 2° Passo:

Caso não enquadre no Grupo B, devemos analisar os critérios de seleção dos Grupos (A, C, D ou E), para tanto, devemos verificar os valores de temperatura média mensal do mês mais quente e do mês mais frio:

Para Bocas del Toro:  
Mês mais quente = 24,9°C (junho)  
Mês mais frio = 23,3°C (janeiro)

**Tabela 10.** Critérios para classificação climática de Grupos segundo Köppen-Geiger (1961):

Grupo	Descrição	Critério
A	Tropical	Não é (B) e $T^{\circ}C_{cold} \geq 18^{\circ}C$
B	Secos, Áridos e Semiáridos	$pp \text{ anual} < 10 \times pp_{lim}$
C	Temperado	Não é (B) e ( $T^{\circ}C_{hot} > 10$ ) e ( $-3 < T^{\circ}C_{cold} < 18^{\circ}C$ )
D	Frio, Boreal	Não é (B) e ( $T^{\circ}C_{hot} > 10$ ) e ( $T^{\circ}C_{cold} \leq -3$ )
E	Polar	Não é (B) e $T^{\circ}C_{hot} \leq 10$

$T^{\circ}C_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente do ano;  $T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio do ano;  $pp \text{ anual}$  = precipitação média anual;  $pp_{lim}$ , precipitação limite.

Como ambas as temperaturas estão acima de 18°C fica determinado o Grupo A:

### GRUPO A = Clima Tropical

#### 3° Passo:

**Tabela 11.** Critérios de classificação do Grupo Climático A e seus tipos:

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério
A			Tropical	$T^{\circ}C_{cold} \geq 18^{\circ}C$
	f		Floresta úmida	$pp$ (mês mais seco) $\geq 60$ mm
	m		Monções	não é (f) e $pp$ (mês mais seco) $\geq 100 - pp \text{ anual} / 25$
	w		Savanna	não é (m) e $pp$ (mês mais seco) $< 100 - pp \text{ anual} / 25$

$T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio do ano;  $pp \text{ anual}$  = precipitação média anual.

a) Bocas del Toro apresenta chuvas abundantes o ano todo, não observamos período de seca, como podemos observar na tabela 08, por esse motivo, vamos interpretar a regra do mês mais seco, como o mês de menor precipitação, que no caso foi abril com 126 mm, sendo aceito o critério do TIPO f

$$pp \text{ (mês mais seco)} \geq 60 \text{ mm}$$

Determinar o Tipo Climático:

O **GRUPO CLIMÁTICO A** apresenta apenas divisão de Tipo (segunda ordem). No GRUPO A, o Tipo pode variar entre f, m ou w, conforme apresentado na Tabela 11.

### CRITÉRIO TIPO f = aceito

### Classificação Climática de Bocas del Toro, Panamá:

**Clima Af = Tropical de Floresta úmida**

### EXEMPLO 03. JUAZEIRO, BAHIA, BRASIL

Tabela 12. Dados meteorológicos de Temperatura média, máximas e mínimas (°C) e precipitação média (mm) da cidade de Juazeiro, Bahia, Brasil, entre os anos de 1991 – 2021.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T <sub>amb.</sub>	27,8	27,3	27,3	27,0	26,1	24,8	24,0	24,4	26,1	27,7	28,4	28,2
T <sub>max.</sub>	32,9	32,4	32,3	32,0	31,0	29,7	29,1	30,2	32,4	33,9	34,1	33,5
T <sub>min.</sub>	23,1	22,9	23	22,7	21,9	20,7	19,7	19,4	20,3	21,8	22,9	23,3
PP <sub>mm</sub>	81	71	81	35	13	6	5	3	2	11	32	53

#### Classificação Climática para o Município de Juazeiro, Bahia, Brasil

Juazeiro é uma cidade situada no norte do Estado da Bahia, no Sertão nordestino, às margens do Rio São Francisco, apresenta latitude de 9° 26' 18" ao sul da linha do Equador, com uma altitude média de 368 m acima do nível do mar, apresenta um clima seco e quente (JUNQUEIRA et al., 2020). A cidade de Juazeiro tem destaque nacional como produtora de frutas de mesa de alta qualidade após a implantação dos projetos de irrigação com água do Rio São Francisco (ARAÚJO & SILVA, 2013).

#### 1° Passo:

Verificar se o Clima de Juazeiro se enquadra no GRUPO B.

O Critério do GRUPO B diz que a precipitação média anual deve ser menor que 10x a precipitação limite;

$$pp \text{ anual} < 10 \times pplim$$

Para calcular a precipitação limite tomamos uma das 03 fórmulas descritas na Tabela 13 conforme a distribuição das chuvas ao longo do ano:

Tabela 13. Fórmulas utilizadas para o cálculo da precipitação limite (pplim) e critérios de uso.

	Fórmula pplim	Critério
a)	$pplim = 2 \times T^{\circ}C \text{ med an}$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no inverno
b)	$pplim = 2 \times T^{\circ}C \text{ med an} + 28$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no verão
c)	$pplim = 2 \times T^{\circ}C \text{ med an} + 14$	caso nenhuma condição anterior seja atendida

Para saber quanto da precipitação ocorre concentrada no inverno ou verão, ou nenhum dos anteriores, devemos verificar primeiramente em qual hemisfério fica localizado o local de análise:

Juazeiro está localizada no hemisfério sul. A Classificação de Köppen, considera para o hemisfério sul:

Verão = meses de outubro a março;  
 Inverno = meses de abril a setembro;  
 Precipitação de verão = somatório das precipitações mensais de outubro a março;  
 Precipitação de inverno = somatório das precipitações mensais de abril a setembro;  
 Com os dados climáticos da Tabela 12 de Juazeiro, realizamos os somatórios:

pp anual = 393 mm  
 (representa 100 % da chuva anual média)

pp verão = 329 mm  
 (representa 83,7 % da chuva no verão)

pp inverno = 64 mm  
 (representa 16,2 % da chuva no inverno)

Nessa condição tomamos a fórmula da precipitação limite (pplim) como:

$$a) \quad pplim = 2 \times T^{\circ}C \text{ med an} + 28$$

A temperatura média anual utilizada na fórmula é calculada através da média da temperatura dos 12 meses do ano retiradas da tabela 12 de dados Climáticos de Juazeiro;

$$T^{\circ}C \text{ med an} = 26,6^{\circ}C$$

$$pplim = 2 \times T^{\circ}C \text{ med an} + 28$$

$$pplim = 2 \times 26,6 + 28 = 81,2$$

$$pp \text{ anual} = 393$$

$10 \times 81,2 = 812 \text{ mm}$ , o GRUPO B, tem com critério que  $(pp \text{ anual} < 10 \times pplim)$

$393 < 812$  essa condição foi atendida,

Fica determinado o GRUPO CLIMÁTICO:

#### CRITÉRIO GRUPO B = atendido

#### GRUPO B = Climas Secos, Áridos ou Semi-áridos

#### 2° Passo

Delimitar o Tipo Climático (segunda ordem):

O **GRUPO CLIMÁTICO B** apresenta Tipo (segunda ordem) W ou S; e Sub-tipos (terceira ordem) h ou k, conforme apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14.** Critérios de seleção climática do Grupo B, com seus Tipos e subtipos segundo Classificação Climática de Köppen-Geiger (1961).

