

ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DA PRECIPITAÇÃO E DA TEMPERATURA NO MATO GROSSO DO SUL

Cluster analysis of rainfall and temperature in Mato Grosso do Sul

Cluster Analysis de precipitations et la temperature dans le Mato Grosso do Sul

Amaury de Souzaⁱ

Widinei Alves Fernandesⁱⁱ

Edilce do Amaral Albrezⁱⁱⁱ

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Josiclêda Domiciano Galvêncio^{iv}

Universidade Federal de Pernambuco

Resumo

Inúmeros setores da sociedade planejam suas atividades em razão das variações da precipitação e temperatura no Mato Grosso do Sul (MS). Desse modo, o objetivo deste trabalho foi analisar o clima do MS sob a perspectiva dessas variáveis. Para isso, foram utilizados dados de dezenove estações meteorológicas situadas no estado, sendo empregada a técnica estatística da análise multivariada da Análise de Agrupamento (AA) pelo método de WARD. A técnica da AA mostrou que a proximidade das estações meteorológicas não garante o mesmo comportamento climático, visto que foram identificadas regiões homogêneas em diferentes locais do MS. Além disso, pela climatologia das regiões homogêneas, notou-se a influência e a importância de fatores climáticos como altitude, latitude e longitude. Logo, a técnica da AA mostrou resultados satisfatórios em relação às condições do MS.

Palavras-chave: clima; Análise de Agrupamento; Mato Grosso do Sul.

Abstract

Many sectors of society plan their activities due to variations in precipitation and temperature of Mato Grosso do Sul (MS). Thus, the objective was to examine climate of MS of perspective of these variables. For this, we used data of nineteen weather stations located in the state being used statistical technique of multivariate analysis of Cluster Analysis (AA) by WARD. The technique of AA was proximity of meteorological stations can not guarantee the same climatic pattern, whereas homogeneous regions were identified in different locations of MS. In addition, the climatology of homogeneous regions, we observed influence and importance of climatic factors such as altitude, latitude and longitude. Therefore, the technique of AA showed satisfactory results regarding conditions of MS.

Keywords: climate; Cluster Analysis; Mato Grosso do Sul.

Résumé

De nombreux secteurs de la société organisent leurs activités en fonction des variations de précipitations et de températures dans le Mato Grosso du Sud (MS). Ainsi l'objectif de ce travail a été d'analyser le climat du MS dans l'optique de ces variables. Pour ce faire, nous avons utilisé les données de 19 stations météorologiques situées dans l'Etat, en utilisant la technique statistique d'analyse multifactorielle de Cluster Analysis (AA) par la méthode de WARD. La technique de la AA montré que la proximité des stations météorologiques ne garantit pas le même comportement climatique, étant donné qu'on a repéré des régions homogènes dans différents lieux du MS. De plus, grâce à la climatologie des régions homogènes, on a remarqué l'influence et l'importance de facteurs climatiques comme l'altitude, la latitude et la longitude. Par conséquent, la technique de l'AR a donné des résultats satisfaisants par rapport aux conditions du MS.

Mots clés : climat; Cluster Analysis; Mato Grosso do Sul

INTRODUÇÃO

Análise do comportamento das chuvas e temperaturas possibilitam detectar tendências ou alterações no clima, em escalas locais ou regionais e com a devida compreensão podem-se elaborar projetos para a organização e o planejamento territorial (SANT'ANNA NETO, 2000).

Em diversos setores, tais como agropecuária, comércio e turismo, o conhecimento de das variáveis meteorológicas (precipitação e a temperatura) é de extrema importância para a elaboração de metas e planos de ação. O estado do Mato grosso do Sul (MS), principalmente por conta de suas características fisiográficas, necessita de

estudos climáticos mais aprofundados, visando o desenvolvimento e o bem-estar da população. Para realizar o estudo de uma variável meteorológica sobre determinada área em que estejam envolvidos dados de vários pontos de observação (estações meteorológicas), é preciso utilizar determinada(s) técnica(s) estatística(s). A mais utilizada, em diversas áreas do conhecimento científico, é a análise multivariada, cujos principais objetivos são reduzir a dimensão de uma matriz de dados, investigar o comportamento espacial e temporal das variáveis consideradas e obter grupos homogêneos dessas variáveis (BOUROCHE, SAPORTA, 1982).

