


Artigo

## Regiões Homogêneas em Sergipe Agrupadas Através dos Índices Climáticos

Eucymara França Nunes Santos<sup>1</sup> , Inajá Francisco de Sousa<sup>2</sup>, Igor Vieira Leite<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Estatística e Ciências Atuariais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.*

<sup>2</sup>*Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.*

<sup>3</sup>*Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.*

Recebido em: 22 de Abril de 2022 - Aceito em: 5 de Maio de 2022

### Resumo

A caracterização de uma determinada região através de índices climáticos contribui na avaliação das manifestações do clima, assim permite auxiliar no planejamento estratégico agrícola. O objetivo deste trabalho foi separar os municípios do estado de Sergipe, onde estão localizados os 52 postos pluviométricos em grupos homogêneos, tomando por base o balanço hídrico climatológico proposto por Thorntwaite e Mather em 1955, para obter os índices climáticos de aridez (Ia), hídrico (Ih) e de umidade (Iu). Neste estudo foram utilizados série histórica de dados de 30 anos, das variáveis meteorológicas de precipitação pluviométrica e temperatura do ar, para o balanço hídrico climatológico dos seguintes valores de CAD: 75, 100, 125 e 150 mm. Para atingir os objetivos do trabalho, foi utilizada a técnica estatística de análise de agrupamentos para a construção dos grupos, sendo estes avaliados visualmente através dos dendrogramas e pelo coeficiente de correlação cofenética. Com base nos resultados obtidos verificou-se que os índices de aridez e hídrico, foram melhor avaliados através do método de ligação média, obtendo-se seis e sete grupos, respectivamente. Enquanto o índice de umidade resultou em seis grupos através da utilização do método de ligação completa. Com este trabalho pode-se concluir que os mapas das espacializações dos grupos encontrados para os três índices, foram bem definidas nas três regiões do estado: litoral, agreste e sertão de Sergipe.

**Palavras-chave:** análise de agrupamentos, índice de aridez, índice de umidade, índice hídrico.

## Homogeneous Regions in Sergipe Grouped Through Climate Indices

### Abstract

The characterization of a given region through climatic indices contributes to the evaluation of weather demonstration, thus helping in agricultural strategic planning. The objective of this work was to separate the municipalities in the state of Sergipe, where the 52 rainfall stations are in homogeneous groups, based on the climatological water balance proposed by Thorntwaite and Mather in 1955, to obtain the climatic indices of aridity (Ia), water (Ih) and humidity (Iu). In this study, 30-year historical data series of meteorological variables of rainfall and air temperature were used for the climatological water balance of the following CAD values: 75, 100, 125 and 150 mm. To achieve the objectives of the work, the statistical technique of cluster analysis was used to construct the groups, which were visually evaluated through dendrograms and by the cophenetic correlation coefficient. Based on the results obtained, it was found that the aridity and water indices were better evaluated through the method of medium connection, obtaining six and seven groups, respectively. While the moisture index resulted in six groups using the complete bonding method. With this work it can be concluded that the maps of the spatializations of the groups found for the three indexes were well defined in the three regions of the state: coast, agreste and sertão of Sergipe.

**Keywords:** cluster analysis, aridity index, moisture index, water index.

## 1. Introdução

As baixas chuvas registradas na região Nordeste do Brasil, particularmente no setor do semiárido, têm contribuído sensivelmente no baixo rendimento das culturas de sequeiro podendo prejudicar a colheita, afetando em parte a economia da região. Apesar de chover tanto quanto em muitas regiões do mundo, o semiárido nordestino é periodicamente afetado pela ocorrência de secas agrícolas e/ou hidrológicas de elevado grau de severidade, causando perdas parciais ou totais na produtividade e rendimento na atividade agrícola, além de comprometer o abastecimento de água para o consumo humano e a dessedentação animal que ali residem. Isso se deve, principalmente a irregularidade espacial e temporal da chuva que ocorre nessa região. A região semiárida do Brasil se estende desde o norte de Minas Gerais e abrange todos os estados da região nordeste do país, ocupando uma área de 1.128.697 km<sup>2</sup>, esta região se destaca por possuir um clima em que secas periódicas são comuns, tornando-a um grave problema social.

Segundo estudos realizados por Monteiro (2000), a variabilidade climática em determinados espaços do Nordeste brasileiro necessita ser melhor compreendidos e investigados, desde pesquisa a respeito da circulação atmosférica, aos elementos do clima, passando pela compreensão da dinâmica climática como um todo. Assim sendo, o clima é um dos componentes mais importantes do meio ambiente por afetar diretamente os processos geomorfológicos, pedológicos e o desenvolvimento vegetal. A produtividade econômica depende da variabilidade climática de cada cultura cuja influência durante o seu ciclo vegetativo exige determinados limites de temperatura e de uma quantidade mínima de água, e de um período seco nas fases de maturação e colheita.

Visando compreender o comportamento climático desta região, tem-se utilizado a ferramenta do balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), com o objetivo de analisar o regime hídrico. Essa ferramenta permite a estimativa da evapotranspiração real, a deficiência hídrica, excesso hídrico e o total de água no solo, informações importantes para o planejamento agrícola. Além disso, o resultado do balanço hídrico climatológico é fundamental para a estimativa dos índices de umidade, aridez e hídrico que pode auxiliar a compreender na caracterização climática de determinada localidade.

As ferramentas estatísticas podem facilitar na investigação da variabilidade, das características climáticas no espaço e no tempo. As informações obtidas são importantes em gerenciamento de recursos hídricos, modelagem hidrológica, compreensão das alterações climáticas, entender o comportamento das variáveis relacionadas ao clima, para obtenção de conhecimentos relevantes para formular projetos e planejamentos. Os métodos de análise multivariada tem sido cada vez mais substancial na reali-

zação de estudos em diversas áreas, merecendo destaque no campo meteorológico, devido ao extenso conjunto de dados armazenados ao longo do tempo (Fechine *et al.*, 2008, Mattos *et al.*, 2018).

Na literatura existem vários estudos sobre variáveis climáticas associada às técnicas estatísticas multivariadas, gerando resultados significativos, objetivando o conhecimento de regiões homogêneas. Nesta linha de pesquisa pode-se citar o trabalho realizado por Freitas *et al.* (2013) que utilizaram a análise de agrupamentos para identificar regiões homogêneas através dos índices climáticos no estado da Paraíba. Da mesma maneira, Baptista da Silva *et al.* (2001) estudaram o comportamento das chuvas no estado do Ceará, através de agrupamentos e componentes principais.

Nesta mesma linha de pesquisa, Dourado *et al.* (2013), utilizaram dados de precipitação ao método de agrupamentos, para delimitar com coerência cinco zonas pluviometricamente homogêneas, no estado da Bahia. Também, Souza *et al.* (1992) empregaram a mesma técnica para encontrar grupos com características coerentes, em cada região do estado de Alagoas. Recentemente trabalho realizado por Santos e Souza (2018), identificaram grupos concordantes de municípios para o estado de Sergipe com relação a precipitação utilizando técnicas de análise fatorial e agrupamentos. Salienta-se a importância de estudos visando disponibilizar mais informações para o estado de Sergipe, com diversidade de variáveis climáticas, como por exemplo, o balanço hídrico climatológico, tornando-o importante para o planejamento agrícola da região.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as regiões homogêneas do estado de Sergipe com a utilização de análise de agrupamentos que é uma estatística multivariada, com o propósito de identificar grupos dos postos pluviométricos localizados nos municípios do estado de Sergipe com comportamentos homogêneos, em relação aos índices climáticos de aridez, umidade e hídrico.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Área de estudo

O estado de Sergipe está localizado na parte ocidental da região Nordeste do Brasil – NEB, estando inserido nas seguintes coordenadas geográficas: 9°31'54" e 11°34'12" S e 36°24'27" e 38°11'20" O. Em termos territoriais é o menor Estado do país, com área igual a 22.925,4 km<sup>2</sup> e população estimada em 2.318,822 habitantes (IBGE, 2021).