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério
B			Secos, Áridos e Semiáridos	$pp\ anual < 10 \times pplim$
	W		Desértico	$pp\ anual < 5 \times pplim$
	S		Estepe	$pp\ anual \geq 5 \times pplim$
		h	Quente	$T^{\circ}C_{med\ an} \geq 18^{\circ}C$
		k	frio	$T^{\circ}C_{med\ an} < 18^{\circ}C$

$pp\ anual$  = precipitação média anual;  $pplim$  = precipitação limite;  $T^{\circ}C_{med\ an}$  = temperatura média anual.

Para determinar o Tipo W ou S, devemos verificar os critérios:

$T^{\circ}C_{med\ an} = 26,6^{\circ}C$   
 $26,6^{\circ}C \geq 18^{\circ}C$

O Critério de W é:  $pp\ anual < 5 \times pplim$   
 $pp\ anual = 393\ mm$   
 $pplim = 81,2$  (já calculado no passo anterior)  
 $393$  deve ser menor que  $5 \times 81,2$   
 $393 > 406$

**CRITÉRIO Sub-tipo h = aceito**

**Classificação Climática de Juazeiro, Brasil:**  
**Clima BWh = Clima Desértico quente.**

Aqui vamos realizar uma observação, sobre a ordem de verificação, no Grupo climático, sempre devemos analisar primeiro o critério de seleção do GRUPO B, nesse exemplo, caso fosse analisado os critérios dos GRUPOS (A, C, D ou E) que utilizam o princípio das temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio, acarretaria um erro na classificação Climática de Juazeiro, observe que de acordo com os dados climáticos o mês mais quente foi novembro com  $28,4^{\circ}C$  e o mês mais frio foi julho com  $24^{\circ}C$ , nesse caso, Juazeiro seria classificado erroneamente no GRUPO A, onde os critérios de seleção das temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio devem ser iguais ou maiores que  $18^{\circ}C$ .

Critério W = atendido

Clima W = Clima Desértico

### 3° Passo

Delimitar o Subtipo Climático (nível de terceira ordem):

O **GRUPO CLIMÁTICO B** apresenta os Subtipos h ou k, conforme apresentado na Tabela 14.

O Critério de Subtipo h é:  $T^{\circ}C_{med\ an} \geq 18^{\circ}C$

## EXEMPLO 04. MEDELLÍN, COLÔMBIA

**Tabela 15.** Dados meteorológicos médios de 30 anos, (1991 – 2021), temperatura média, máximas, mínimas ( $^{\circ}C$ ) e precipitação média mensais (mm) da cidade de Medellín, Colômbia.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$T_{amb.}$	15,7	16,0	16,0	16,0	15,9	15,8	15,7	16,0	15,9	15,6	15,5	15,6
$T_{max.}$	21,1	21,5	21,6	21,2	21,1	21,5	22,0	22,5	21,8	20,5	20,1	20,6
$T_{min.}$	11,6	11,7	11,9	12,3	12,4	11,5	10,9	11,1	11,6	12,2	12,4	12,0
PP mm	147	180	277	347	346	216	178	184	255	321	304	203

*Classificação Climática para o Município de Medellín, Antioquia, Colômbia*

Medellín é a capital do Departamento de Antioquia na Colômbia, apresenta latitude de  $6^{\circ} 15' 10''$  Norte, com altitude média de 1.495 m acima do nível do mar, a cidade apresenta um clima considerado agradável e fresco o ano todo, apresenta uma vegetação exuberante e sempre verde (RESTREPO, 2007).

Verificar se o Clima de Medellín se enquadra no GRUPO B. O Critério do GRUPO B diz que a precipitação média anual deve ser menor que  $10x$  a precipitação limite;

$pp\ anual < 10 \times pplim$

Para calcular a precipitação limite tomamos uma das 03 fórmulas descritas na Tabela 16 conforme a distribuição das chuvas ao longo do ano:

### 1° Passo

**Tabela 16.** Fórmulas utilizadas para o cálculo da precipitação limite (*pp<sub>lim</sub>*) e critérios de uso.

	Fórmula <i>pp<sub>lim</sub></i>	Critério
a)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan}$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no inverno
b)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 28$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no verão
c)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 14$	caso nenhuma condição anterior seja atendida

Para saber quanto da precipitação ocorre concentrada no inverno ou verão, ou nenhum dos anteriores, devemos verificar primeiramente em qual hemisfério fica localizado o local de análise:

Necessitamos calcular a precipitação anual e a *pp* limite.

Medellín está situada no hemisfério Norte, para a classificação climática o verão está representado pelos meses de abril a setembro e o inverno pelos meses de outubro a março.

*pp* anual = Somatório das precipitações mensais de janeiro a dezembro.

*pp* verão = Somatório das *pp* dos meses de abril a setembro

*pp* inverno = somatório das *pp* dos meses de outubro a março

Para analisar a distribuição das chuvas devemos verificar conforme a seguir:

*pp* anual = 2.958 mm  
(representa 100% da chuva média anual em Medellín)

*pp* verão = 1.526 mm  
(representa 51,58% da chuva no verão)

*pp* inverno = 1.432 mm

(representa 48,42% da chuva no inverno)  
A fórmula utilizada para o cálculo de *pp* limite será:

$$c) \quad pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med an} + 14$$

A Temperatura média anual de Medellín:

$$T^{\circ}C_{med an} = 15,85^{\circ}C$$

$$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med an} + 14$$

$$pp_{lim} = 2 \times 15,85 + 14$$

$$pp_{lim} = 45,7$$

O critério de seleção do GRUPOBé:

$$pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$$

*pp* anual = 2.958 deve ser menor que  $10 \times 45,7$   
2.958 não é menor que 457, portanto:

### CRITÉRIO GRUPO B = não atendido

#### 2° Passo

Determinar o Grupo Climático, verificando a condição de Temperaturas médias do mês mais quente e mês mais frio:

O mês mais quente: Medellín não teve exatamente 01 único mês mais quente, mas as máximas se repetiram iguais nos meses de fevereiro, março, abril e agosto, com 16°C, portanto:

$$T^{\circ}C_{hot} = 16,0^{\circ}C$$

$$T^{\circ}C_{cold} = 15,5^{\circ}C$$

**Tabela 17.** Critérios para classificação climática de Grupos segundo Köppen-Geiger (1961):

Grupo	Descrição	Critério
A	Tropical	Não é (B) e $T^{\circ}C_{cold} \geq 18^{\circ}C$
B	Secos, Áridos e Semiáridos	$pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$
C	Temperado	Não é (B) e ( $T^{\circ}C_{hot} > 10$ ) e ( $-3 < T^{\circ}C_{cold} < 18^{\circ}C$ )
D	Frio, Boreal	Não é (B) e ( $T^{\circ}C_{hot} > 10$ ) e ( $T^{\circ}C_{cold} \leq -3$ )
E	Polar	Não é (B) e $T^{\circ}C_{hot} \leq 10$

$T^{\circ}C_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente do ano;  $T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio do ano; *pp* anual = precipitação média anual; *pp<sub>lim</sub>*, precipitação limite.

Em Medellín a temperatura do mês mais quente ( $T^{\circ}C_{hot} = 16^{\circ}C$ ), portanto maior que  $10^{\circ}C$  e a temperatura do mês mais frio ( $T^{\circ}C_{cold} = 15,5^{\circ}C$ ), portanto, maior que -3 e menor que 18.