Dentro da análise multivariada existem várias técnicas empregadas na climatologia, como a análise de componentes principais, análise fatorial, decomposição do valor singular, correlação canônica, Análise de Agrupamento (AA) e entre outras.

Em especial, a AA, utilizada em processos de classificação, consiste em determinar o nível de similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos, aplicando uma função de agrupamento a uma determinada variável, transformando um conjunto heterogêneo de unidades, neste caso estações meteorológicas, em grupos caracterizados pela homogeneidade interna e pela heterogeneidade externa (JOHNSON, WICHERN, 2007). Cabe frisar que análise pode ser utilizada em várias áreas do conhecimento, a título ilustrativo: na medicina, Possoli (1984) a usou para identificação de doenças e avaliação da saúde pública; na biologia, Curi (1985) aplicou a técnica para estudar os aminoácidos livres do tecido cerebral de ratos; na sociologia, Kageyama e Silveira (1997) a utilizaram para ilustrar as desigualdades

agrícolas no Brasil.

Em princípio, na meteorologia, a AA tem sido empregada na classificação de regiões climáticas (por exemplo, BECKER, 1992; KIM, 1998; BALDO et al., 2000; FECHINE, GALVINCIO 2008; ROMISIO et al, 2008, MACHADO et al, 2010) e na simulação de séries temporais (por exemplo, CEBALLOS; BRAGA, 1991; DINIZ, 1994; MELO; BRAGA; AZEVEDO, 2000). Becker (1992) utilizou regiões homogêneas de precipitação e temperaturas decendiais e mensais no intuito de estabelecer padrões climatológicos no RS, bem como para simular séries temporais e preencher dados faltantes. Com relação a dados de temperatura, Diniz (2002) utilizou a técnica de AA e, como função de agrupamento, a distância euclidiana, para analisar as temperaturas máximas e mínimas no RS, com dados obtidos em quarenta estações meteorológicas de 1913 a 1998.

As principais atividades econômicas desenvolvidas no estado de Mato Grosso do Sul estão relacionadas à agricultura e à agroindústria, à extração mineral e à produção de cimento. Os principais produtos agrícolas cultivados no estado incluem algodão herbáceo, arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja e trigo. O rebanho bovino totaliza 19,6 milhões de cabeças, encontrando-se, também, grande número de suínos, equinos, ovinos e galináceos. A atividade mineradora produz um total de 833,8 mil toneladas de ferro; 447,6 mil toneladas de manganês; e 1,1 milhões de toneladas de calcário. No setor industrial, além da mineração e da produção de cimento, a indústria alimentícia também merece destaque.

Assim, o trabalho visa contribuir na análise do clima do MS, tendo por objetivo

aplicar a AA às temperaturas mínima e máxima e à precipitação, com dados sazonais e anuais, utilizando uma rede de estações estrategicamente distribuída.

MATERIAL E MÉTODO

O estado do Mato Grosso do Sul está localizado entre as latitudes 17° 09' 58" e 24° 04' 6"S; e longitudes de 50° 55' 22" e 58° 10' 6" W (FIGURA 1). Na Tabela 1 é apresentada a relação das estações utilizadas e na Figura 1 é mostrada a distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas neste estudo.

Os dados diários das temperaturas mínima e máxima e da precipitação, de 2008 a 2010, para as dezoito estações meteorológicas, foram obtidos junto ao Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de

Meteorologia (DISME-INMET), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e ao Centro de Monitoramento do Tempo, de Clima e Recursos Hídricos do estado de Mato Grosso do Sul (CEMTEC), da Secretaria de Ciência e Tecnologia do MS. A utilização dessas estações se justifica pelo fato de terem sido aquelas que apresentaram menor número de falhas na série temporal, bem como por se mostrarem bem distribuídas no estado. As falhas das séries foram preenchidas por intermédio do método das correlações, conforme Diniz (2002).

Neste trabalho foi utilizada a técnica estatística da análise multivariada da AA na determinação das regiões homogêneas das temperaturas mínima e máxima do ar e da precipitação, para períodos sazonais e anuais, para uma série de dados de 2008 a 2010.