Os dados pluviométricos mensais para este estudo foram obtidos do banco de dados da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário (EMDAGRO), no período de 1976 a 2006, totalizando 30 anos de observações. Foram

utilizados dados de chuvas de 52 (cinquenta e dois) municípios do estado de Sergipe, eles serviram na identificação de grupos homogêneos, todos os municípios estão representados no (Quadro 1), conforme mostra a espacialização na Fig. 1. Em virtude da ausência dos dados de temperatura do ar, estimou-se esta variável meteorológica através do software Estima T, que faz estimativas de temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil utilizando para isso os coeficientes da função quadrática em função das coordenadas locais de cada município, Cavalcanti *et al.* (2006).

## 2.2. Balanço hídrico e índices climáticos

Para a obtenção dos índices climáticos do Estado, foi utilizado o método de balanço hídrico climatológico-BHC proposto por Thornthwaite e Matter (1955). Os níveis de armazenamentos de água no solo escolhido foram: 75, 100, 125 e 150 mm. O índice de umidade, que é a relação em porcentagem entre o excesso de água anual e a evapotranspiração potencial anual, está representada através da Eq. (1):

$$Iu = \left( \frac{EXC \text{ anual}}{ETP \text{ anual}} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que *EXC anual* = Excesso de água no solo (mm); *ETP anual* = Evapotranspiração potencial (mm).

A seguir obteve-se o índice de aridez, que expressa deficiência hídrica em porcentagem da evapotranspiração potencial anual, podendo variar entre 0 a 100. O valor zero corresponde a não existência de déficit hídrico e 100 quando a deficiência é igual a evapotranspiração potencial. Este índice foi calculado através da Eq. (2):

$$Ia = \left( \frac{DEF \text{ anual}}{ETP \text{ anual}} \right) \times 100 \quad (2)$$

O índice hídrico reflete todas as condições prevaletentes durante o ano, abrangendo períodos secos e chuvosos. Para Thornthwaite e Matter (1955), não ocorrerá seca se as deficiências hídricas não ultrapassarem 60% dos excedentes hídricos na estação úmida (*Ih* = 0). Este índice foi posteriormente utilizado para a classificação climática dos

**Quadro 1** - Postos pluviométricos localizados nos municípios do estado de Sergipe com suas respectivas latitudes e longitudes.

	Município	Latitude	Longitude		Município	Latitude	Longitude
1	Aracaju	-37,1	-10,9	27	Dores	-37,5	-10,5
2	Araúá	-37,6	-11,3	28	Riachão	-37,7	-11,1
3	Boquim	-37,6	-11,1	29	Ribeirópolis	-37,4	-10,5
4	Capela	-37,2	-10,5	30	São Miguel do Aleixo	-37,4	-10,4
5	Cristinápolis	-37,7	-11,5	31	Simão Dias	-37,8	-10,7
6	Divina Pastora	-37,1	-10,7	32	Tomar do Gerú	-37,8	-11,4
7	Estância	-37,4	-11,3	33	Aquidabã Canindé de São	-37,0	-10,3
8	Indiaroba	-37,5	-11,5	34	Francisco	-37,8	-9,7
9	Itaporanga	-37,4	-11,0	35	Canhoba	-37,0	-10,1
10	Japaratuba	-37,0	-10,6	36	Carira	-37,7	-10,4
11	Laranjeiras	-37,2	-10,7	37	Cumbe	-37,2	-10,4
12	Maruim	-37,1	-10,8	38	Pedra Mole	-37,7	-10,6
13	Malhador	-37,3	-10,7	39	Pinhão	-37,7	-10,6
14	Socorro	-37,1	-10,9	40	Feira Nova	-37,3	-10,3
15	Pedrinhas	-37,7	-11,2	41	Frei Paulo	-37,5	-10,6
16	Santo Amaro	-37,1	-10,8	42	Gararu	-37,1	-10,0
17	São Cristóvão	-37,2	-11,0	43	Itabi	-37,1	-10,1
18	Salgado	-37,5	-11,0	44	Monte Alegre	-37,6	-10,0
19	Umbaúba	-37,7	-11,4	45	N. Senhora Aparecida	-37,5	-10,4
20	Coopertreze	-37,6	-11,0	46	N. Senhora da Glória	-37,6	-10,2
21	Campo do Brito	-37,5	-10,8	47	N. Senhora de Lourdes	-37,1	-10,1
22	Itabaiana	-37,4	-10,7	48	Poço Redondo	-37,6	-9,9
23	Itabaianinha	-37,8	-11,3	49	Poço Verde	-38,2	-10,7
24	Lagarto	-37,6	-10,9	50	Porto da Folha	-37,3	-9,9
25	Moita Bonita	-37,3	-10,6	51	Propriá	-36,8	-10,2
26	Neópolis	-36,6	-10,3	52	Tobias Barreto	-38,1	-10,9