### CRITÉRIO GRUPO C = atendido

### GRUPO C = Clima Temperado

Aqui faremos uma observação de análise comparando a classificação climática de Köppen original onde mostramos os Critérios para classificação climática de Grupos conforme tabela 18:

**Tabela 18.** Critérios para classificação climática de Grupos segundo a Classificação original de Köppen (1936):

Símbolos	Temperatura Média Mensal		Zonas	
	Mês + quente	Mês + Frio	Clima	Vegetação
<b>A</b>	> 18° C	> 18° C	Tropical	Megaterma
<b>B</b>			Seco	Xerófita
<b>C</b>	> 18° C	> 0° C	Temperado	Mesoterma
<b>D</b>	> 10° C	< 0° C	Frio	Microterma
<b>E</b>	< 10° C	< 0° C	Polar	Hequistoterma

Analisando a Tabela publicada por Köppen(1936), vemos que o clima de Medellín não se enquadra em nenhum GRUPO da classificação original proposta por Köppen, esse é um dos motivos pelo qual a Classificação de Köppen é muitas vezes criticada, essa é apenas uma das falhas encontradas, existem muitas outras falhas ao analisar diferentes locais com particularidades no clima que não se adaptam às categorias, por vários motivos, dos quais podemos enumerar alguns deles: primeiro, Köppen viveu na Rússia e Alemanha, dois países de clima frio, com estações bem definidas e situados no hemisfério norte, muitos dos critérios de classificação estavam em maior ou menor grau adaptados àquelas condições; segundo, a classificação foi pioneira, escrita em alemão, o que já causa dificuldades para maioria de falantes de outros idiomas, terceiro diversos trabalhos publicados que se referem a essa classificação como no mínimo confusa, já que Köppen não sistematizou os critérios em tabelas simples, mas em texto discursivo, que

não segue uma ordem lógica, sendo necessário muitas vezes regressar no texto ou avançar etapas do texto para classificar um clima. Por esse motivo foram propostas muitas adaptações em diferentes idiomas, países e regiões, mas sempre utilizando com princípios básicos a pioneira Classificação de Köppen, algumas com ligeiras mudanças, outras com mudanças mais profundas, mas todas com o intuito de adaptar a classificação de Köppen para as diferentes particularidades climáticas regionais o que realmente é uma tarefa difícil frente às grandes variações de clima que existem no planeta. Nesse caso recomendamos tomar as adaptações propostas por Geiger, (1961).

### 3° Passo

Determinar o Tipo climático:

O GRUPO C apresenta divisões de Tipo e subtipo conforme mostra a Tabela 19:

**Tabela 19.** Critérios de seleção climática do Grupo C, com seus Tipos e sub-tipos.

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério
C			Temperado	Não é B e $T^{\circ}C_{hot} > 10$ e $-3 < T^{\circ}C_{cold} < 18^{\circ}C$
	w		Inverno seco	$pp_{mini} < pp_{maxv}/10$
	s		Verão seco	Não é w ( $pp_{minv} < 40$ ) e ( $pp_{minv} < pp_{maxinv}/3$ )
	f		Sem estação seca	Não enquadra em (w) ou (s)
		a	Verão quente	$T^{\circ}C_{hot} \geq 22^{\circ}C$
		b	Verão ameno	Não é (a) e $(Tm10) \geq 4$
		c	Verão frio	Não é (a) ou (b) e $1 \leq Tm10 < 4$

$T^{\circ}C_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente;  $T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio;  $pp_{mini}$  = precipitação mensal mínima no inverno;  $pp_{minv}$  = precipitação mensal mínima no verão;  $pp_{maxv}$  = precipitação mensal máxima no inverno;  $pp_{maxv}$  = precipitação mensal máxima no verão;  $Tm10$  = número de meses do ano com temperatura média mensal  $> 10^{\circ}C$ .

Verificar Tipo w  
 $pp_{mini} < pp_{maxv}/10$

Critério

pp

verão no hemisfério norte = meses de abril a setembro;

precipitação mensal mínima no inverno  $< pp_{maxv}$  = precipitação mensal máxima no verão/10 lembrando que para fins de cálculo a Classificação de Köppen considera:

$pp_{mini} = 147$  mm (é o menor valor de precipitação encontrado nos meses de inverno)

inverno no hemisfério norte = meses de outubro a março;

$pp_{maxv} = 347$  mm (é a máxima precipitação encontrada para os meses de verão) 147 não é menor de 34,7

Critério w = não atendido

*Verificar Tipo s*

Critério Tipo s Não é (w) e ( $pp_{minv} < 40$ ) e ( $pp_{minv} < pp_{maxinv} / 3$ )

$pp_{minv}$  = precipitação mensal mínima no verão

$pp_{maxinv}$  = precipitação mensal máxima no inverno

$pp_{minv}$  = 178 mm

$pp_{maxinv}$  = 321 mm

$pp_{minv}$  = 178 não é menor que 40 não atende esse critério

$pp_{minv} < pp_{maxinv} / 3$  (178 não é menor que  $321 / 3$ ) não atende o critério

Critério s = não atendido

Quando não se enquadra no Tipo w ou s fica classificado o Tipo f.

Tipo f = sem estação seca

*4º Passo*

Determinar o Subtipo:

Verificar se atende o Subtipo a

Critério

$T^{\circ}C_{hot} \geq 22^{\circ}C$

$T^{\circ}C_{hot}$  = Temperatura média mensal do mês mais quente

$T^{\circ}C_{hot}$  =  $16^{\circ}C$  não é maior ou igual a  $22^{\circ}C$

Subtipo a = não atendido

Verificar o Subtipo b

Critério: Não enquadra em (a) e  $Tm_{10} \geq 4$

$Tm_{10}$  = número de meses do ano com temperatura média mensal  $> 10^{\circ}C$

$Tm_{10}$  = 12 meses O clima de Medellín atende o critério do Subtipo b

**Subtipo b = verão ameno**

**Classificação Climática de Medellín:**

**Clima Cfb = Temperado sem estação seca com verão ameno**

**EXEMPLO 05. SAN CARLOS DE BARILOCHE, ARGENTINA**

**Tabela 20.** Dados meteorológicos de Temperatura média, máximas, mínimas ( $^{\circ}C$ ) e precipitação média (mm) da cidade de San Carlos de Bariloche, Província de Río Negro, Argentina, entre os anos de 1991 – 2021.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$T_{amb.}$	14,5	14,8	12,0	8,0	4,8	2,1	1,2	1,9	3,5	5,9	8,7	11,9
$T_{max.}$	20,1	20,3	16,9	11,9	7,6	4,3	3,7	4,7	7,1	10,2	13,6	7,3
$T_{min.}$	9,4	10,0	8,1	5,0	2,7	0,5	-0,6	-0	0,9	2,5	4,5	7,1
PP mm	33	36	47	83	125	179	144	139	77	77	56	0

*Classificação Climática de San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina*

San Carlos de Bariloche é uma cidade turística posicionada na Cordilheira dos Andes, próxima à fronteira com o Chile, na região conhecida como Patagônia Argentina, a cidade é famosa pelas paisagens naturais com lagos cristalinos alimentados pelo degelo, montanhas rochosas com neve, uma vegetação exuberante com grandes extensões ocupadas por bosques de árvores milenares, a presença da neve no inverno que possibilita a prática do esqui, sendo também famosa pelo frio e pelos fortes ventos patagônicos que são constantes. A cidade está situada na latitude  $41^{\circ} 10' 05''$  Sul, a uma

altitude média de 890 m acima do nível do mar (OTERO, 2015).