Estação	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude
Amambai	23,14	55,2	464
Aquidauana	20,45	55,67	174
Campo Grande	20,5	54,62	528
Cassilândia	19,09	51,8	514
Chapadão do Sul	18,08	52,6	818
Corumbá	19,02	57,65	185
Coxim	18,5	54,76	292
Dourados	22,19	54,91	469
Juti	22,86	54,61	379
Maracaju	21,61	55,18	401
Miranda	20,4	56,43	140
Nhumirim	18,2	56,62	104
Paranaíba	19,41	51,11	424
Ponta Porã	22,53	55,53	650
Porto Murtinho	21,71	57,55	85
Rio Brillhante	21,78	54,53	329
São Gabriel	19,42	54,59	670
Sete Quedas	23,97	55,02	402

TABELA 1 - Relação das estações meteorológicas, com suas respectivas coordenadas geográficas. Elaborado pelos autores.

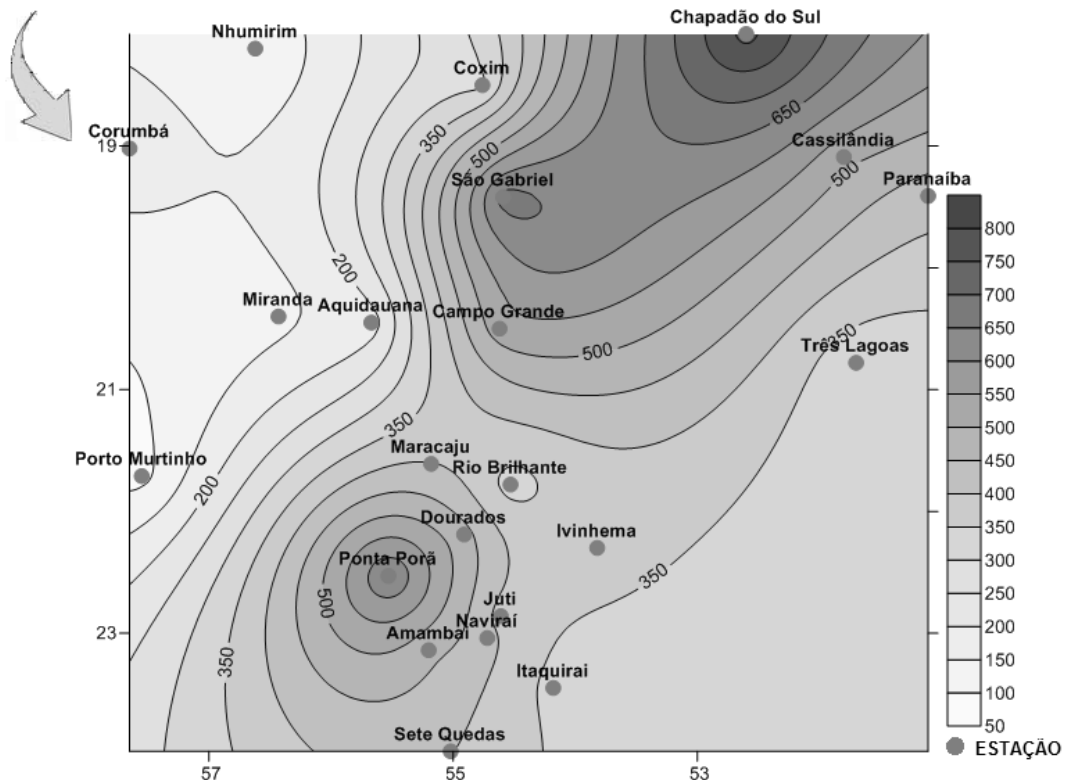
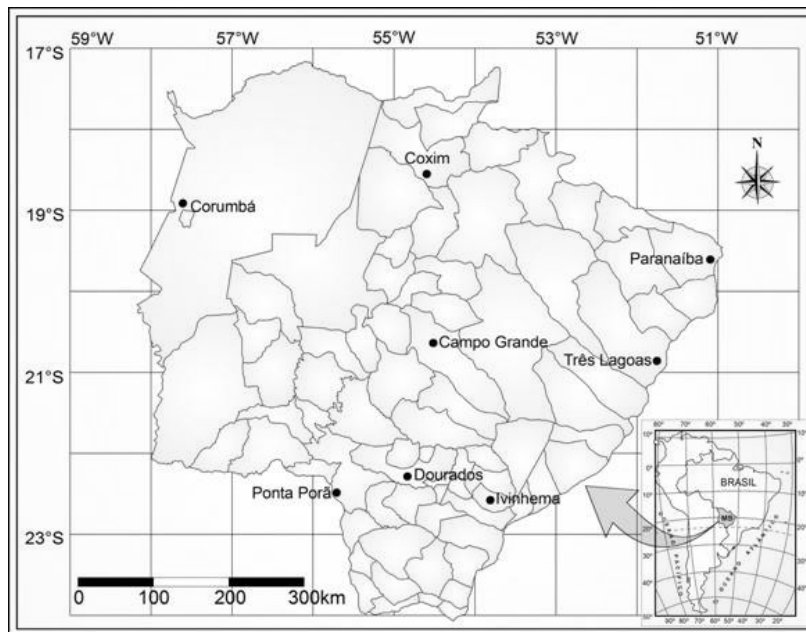