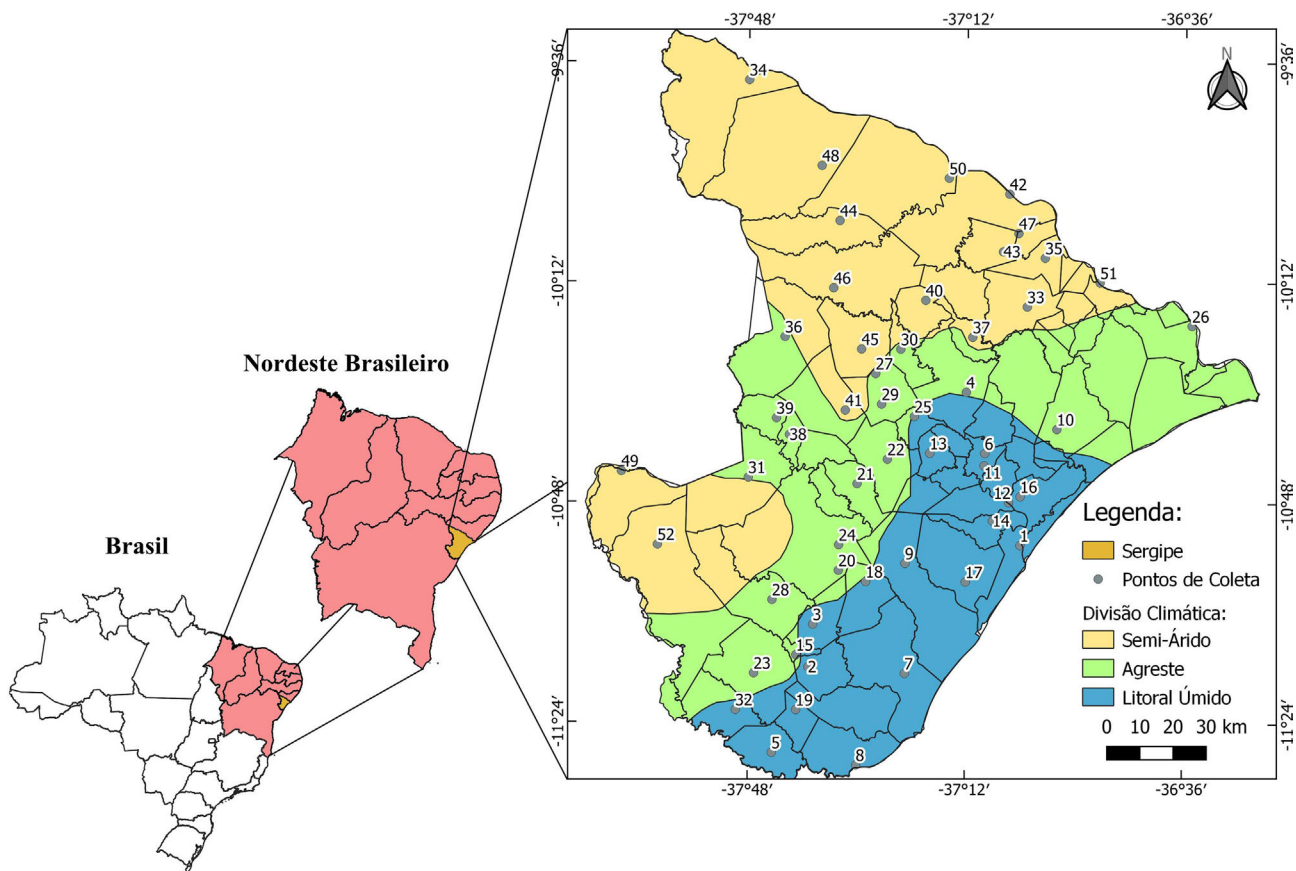


Figura 1 - Espacialização das estações meteorológicas do estado de Sergipe.

municípios do estado de Sergipe. A expressão utilizada para fornecer este índice está representada pela Eq. (3):

$$I_h = \left( \frac{(EXC \text{ anual} - 0,6 \times DEF \text{ anual})}{ETP_{\text{anual}}} \right) \times 100 \quad (3)$$

### 2.3. Análise de agrupamentos

A metodologia utilizada para agrupar os postos pluviométricos visando caracterizar as zonas homogêneas, foi através da análise de agrupamentos, compreendida por uma técnica multivariada, com objetivo de unir as características similares dentro de um mesmo grupo, ou seja, cada posto meteorológico será representado por um município da área de estudo, em que os que pertencem aos grupos homogêneos apresentam similaridades em relação as variáveis utilizadas. Os índices  $I_u$ ,  $I_a$  e  $I_h$  foram utilizados como variáveis para os quatro níveis de armazenamento de água (75, 100, 125 e 150 mm) que podem identificar um padrão de comportamento, ou característica que expliquem as relações entre os índices climáticos de cada grupo.

A medida de distância euclidiana apresentada na Eq. (4) foi o algoritmo utilizado para medir a dissimilaridade entre os grupos, quanto menor for a distância entre

os objetos, maior será a similaridade entre eles, sendo esta medida mais comum e apropriada para variáveis quantitativas, adequada para as variáveis em consideração (Hair, 2009).

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{v=1}^p (x_{iv} - x_{jv})^2} \quad (4)$$

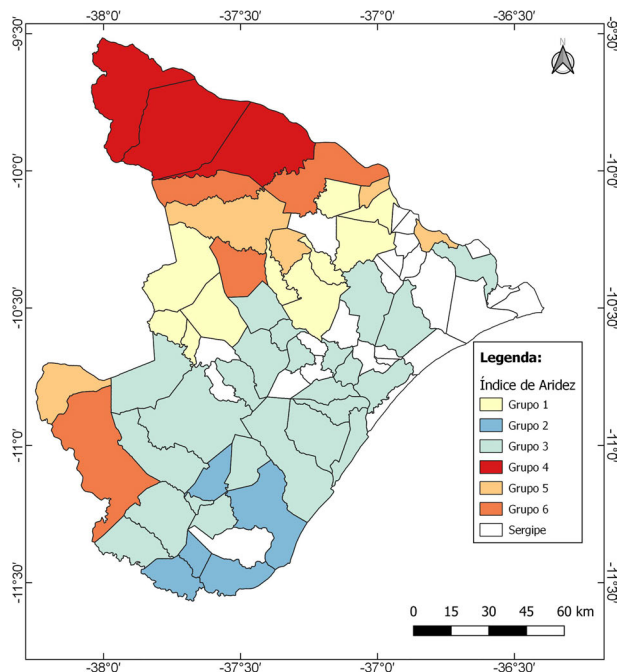
onde os valores de  $i$  e  $j$  para todas as variáveis.

O método hierárquico foi utilizado como algoritmo para a partição dos indivíduos que se desejam agrupar, ou seja, os postos pluviométricos representados pelos municípios, os que apresentam menor distância são fundidos para formar o primeiro grupo, então o processo é recalculado até finalizar com todas os postos no mesmo grupo com máxima variabilidade.

O método de ligação completa ou vizinho mais distante (Eq. (5)), visa unir os grupos adotando como critério a distância máxima entre o primeiro grupo (inicialmente de menor distância), já o de ligação simples ou vizinho mais próximo (Eq. (6)) utiliza a menor distância para iniciar o agrupamento (Frei, 2006).







**Figura 3** - Distribuição espacial dos grupos homogêneos formados pelo índice de aridez no estado de Sergipe.

Metz (2006) salienta a importância da inspeção visual do dendrograma.

O método de ward foi adotado pelos autores (Fechine e Galvêncio, 2008; Guedes, 2010; Freitas *et al.*, 2013), também para variáveis climáticas dos estados: Pernambuco, Piauí e Paraíba. Em comparação com este trabalho, o coeficiente cofenético do método de ward foi muito próximo do escolhido para este índice formando cinco grupos, mas apresentaram municípios em áreas diferentes.

A Fig. 3 representa os seis grupos homogêneos formados para os 52 postos pluviométricos do estado de Sergipe, em relação ao índice de aridez. Para uma melhor visualização dos resultados, os grupos foram especializados, considerando a latitude e a longitude de seus respectivos municípios.

Os gráficos da Fig. 4 representam o índice de aridez para os quatro CAD's por posto pluviométrico, para cada grupo encontrado no resultado do dendrograma da análise de agrupamentos. Os grupos 1, 2, 3 e 5 (Figs. 4a, 4b, 4c e 4e) apresentaram configuração correspondente aos respectivos grupos, os postos inseridos nestes grupos, estão localizados nas regiões do agreste, alguns fazem fronteira com a região do semiárido, tendo como característica precipitação pluviométrica média anual abaixo de 1000 mm/ano. Os postos pluviométricos que fazem parte dos grupos 4 e 6 (Figs. 4d e 4f) apresentam os mesmos valores dos índices de aridez, para os quatro índices de armazenamento de água analisados. Estes encontram-se inseridos na região do semiárido, tendo características de

distribuição irregular das chuvas espacial e temporal com média anual inferior a 600 mm/ano e alta demanda evaporativa, podendo contribuir para o aumento do índice de aridez, fazendo com que essa região precise de um olhar especial pelos órgãos governamentais.

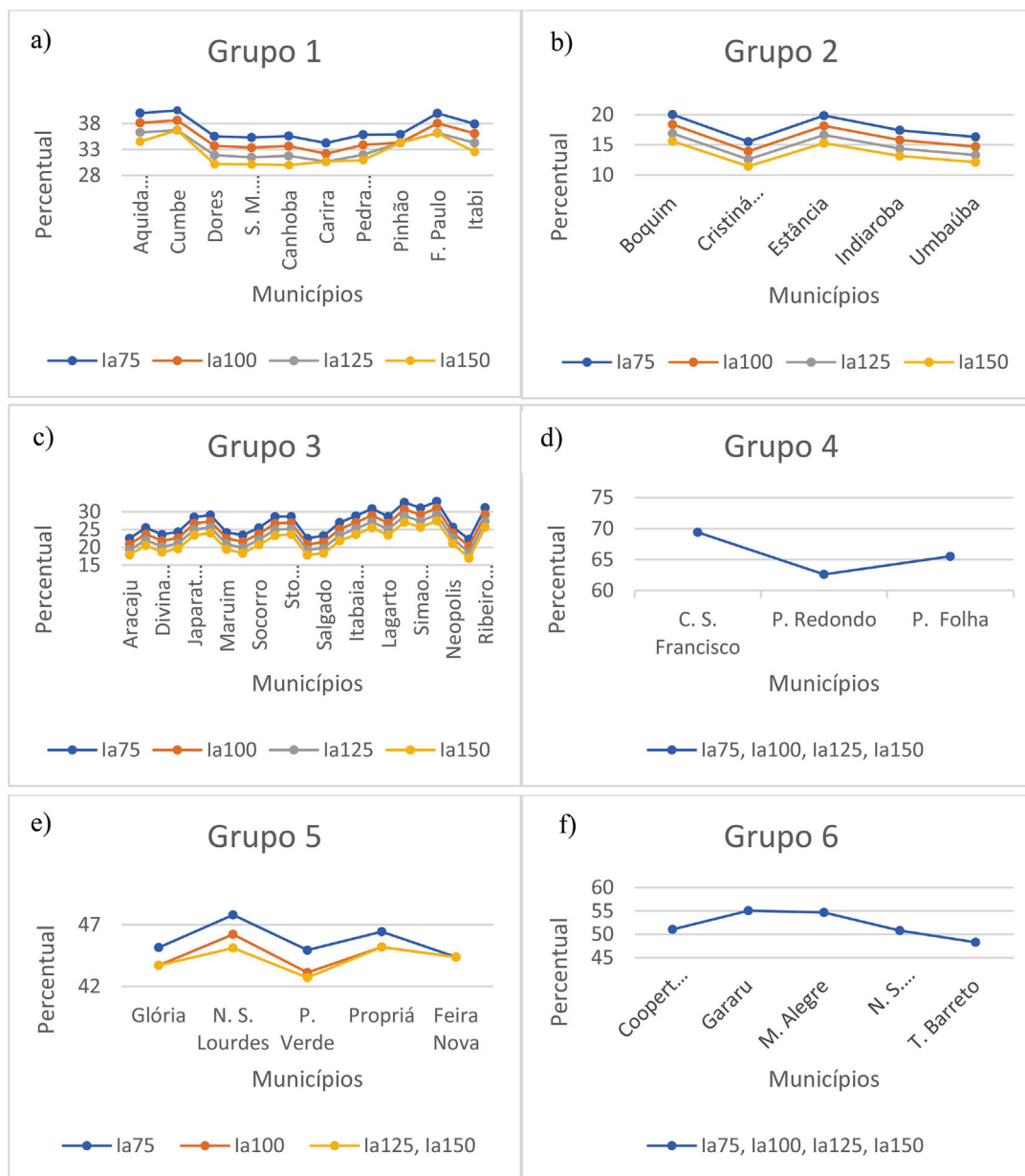
A Fig. 5 representa a espacialização das médias da precipitação, temperatura e capacidade hídrica para todo o Estado. Com base nessa figura se verifica que a região Litoral do Estado é marcada por altas precipitações com média de 1.355 mm/ano, com isso, essa região apresenta capacidade hídrica positiva. No tocante a temperatura média, a mesma varia em torno de 21 a 22 °C sem grande variação durante todo o ano. Na região Agreste do Estado é observado que a precipitação média varia entre 800 e 1.000 mm/ano, as chuvas se concentram durante a estação chuvosa entre os meses abril e agosto. A temperatura média anual varia entre 24 e 25 °C, enquanto a capacidade hídrica em termos percentuais variou entre -7 e 8%. Para a região do Semiárido a precipitação média anual é menor que 700 mm/ano, sendo que, alguns municípios apresentam precipitação média em torno de 500 mm/ano. A temperatura média anual varia entre 25 °C e 26 °C respectivamente, enquanto a capacidade hídrica apresenta baixo percentual quando comparado as outras regiões, variando entre negativos a positivos em todo o território dessa região.

No entanto, nos grupos 4 e 6 na Fig. 4d e 4f foram observados que o comportamento do índice de aridez foi igual entre os municípios que fazem parte destes grupos, isso pode ser explicado em razão da similaridade observada no comportamento da precipitação e temperatura média nessa região do estado, caracterizando um comportamento homogêneo entre si. Foi observado que nos grupos 1, 2 e 3 o índice de aridez representa a existência de deficiência de água moderada nas estações de inverno e verão. Enquanto os demais grupos apresentam grande deficiência de água nessas estações do ano. A temperatura entre 24 °C e 26 °C, a precipitação acima de 800 mm/ano são características presentes para municípios nos grupos 1, 2, 3 e 5, sendo que a capacidade hídrica positiva está presente nos grupos 2 e 3, apresentadas através da espacialização nos mapas da Fig. 5. Os postos dos grupos 4 e 6 apresentam temperaturas mais altas, baixa precipitação e déficit hídrico.

Observa-se na Tabela 2, que a análise descritiva dos grupos, a média do índice de aridez mais elevado foi para o grupo 4, aonde os postos pluviométricos pertencem exclusivamente ao sertão sergipano. A média mais baixa pode ser vista no grupo 2, apresentando municípios do litoral e agreste no sul do estado.

### 3.2. Índice hídrico

O dendrograma obtido pela medida de distância euclidiana e método de agrupamento de ligação média na Fig. 6, resultou na partição de sete grupos homogêneos



**Figura 4** - Grupos dos postos pluviométricos localizados nos municípios de Sergipe formados pelo dendrograma para os índices de aridez (75, 100, 125 e 150 mm).

dos municípios, onde estão localizados os 52 postos pluviométricos do estado de Sergipe, para o índice hídrico, com coeficiente cofenético de 0,74. Autores como [Moreira et al. \(2016\)](#) e [Gobo et al. \(2018\)](#) encontraram resultados satisfatórios com o coeficiente de 0,79 e 0,73 respectivamente, contendo dados de velocidade do vento, temperatura e umidade do ar.

O método de ligação completa foi utilizado por [Freitas et al. \(2013\)](#) para agrupar os 54 postos pluviométricos com base no índice hídrico, sendo formado cinco grupos homogêneos para o estado da Paraíba. Todos os métodos de agrupamentos foram analisados através da correlação

cofenética de Pearson, o de ligação completa apresentou diferença de apenas dois centésimos para o de ligação média que foi escolhido neste trabalho, ainda assim pôde contribuir de forma adequada som a espacialização dos grupos em regiões específicas do estado. Então os dois métodos são adequados para agrupar índices climáticos, corroborando o resultado com estes autores.

A representação geoespacial dos grupos referentes ao índice hídrico na [Fig. 7](#), mostra que no grupo 1, os postos estão localizados na área central do Estado, em seguida os grupos 2 e 3 na região litorânea. As regiões do agreste e sertão estão distribuídas entre os grupos 4, 5 e 7, enquanto

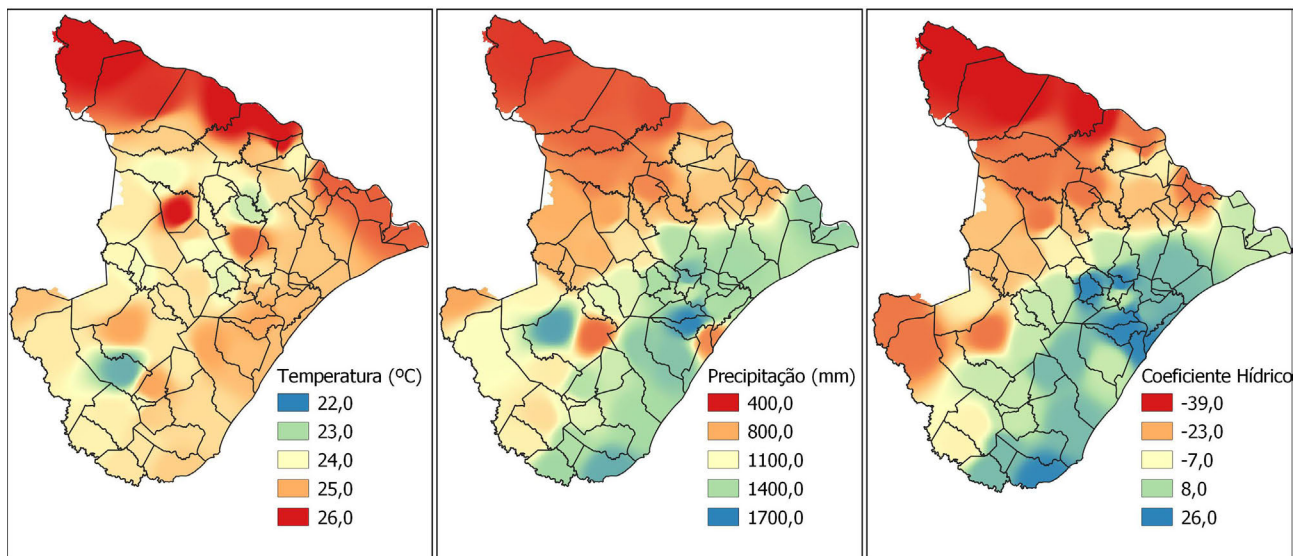


Figura 5 - Espacialização da média da temperatura, precipitação e capacidade hídrica no estado de Sergipe.

Tabela 2 - Estatística descritiva para cada grupo do índice de aridez (I<sub>a</sub>) dos municípios de Sergipe.

Estatística descritiva	Grupos formados pelo índice de aridez					
	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Média	34,60	15,57	24,56	65,83	44,68	51,98
Variância	8,19	5,95	14,44	8,43	1,58	6,91
Desvio padrão	2,86	2,44	3,80	2,90	1,25	2,63
Mínimo	29,99	11,45	16,96	62,60	42,72	48,27
Máximo	40,52	20,01	32,62	69,39	47,80	55,08
Amplitude	10,53	8,56	15,96	6,79	5,08	6,81
Total de municípios	10,00	5,00	24,00	3,00	5,00	5,00

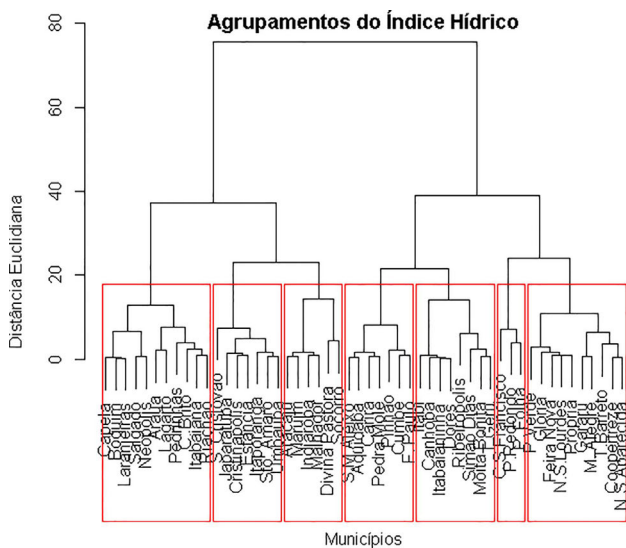


Figura 6 - Dendrograma resultante do método de ligação média para o índice hídrico.

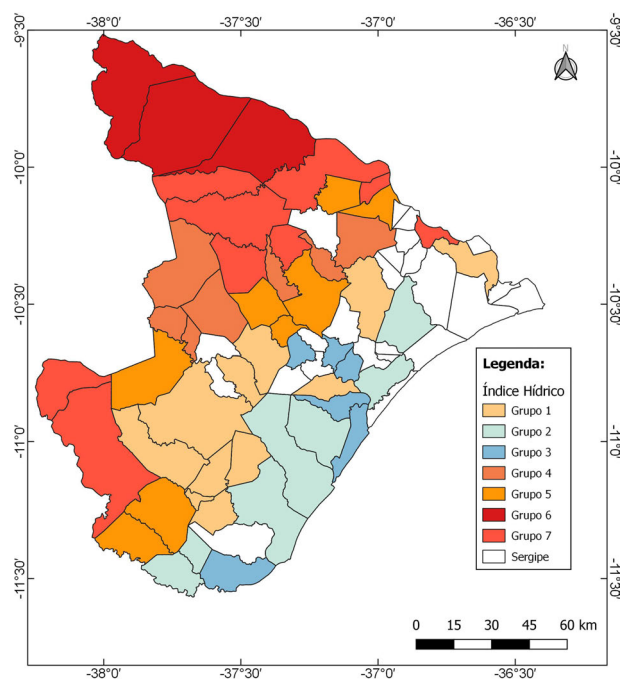
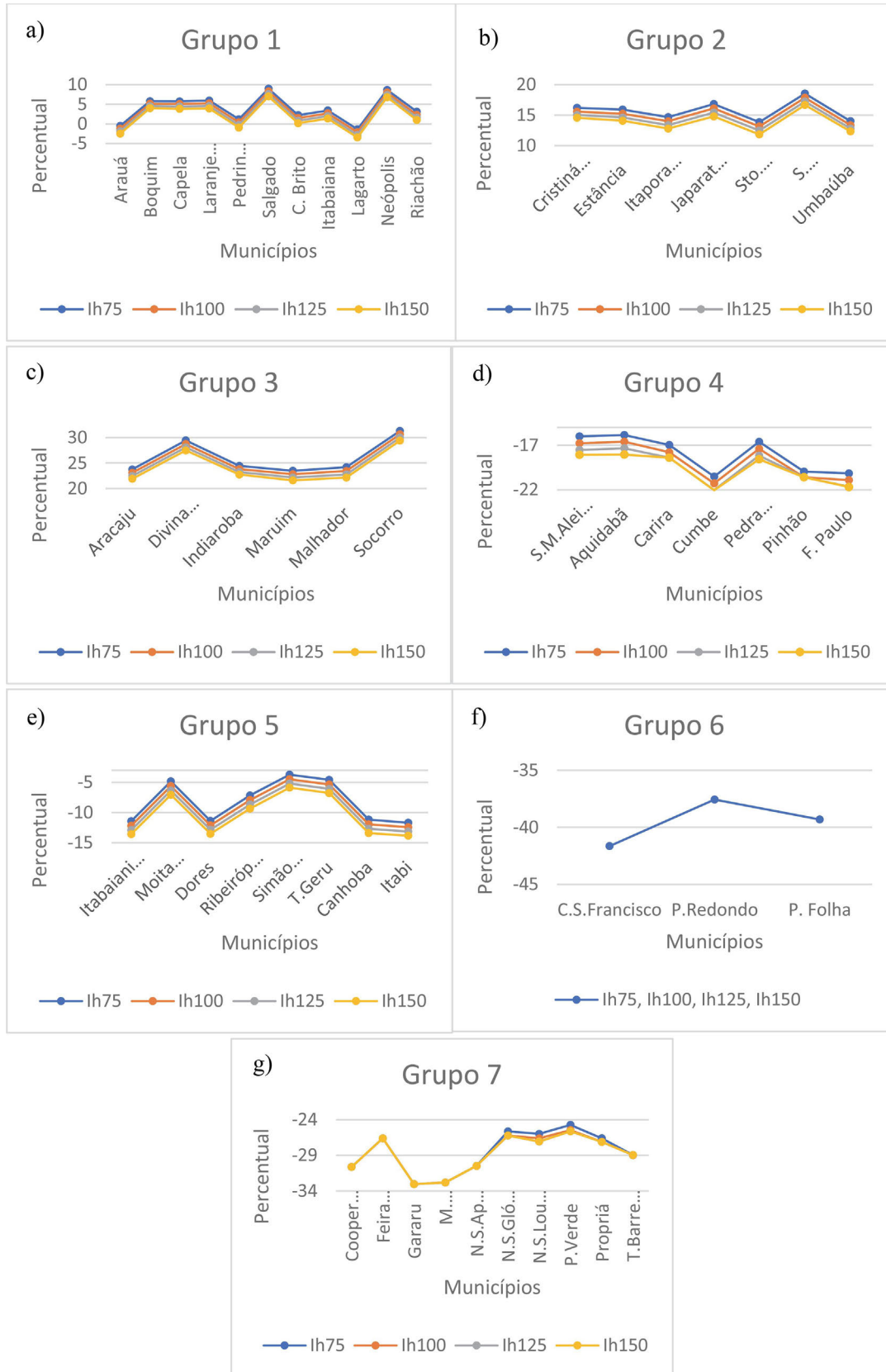


Figura 7 - Distribuição espacial dos grupos homogêneos formados pelo índice hídrico no estado de Sergipe.

o grupo 6 estão representando apenas o alto sertão sergipano.

Os gráficos apresentados na Fig. 8 para cada grupo formado, apresentam praticamente valores semelhantes, ressaltando a similaridade dos postos pluviométricos dentro do grupo. Os grupos 6 e 7 correspondentes as (Figs. 8f e 8g) exibem os mesmos valores para os índices hídricos, indicando a mesma capacidade hidráulica dos municípios. Os mapas da Fig. 5 contribuem com os resultados apre-





**Figura 8** - Grupos dos postos pluviométricos localizados nos municípios de Sergipe formados pelo dendrograma para os índices hídrico (75, 100, 125 e 150 mm).

sentados acima, de acordo com a menor capacidade hídrica, alto índice de aridez e baixa umidade da região do Estado, sendo mais pronunciado para os grupos localizados na região do semiárido sergipano.

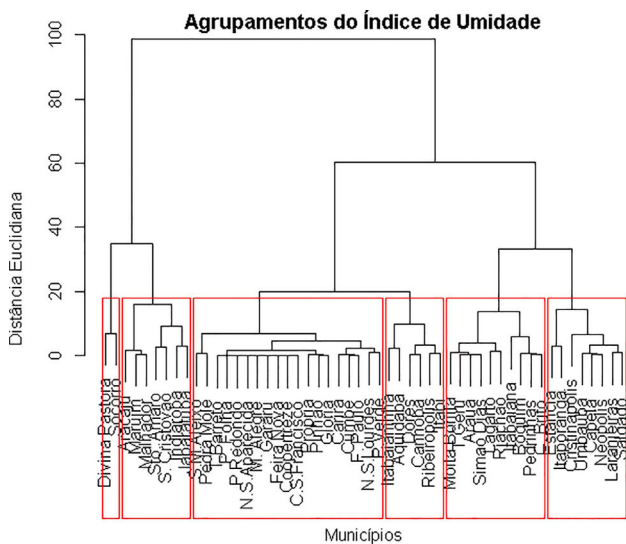
As análises descritivas dos grupos observados na Tabela 3, apresentaram em sua maioria médias negativas principalmente nos grupos G4, G5, G6 e G7, onde estão os municípios situados na mesorregião do sertão sergipano, indicando a baixa capacidade hídrica. Os valores dos grupos G1, G2 e G3 com médias positivas são formados pelos municípios localizados na região do litoral do Estado.

### 3.3. Índice de umidade

A análise de agrupamentos pelo método de ligação completa na Fig. 9, mostra o dendrograma representativo da homogeneidade existente entre os índices de umidade, para os postos pluviométricos do estado sergipano. Os retângulos delimitam a formação de oito grupos, e o coeficiente de adequação para este índice apresentou o valor de 0,81, o mais alto entre todas as análises desta pesquisa.

**Tabela 3** - Estatística descritiva para cada grupo do índice hídrico ( $I_h$ ) dos municípios de Sergipe.

Estatística descritiva	Grupos formados pelo índice de hídrico						
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Média	2,89	14,76	25,12	-18,94	-9,34	-39,50	-28,77
Variância	11,77	2,99	10,41	3,89	11,87	3,03	7,42
Desvio padrão	3,43	1,73	3,22	1,97	3,44	1,74	2,72
Mínimo	-3,47	11,84	21,59	-22,02	-13,83	-37,56	-33,04
Máximo	8,98	18,54	31,32	-15,84	-3,70	-41,63	-24,74
Amplitude	12,45	6,70	9,73	6,18	10,13	4,07	8,30
Total de municípios	11,00	7,00	6,00	7,00	8,00	3,00	10,00



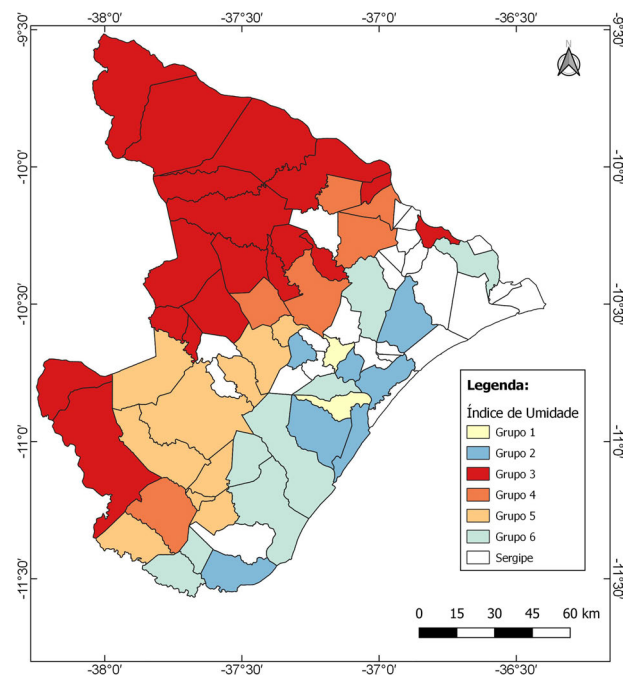
**Figura 9** - Dendrograma resultante do método de ligação completa para o índice de umidade.

cientemente de adequação para este índice apresentou o valor de 0,81, o mais alto entre todas as análises desta pesquisa.