*1º Passo*

Verificar se o Clima de San Carlos de Bariloche se enquadra no GRUPO B.O Critério do GRUPO B diz que a precipitação média anual deve ser menor que 10x a precipitação limite;

$$pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$$

Para calcular a precipitação limite tomamos uma das 03 fórmulas descritas na Tabela 21, conforme a distribuição das chuvas ao longo do ano:

**Tabela 21.** Fórmulas utilizadas para o cálculo da precipitação limite ( $pp_{lim}$ ) e critérios de uso.

	Fórmula $pp_{lim}$	Critério
a)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan}$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no inverno
b)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 28$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no verão
c)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 14$	caso nenhuma condição anterior seja atendida

Para saber quanto da precipitação ocorre concentrada no inverno ou verão, ou nenhum dos

anteriores, devemos verificar primeiramente em qual hemisfério fica localizado o local de análise:

San Carlos de Bariloche está situada no Hemisfério Sul, a classificação climática de Köppen considera:

Verão = meses de outubro a março;

Inverno = meses de abril a setembro.

Necessitamos calcular a precipitação anual e a pp limite.

pp anual = Somatório das precipitações mensais de janeiro a dezembro.

pp verão = Somatório das pp dos meses de outubro a março

pp inverno = somatório das pp dos meses de abril a setembro

Para saber se ocorre mais de 70% das chuvas no inverno ou no verão devemos analisar a seguir:

pp anual = 996 mm

(representa 100% da chuva média anual em San Carlos de Bariloche)

pp verão = 249 mm

(representa 25% da chuva no verão)

pp inverno = 747 mm

(representa 75% da chuva no inverno)

A fórmula utilizada para o cálculo de pp limite será:

$$a) \text{ pp}_{lim} = 2 \times T^{\circ}\text{C}_{medan}$$

A Temperatura média anual de San Carlos de Bariloche:

$$T^{\circ}\text{C}_{medan} = 7,4^{\circ}\text{C}$$

$$\text{pp}_{lim} = 2 \times T^{\circ}\text{C}_{medan}$$

$$\text{pp}_{lim} = 2 \times 7,4$$

$$\text{pp}_{lim} = 14,8$$

O critério de seleção do GRUPO B é:  $\text{pp}_{anual} < 10 \times \text{pp}_{lim}$

pp anual = 996mm deve ser menor que  $10 \times 14,8$

996 não é menor que 148, portanto:

### CRITÉRIO GRUPO B = não aceito

2° Passo

Verificar os critérios de Temperaturas médias do mês mais quente e mês mais frio para determinar o GRUPO (Entre A, C, D e E):

$T^{\circ}\text{C}_{hot}$  14,8°C em fevereiro;

$T^{\circ}\text{C}_{cold}$  1,2°C em julho;

**Tabela 22.** Critérios para classificação climática de Grupos segundo Köppen-Geiger (1961):

Grupo	Descrição	Critério
A	Tropical	Não é (B) e $T^{\circ}\text{C}_{cold} \geq 18^{\circ}\text{C}$
B	Secos, Áridos e Semiáridos	$\text{pp}_{anual} < 10 \times \text{pp}_{lim}$
C	Temperado	Não é (B) e ( $T^{\circ}\text{C}_{hot} > 10$ ) e ( $-3 < T^{\circ}\text{C}_{cold} < 18^{\circ}\text{C}$ )
D	Frio, Boreal	Não é (B) e ( $T^{\circ}\text{C}_{hot} > 10$ ) e ( $T^{\circ}\text{C}_{cold} \leq -3$ )
E	Polar	Não é (B) e $T^{\circ}\text{C}_{hot} \leq 10$

$T^{\circ}\text{C}_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente do ano;  $T^{\circ}\text{C}_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio do ano;  $\text{pp}_{anual}$  = precipitação média anual;  $\text{pp}_{lim}$ , precipitação limite.

Analisando a Tabela 22 vemos que o clima de San Carlos de Bariloche, atende a condição de temperatura do GRUPO C:

### CRITÉRIO GRUPO C = atendido

### GRUPO C = Clima Temperado

3° Passo

Determinar as variações a nível de Tipo presentes no GRUPO C, conforme a Tabela 23 que mostra os critérios de cada divisão.

**Tabela 23.** Critérios de seleção climática do Grupo C, com seus Tipos e sub-tipos.

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério	
C			Temperado	Não é B e $T^{\circ}\text{C}_{hot} > 10$ e $-3 < T^{\circ}\text{C}_{cold} < 18^{\circ}\text{C}$	
			w	Inverno seco	$\text{pp}_{mini} < \text{pp}_{maxv}/10$
			s	Verão seco	Não é w ( $\text{pp}_{minv} < 40$ ) e ( $\text{pp}_{minv} < \text{pp}_{maxinv}/3$ )
			f	Sem estação seca	Não enquadra em (w) ou (s)
			a	Verão quente	$T^{\circ}\text{C}_{hot} \geq 22^{\circ}\text{C}$
			b	Verão ameno	Não é (a) e ( $Tm_{10} \geq 4$ )
c	Verão frio	Não é (a) ou (b) e $1 \leq Tm_{10} < 4$			

$T^{\circ}\text{C}_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente;  $T^{\circ}\text{C}_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio;  $\text{pp}_{mini}$  = precipitação mensal mínima no inverno;  $\text{pp}_{minv}$  = precipitação mensal mínima no verão;  $\text{pp}_{maxinv}$  = precipitação mensal máxima no inverno;  $\text{pp}_{maxv}$  = precipitação mensal máxima no verão;  $Tm_{10}$  = número de meses do ano com temperatura média mensal  $> 10^{\circ}\text{C}$ .

Verificar Tipo w

Critério  $\text{pp}_{mini} < \text{pp}_{maxv}/10$

precipitação mensal mínima no inverno  $< \text{pp}_{maxv} =$   
precipitação mensal máxima no verão/10

$\text{pp}_{mini} < \text{pp}_{maxv}/10$

inverno hemisfério norte = meses de outubro a março  
 verão hemisfério norte = meses de abril a setembro

pp *mini* = 147 mm (representa a menor precipitação ocorrida em um dos meses de inverno)

pp *maxv* = 347 mm (representa a maior precipitação ocorrida em um dos meses de verão)  
 147 não é menor de 34,7

Critério w = não atendido

Verificar Tipo s;

Critério Não é w e (pp *minv* < 40) e (pp *minv* < pp *maxinv* / 3)

pp *minv* = precipitação mensal mínima no verão;  
 pp *maxinv* = precipitação mensal máxima no inverno;  
 pp *minv* = 0 mm  
 pp *maxinv* = 179 mm  
 pp *minv* < pp *maxinv* / 3  
 0 é menor que 179/3 → atende o critério s;

**Critério s = atendido**

**Tipo s = verão seco**

4º Passo

Determinar o Subtipo:

Verificar se atende o critério do Subtipo a

Critério

$$T^{\circ}Hot \geq 22$$

T<sup>o</sup>Hot = Temperatura média mensal do mês mais quente;

T<sup>o</sup>Hot = 14,8°C não é maior ou igual a 22°C, não atende o critério Subtipo a;

Não atende o subtipo a

Verificar o Subtipo b

Critério subtipo b Não enquadra em a e Tm10 ≥ 4

Tm10 = número de meses do ano com temperatura média mensal >10°C

Tm10 = 4 meses O clima de San Carlos de Bariloche atende o critério do Subtipo b

Critério Subtipo b = aceito

**Subtipo b = verão ameno**

**Classificação Climática de San Carlos de Bariloche:**

**Clima Csb = Temperado com verão seco e ameno**

## EXEMPLO 06. TORONTO, CANADÁ

Tabela 24. Dados meteorológicos médios de 30 anos, (1991 – 2021), temperatura média, máximas, mínimas (°C) e precipitação média mensais (mm) da cidade de Toronto, Canadá.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T <sub>amb.</sub>	-4,4	-4,4	-0,3	5,8	12,3	18,2	21,9	21,5	18,2	11,4	5	-0,6
T <sub>max.</sub>	-0,9	-0,3	3,9	10,1	16,5	22	25,6	25	21,6	14,5	7,9	2,2
T <sub>min.</sub>	-7,2	-7,7	-3,7	2,3	8,6	14,6	18,3	18,2	15,1	8,8	2,6	-2,9
PP <sub>mm</sub>	64	54	59	80	76	81	74	69	73	78	69	68

### 1º Passo:

Sempre iniciamos pelo critério de análise do Grupo B, caso descartado o Grupo B, passamos a verificar os critérios dos demais Grupos Climáticos. O Critério do Grupo B, diz que a precipitação média anual deve ser menor que 10x a precipitação limite;

$$pp \text{ anual} < 10 \times pp_{lim}$$

Onde: pp<sub>lim</sub> (precipitação limite), varia sua fórmula de cálculo em relação à distribuição das chuvas ao longo do ano. Para saber quanto da precipitação ocorre no inverno ou verão, ou nenhum dos anteriores, devemos verificar primeiramente o hemisfério do local:

Toronto está localizada no hemisfério Norte;

A Classificação de Köppen, considera para o hemisfério norte:

Verão = meses de abril a setembro,

Inverno = meses de outubro a março.

Precipitação de verão = somatório das precipitações mensais de abril a setembro;

Precipitação de inverno = somatório das precipitações mensais de outubro a março.

Com os dados climáticos da Tabela 24 de Toronto, Canadá, realizamos os somatórios:

pp anual = 845 mm (representa 100 % da chuva anual média)  
 pp verão = 453 mm (representa 53,6 % da chuva no verão)  
 pp inverno = 392 mm (representa 46,4 % da chuva no inverno)

A chuva é bem distribuída ao longo do ano, nessa condição tomamos a fórmula da precipitação limite como:

c) 
$$pplim = 2 \times T^{\circ}C_{med\ an} + 14$$

A temperatura média anual utilizada na fórmula é calculada através da média da temperatura dos 12 meses do ano retiradas da Tabela 24.

$T^{\circ}C_{med\ an} = 8,71^{\circ}C$

$pplim = 2 \times T^{\circ}C_{med\ an} + 14$

$pplim = 2 \times 8,71 + 14 = 31,42$

pp anual = 845

pp anual deve ser menor que  $10 \times 31,42 = 314,2$  o **GRUPO B**, tem com critério que  $(pp\ anual < 10 \times pplim)$  essa condição não é atendida, portanto o Clima de Toronto, não se enquadra no GRUPO B, dos Climas Secos, Áridos e Semi-áridos.

**Critério GRUPO B = não atendido.**

### 2° Passo:

Determinar o GRUPO, (entre A, C, D ou E), devemos verificar os valores de temperatura média mensal do mês mais quente e do mês mais frio:

Para Toronto:

Mês mais quente: julho = 21,9°C

Mês mais frio: janeiro e fevereiro = -4,4°C

Verificando a Tabela de Critério de seleção de Grupos:

Tabela 25. Critérios para classificação climática de Grupos segundo Köppen-Geiger (1961):

Grupo	Descrição	Critério
A	Tropical	Não é (B) e $T^{\circ}C_{cold} \geq 18^{\circ}C$
B	Secos, Áridos e Semiáridos	$pp\ anual < 10 \times pplim$
C	Temperado	Não é (B) e $(T^{\circ}C_{hot} > 10)$ e $(-3 < T^{\circ}C_{cold} < 18^{\circ}C)$
D	Frio, Boreal	Não é (B) e $(T^{\circ}C_{hot} > 10)$ e $(T^{\circ}C_{cold} \leq -3)$
E	Polar	Não é (B) e $T^{\circ}C_{hot} \leq 10$

$T^{\circ}C_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente do ano;  $T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio do ano;  $pp\ anual$  = precipitação média anual;  $pplim$ , precipitação limite.

As temperaturas do mês mais quente e mês mais frios de Toronto, Canadá se enquadram no GRUPO D.

Fica determinado o GRUPO CLIMÁTICO:

**GRUPO D = Frio ou Boreal**

### 3° Passo:

Determinar o Tipo Climático do Grupo D:

O Grupo D apresenta os mesmos Tipos e critérios de **w, s e f** encontrados no Grupo C, veja a tabela 26 para critérios de seleção de Grupo D com seus Tipos e Sub-tipos.

Tabela 26. Critérios de seleção climática do Grupo D, com seus Tipos e sub-tipos.

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério
D			Frio, Boreal	Não é (B) e $(T^{\circ}C_{hot} > 10)$ e $(T^{\circ}C_{cold} \leq -3^{\circ}C)$
	w		Inverno seco	$pp\ mini < pp\ maxv / 10$
	s		Verão seco	Não é w $(pp\ minv < 40)$ e $(pp\ minv < pp\ maxinv / 3)$
	f		Sem estação seca	Não enquadra em (w) ou (s)
		a	Verão quente	$T^{\circ}C_{hot} \geq 22^{\circ}C$

b	Verão ameno	Não é (a) e $(Tm10) \geq 4$
c	Verão frio	Não é (a), (b) ou (d)
	Inverno muito frio	Não é (a) ou (b) e $T^{\circ}C_{cold} < -38^{\circ}C$

$T^{\circ}C_{hot}$  = temperatura média do mês mais quente;  $T^{\circ}C_{cold}$  = temperatura média do mês mais frio;  $pp_{mini}$  = precipitação mensal mínima no inverno;  $pp_{minv}$  = precipitação mensal mínima no verão;  $pp_{maxinv}$  = precipitação mensal máxima no inverno;  $pp_{maxv}$  = precipitação mensal máxima no verão;  $Tm10$  = número de meses do ano com temperatura média mensal  $>10^{\circ}C$ .

Verificar Tipo w

Critério Tipo w  $pp_{mini} < pp_{maxv} / 10$

precipitação mensal mínima no inverno ( $pp_{mini}$ ) < precipitação mensal máxima no verão ( $pp_{maxv}$ ) / 10

Lembrando que para fins de cálculo a Classificação de Köppen considera:

inverno hemisfério norte = meses de outubro a março

verão hemisfério norte = meses de abril a setembro

$pp_{mini}$  = é o menor valor de precipitação encontrado nos meses de inverno, entre outubro a março e  $pp_{maxv}$  é a máxima precipitação encontrada para os meses de verão, entre abril a setembro.

$pp_{mini} = 54$  mm

$pp_{maxv} = 81$  mm

54 não é menor de 8,1

Critério w = não atendido

Verificar Tipo s

Critério Tipo s Não é (w) e  $(pp_{minv} < 40)$  e  $(pp_{minv} < pp_{maxinv} / 3)$

$pp_{minv}$  = precipitação mensal mínima no verão

$pp_{maxinv}$  = precipitação mensal máxima no inverno

$pp_{minv} = 69$  mm (em agosto)

$pp_{maxinv} = 78$  mm (em outubro)

$pp_{minv} = 69$  não é menor que 40

não atende esse critério

$pp_{minv} < pp_{maxinv} / 3$  69 não é menor que 78/3

não atende o critério

Critério s = não atendido

Quando não se enquadra no Tipo w ou s fica classificado o Tipo f.

**Tipo f = sem estação seca**

**4° Passo:**

Determinar o Subtipo:

Verificar se atende o Subtipo a

Critério  $T^{\circ}C_{hot} \geq 22^{\circ}C$

$T^{\circ}C_{hot}$  = Temperatura média mensal do mês mais quente

$T^{\circ}C_{hot} = 21,9^{\circ}C$  não é maior ou igual a  $22^{\circ}C$

Subtipo a = não atendido

Verificar o Subtipo b

Critério Não enquadra em (a) e  $Tm10 \geq 4$

$Tm10$  = número de meses do ano com temperatura média mensal  $>10^{\circ}C$

$Tm10 = 6$  meses (maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro), portanto:

Critério do Subtipo b = atendido

Subtipo b = verão ameno

**Classificação Climática de Toronto:**

**Clima Dfb =Frio ou Boreal sem estação seca com verão ameno**

**EXEMPLO 07. USHUAIA, ARGENTINA**

**Tabela 27.** Dados meteorológicos de Temperatura média, máximas, mínimas (°C) e precipitação média (mm) da cidade de Ushuaia, Província de Tierra del Fuego, Argentina, entre os anos de 1991 – 2021.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T <sub>amb.</sub>	7,1	6,9	5,3	2,4	-0,6	-3	-3,1	-2,5	-0,6	1,6	4,2	6,1
T <sub>max.</sub>	10,7	10,6	8,8	5,3	1,7	-0,9	-1	-0,1	2,1	4,8	7,7	9,7
T <sub>min</sub>	3,7	3,5	2,2	-0,2	-2,8	-5	-5,1	-4,8	-3,2	-1,5	0,7	2,6
PP <sub>mm</sub>	109	84	88	77	67	61	60	61	58	65	88	108

*Classificação Climática de Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina*

Ushuaia é considerada como a cidade mais austral do mundo, ou cidade do Fim do Mundo, é a capital da Província da Tierra del Fuego, Argentina. Trata-se de uma cidade costeira situada sobre a Isla Grande de Tierra del Fuego, em frente ao canal de Beagle, pela sua localização é considerada como ponto de encontro de turistas aventureiros de todo mundo, sua latitude é de 54° 48'Sul, a uma altitude média de 6 m acima do nível do mar (MORGAVI et al., 2020).

1° Passo

**Tabela 28 –** Fórmulas utilizadas para o cálculo da precipitação limite (*pp<sub>lim</sub>*) e critérios de uso.

	Fórmula <i>pp<sub>lim</sub></i>	Critério
a)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan}$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no inverno
b)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 28$	70% ou mais da precipitação anual ocorre no verão
c)	$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{medan} + 14$	caso nenhuma condição anterior seja atendida

Para saber quanto da precipitação ocorre no inverno ou verão, ou nenhum dos anteriores, devemos verificar primeiramente o hemisfério do local:

Ushuaia está localizada no hemisfério sul;

A Classificação de Köppen, considera para o hemisfério sul:

Precipitação de verão = somatório das precipitações mensais de outubro a março;

Precipitação de inverno = somatório das precipitações mensais de abril a setembro.

Com os dados climáticos da Tabela 27 de Ushuaia, Argentina, realizamos os somatórios:

pp anual = 926 mm  
(representa 100 % da chuva anual média)

pp verão = 542 mm  
(representa 58,5 % da chuva no verão)

pp inverno = 384 mm  
(representa 41,5 % da chuva no inverno)

Sempre iniciamos pelo critério de análise do GRUPO B.

O Critério do Grupo B, diz que a precipitação média anual deve ser menor que 10x a precipitação limite;

$$pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$$

Onde: *pp<sub>lim</sub>* (precipitação limite), varia sua fórmula de cálculo em relação à distribuição das chuvas ao longo do ano. Para calcular a precipitação limite tomamos uma das 03 fórmulas descritas na Tabela 28 conforme a distribuição das chuvas ao longo do ano:

A fórmula utilizada para o cálculo de pp limite será:

c)  $pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med an} + 14$

A Temperatura média anual de Ushuaia:

$$T^{\circ}C_{med an} = 1,51^{\circ}C$$

$$pp_{lim} = 2 \times T^{\circ}C_{med an} + 14$$

$$pp_{lim} = (2 \times 1,51) + 14$$

$$pp_{lim} = 17,02$$

O critério de seleção do GRUPO B é:  $pp_{anual} < 10 \times pp_{lim}$

pp anual = 926 mm deve ser menor que 10x17,02  
926 não é menor que 170, portanto:

**CRITÉRIO GRUPO B = não aceito**

2° Passo

Determinar o Grupo (Entre A, C, D e E):

Verificar os critérios de Temperaturas médias do mês mais quente e mês mais frio dos Grupos:

Para Ushuaia:

T<sup>o</sup>C hot                      7,1°C em janeiro;

T°C cold -3,1°C em julho;

**Tabela 29.** Critérios para classificação climática de Grupos segundo Köppen-Geiger (1961):

Grupo	Descrição	Critério
A	Tropical	Não é (B) e T°Ccold ≥ 18°C
B	Secos, Áridos e Semiáridos	pp anual < 10 × pplim
C	Temperado	Não é (B) e (T°C hot > 10) e (-3 < T°C cold < 18°C)
D	Frio ou Boreal	Não é (B) e (T°C hot > 10) e (T°C cold ≤ -3)
E	Polar	Não é (B) e T°C hot ≤ 10

T°C hot = temperatura média do mês mais quente do ano; T°Ccold = temperatura média do mês mais frio do ano; pp anual = precipitação média anual; pplim, precipitação limite.

Analisando a Tabela 27 de dados climáticos de Ushuaia, observamos que o clima de Ushuaia, atende a condição de temperatura do GRUPO E:

Fica determinado o GRUPO CLIMÁTICO:

**CRITÉRIO GRUPO E = atendido**

**GRUPO E = Clima Polar**

3° Passo

Delimitar o Tipo Climático (segunda ordem)

A zona climática E da classificação de Köppen é caracterizada por climas Polares, onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a 10 °C. As principais variações dessa zona são de Tipo, não existindo variações de subtipo:

**Tabela 30.** Critérios de seleção climática do Grupo D, com seus Tipos.

Grupo	Tipo	Subtipo	Descrição	Critério
E			Polar	Não é (B) e ≤ 10°C
	T		Tundra	T°C hot > 0°C
	F		Gelo	T°C hot ≤ 0°C

T°C hot = temperatura média do mês mais quente.

Ushuaia apresenta a temperatura média do mês mais quente de 7,1°C no mês de janeiro, portanto se enquadra no Tipo T, Tundra

**CRITÉRIO TIPO T = aceito**

**Classificação Climática:  
Clima ET = Polar de Tundra**

### Classificação Climática de Köppen original de (1936):

**Tabela 31.** Dados meteorológicos médios de 2019, 2020 e 2021 de temperaturas médias, máximas, mínimas (°C) e precipitação médias mensais (mm) da cidade de Miquihuana, estado de Tamaulipas, México.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T amb.	8,4	9,9	13,7	15,1	14,4	15,8	15,0	15,2	14,6	12,6	13,0	8,7
T max.	18,8	20,8	25,9	30,1	28,5	27,7	29,8	27,2	26,3	27,5	26,0	20,7
T min	5,4	6,2	10,2	12,8	11,9	13,4	12,9	12,3	12,2	8,8	7,5	4,4
PP mm	11,0	8,0	21,0	0,0	29,5	42,5	64,0	62,0	18,0	0,0	12,0	18,0

#### Classificação Climática para o Município de Miquihuana, Tamaulipas, México

Miquihuana é um pequeno município situado ao sul do Estado de Tamaulipas, México. O município de Miquihuana situa-se na fronteira com o estado de Nuevo León, às margens do grande Deserto de Chihuahua, apresenta belas paisagens de montanhas rochosas da Sierra Madre Oriental onde a vegetação e o microclima mudam de formas contrastantes entre os Valles e o alto das Montanhas, apresentando bosques de Yuccas, sotoles, e agaves

endêmicos, as montanhas abrangem quase 80% da superfície total do município que situa-se sob latitude de 23° 33' Norte, com altitude média de 1.890 m acima do nível do mar (CRUZ et al., 2014).

A temperatura média anual foi obtida através das médias mensais que por sua vez foram calculadas pelas médias entre as temperaturas máximas e mínimas mensais.

A. Classificação original de Köppen (1936).

A classificação é baseada em uma ordem hierárquica começando por Grupo, Tipo e subtipo; os Grupos recebem letras maiúsculas e os tipos e subtipos recebem letras maiúsculas ou minúsculas e um apóstrofo conforme o caso.

1° Passo

Definir o Grupo:

Na primeira hierarquia existe o Grupo (A, B, C, D e E). O estudo original de Köppen fornece uma tabela com limites precisos para os grupos com base na temperatura, porém, para o grupo B, tais limites não existem e seriam baseados na percepção do clima e da vegetação conforme Tabela 32

Tabela 32. Critérios para classificação climática de Grupos segundo a Classificação original de Köppen (1936):

Símbolos	Temperatura Média Mensal		Zonas	
	Mês + quente	Mês + Frio	Clima	Vegetação
<b>A</b>	> 18° C	> 18° C	Tropical	Megaterma
<b>B</b>			Seco	Xerófita
<b>C</b>	> 18° C	> 0° C	Temperado	Mesoterma
<b>D</b>	> 10° C	< 0° C	Frio	Microterma
<b>E</b>	< 10° C	< 0° C	Polar	Hequistoterma

Como Miquihuana apresenta o clima seco e vegetação xerófita, com base nessas características subjetivas, Miquihuana foi classificada no Grupo B.

**Grupo B = aceito**

2° Passo

Selecionar o Tipo Climático:

Para classificar o tipo climático, a classificação de Köppen traz uma tabela que pode gerar confusão, para definir entre os tipos W ou S, a confusão ou dúvida está no critério de seleção entre os tipos S e W, onde S tem como fator limitante apresentar 3 vezes mais chuva no mês mais chuvoso da metade fria do ano ou W com 10 vezes mais chuva no mês mais chuvoso da metade quente do ano. Mas se analisarmos um pouco mais a fundo, como essa classificação seria aplicada às regiões onde não há metade do ano quente, ou seja, regiões secas onde só faz calor? Ou regiões secas que são sempre frias?

O nível hierárquico tipo para o grupo B admite os tipos W/S, que se referem ao regime de chuvas, S para climas onde chove 3 vezes mais chuva no mês mais chuvoso da metade fria do ano do que no mês mais seco, ou seja, invernos chuvosos e verões secos.

Para a letra W a condição é 10 vezes mais chuva no mês mais chuvoso do verão do que no mês mais seco, o que condiz com um clima onde a

restrição de chuvas ocorre durante o inverno. As letras W e S referem-seas iniciais em inglês para inverno e verão, (Winter/Summer) em referência ao período crítico em que ocorre a seca.

Para os dados climáticos de Miquihuana, México, quando analisamos o Tipo S, o mês mais seco apresentou 0 mm (zero). Não podemos verificar a condição S, onde a chuva do mês mais úmido da metade fria do ano precisa ser 3 vezes maior que do mês mais seco, o mês mais seco obteve aqui zero milímetros de chuva e (0x3 = 0), portanto a classificação fica impossibilitada de ser verificada nessa condição, seria necessário ter pelo menos 1 mm, ou pouco mais. Então aqui vamos necessitar de uma adaptação pegando o mês mais seco mas que apresente algum valor de precipitação, que seria de 8 mm em fevereiro. Depois vamos analisar o regime W, onde o critério diz que deve haver 10 vezes mais chuva no mês mais chuvoso da metade quente do ano do que no mês mais seco. A classificação original de Köppen (1936) diz que a metade quente do ano no hemisfério norte corresponde aos meses de abril a setembro, essa classificação foi feita na Alemanha ou Rússia, então vale para o hemisfério norte, caso seja necessário determinar o tipo climático do Brasil, por exemplo, bastaria considerar os meses de outubro a março como a metade quente.

**Tabela 33.** Critérios para classificação climática de tipo para Climas Secos do Grupo B e úmidos dos Grupos A, C, D.

Limite entre climas secos B e úmidos A, C, D					
S (Inverno Chuvoso)		X' (Intermediário)		W (Verão Chuvoso)	
$BW/BS$	$H/B$	$BW/BS$	$H/B$	$BW/BS$	$H/B$
$r \leq t$	$r \leq 2t$	$r \leq t + 7$	$r \leq 2(t + t)$	$r \leq t + 14$	$r \leq 2(t + 14)$
Regime S: três vezes mais chuva no mês mais úmido da metade fria do ano do que no mês seco		Regime X': Chove o ano inteiro. Se a máxima é no verão, não chega a 10 vezes a do mês mais seco. Se a máxima é no inverno, não chega a três vezes.		Regime W: 10 vezes mais chuva no mês mais úmido da metade quente do ano do que no mês seco.	
r = Precipitação em cm		H = Húmido		BW = Seco Desértico	
t = Temperatura em °C		B = Seco		BS = Seco Estepário	
A metade do ano mais quente corresponde aos meses de ABRIL e SETEMBRO					

O critério S = 3 vezes mais chuva no mês mais úmido da metade fria do ano do que no mês seco;

Para Miquihuana:

Mês mais úmido da metade fria do ano = 21 mm (março)

Mês mais seco do ano = 8 mm (fevereiro)

21 mm deve ser maior que 3 x 8 mm, portanto não atende o critério S

Critério S = não atendido, com adaptação no critério

Critério W = 10 vezes mais chuva no mês mais úmido da metade quente do ano do que no mês seco.

O mês mais chuvoso da metade quente do ano é julho e teve 64 mm.

O mês mais seco é 8 mm, portanto o mês mais chuvoso com 64 mm não é maior que 10x8mm, portanto, não atende o critério W.

Critério W = não aceito

Critério X': Chove o ano inteiro. Se a máxima no verão, não chega a 10 vezes a do mês mais seco e se a máxima no inverno, não chega a três vezes.

Critério X' = aceito

3° Passo

Determinar o Subtipo:

Para determinar o subtipo entre  $h'$ ,  $h$ ,  $k$  e  $k'$ , utilizamos os critérios do Grupo B (Köppen, 1936).

**Tabela 34.** Critérios de seleção dos subtipos  $h'$ ,  $h$ ,  $k$  e  $k'$ , exclusivos para o Grupo B.

Símbolos	T°C média anual	T°C média mensal	Subtipo
$h'$	> 18°C	mês mais frio > 18°C	muito quente
$h$	> 18°C	mês mais frio < 18°	quente
$k$	< 18°C	mês mais quente > 18°C	frio
$k'$	< 18°C	mês mais quente < 18°C	muito frio

Miquihuana apresenta temperatura média anual de 17,8°C e temperatura média do mês mais quente de 21,3°C em abril, por lo tanto, el área de estudio classifica como  $k$ .

**k = subtipo frío**

4° Passo

Determinar a amplitude térmica, utilizamos os símbolos ( $i$ ,  $i'$ ,  $e$ ,  $e'$ ).

**Tabela 35.** Clasificación de amplitud térmica de Köppen. (García, 2004).

Símbolos	Critério	
i	Amplitude < 5°C	isotermal
i'	Entre 5°C e 7°C	com pouca oscilação
e	Entre 7°C e 14°C	extremo
e'	Amplitude > 14°C	muito extremo

Referente a amplitude térmica o município de Miquihuana apresentou uma oscilação anual de 9,4°C, portanto, a letra **e** (oscilação entre 7° y 14°C) nomeado como extremo.

**e = extremo**

Segundo a Classificação original de Köppen, o município de Miquihuana fica classificado como:

**BX'k(e)** = Seco frio intermediário extremo

**Conclusão**

O Sistema de Classificação Climática de Köppen quando sintetizado como no presente trabalho é relativamente simples e necessita poucos dados meteorológicos, somente as temperaturas médias mensais e os valores de precipitação mensais de janeiro a dezembro. Nem sempre um clima de um determinado local se enquadra perfeitamente dentro de uma classe Climática de Köppen, o problema ocorre sobretudo naqueles climas que apresentam valores de temperatura e precipitação próximos dos valores limítrofes entre uma classe e outra. Também podemos mencionar que ainda existem climas que resultam difíceis para classificar, porque não se adequam exatamente aos critérios do sistema. Podemos concluir que houve uma melhoria muito grande entre a classificação climática original de Köppen de 1936, que apresentava falhas, além do uso subjetivo do tipo de vegetação ocorrente no local como um dos critérios de classificação, que foi consideravelmente melhorada na classificação Climática de Köppen-Geiger de 1961.

**Referências**

ARAÚJO, G. J., SILVA, M. Crescimento econômico no semiárido brasileiro: o caso do polo frutícola Petrolina/juazeiro. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, p. 246–264, 2013.

ARAYA, M. G. La población de Bocas del Toro y la comarca NGÖBE-BUGLÉ hasta inicios del siglo XIX. **Anuario de Estudios Centroamericanos**, v. 30, n. 1-2, p. 119–162, 2012.

ARENAS, M. D. *et al.* Cobertura vegetal de Alta Floresta, Amazônia meridional matogrossense. **RevistaEspacios** Vol. 36, n. 20, 2015.

BAILEY, R. G. **Ecosystem Geography: From Ecoregions to Sites.** Springer Science & Business Media, 2009.

BAKER, B. *et al.* Use of the Köppen–Trewartha climate classification to evaluate climatic refugia in statistically derived ecoregions for the People’s Republic of China. **Climatic Change**, v. 98, n. 1, p. 113-131, 2010.

BELDA, M. *et al.* Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. **Climateresearch**, v. 59, n. 1, p. 1-13, 2014.

CRUZ, F. E. R.; CARREÓN, J. T.; VICTORIA, C. De los valles intermontanos a las montañas de Miquihuana, Tamaulipas. **Desde El HerbarioCICY**, 6, 16–19, 2014.

CUI, D.; LIANG, S.; WANG, D. & LIU, Z. A 1 km global dataset of historical (1979–2013) and future (2020–2100) Köppen–Geiger climate classification and bioclimatic variables. **Earth System Science Data Discussions**, 13, 5087–5114, <https://doi.org/10.5194/essd-13-5087-2021>, 2021.

EUGSTER, W. Book review: Wladimir Köppen–ScholarforLife; Wladimir Köppen–einGelehrtenlebenfür die Meteorologie: Else Wegener–Köppen, JörnThiede (Eds.). Stuttgart 2018. **Journal of the Geographical Society of Berlin**, v. 152, n. 2, p. 145-146, 2021.

GEIGER, R. **Klassifikationen der Klimatenach W. Köppen.** In: Landolf-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionenaus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, Vol. 3. Springer, Berlin, p 603–607, 1954.

GREENE, M. T. **Alfred Wegener: Science, exploration, and the theory of continental drift.** JHU Press, 2015.

HOLLAR, S. *et al.* (Ed.). **Pioneers in the World of Weather and Climatology**. Britannica Educational Publishing, 2012.

JANC, N. *et al.* Correspondence Between Milutin Milankovic and Else Wegener Köppen. In: **BOOK OF ABSTRACTS**. p. 116, 2021.

JÖRN, T. Wladimir Köppen, Alfred Wegener, and Milutin Milankovitch: their impact on modern paleoclimate research and the revival of the Milankovitch hypothesis. **Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки Земли**, v. 63, n. 2, p. 230-250, 2018.

JUNQUEIRA, H. S. *et al.* Análise da variação sazonal e de tendências na precipitação pluviométrica no município de Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2641-2649, 2020.

KÖPPEN, W. Das geographische System de Klimate. **Handbuch der klimatologie**, p.1- 44, 1936.

KOTTEK, M. *et al.* World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

MILANKOVITCH, M. M. Canon of insolation and the iceage problem. **Koniglich Serbische Akademie Beograd Special Publication**, v. 132, 1941.

MÖLLER, D. **Chemistry of the climate system**. Berlin: De Gruyter, 2010.

MORGAVI, M.; COHEN, C.; VEREDA, M. Competitividad de Ushuaia comopuerta de entrada marítima del turismo antártico. **Aportes y transferencias**, v. 18, n. 1, p.61-81, 2020.

NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 1, p. 18-22, 2010.

OTERO, A. *et al.* Innovaciones culturales que desafían la producción del lugar. Caso de estudio: San Carlos de Bariloche. In: VII Simposio Internacional y XII Jornadas Nacionales de Investigación-Acción en Turismo CONDET Congreso Internacional de Turismo-ANET Facultad de Turismo-UNCo-Neuquén. Octubre, 2015.

RESTREPO, L. A. V. Paisajismo y ecología del paisaje en la gestión de la arborización de calles. Una referencia a la ciudad de Medellín, Colombia. **Gestión y ambiente**, v. 10, n. 1, p. 131-140, 2007.

ROLIM, G. S. *et al.* Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, p. 711-720, 2007.

TREWARTHA, G. T.; HORN, L. H. **An Introduction to Climate**. 6 ed. McGraw-Hill. New York, NY, p.416, 1980.

WILLE, R. J. Colonizing the Free Atmosphere. **History of Meteorology**, v. 8, p. 95-123, 2017.