FIGURA 1 - Localização espacial, latitude, longitude, altitude das estações meteorológicas utilizadas neste estudo.
 Elaborado pelos autores.

O método da AA parte de uma matriz de dados $D_{m \times n}$:

$$D = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & d_{1,n} \\ d_{2,1} & \dots & \vdots \\ d_{m,1} & \dots & d_{m,n} \end{bmatrix}$$

Os dados consistem em n medidas de diferentes propriedades (variáveis) executadas

sobre m amostras (objetos), de modo que a matriz de dados D é formada por $m \times n$ elementos (m linhas correspondentes as amostras e n colunas correspondentes as variáveis).

A j -ésima variável é representada por um vetor coluna. O i -ésimo objeto, ou seja, uma amostra qualquer, é representado por um vetor

linha chamado vetor resposta e pode ser descrito como um ponto no espaço n-dimensional.

Na AA, todos os processos de hierarquização são similares, iniciando-se pela determinação de uma função de agrupamento. Essa função é usada como critério para medir a distância entre dois objetos ou para estabelecer o quanto eles são parecidos. Alguns autores chamam-na de coeficiente de parecida, que pode se dividir em duas categorias: medida de similaridade e dissimilaridade. Na primeira, quanto maior o valor observado, mais parecido são os objetos. Já na segunda, quanto maior o valor observado menos parecido serão os objetos. Um exemplo de medida de similaridade é o coeficiente de correlação e de dissimilaridade é a distância euclidiana. A maioria dos algoritmos utiliza medidas de similaridade e dissimilaridade entre os elementos de um conjunto, cujos valores de similaridade (dissimilaridade) calculados com base na matriz de dados originais $X(n \times p)$ são representados por uma matriz de distâncias ou de similaridade denominada matriz de parecida.

De acordo com Wilks (2006) a ideia central do agrupamento de um conjunto de dados distribuídos em pontos é à distância. A mais utilizada é a distância euclidiana em dados de vetores num espaço P-dimensional.

Assim, a distância entre dois pontos x_i e x_j é:

$$d_{i,j} = \|x_i - x_j\| = \left(\sum_{k=1}^p (x_{i,k} - x_{j,k})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad 2$$

Tanto a distância euclidiana (medida de dissimilaridade) quanto o coeficiente de correlação (medida de similaridade) podem ser usados na determinação dos grupos. Para esse fim existem dois métodos de agrupamento, os

hierárquicos e os não hierárquicos. Nos métodos hierárquicos várias técnicas ou critérios de agrupamentos são possíveis. Dentre eles podem-se destacar os relacionados por Wilks (2006), que são os seguintes: método da ligação simples ou vizinho mais próximo, da ligação completa ou vizinha mais distante, método do centroide e método de Ward.

No Método da ligação completa ou vizinho mais distante, os grupos são formados fundindo os membros mais distantes entre os grupos.

No caso da parecida ser definida pela distância, essa será calculado por:

$$d_{g1, g2} = \max |d_{i,j}| \quad 3$$

Onde:

$$i \in g1 \text{ e } j \in g2 \quad 4$$

as temperaturas mínima e máxima do ar e a precipitação, médias trimestrais e anuais, obtidas por meio da média aritmética simples entre as dados mensais para as treze estações meteorológicas. Então, com a utilização da matriz de dados anuais e sazonais, foram determinadas as regiões homogêneas através de métodos hierárquicos, com ligação completa ou vizinha mais distante e distância euclidiana, tendo sido os cálculos realizados, com os dados padronizados (o dado padronizado é igual ao valor original subtraído da média, dividido pelo desvio padrão), com auxílio do software STATISTICA 7 (HILBE, 2007).

O método de agrupamento utilizado neste estudo foi o de WARD. Tanto o número de grupos como as estações contidas em cada um deles foram determinadas de forma subjetiva por intermédio de corte transversal no dendrograma. Após a obtenção dos grupos

homogêneos, foi elaborada uma climatologia para cada região, a fim de analisar separadamente a contribuição de cada variável meteorológica.

Após a análise dos dendrogramas, foram obtidas as regiões homogêneas para o conjunto de variáveis (temperaturas mínima e máxima e precipitação), identificadas por R1, R2,... e Rn referentes ao período anual. Os locais que fazem parte de cada região homogênea estão relacionados nas Tabelas 2, 3 e 4.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As temperaturas médias aferidas na região mostram-se elevadas na primavera-verão, sendo setembro e outubro os meses mais quentes (médias acima de 23°C) e amenos, no outono-inverno, mas que, raramente, são menores do que 18°C, em média; sendo junho e julho os meses com médias térmicas mais baixas, entre 18°C e 21°C, o volume médio alcançado pela precipitação durante o ano apresenta uma distribuição de um núcleo mais chuvoso ao norte de Mato Grosso do Sul, Coxim, com 1492 mm, com decréscimo para L e O. No extremo O de Mato Grosso do Sul, o regime cai a 1.117mm, Corumbá, no Pantanal Sul-Mato-Grossense, e na região sul, onde apresenta os maiores valores de 1660 mm, Ponta Porã. Entretanto, essas precipitações não se distribuem igualmente através do ano. Em quase toda região, mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipitam de novembro a março, sendo, geralmente mais chuvoso o trimestre novembro-janeiro. Durante esse trimestre chove, em média, 45 a 55% do total anual. Em contrapartida, o inverno é excessivamente seco. Nessa época do ano, as chuvas são muito raras, havendo, em média, geralmente, 4 a 5

dias de ocorrência desse fenômeno por mês, sendo mais raras no setor oeste de Mato Grosso do Sul, onde pelo menos um mês não registra sequer 1 dia de chuva. A seca acontece no trimestre de inverno, ou seja, junho-julho-agosto.

Os valores das temperaturas mensais e anuais registrados levam ao entendimento de que a variação espacial e sazonal, dessa variável climática, segue as características da região. As maiores médias térmicas são observadas entre os meses de outubro a março, que corresponde ao verão, no domínio dos climas tropicais no Hemisfério Sul, sendo o mês de outubro o que apresenta as maiores médias, visto que esse se caracteriza pela transição entre o período seco e o chuvoso. Assim, as mudanças nos padrões de circulação atmosférica, os altos índices de evapotranspiração, as baixas velocidades médias dos ventos e as precipitações incipientes, como a baixa umidade do ar, favorecem a elevação das temperaturas, que indicam o início do verão. Outra análise que pode ser feita, a partir das temperaturas, é que a amplitude térmica observada, entre os meses com maiores e menores temperaturas, é muito baixa, variando 4,0°C em média, entre o mês de junho (menores médias térmicas) e o mês de outubro (mês mais quente).

É possível observar, Figura 2, a média pluviométrica regional é de 1446 mm, com uma variação, na precipitação média anual, entre 1117 mm (Corumbá) e 1660 mm (Ponta Porã). No que diz respeito à variação sazonal dos índices de precipitação, observa-se que, no decorrer do ano, as chuvas seguem a regra geral observada na região dos cerrados, apresentando duas estações bem definidas: um verão quente e chuvoso e um inverno seco, com

temperaturas mais amenas.

A estação chuvosa (outubro a março/abril) concentra mais de 85% das chuvas anuais, sendo que dezembro e janeiro contribuem com mais de 35% da precipitação anual. Já a estação seca que, em alguns anos, tem início no mês de abril e se estende até o início de outubro, tem como característica uma redução sensível nos índices pluviométricos, sendo que, no trimestre mais seco do ano (junho-agosto), as chuvas representam, em média, menos de 2% do total anual.