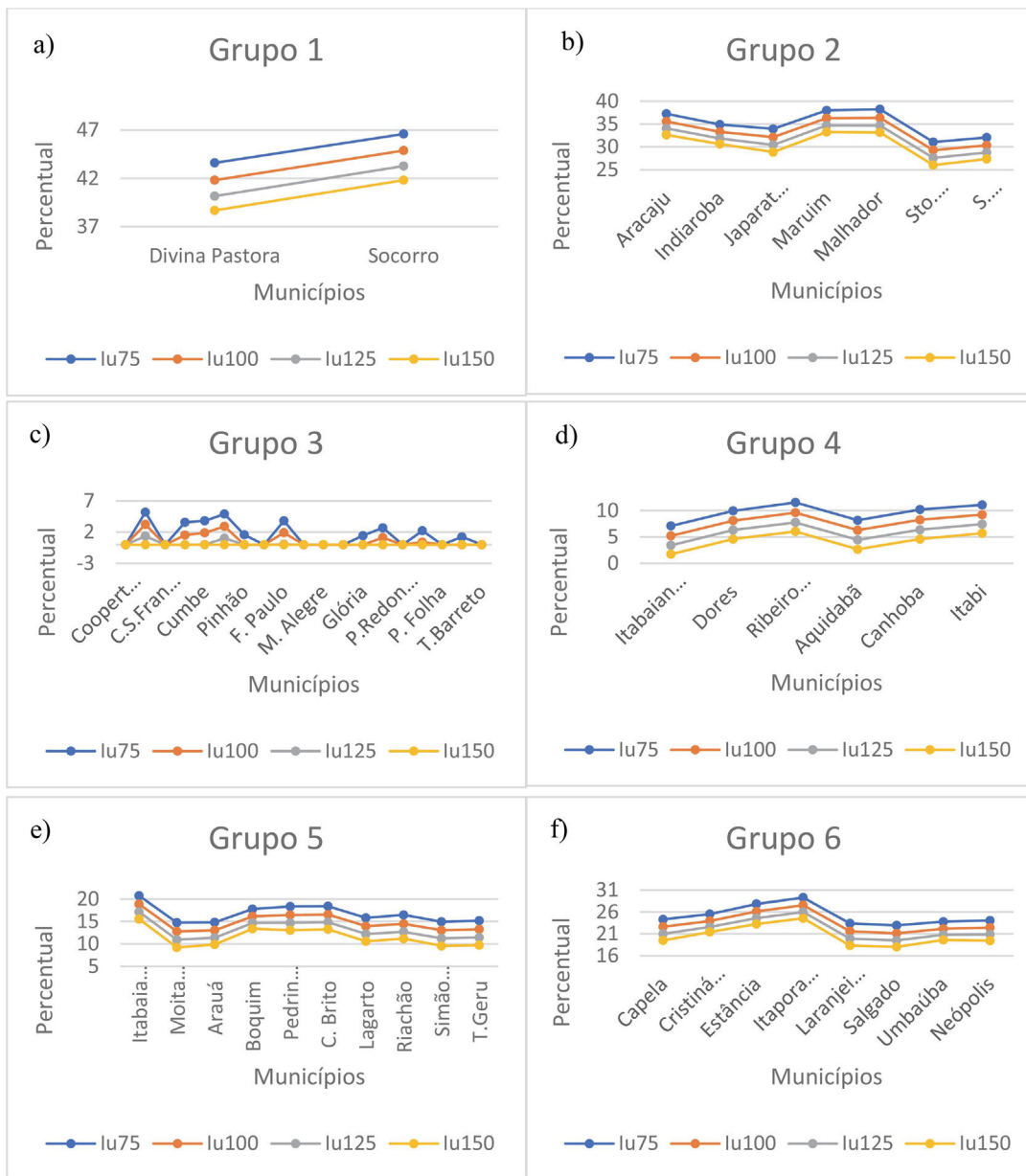
A Fig. 10 apresenta a distribuição geográfica dos grupos no estado de Sergipe, em relação ao índice de umidade, o grupo 1 foi formado por apenas dois postos próximos ao setor leste, inseridos na mesma região litorânea dos municípios ao norte e sul, onde estão delimitados os grupos 2 e 6. Os grupos 3, 4 e 5 compreende as regiões do agreste e sertão e que estão situados no lado oeste sergipano, principalmente os postos do sertão que foram alocados no mesmo grupo.

A Fig. 11 representa o comportamento climático do índice de umidade relacionados a todos os grupos que compõe os municípios o estado de Sergipe. Os resultados obtidos para este índice se mostraram com valores semelhantes em todos os grupos formados por regiões homogêneas. Para os municípios localizados nas regiões do litoral e agreste, o tipo climático com base nesse índice é denominado de subúmido. Enquanto os municípios localizados geograficamente na região semiárida o tipo climático variou entre subúmido seco a semiárido. Quando se observa a variação da capacidade de água disponível, nota-se que para o nível de 150 mm, o valor deste índice tende a ser menor, sendo observado valores zero principalmente para os postos situados na região semiárida.

A Tabela 4 mostra evidências que em média, a baixa capacidade de água das estações presentes no grupo G3. A maior média pode ser vista no G1, onde os dois municípios estão localizados no litoral nas áreas



**Figura 10** - Distribuição espacial dos grupos homogêneos formados pelo índice de umidade no estado de Sergipe.



**Figura 11** - Grupos dos postos pluviométricos localizados nos municípios de Sergipe formados pelo dendrograma para os índices de umidade (75, 100, 125 e 150 mm).

**Tabela 4** - Estatística descritiva para cada grupo do índice de umidade ( $I_u$ ) dos municípios de Sergipe.

Estatística descritiva	Grupos formados pelo índice de umidade					
	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Média	42,60	32,59	0,60	6,90	14,05	22,75
Variância	6,47	10,75	1,54	6,79	7,82	7,85
Desvio padrão	2,54	3,27	1,24	2,60	2,79	2,80
Mínimo	38,68	26,02	0	1,74	9,19	18,03
Máximo	46,60	38,24	5,17	11,52	20,72	29,27
Amplitude	7,92	12,22	5,17	9,78	11,53	11,24
Total de municípios	2,00	7,00	19,00	6,00	10,00	8,00

com precipitação de 1700 mm, assim como no G2 que tem apenas um posto no agreste, fazendo com que a média diminua para a faixa de 1400 mm, salientados na Fig. 5. Os grupos G5 e G6 são a maioria do agreste e o G4 possui postos das três regiões do estado de Sergipe, litoral, agreste e sertão.

A Fig. 12 apresenta o resumo através da espacialização dos postos representados pelos valores médios dos grupos formados para os três índices analisados: aridez, hídrico e umidade, salientando que os postos pertencentes aos grupos são diferenciados pelas regiões existentes no estado de Sergipe, agreste, litoral e sertão.

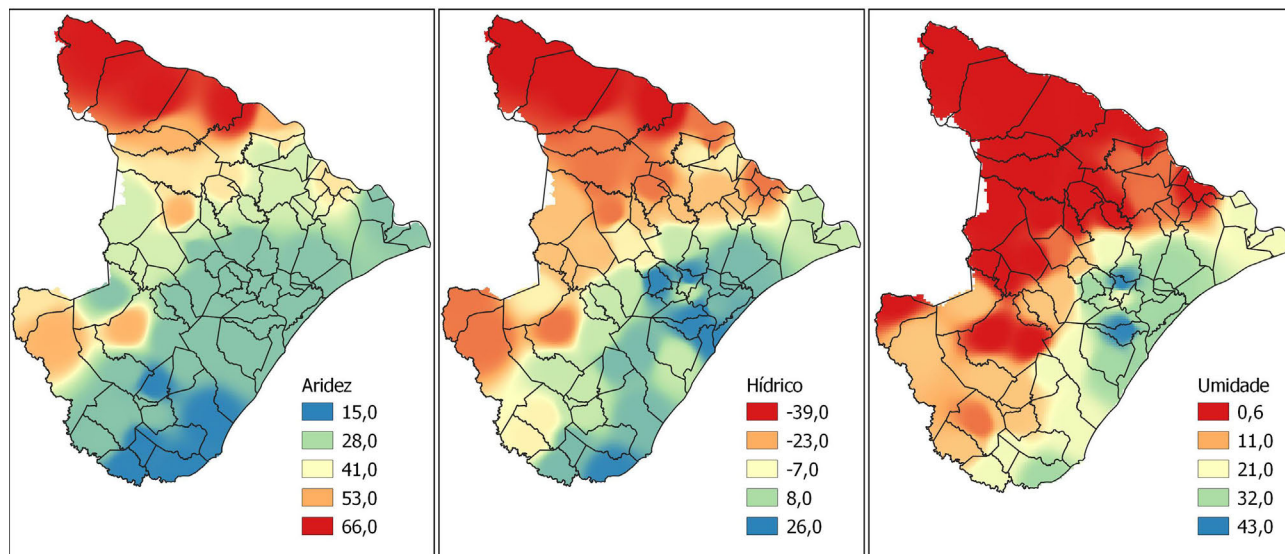


Figura 12 - Distribuição espacial dos grupos homogêneos formados pelas médias dos índices de aridez, hídrico e umidade no estado de Sergipe.

#### 4. Considerações Finais

A deficiência hídrica se manteve na maioria dos postos pluviométricos do Estado, principalmente fora do período chuvoso entre março e setembro em todas as regiões. Analisando a média histórica em todos os grupos, o índice de umidade efetiva revelou predominância ser do tipo úmido (B1) e, segundo a eficiência térmica, mesotérmico (B3). Os postos localizados na região semiárida além de apresentarem baixos valores nos índices climáticos, também apresentaram tendências de queda na precipitação média anual, havendo possibilidade de ocorrência de seca ou período de estiagem severo, que podem trazer prejuízos diversos tanto nas biodiversidades locais como nas atividades econômicas desenvolvidas nestes locais como a pecuária e agricultura.

Os métodos de ligação média e completa aplicados a medida de distância euclidiana, através das variáveis do balanço hídrico climatológico mostraram-se eficientes para encontrar grupos homogêneos dos municípios no estado de Sergipe. Os mapas das espacializações dos grupos encontrados para os índices de aridez, hídrico e umidade formaram grupos de postos em regiões delimitadas como litoral, agreste e sertão de Sergipe.

#### Referências

- BAPTISTA DA SILVA, J.; CUNHA, F.B.; GAVIAO NETO, W.P. Modelagem das chuvas trimestrais por regiões homogêneas no estado de Ceará. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n. 2, p. 317-324, 2001.
- BARROSO, L.P.; ARTES, R. *Análise Multivariada*. Lavras: UFLA, 151 p., 2003.
- BUSSAB, W.DE.O.; MIAZAKI, E.S.; ANDRADE, D.F.DE. Introdução à análise de agrupamentos, São Paulo. In: 9º

*Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística*, p. 105, 1990.

- CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S.: Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Brasil, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.
- DOURADO, C.S.; OLIVEIRA, S.R.M.; AVILA, A.M.H. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. *Revista Bragantia*, v. 72, n. 2, p. 192-198, 2013.
- EVERITT, B.S.; LANDAN, S.; LEESE, M.; STAHL, D. *Cluster Analysis*, 5th ed. Chichester: Wiley, 330 p., 2011.
- FECHINE, J.A.L.; GALVÍNCIO, J.D. Análise das precipitações mensais da bacia hidrográfica do rio Brígida no semi-árido pernambucano, usando o método de Wards. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 28, n. 2, p. 75-88, 2008.
- FREI, F. *Introdução à Análise de Agrupamentos*. São Paulo: Editora UNESP, 111 p., 2006.
- FREITAS, J.C.; ANDRADE, A.R.S.; BRAGA, C.C.; GODOI NETO, A.H.; ALMEIDA, T.F. Análise de agrupamentos na identificação de regiões homogêneas de índices climáticos no Estado da Paraíba, PB - Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n. 4, p. 732-748, 2013.
- GOBO, J.P.A.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C.S. Influência do clima regional sobre o clima local a partir do diagnóstico de abrangência espacial e extração escalar. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, n. 1, p. 210-228, 2018. doi
- HAIR JR, J.F. *Análise Multivariada de Dados*. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 688 p., 2009.
- MATTOS, F.I.; SORRIBAS, M.V.; ZAHN, E.; GONÇALVES, J.E. Identificação de grupos regionais de chuva por análise de agrupamentos. In: *XXVIII Congresso Latinoamericano de Hidráulica*, Buenos Aires, Argentina, 2018.
- METZ, J. *Interpretação de Clusters Gerados por Algoritmos de Clustering Hierárquico*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Matemática e de Computação, São Carlos, 126 p., 2006.



- MONTEIRO, C.A.F. **Geossistema: A História De Uma Procura**. São Paulo: Contexto, 2000.
- MOREIRA, P.S.P.; GALVANIN, E.A.S.; DALLACORT, R.; NEVES, R. Análise de agrupamentos aplicado ao ciclo diário das variáveis meteorológicas nos biomas do estado de Mato Grosso. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 1, p. 80-94, 2016.
- SANTOS, E.F.N.; SOUSA, I.F. Análise estatística da precipitação do estado de Sergipe através dos fatores e agrupamentos. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 23, p. 205-222, 2018. doi
- SOUZA, J.L.; AMORIM, R.F.C.; CARVALHO, S.M.R.; PEREIRA, J.O.; CURI, P.R.C. Agrupamento de estações pluviométricas do estado de Alagoas, utilizando-se análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 7, n. 2, p. 603-612, 1992.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The Water Balance. Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Inst. of Technology, 104 p., 1955.
- WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2ª ed. Cambridge: Academic Press, 2006.

## Internet Resources

- EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DE SERGIPE, <http://www.emdagro.se.gov.br/>
- IBGE, <https://ibge.gov.br/>
- QGIS Development Team, <http://www.qgis.org/>
- RStudio, <http://www.rstudio.com/>
- SEPLAG - SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, <http://observatorio.se.gov.br/geografia-e-cartografia/publicacoes-de-geografia-e-cartografia/geografia-de-sergipe>
- SUDEN/SE - SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, <http://observatorio.se.gov.br/geografia-e-cartografia/publicacoes-de-geografia-e-cartografia/geografia-de-sergipe>

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (type CC-BY), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original article is properly cited.