

## Variabilidade da precipitação diária no ABC Paulista e aplicação de regionalização

Andrea de Oliveira Cardoso <sup>1</sup>; María Cleofé Valverde <sup>2</sup>

**Resumo** – O ABC Paulista é uma região que sofre impactos decorrentes de chuva intensas. É conhecido que fatores locais podem contribuir para o aumento da precipitação e que estudos mostram tendências positivas de precipitações intensas em centros urbanos, incluindo esta região. O presente trabalho objetiva conhecer a variabilidade espacial da precipitação diária sobre a região do ABC Paulista, visando caracterizar as principais diferenças e buscar uma discussão regionalizada dos aspectos semelhantes. Para tanto, utilizaram-se dados de precipitação diária de 11 estações pluviométricas do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), no período de 1999 a 2016. Foram analisadas a sazonalidade da precipitação e a distribuição de parâmetros de precipitação diária, sendo realizada uma análise de agrupamento de chuvas diárias. Os resultados indicaram diferenças nas precipitações mensais e diárias ao longo da região, inclusive dentro de um mesmo município. Foi verificado um padrão de chuvas mais intensas e concentradas em áreas mais adensadas, que são amplificadas nos locais de maior altitude, e chuvas mais regulares em áreas mais vegetadas e com maior altitude. Estas diferenças sugerem a importância da condução de estudos pontuais para a caracterização dos padrões de chuvas e seus impactos.

**Abstract** – The region of ABC Paulista suffers as heavy rains. It is known that local factors may contribute to increased precipitation and that studies show positive trends of intense precipitation in urban centers, including this region. The objective of this study is to know the spatial variability of daily precipitation over the region of ABC Paulista, seeking to characterize the main differences and a regionalized discussion of similar aspects. For this purpose, daily rainfall data of 11 rainfall stations were used from 1999 to 2016, provided by DAEE. The precipitation seasonality and the distribution of daily rainfall parameters were analyzed, and a cluster analysis of daily rainfall was performed. The results indicated differences in monthly and daily rainfall throughout the region, inclusive within of the same municipality. A more intense and concentrated rainfall pattern was verified in densest areas, which are amplified in locations higher altitude, and more frequent rainfall in more vegetated areas and in locations with higher altitude. These differences suggest the importance of to develop specific studies to characterize rainfall patterns and their impacts.

**Palavras-Chave** – ABC Paulista; variabilidade da precipitação; análise de agrupamento.

---

<sup>1</sup> Professora, Dra., Universidade Federal do ABC, CECS, Santo André - SP, (11) 4996-8207, andrea.cardoso@ufabc.edu.br  
<sup>2</sup> Professora, Dra., Universidade Federal do ABC, CECS, Santo André - SP, (11) 4996-8274, maria.brambila@ufabc.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma variável meteorológica que apresenta grande variabilidade espaço-temporal, pois é influenciada por diversos fatores de diferentes escalas, como por exemplo, na maior escala sofre influência da localização latitudinal, de fenômenos climáticos, da circulação geral da atmosfera, entre outros; em menor escala, tanto as características locais, como o relevo e a cobertura da superfície, a maritimidade/continentalidade, são exemplos de fatores que afetam o padrão de precipitação de um local. Além disso, a ocorrência de precipitação é favorecida por sistemas atmosféricos transientes, como por exemplo, frentes frias, massas de ar, ciclones/anticiclones, entre outros.

Os principais sistemas atmosféricos que contribuem para a ocorrência dos regimes de precipitação em regiões brasileiras são conhecidos e apresentados no estudo de Reboita et al. (2010), sendo determinada uma regionalização da precipitação em termos de sua sazonalidade, que é bastante abrangente, incluindo grandes áreas.

É importante conhecer a variabilidade da precipitação, para assegurar um bom planejamento e a tomada de medidas preventivas, tanto do ponto de vista do uso da água, com para fins de minimização dos impactos decorrentes de extremos de chuvas. Em meios urbanos a ocorrência de precipitação intensa pode causar grandes impactos, tais como deslizamentos, alagamento e inundações, afetando as atividades da população e aumentando o risco de desastres. Como alguns estudos mostram uma tendência de aumento da precipitação em cidades urbanizadas, aumenta ainda mais a preocupação sobre os possíveis impactos das chuvas se essas tendências permanecerem.

Alterações de fatores locais podem contribuir para o aumento da precipitação. De acordo com Pereira Filho et al. (2007) o aumento da temperatura e da precipitação e a diminuição da umidade relativa na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) estão relacionadas ao aumento da área urbana horizontal e vertical, sendo que a maioria dos episódios de chuvas mais intensas está relacionada aos efeitos da ilha de calor e circulação de brisa marítima.