Durante a estação seca é possível observar longos períodos sem ocorrência de chuvas e/ou com chuvas insignificantes, bem abaixo da evapotranspiração (Etp) diária e que não altera a condição de *secura* do ambiente. Esses períodos, não raro, chegam a superar os 100 dias. Durante o período de análise, a quantidade de anos e a média de dias seguidos em que ocorreram tais períodos secos prolongados, tendo como referência aqueles superiores aos 75 dias consecutivos.

Também se observa na Figura 1, que as médias de dias, nos anos em que ocorreram longos períodos secos foram de 105 dias, e a média de dias sem chuvas significativas (menor que 2,5 mm) é de 110 dias e que, praticamente, metade dos anos apresenta um longo período sem chuvas, superando os 75 dias ininterruptos. Tal período coincide com a época do ano da estação seca, sendo mais comum sua ocorrência nos meses de junho, julho e agosto.

Em média, a deficiência hídrica possui uma variação local entre 15 mm (Campo Grande) e 331 mm (Corumbá). Entre maio a setembro é verificado o maior índice mensal de DEF. Nesse período, a probabilidade de ocorrer DEF no solo é superior a 80% dos

meses, sendo que, em algumas localidades, nos meses de junho, julho e agosto, a probabilidade de haver DEF chega aos 100% dos meses. A observação de DEF, nos meses de janeiro e fevereiro, deve-se à ocorrência de veranicos (intervalos de dias consecutivos sem chuvas durante a estação chuvosa). Já nos meses de novembro e dezembro, sua ocorrência está ligada a atrasos no início do período chuvoso. Os maiores excedentes hídricos (EXC) médios mensais distribuem-se entre os meses de dezembro e março. Nesse período, a probabilidade de verificação de EXC chega a superar os 80% dos meses, sendo que, em dezembro e janeiro, esse índice é superior a 90% dos anos analisados. Os excedentes médios variam espacialmente de acordo com as características climáticas de cada município, embora as variações sazonais sejam semelhantes, com exceção de Corumbá, que apresenta EXC zero. Durante a estação seca, especialmente no trimestre junho-setembro, não foi verificada ocorrência de EXC, pois, nesse período, as chuvas são muito reduzidas ou nem mesmo são registradas sua ocorrência. É interessante observar que, mesmo o período chuvoso iniciando em outubro, em mais de 50% dos anos estudados, esse mês apresentou deficiências hídricas, mesmo com médias pluviométricas consideráveis. Por esse motivo, afirma-se que o mês de outubro, na área em questão, corresponde a uma transição entre o período seco e o período chuvoso do ponto de vista hidrológico. A mesma conclusão pode ser estendida ao mês de abril, pois, em determinados anos, há uma antecipação da estação seca, como pode ocorrer o contrário, com um prolongamento da estação chuvosa até o respectivo mês.

As Figuras 3, 4 e 5 mostram,

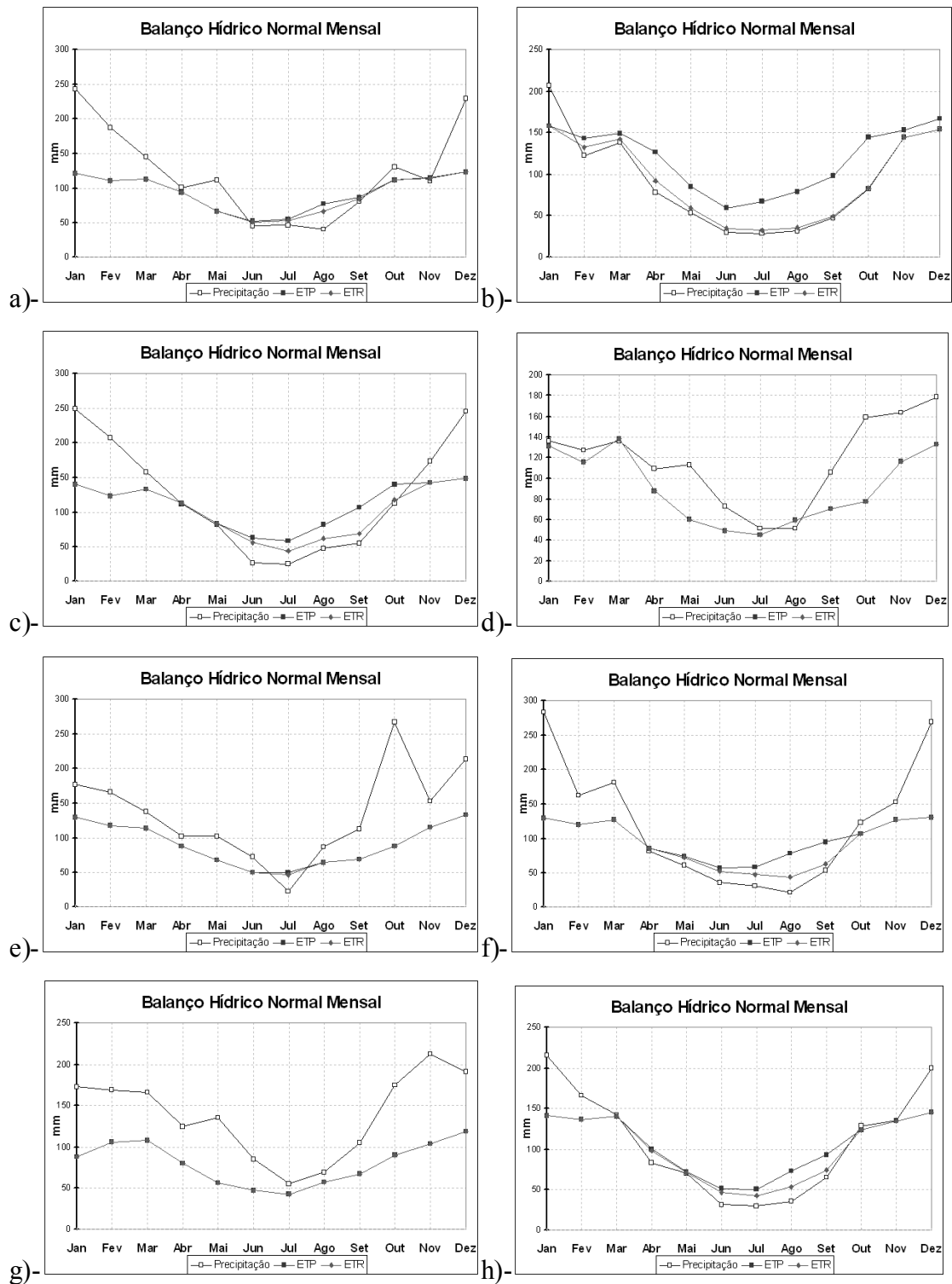


FIGURA 2 - Balço Hídrico normal mensal (precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real, mm), para as cidades de: a)-Campo Grande, b)-Corumbá, c)-Coxim, d)-Dourados, e)-Ivinhema, f)-Paranaíba, g)-Ponta Porã e h)-Três Lagoas no estado de Mato Grosso do Sul. Elaborado pelos autores.

respectivamente, para o período anual, os dendrogramas obtidos pelo método de agrupamento de WARD, usando como medida de similaridade a distância euclidiana ao quadrado, e considerando como variável de

agrupamento os valores padronizados das temperaturas mínima e máxima do ar e precipitação, referentes ao conjunto de estações da rede meteorológica do MS. Na escala vertical as estações são mostradas em

uma ordem conveniente de formação dos grupos, no caso, as dezenove estações meteorológicas. A escala horizontal do dendrograma mostra o valor da distância euclidiana ao quadrado (ou seja, como se dá a combinação dos dados). A cada partição corresponde um valor numérico que representa o nível em que ocorrem os agrupamentos. Quanto maior for o índice, mais heterogêneas são as estações agrupadas. Embora a determinação do número de regiões seja realizada de forma subjetiva, método utilizado em quase todos os trabalhos de agrupamento (por exemplo, DINIZ; CALVETTI, 1998; KIM; DUQUIA; CALVETTI, 2000; BAPTISTA DA SILVA; CUNHA; NETO, 2001), foram considerados a morfologia e, na medida do possível, os limites geográficos das localidades.

Nota-se que a temperatura mínima média anual foi a que apresentou a maior índice da distância entre os grupos. Ou seja, maior heterogeneidade ou variação dos dados. A precipitação anual foi a que apresentou os menores valores da distância euclidiana e conseqüentemente maior homogeneidade dos

dados.

A distribuição topográfica, na parte oeste, ficou bem caracterizada por um gradiente de temperatura, de máxima quanto da mínima, no sentido oeste-leste e sul evidenciando, também, um gradiente de altitude no sentido contrário, desde Ponta Porã, Paranaíba até o pantanal Corumbá.

Análise de agrupamento das precipitações por estação do ano

As Figuras 6 a, b, c e d apresentam os dendrogramas para as estações inverno, outono, primavera e verão, respectivamente. Nota-se que as maiores heterogeneidades ocorrem nas estações outono e verão, sendo que a última apresentam maiores valores da distância Euclidiana ao quadrado e conseqüentemente maiores heterogeneidades entre os postos pluviométricos. Nas estações do outono-verão o estado de MS possui três regiões homogêneas de precipitação enquanto que nas estações de primavera-inverno o estado do MS apresenta duas regiões pluviometricamente homogêneas.

Como a proximidade física das

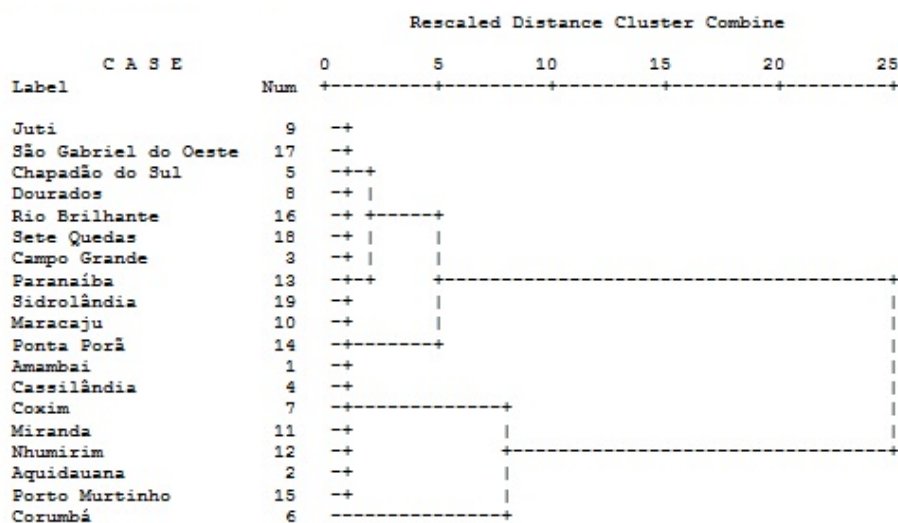


FIGURA 3 - Dendrograma do agrupamento obtido pelo método de WARD com dados padronizados de temperatura mínima média anual nas 19 estações meteorológicas do MS. Elaborado pelos autores.

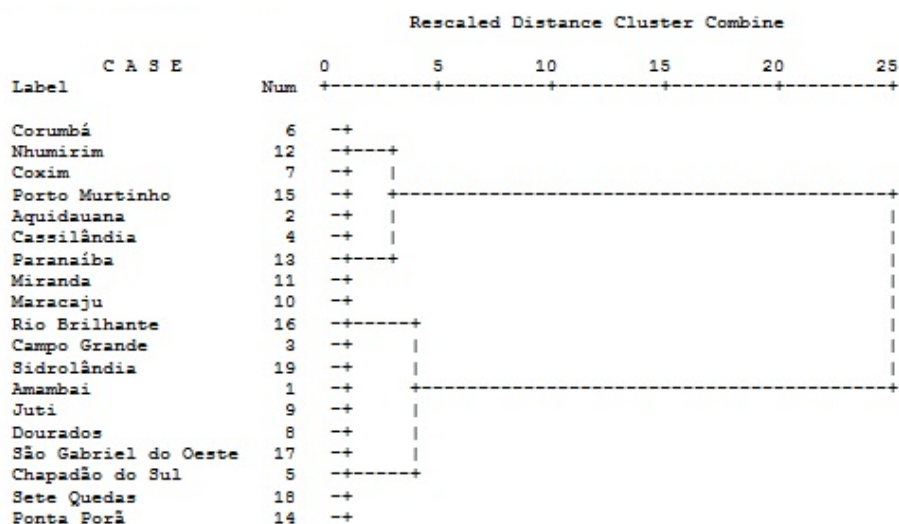


FIGURA 4 - