

# CARACTERIZAÇÃO DO RITMO CLIMÁTICO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS - SP

**Palavras-Chave:** Precipitação, Anos-padrão, Ritmo Climático

**Autores/as:**

**Milena Lumi Hangai (Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP)**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aline Pascoalino (Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP)**

## INTRODUÇÃO

Dado o clima de um certo local, pode-se dizer que “os diversos climas teriam, durante as várias estações do ano, tipos de tempos característicos, que se sucederiam de forma definida, caracterizando cadeias de tipos de tempo” (TAVARES, 1976, p. 80). Faz-se necessário então, o estabelecimento de parâmetros para classificar e mensurar as possíveis variações climáticas relacionadas aos tipos de tempos característicos de um dado lugar ao longo do período estudado. Nesta pesquisa, a pluviosidade será o critério principal utilizado para a classificação de anos-padrão para posterior caracterização dos tipos de tempo, uma vez que no “território brasileiro, as chuvas despontam como elemento meteorológico que melhor representa a diversidade climática num país de características continentais e tropicais” (NIMER, 1989)

Diante disso, a identificação dos tipos de tempo com base nos anos “secos”, “chuvosos” e “habituais”, possibilita “a compreensão e caracterização do clima, através da análise de padrões normais e das possíveis diversificações que ocorrem na circulação atmosférica” (TAVARES, 1976, p. 86). O objetivo de identificar os anos-padrão é “separar anos que apresentem características semelhantes quanto a uma determinada variável, de forma que esses possam ser considerados como um grupo com características semelhantes; e posteriormente eleger um ano padrão para representar cada grupo” (SILVESTRE, 2013, p. 24).

Neste contexto, a pesquisa desenvolvida tem por objetivo analisar a distribuição da precipitação interanual no período de 1993 a 2020 no município de Campinas - SP, para seleção de anos-padrão de modo a indicar os anos que serão trabalhados posteriormente com a técnica de análise rítmica (MONTEIRO, 1971) em escala sazonal, de forma a aprofundar os conhecimentos sobre o ritmo climático e a sucessão dos tipos de tempo na área de estudo com base nos registros climáticos mais recentes.

## METODOLOGIA

### LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Campinas, polo da Região Metropolitana de Campinas (RMC), está localizado no interior de São Paulo (figura 1). Em aspectos geográficos, a cidade possui área de 797,6 km<sup>2</sup> e é considerada uma metrópole pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com mais de 1 milhão de habitantes (IBGE, 2020). Este município é climaticamente considerado como “zona intertropical, caracterizada por uma estação com elevadas temperaturas e períodos úmidos, e por outra com temperaturas mais amenas e menor pluviosidade” (VICENTE, 2005, p. 22).



Figura 1 - Mapa com destaque para a RMC; fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu (2006)

## FONTE DE DADOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados utilizados nesta pesquisa foram disponibilizados pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), localizado na Avenida Doutor Theodureto de Almeida Camargo, 1500, Jardim Nossa Senhora Auxiliadora, Campinas - SP, nas coordenadas geográficas 47°04'44"O; 22°52'03"S, a uma altitude de 669m. Na figura 2 é possível observar as instalações do local da coleta de dados, um espaço aberto e sem muitas interferências externas próximas.

Foram solicitados ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC) os dados correspondentes à última normal climatológica, porém, a série temporal disponibilizada e trabalhada compreende um período de 28 anos – de 1993 a 2020. Foram disponibilizados os elementos meteorológicos diários referentes a: precipitação acumulada, temperatura mínima e máxima diária. De acordo com referenciais bibliográficos sobre a seleção de anos-padrão (MONTEIRO, 1971; TAVARES, 1976; FONTÃO e ZAVATTINI, 2019), os dados de precipitação são indicados como uma via para análise e critério para a identificação dos mesmos.

Para realizar a sistematização dos dados, utilizou-se como ferramenta o *software Microsoft Office Excel e Rstudio*, que possibilitou verificar o total de precipitação acumulado para cada ano da série estudado, além de outros parâmetros, como médias, tanto das precipitações quanto das temperaturas afim de um melhor entendimento da variação dos mesmos. Os dados foram representados em gráficos e histogramas de frequência investigando-se a distribuição das precipitações interanuais do período estudado.

Com os valores referentes à precipitação anual acumulada em sua distribuição interanual, foram gerados intervalos de classes adequados ao banco de dados existente, com a finalidade de classificação da distribuição deste parâmetro climático para identificação do que seriam os anos-padrão da série. Dessa forma, aos dados foram aplicados procedimentos que se iniciam com a fórmula de Sturges, conforme sugerem Fontão e Zavattini (2019), que consiste na seguinte equação:

$$K = 1 + \log(n) \cdot 3,3$$

Onde K é o número de classificações e n é a quantidade de observações feitas, que no caso seria n = 28, devido a quantidade de anos analisados. Com o K obtido, foi calculada uma amplitude que pode ser chamada  $\Delta$ , que será dada pelo maior valor da quantidade total de precipitação subtraído do menor valor. Por fim, esse valor  $\Delta$  foi dividido por K, obtendo os intervalos de classificação que foram aplicados na série temporal analisada.

Com base neste procedimento, através da Fórmula de Sturges, tem-se:

$$K = 1 + 4,78 = 5,78 \approx 6$$

Indicando que 6 é a melhor quantidade de classificações para este caso. Estas classes serão denominadas: “extremamente seco”, “seco”, “tendendo a seco”, “habitual seco”, “habitual” e “chuvoso”. A partir dos valores extremos de chuva, foram calculados os intervalos de classificações, conforme:

$$\Delta = 1675,90 - 900,90 = 775$$

$$\Delta / K = 134,2$$

A partir dos intervalos de classe obtidos e representados na tabela 1, tendo em vista a maior quantidade de anos com precipitação acumulada referente aos totais situados entre 1438,1mm - 1572,3mm, este intervalo foi considerado como “habitual”. Tomando-se este como ponto inicial, foram estabelecidos parâmetros e nomes para as demais classificações, sendo elas anteriores ou posteriores ao considerado “habitual”. Já para encontrar o ano padrão habitual foram utilizadas ferramentas da estatística descritiva como diferenças percentuais e desvio-padrão mensais em relação à média de precipitação do próprio mês, conforme demonstra a tabela 2 da Análise e Discussão dos Resultados.

O aprofundamento da análise dos dados em escala diária virá na aplicação da técnica de análise rítmica (MONTEIRO, 1971) que possibilita a classificação genética dos tipos de tempo. Devido às dificuldades na obtenção de dados e imagens, os procedimentos metodológicos foram readequados para a análise sazonal e episódica, que está em realização e possibilitará a caracterização das condições climáticas da área de estudo nos anos-padrão representativos da série na primeira, e a observação da dinâmica atmosférica atuante na geração das cadeias de tipos de tempo que repercutiram nos anos analisados, na última.



Figura 2 - Imagem de satélite com destaque no ponto de coleta de dados; fonte: Google Earth (2021)

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a sistematização dos dados do período analisado, foi obtido o total de precipitação acumulada em milímetros para cada ano estudado. Na distribuição do total anual de precipitação em comparação ao parâmetro médio para toda a série (figura 3), identifica-se que os anos de 2011 (1675,9mm), 1996 (1633,5mm) e 2009 (1614,2mm) foram anos com maior acúmulo de precipitação, enquanto os anos de 2014 (900,9mm) e 2013 (1128,9mm) foram os de menores totais de precipitação, comparando-se com a média para o período. Os anos de 2011 e 2014 destacam-se como extremos e representativos para serem considerados anos-padrão chuvoso e seco, respectivamente.

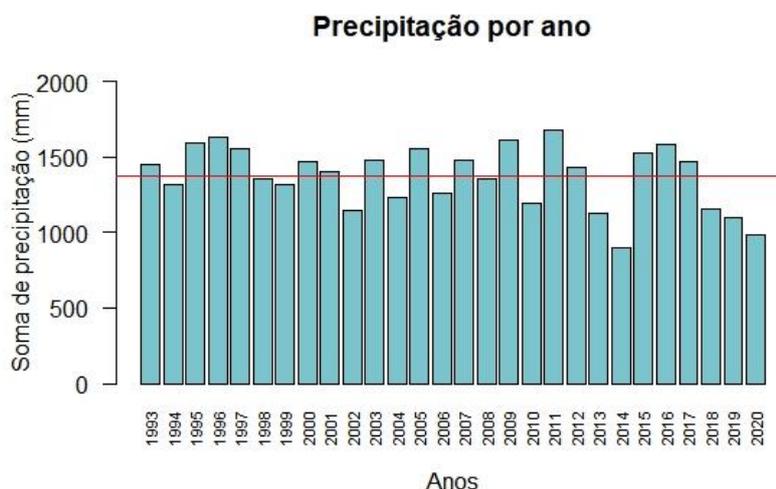


Figura 3 - Distribuição do total anual de precipitação com relação à média da precipitação para a série temporal 1993 a 2020, no município de Campinas-SP; fonte: Acervo Pessoal (2021)

Verificou-se que na série temporal estudada foram identificados: 8 anos que podem ser classificados como habitual; 6 anos classificados como habitual seco; 5 anos classificados como chuvosos; 4 anos considerados como secos; 3 anos tendendo a seco e 2 anos como extremamente secos (tabela 1 e a figura 4). Na tabela 1 é possível verificar a classificação de cada ano da série temporal analisada conforme os intervalos de classe delimitados. Para o período total de análise a maior frequência de anos secos e extremamente secos foi encontrada da metade para o final da série, sendo estes representados pelos anos de 2002, 2013, 2014, 2018 a 2020. Os anos classificados como chuvosos foram mais frequentes no início e meio da série temporal, representados pelos anos de 1995, 1996, 2009, 2011, e ao final da série pelo ano de 2016. Considerando-se a maior frequência dos anos que foram classificados como habitual na série analisada (1993, 1997, 2000, 2003, 2005, 2007, 2015 e 2017).

Classificação	Intervalo (mm)	Anos
<b>Extremamente seco</b>	900,9 – 1035,1	2014, 2020
<b>Seco</b>	1035,2 – 1169,4	2002, 2013, 2018, 2019
<b>Tendendo a seco</b>	1169,5 – 1303,7	2004, 2006, 2010
<b>Habitual seco</b>	1303,8 – 1438,0	1994, 1998, 1999, 2001, 2008, 2012
<b>Habitual</b>	1438,1 – 1572,3	1993, 1997, 2000, 2003, 2005, 2007, 2015, 2017
<b>Chuvoso</b>	1572,4 – 1704,6	1995, 1996, 2009, 2011, 2016

Tabela 1 - Quantificação de anos em cada classificação; fonte: Acervo Pessoal (2021)

Destacado em amarelo, na tabela 2, há os menores desvios em percentual para cada mês dentre os 8 anos. Percebe-se uma maior quantidade destes destaques no ano de 2015, seguido pelos anos de 2007 e 2017. Além disso, em vermelho, há a marcação do ano que apresenta a menor média entre os desvios, significando que é o ano que mais se aproxima das médias previamente calculadas. O ano de 2015 também é apontado como o menor, sendo um bom indicativo para ser considerado o ano habitual mais significativo. O baixo valor do desvio-padrão demonstra uma proximidade dos valores esperados. O ano de 2015 não possui o menor desvio-padrão, mas ainda assim é considerado um valor baixo em relação ao valor máximo e mínimo obtidos. Tendo em vista todos os parâmetros calculados e apresentados na tabela 2, conclui-se que o ano de 2015 seria o mais adequado para ser considerado como o ano habitual da série temporal estudada.

Na tabela 3, nota-se que, apesar de não ser um padrão, há um aumento gradativo no acúmulo e nas médias de precipitação do ano-padrão seco ao ano-padrão chuvoso. Percebe-se também que apesar de 2011 ser o ano com maior presença de precipitação (1675,9mm), ele não é o ano com maior quantidade de dias com presença de precipitação (116 dias), sendo 2009 o ano que apresenta esta maior quantidade (151 dias). Isso mostra que apesar da grande quantidade de precipitação, as chuvas foram mais concentradas. Em relação às temperaturas, o ano de 2011 apresenta a menor temperatura mínima absoluta (3,6°C) enquanto 2015 apresenta a maior temperatura mínima absoluta (9,5°C). Já quanto à temperatura máxima absoluta, tem-se o ano de 2014 com o maior valor (38,3°C) e 2011 com o menor (35,8°C).

	1993	1997	2000	2003	2005	2007	2015	2017
<b>Janeiro</b>	37,64	9,78	9,43	18,81	39,59	24,57	37,20	8,47
<b>Fevereiro</b>	75,72	1,39	29,74	10,98	50,15	55,67	37,37	49,38
<b>Março</b>	30,17	64,06	24,59	52,29	75,21	9,24	58,77	27,89
<b>Abril</b>	49,51	21,56	98,60	9,32	24,37	70,21	48,76	64,25
<b>Mai</b>	15,91	18,04	96,32	43,25	87,74	26,91	4,58	85,44
<b>Junho</b>	4,13	222,58	87,82	71,42	9,60	13,76	59,74	3,57
<b>Julho</b>	73,75	48,85	87,84	49,99	86,20	299,21	28,26	100,00
<b>Agosto</b>	29,14	10,62	129,06	33,05	44,94	100,00	9,77	20,65
<b>Setembro</b>	88,75	32,37	13,48	69,75	27,54	88,93	134,05	82,44
<b>Outubro</b>	26,62	13,43	36,88	9,97	112,61	5,10	36,14	5,31
<b>Novembro</b>	41,86	25,48	52,56	23,17	78,65	6,45	4,25	21,51
<b>Dezembro</b>	0,93	22,98	7,03	50,83	31,65	28,68	13,42	6,16
<b>Média</b>	4,35	11,50	2,83	18,05	1,56	7,33	1,34	2,08
<b>Desvio Padrão</b>	0,5	0,73	0,72	0,40	0,66	1,03	0,54	0,54

Tabela 2 - Diferença em valores percentuais (%) do desvio com relação à média mensal; fonte: Acervo Pessoal (2021)

	Total anual precipitação (mm)	Dias com presença de precipitação	Temperatura mínima absoluta (°C)	Temperatura máxima absoluta (°C)
2014	900,9	86	7,9	38,3
2015	1525,6	132	9,5	37,6
2011	1675,9	116	3,6	35,8

Tabela 3 – Dados anuais meteorológicos dos anos-padrão pré-selecionados; fonte: Acervo Pessoal (2021)

Na análise sazonal e mensal, janeiro de 2011 (tabela 4) apresenta aproximadamente o dobro do total mensal de precipitação (403,6mm) comparado a janeiro de 2014 (181,4mm). Além disso, 2011 apresentou maior frequência na ocorrência de eventos pluviométricos, com aproximadamente três semanas (22 dias), mais que o dobro em comparação à 2014 (10 dias). Quanto às temperaturas, é possível perceber que no mês de janeiro, a mais alta temperatura máxima absoluta é referente a 2015 (36,4°C), seguida por 2014 (34,5°C) e 2011 (32,9°C). Em relação aos meses de julho – representativos do inverno, o ano de 2015 apresentou o maior total de precipitação para o referido mês (31,7mm), comparando-se aos demais representados, seguido de 2014 (28,2mm) e de 2011 (6,6mm). Julho de 2011 apresentou a menor quantidade de dias com presença de precipitação (2 dias), enquanto julho de 2015 apresentou a maior (11 dias).

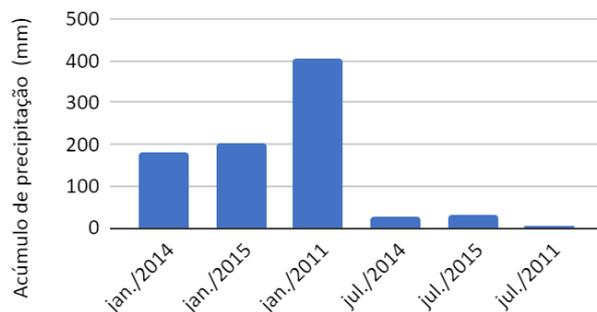
Em uma breve observação geral de meses representativos dos anos-padrão identificados, destacam-se características termo-pluviométricas destes, em que é possível notar que janeiro, representativo do verão (linha 1 da tabela 4), se apresenta sempre mais chuvoso (181,4mm, 203,7mm e 403,6mm) que os meses das outras estações, enquanto julho, no inverno (linha 3 da tabela 4) majoritariamente se apresenta como um dos meses da estação mais seca (28,2mm, 31,7mm e 6,6mm). O mês de outubro que traz características da primavera (linha 4 da tabela 4), na maior parte dos anos analisados, se apresenta mais chuvoso (61mm e 155,6mm, sendo 15,6mm a exceção) do que os meses da estação do outono (linha 2 da tabela 4) (29,2mm e 95,3mm, sendo 61,9mm a exceção), também possui as maiores temperaturas máximas absolutas (38,3°C, 37,6°C e 35,8°C) em relação aos demais meses do ano, enquanto os menores registros são verificados no inverno (7,9°C, 9,5°C e 6,1°C), conforme exemplifica julho de 2011.

	Acúmulo de precipitação (mm)			Temperatura máxima absoluta (°C)			Temperatura mínima absoluta (°C)		
	2014	2015	2011	2014	2015	2011	2014	2015	2011
Janeiro	181,4	203,7	403,6	34,5	36,4	32,9	17,9	17,9	16,1
Abril	61,9	29,2	95,3	33,3	31	30,6	12,1	13,8	12,6
Julho	28,2	31,7	6,6	30,7	29,4	29,7	7,9	9,5	6,1
Outubro	15,6	61	155,6	38,3	37,6	35,8	11,5	15,6	13,7

Tabela 4 – Dados sazonais meteorológicos dos anos-padrão pré-selecionados; fonte: Acervo Pessoal (2021)

Na figura 4, verifica-se a distribuição pluviométrica nos meses de janeiro e julho dos anos-padrão observados 2014, 2015 e 2011. É notável a maior quantidade de precipitação durante o período do verão (181,4mm, 203,7mm, 403,6mm) em comparação ao período do inverno (28,2mm, 31,7mm, 6,6mm), além disso, percebe-se uma abundância de precipitação em janeiro de 2011, que corresponde aos 403,6mm acumulados. Ao que se refere às temperaturas absolutas mínimas e máximas dos anos de 2014, 2015 e 2011, verifica-se uma grande amplitude térmica nos meses representativos das estações com os registros mais extremos (16,6°C, 18,5°C e 16,8°C para janeiro de 2014, 2015 e 2011, respectivamente e 22,8°C, 19,9°C e 23,6°C para julho de 2014, 2015 e 2011, respectivamente).

Precipitação total mensal (mm)



Temperaturas máxima e mínima absolutas

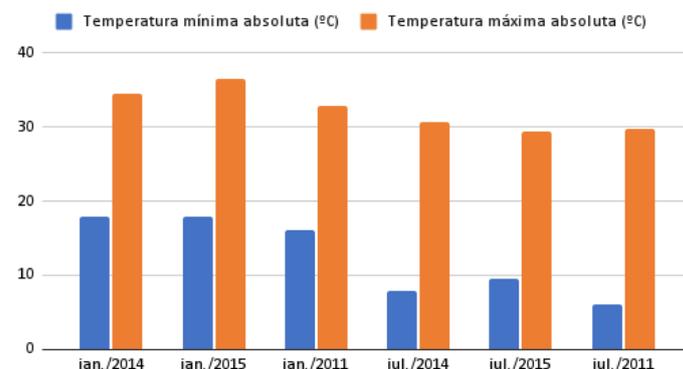


Figura 5 - comparação da precipitação total mensal; fonte: Acervo Pessoal (2021) Figura 4 – comparação entre temperaturas absolutas; fonte: Acervo Pessoal (2021)

## CONCLUSÕES

Tendo a partir dos procedimentos metodológicos e resultados analisados acima, os anos de 2011, 2014 e 2015 como representativos de anos-padrão chuvoso, seco e habitual, respectivamente. A partir da definição e análise dos anos-padrão, a investigação concluirá a aplicação da técnica de análise rítmica (MONTEIRO,1971), a fim de relacionar as variáveis meteorológicas ao fator genético que desencadeou o registro quantitativo das mesmas em escala temporal sazonal e episódica. Enfatiza-se que para a aplicação da técnica da análise rítmica, é de grande importância a classificação dos anos-padrão, pois estes são representativos para o reconhecimento do conjunto de tipos de tempo reproduzidos na variabilidade climática de um dado lugar, no repertório dos eventos extremos e habituais.

## BIBLIOGRAFIA

- FONTÃO, Pedro Augusto Breda; ZAVATTINI, João Afonso. Variabilidade das chuvas anuais na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e no Sistema Cantareira: classificação e frequência dos anos-padrão. Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 457-469, maio 2019. ISSN 1984-2295. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/234903>>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- INSTITUTO AGRONÔMICO. Instituto Agrônomo [s.d.]. Clima IAC. Disponível em . Acesso em: 28 de Fevereiro de 2021.
- MONTEIRO, C.A.F., 1971. A análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia 1, 1-21.
- MONTEIRO, C. A. F. Clima e Excepcionalismo (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico). Florianópolis: UFSC, 1991.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2ªed. Rio de Janeiro:IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.
- SILVESTRE, M. R. et al. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. Revista Formação, v. 2, n. 20, p. 23 - 53, 2013.
- STURGES, H.A., 1926. The choice of a class interval. Journal of the American Statistical Association 21, 65-66.
- TAVARES, A.C.. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. Geografia, v.1, n.1, p.79- 87, 1976.
- VICENTE, Andrea Koga. Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas. 2005. 160p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286870>>. Acesso em: 29 de Abril de 2021.