Silva Dias et al. (2013) observou uma relação entre o crescimento populacional na cidade de São Paulo e a tendência de aumento da precipitação anual neste grande centro urbano. O mesmo estudo verificou um aumento mais pronunciado para precipitações diárias mais elevadas, indicando que as chuvas mais intensas se tornaram mais frequentes. Um outro estudo de tendências de precipitação, considerando 21 estações distribuídas na RMSP, verificou uma tendência de aumento de precipitações em somente quatro estações, no caso de precipitação superiores ou iguais a 30 mm por dia, no verão (Raimundo et al., 2014). Isto reforça a forte variabilidade da precipitação no interior de grandes áreas urbanas. A tendência de aumento de precipitação, devido ao aumento da frequência de eventos chuvosos de maior intensidade, foi verificada em outros centros urbanos do Sudeste brasileiro (Zilli et al., 2017).

Os extremos chuvosos no ABC Paulista também apresentam tendências positivas, quanto ao número de dias com chuvas iguais ou superiores a 50 mm, em todos os municípios da região (Valverde et al., 2018). Neste mesmo estudo foi verificado que anos com chuvas mais intensas, como 2010 e 2011, foram acompanhados por uma maior ocorrência de eventos hidrológicos e geodinâmicos. Relações significativas entre chuvas e episódios de deslizamentos na cidade de São Bernardo do Campo foram identificadas por Molina et al. (2015), que se amplificam com o aumento de dias com chuvas anteriores ao evento.

Diante dos indícios de que a frequência de precipitações intensas em meios urbanos tem aumentado, de que a precipitação apresenta grande variabilidade, e que a região do ABC Paulista já é fortemente afetada por chuvas intensas, evidenciando a sua vulnerabilidade aos extremos climáticos (Valverde, 2017), é importante conduzir estudos que aprofundem o conhecimento da variabilidade das chuvas nesta região. Neste contexto, o presente estudo objetiva conhecer a variabilidade espacial da precipitação diária sobre a região do ABC Paulista, visando caracterizar

as principais diferenças e avaliar a possibilidade do agrupamento de locais com características semelhantes, buscando uma discussão regionalizada.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da região estudada

A região do ABC Paulista encontra-se localizada no setor sudeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e está constituída por sete municípios: Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Mauá, Diadema, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra (Figura 1). No último censo do IBGE (2010), a região apresentava uma população total de 2.551.328, sendo que a população estimada para 2017 foi de 2.753.406. O ABC Paulista apresenta duas áreas bem definidas, a urbana e a de preservação ambiental (Figura 1), e historicamente foi o primeiro centro da indústria automobilística brasileira (Mercedes-Benz, Ford, Volkswagen e General Motors), e nesta região também se localiza a Refinaria de Capuava (Recap) pertencente à Petrobras. Em relação a sua hidrografia, toda a parte urbana da região se desenvolveu na várzea do rio Tamanduateí, afluente do rio Tietê. Já na área de preservação ambiental se localiza a represa Billings, que se originou do barramento do Rio Grande (Ramalho, 2007).

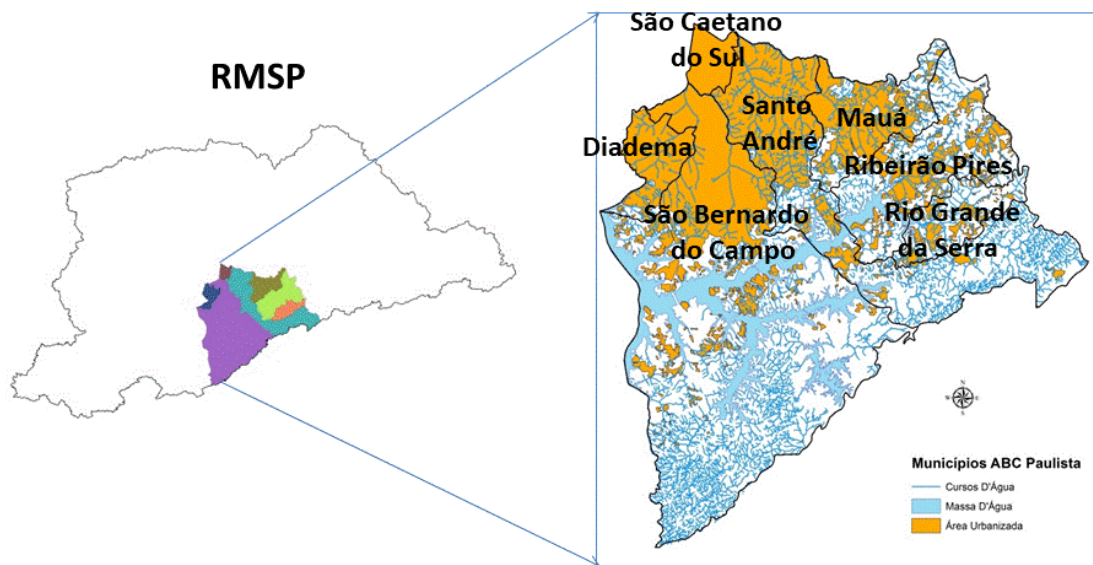


Figura 1: Localização da região do ABC Paulista na Região Metropolitana de São Paulo.

### 2.2. Dados e Metodologia

Para o desenvolvimento da análise foram utilizadas séries históricas de precipitação diária de 11 localidades do ABC Paulista no período de 1999 a 2016, provenientes DAEE, todas elas localizadas na área urbana do ABC Paulista. Este conjunto, com estações distribuídas por toda a região de estudo, foi escolhido por conter séries diárias longas e atualizadas, com período coincidente e com poucas falhas. A Tabela 1 apresenta os detalhes das estações pluviométricas utilizadas, destacando o nome do município e a sigla adotada neste trabalho, o nome da estação e o prefixo do DAEE, o código adotado como referência, a localização geográfica e o período disponível.

Município (sigla)	Nome	Prefixo DAEE	Código adotado	Latitude	Longitude	Período disponível
Mauá (MA)	Noemia	E3-156	N_156	-23,67	-46,47	1999-2016
	Zaira	E3-157	Z_157	-23,65	-46,44	1999-2016
São Bernardo do Campo (SBC)	Jardim do Mar	E3-161	JM_161	-23,68	-46,55	1999-2016
	Vila do Tanque	E3-162	VT_162	-23,72	-46,53	1999-2016
Santo André (SA)	Campestre	E3-159	C_159	-23,65	-46,55	1999-2016
	Lucinda	E3-160	L_160	-23,63	-46,52	1999-2016
São Caetano do Sul (SCS)	Barcelona	E3-163	B_163	-23,62	-46,56	1999-2016
	Vila Prosperidade	E3-085	VP_085	-23,62	-46,55	1943-2017
Diadema (DIA)	Diadema	E3-158	D_158	-23,68	-46,61	1999-2016
Ribeirão Pires (RP)	Ribeirão Pires	E3-155	RP_155	-23,71	-46,42	1999-2016
	Guapituba	E3-239	G_239	-23,70	-46,45	1972-2018

Tabela 1 – Detalhes das estações pluviométricas utilizadas.

O ciclo sazonal da precipitação para cada posto estudado foi obtido através da média para cada mês do ano em todo o período disponível, a partir da precipitação acumulada mensal. Estas médias mensais foram comparadas, entre os postos e os meses.

Realizou-se a comparação de padrões de precipitação diária, com base anual, desconsiderando os mesmos dados diários faltantes em todas as séries, ou seja, mantendo somente os períodos simultâneos em todo o conjunto analisado, viabilizando assim uma comparação mais realista entre as estações. Nesta comparação, considerou-se a variabilidade anual da precipitação diária média, do quantil de precipitação extrema diária (percentil de 85%), do número de dias com chuva e o número médio de dias consecutivos com chuva, considerando somente dias com chuva. Para tanto, estas informações foram representadas através de gráficos de *boxplot*, que permite avaliar a distribuição empírica destes parâmetros no período de dados disponível.

Para avaliar a similaridade espacial dos padrões de precipitação diária, realizou-se uma análise de agrupamento, considerando informações de precipitação diária média anual. Para tanto, aplicou-se a análise de agrupamento hierárquica (análise de *cluster*) baseada nas distâncias euclidianas entre os pontos, obtida pela equação (1), que mostra a distância entre dois pontos ( $x_i$  e  $x_j$ ) fornecendo a dissimilaridade entre diferentes variáveis (ou grupos). O critério utilizado para definir a distância dentro do grupo, associada aos demais grupos, é baseado no método de máxima distância de agrupamento (*complete – linkage*), que tende a formar grupos mais homogêneos e numerosos, sendo o mais rigoroso (Wilks, 1995), pois leva em conta a máxima diferença. Neste caso, mantém-se a maior distância euclidiana entre um membro de  $G_1$  e um membro de  $G_2$ , de acordo com a equação (2). Para identificar o estágio da análise que apresenta a quantidade de grupos mais adequada realizou-se a inspeção do gráfico das distâncias entre os grupos, como função do estágio da análise. Neste caso, considera-se que no ponto onde for verificada uma alteração evidente da distância entre os grupos (um salto), pode-se considerar que o processo de separação é suficiente, sendo definido como ponto de parada aquele que antecede ao grande aumento da distância. Desta forma, determina-se a quantidade de grupos que sairá da análise.

$$d_{ij} = \|x_i - x_j\| = \left[ \sum_{k=1}^K (x_{i,k} - x_{j,k})^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$d_{G_1, G_2} = \max_{i \in G_1, j \in G_2} [d_{ij}] \quad (2)$$

Os parâmetros de entrada considerados na análise de cluster correspondem às informações geográficas dos postos estudados e aos indicadores de precipitação diária, sintetizados anualmente, para o período de 1999 a 2016, sendo estes:

- Informações geográficas: latitude, longitude e altitude;
- Médias anuais de parâmetros de precipitação diária, considerando somente os dias com chuva:
  - Média da chuva diária;
  - Máximo de chuva diária;
  - Percentis de 95%, 85%, 65%, 35% e 15%;
  - Número de dias com chuva;
  - Média do número de dias consecutivos com chuva;
  - Máximo do número de dias consecutivos com chuva.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ciclo sazonal da precipitação nos municípios do ABC Paulista é bem definido, com estação chuvosa no verão e poucas chuvas no inverno, o que é típico da maior parte do Sudeste brasileiro. Esse padrão já tinha sido identificado por Valverde et al., (2018), para o período climatológico de 1968-1998. No entanto, ao se comparar a média mensal em 17 anos recentes (1999-2016) observam-se diferenças entre as amplitudes da precipitação nas estações pluviométricas destes municípios (Figura 2), que são mais expressivas entre outubro e março.

A diferença nas intensidades da chuva entre municípios e entre locais de um mesmo município depende muito do meio físico e do tipo de ocupação de solo. Climatologicamente, o setor sul do ABC Paulista, que corresponde à área de preservação ambiental, é a área com as maiores intensidades de chuva. Teixeira (2017) estudou o padrão de chuvas em São Bernardo do Campo e encontrou que em média, a intensidade da precipitação em áreas de preservação ambiental do município é 2,5 vezes maior do que na área urbana.

Embora a análise desta pesquisa incluía apenas estações pluviométricas que se localizam na parte urbana do ABC Paulista foi possível observar as diferenças entre os locais dos postos pluviométricos num período mais recente. Destacam-se diferenças entre estações de um mesmo município, com nos casos de Ribeirão Pires (RP), que chove mais no posto de Guapituba (G\_259) em praticamente todo o ano. Este posto está localizado na região noroeste do município, afastado aproximadamente 3 km da área mais densamente urbana do município, e está próximo de área vegetada e massa de água da Billings.

Já, São Caetano do Sul (SCS), com o segundo mais alto valor de densidade demográfica do ABC Paulista<sup>3</sup>, e para dois postos pluviométricos localizados no setor leste do município, o posto de Vila Prosperidade (VP\_085) mostrou maiores intensidades em meses mais chuvosos. Ainda, comparando as intensidades de chuva no posto de Vila Prosperidade em SCS (VP\_085) e de Guapituba em RP (G\_259), se observou para os meses de máxima chuva que em Vila Prosperidade em média a chuva foi maior (Figura 2).

Embora existam estudos que afirmem que episódios de chuvas mais intensas apresentem tendências de aumento em áreas urbanas verticalizadas, e de grande concentração populacional (Pereira Filho et al., 2007; Silva Dias et al., 2013) como é o caso de SCS, acredita-se que estudos mais aprofundados de ilhas de calor e brisa marítima precisam ser realizados no ABC Paulista para encontrar relações diretas.

<sup>3</sup> <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-caetano-do-sul/panorama>

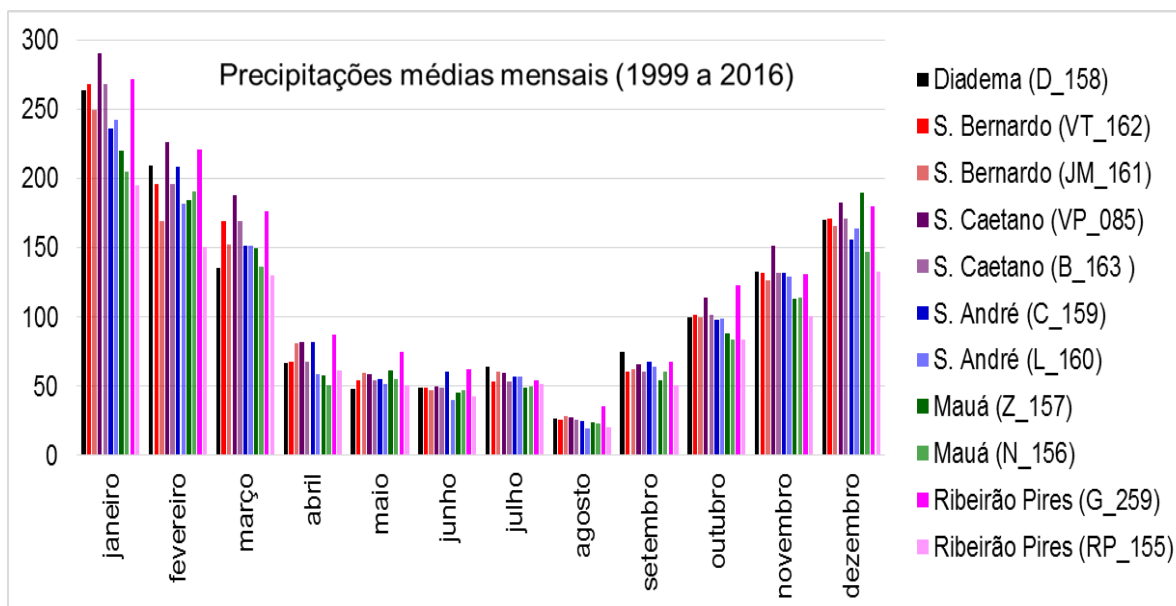


Figura 2: Precipitação média mensal das estações do ABC Paulista, no período de 1999 a 2016.

A partir dos dados disponíveis é verificada uma grande variabilidade anual da precipitação diária (Figura 3). A estação de Diadema (D\_158) destaca-se em termos de dispersão, com assimetria positiva para a precipitação diária média e para o limiar extremo do percentil 85%. Isto significa que nos anos analisados são observados dias com precipitação extremas e elevadas em Diadema, tendendo a superar os valores precipitados nos demais municípios. Em contrapartida, o número de dias com chuva e consecutivo com chuva são menores, considerando os dados disponíveis. É importante ressaltar que o município de Diadema é o que tem a maior taxa de densidade demográfica no ABC Paulista<sup>4</sup>, e como já observado para SCS esta característica pode influenciar também nos extremos diários.

Nas estações de Santo André também ocorrem valores extremos, mas a dispersão ao longo dos anos é menor. A estação de Zaira – Mauá (Z\_157) apresenta grande dispersão com relação ao percentil 85% (Figura 3), chegando a atingir valores elevados. A localização da estação Zaira em Mauá em relação ao outro posto analisado no mesmo município (N\_156) apresenta características específicas de alta declividade e maior altitude, o que pode influenciar também na intensidade da chuva, devido aos efeitos orográficos.

As estações de Guapituba em Ribeirão Pires (G\_259) e de Vila Prosperidade em São Caetano do Sul (VP\_085) apresentam um número maior de dias com chuva (Figura 3), sendo superior no caso de Guapituba, o que indica uma maior regularidade da precipitação, ou seja, o total de chuva anual não está concentrado em poucos dias. Esta última estação também apresenta uma menor variabilidade da precipitação diária (média e percentil 85%) e um maior número de dias consecutivos com chuva, o que também contribui para este padrão de chuvas mais regulares e melhor distribuídas ao longo do ano.

<sup>4</sup> <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/diadema/panorama>

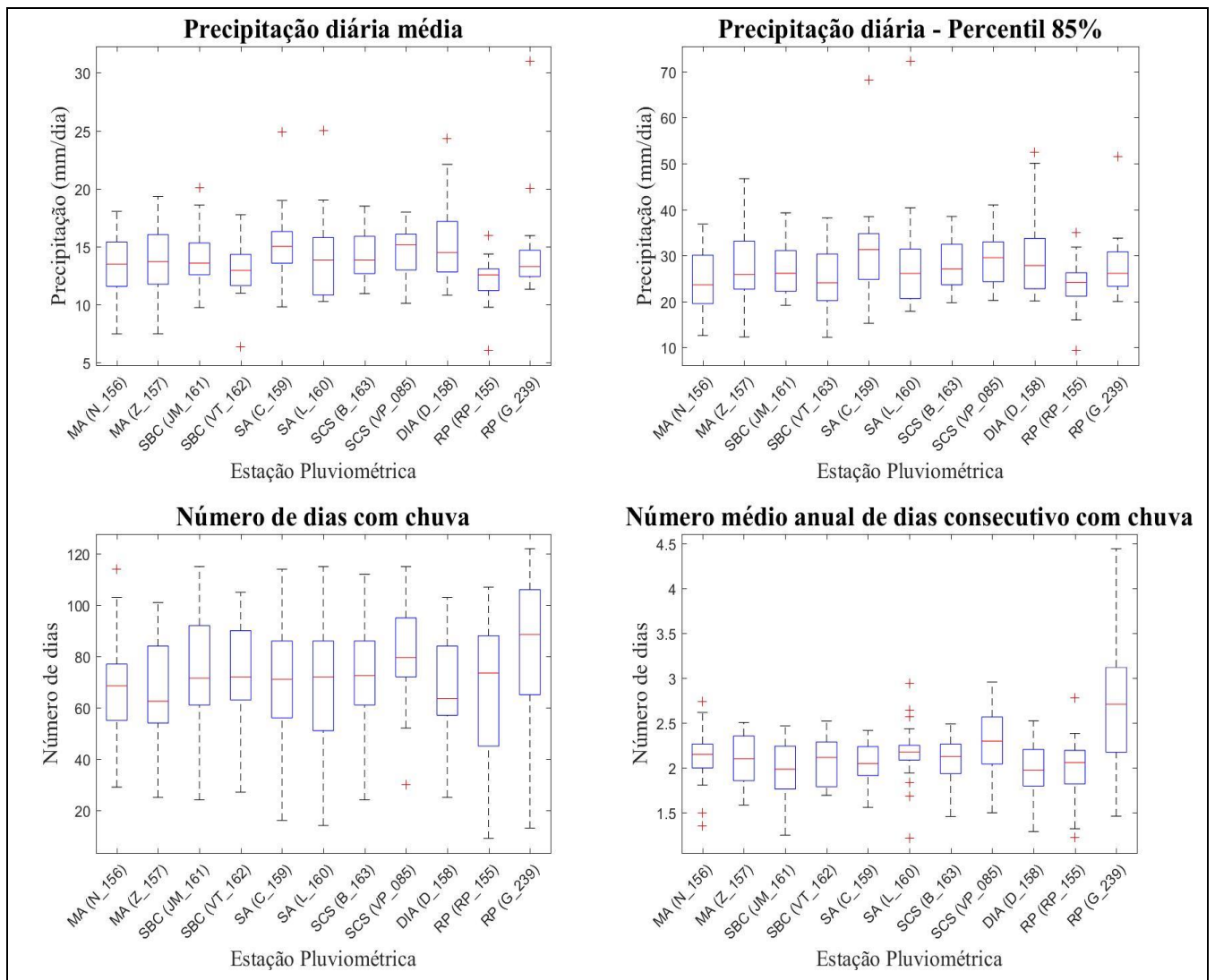


Figura 3: *Boxplot* de parâmetros anuais da precipitação diária, no período de 1999 a 2016, conforme: Precipitação diária média; Limiar de precipitação diária para o percentil de 85%; Número de dias com chuva; Número médio de dias consecutivo com chuva.

Os parâmetros de entrada considerados na análise de cluster estão apresentados na Tabela 2 e correspondem às informações geográficas dos postos estudados e aos parâmetros de precipitação diária, considerando somente os dias com chuva, obtidos pelo padrão anual no período de 1999 a 2016.

Através dos valores dos parâmetros de precipitação diária e a aplicação da análise de agrupamento foi possível identificar 5 grupos de estações (Figura 4) com características distintas. De um modo geral foi verificada uma separação das estações internas a um mesmo município, exceto no caso de São Caetano do Sul.

Um destes grupos é composto por apenas uma estação (G1, em cor ciano na figura 4), por apresentar o padrão mais distinto de precipitação diária, em comparação as demais estações. Este grupo é composto pela estação de Ribeirão Pires (Guapituba) que apresenta um número elevado de dias com chuva e de dias consecutivos com chuva, em comparação as demais estações (Tabela 2). No entanto, com relação aos totais de precipitação diária há semelhança com as estações do ABC Paulista, exceto no caso dos percentis inferiores (15% e 35%), cujos valores são mais elevados. Isto demonstra que neste local, que é mais vegetado e com maior altitude, a precipitação tende a ser mais regular.

Código	Município	LAT	LON	ALT	Prec. Média	Prec. Max.	P95	P85	P65	P35	P15	N. dias chuva	Méd. N. dias consec. chuva	Max. N. dias consec. Chuva
N_156	Mauá (Noemia)	-23,67	-46,47	767	10,50	74,12	40,76	20,69	9,31	2,53	0,75	88,61	2,09	7,67
Z_157	Mauá (Zaíra)	-23,65	-46,44	784	10,65	76,58	40,46	22,19	9,17	2,38	0,67	88,28	2,11	7,39
JM_161	S. Bernardo do Campo (Jardim do Mar)	-23,69	-46,56	757	11,50	78,42	42,15	24,75	10,37	2,93	0,91	89,00	1,98	6,67
VT_162	S. Bernardo do Campo (Vila do Tanque)	-23,72	-46,54	801	10,72	79,51	42,18	22,02	8,83	2,69	0,92	91,61	2,11	7,67
C_159	Santo André (Campestre)	-23,65	-46,55	769	11,98	82,61	48,12	24,75	10,11	2,64	0,69	87,94	2,03	7,00
L_160	Santo André (Lucinda)	-23,63	-46,52	794	10,98	73,33	41,88	23,96	9,78	2,43	0,68	88,89	2,14	7,78
B_163	São Caetano do Sul (Barcelona)	-23,62	-46,56	745	11,45	77,11	41,34	23,61	10,96	2,89	0,76	89,94	2,05	7,17
VP_085	São Caetano do Sul (Vila Prosperidade)	-23,62	-46,55	753	11,88	79,94	42,95	25,17	11,17	2,83	0,78	99,22	2,24	8,28
D_158	Diadema	-23,68	-46,61	776	12,74	85,25	46,70	26,78	11,81	3,12	0,79	83,83	1,96	6,39
RP_155	Ribeirão Pires	-23,71	-46,42	758	9,25	73,73	36,20	17,80	7,69	2,14	0,70	85,28	2,00	7,11
G_239	Ribeirão Pires (Guapituba)	-23,70	-46,45	827	10,44	79,69	38,71	20,32	8,57	3,22	1,47	131,89	2,91	13,50

Tabela 2: Conjunto de dados de precipitação e parâmetros considerados na análise de cluster.

O segundo grupo formado (G2) é composto por duas estações (Santo André – Campestre e Diadema, em cor rosa na figura 4). Este grupo se destaca pelos valores mais elevados de precipitação diária, tanto média, máxima como relacionada aos limiares de precipitação extrema (percentis de 85% e 95%). Em contrapartida, apresentam um número inferior de dias com chuva e consecutivos com chuva, comparado às demais estações do ABC Paulista, o que indica chuvas concentradas e intensas nestas localidades, com destaque para Diadema.

As estações de São Caetano do Sul foram agrupadas com a estação mais a norte de São Bernardo do Campo (Jardim do Mar), no terceiro grupo (G3). Estas estações apresentam altitudes semelhantes e características intermediárias em termos do número de dias com chuva e dos totais de precipitação diária média e extrema. A estação Vila Prosperidade (leste de São Caetano do Sul) apresenta um número maior de dias com chuva em relação às demais do grupo.

Outro grupo mais numeroso (G4, em cor verde na figura 4) inclui estações de três municípios distintos, São Bernardo do Campo (Vila do Tanque), Santo André (Lucinda) e Mauá (Zaíra). Este grupo também apresenta precipitações diárias intermediárias em termos das médias anuais e dos percentis, sendo ligeiramente menores do que as do grupo anterior e com número de dias consecutivos com chuva um pouco maior. No entanto, a maior diferença em relação ao G3 é que as estações estão localizadas em altitudes mais elevadas. Apesar das similaridades em termos dos padrões de chuvas diárias e das altitudes, há diferenças em termos de diferenças no tipo uso e ocupação de solo, havendo no caso de Zaíra e de Vila do Tanque (Bairro Montanhão) moradias mais precárias, que elevam a vulnerabilidade da população aos impactos das chuvas intensas.



O último grupo (G5, em cor vermelha na figura 4), que inclui a outra estação de Ribeirão Pires (região central, RP\_155) e a de Mauá (Noêmia), apresenta precipitações diárias menos elevadas em termos de médias em comparação aos grupos anteriores. Especialmente para o caso de Ribeirão Pires, os totais de precipitação diária, os percentis analisados e principalmente o número de dias com chuva e consecutivos com chuva são inferiores ao da outra estação do mesmo município (G\_239), apresentando menor regularidade da precipitação. Estas estações, que se encontram em áreas adensadas, possuem altitudes semelhantes, inferiores a da vizinha do mesmo município, e proximidade geográfica que podem ter contribuído para o agrupamento.

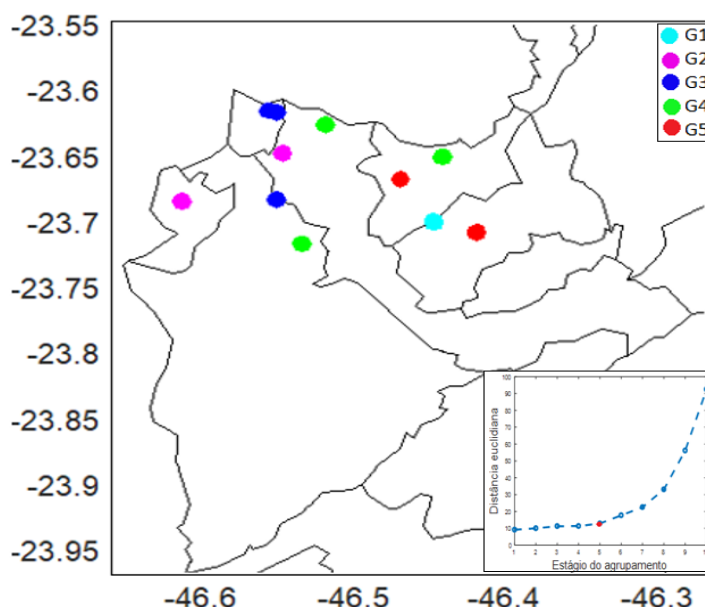


Figura 4: Mapa indicando os grupos formados pela análise de cluster, destacando a localização de cada membro do grupo. Na base direita destaca-se a distância euclidiana pelo estágio do agrupamento e o ponto de parada (em vermelho).

Esta análise auxiliou na visualização de diferenças entre as estações analisadas, havendo uma tendência de maior regularidade e maiores precipitações diárias médias em locais com maiores altitudes e em áreas mais vegetadas. No entanto, nos aspectos de precipitação extrema notam-se grandes semelhanças, no que se refere a elevadas diferenças nos totais de precipitação associadas às categorias de chuvas extremas em comparação a normalidade, por exemplo, as diferenças entre os valores dos percentis diários de 65% e 85% são maiores do que o dobro do percentil de 65%, sendo ainda mais atenuada no caso de Diadema. Além disso, os valores relacionados aos extremos diários, como demonstrado pela precipitação máxima, P95% e P85% (Tabela 2), sugerem que em toda essa região ocorrem eventos extremos de chuvas com totais muito elevados, que podem implicar em impactos no meio urbano.

#### 4. CONCLUSÕES

Este estudo evidenciou diferenças com relação à precipitação mensal e diária, entre os municípios do ABC Paulista e entre estações dentro de um mesmo município, que podem ser expressivas em alguns casos. Tais diferenças devem ser levadas em conta em estudos da relação da precipitação com os sistemas ambientais.

Verificou-se para a regionalização da precipitação que a amplitude dos totais pluviométricos diários se distribui temporalmente, e a altitude da estação é um dos fatores determinantes para o agrupamento.

As precipitações diárias, em relação a sua amplitude e como se distribuem ao longo do ano, tendem a se diferenciar entre os locais mais urbanizados (adensados) daqueles com mais áreas verdes, ou seja, em geral as precipitações diárias são mais intensas e menos regulares nas áreas

mais adensadas. Em contrapartida, em áreas verdes, a chuva é mais distribuída ao longo do ano. Os locais com altitudes mais elevadas, também apresentaram precipitações diárias mais intensas, o que pode agravar o impacto da chuva em áreas adensadas. Ainda em termos de extremos, os limiares de precipitação diária apresentaram valores elevados para toda a região, o que significa que em qualquer local do ABC Paulista pode ocorrer chuva diária intensa bem superior à média.

Estes resultados reforçam a importância da qualidade da distribuição espacial de dados chuva além do temporal, que viabilize uma boa cobertura de registros de precipitação ao longo da região, para fins de aprofundamento de estudos de clima urbano. Também sugere a importância da condução de estudos pontuais, nos casos de análises de impactos das chuvas, dada a grande variabilidade da precipitação ao longo da região. Neste contexto, também é importante considerar que diferenças de uso e ocupação do solo podem acarretar diferenças no impacto da precipitação.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao apoio técnico da Universidade Federal do ABC e ao apoio financeiro da FAPESP, por meio do Processo 2016/14563-5.

## **REFERÊNCIAS**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE Cidades. 2010. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama> >. Acesso em: 27 abril 2018.

MOLINA, E. A.; CARDOSO, A. O.; NOGUEIRA, F. R. Relação Precipitação-Deslizamento no Município de São Bernardo do Campo – SP. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, p. 46–54, dx.doi.org/10.5902/2179460X16214, 2015.

PEREIRA FILHO, A. J. et al. Impactos antrópicos no clima da Região Metropolitana de São Paulo. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, v. 30, p. 48-56, 2007.

RAIMUNDO, C. C.; SANSINGOLO, C. A.; MOLION, B. L. Tendências das classes de precipitação na região metropolitana de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n.3, p. 397-408, dx.doi.org/10.1590/0102-778620130655, 2014.

RAMALHO, D. Rio Tamanduateí – Nascente à Foz: percepções da paisagem e processos participativos. *Paisagem Ambiente: ensaios*, São Paulo, n. 24, p. 99-114, 2007.

REBOITA, M. S.; M. S., GAN, M. A.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, p. 185-204, 2010.

SILVA DIAS, M. A. F.; DIAS, J.; SILVA DIAS, P. L.; FREITAS, E. D.; CARVALHO, L. M. V. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*, v. 116, Issue 3–4, p. 705–722, 2013.

TEIXEIRA, P. S.; VALVERDE, M. C. Avaliação da suscetibilidade e vulnerabilidade do bairro Montanhão – São Bernardo do Campo – SP aos impactos das chuvas. In: VII Simpósio Internacional de Climatologia, Petropolis – Rio de Janeiro. 2017.

VALVERDE, M. C. The interdependence of climate and socioeconomic vulnerability in the ABC Paulista region. *Ambiente & Sociedade*, v. 20, p. 39-60, 2017.

VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. O.; BRAMBILA, R. B. O padrão de chuvas na região do ABC Paulista: os extremos e seus impactos. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 165-187, 2018.

WILKS, D.S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: an introduction*. San Diego: Academic Press, 1995. 467 p.

ZILLI, M. T.; CARVALHO, L.; LIEBMANN, B.; SILVA DIAS, M. A. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. *International Journal of Climatology* 37, n. p. 2269-2279, 2017.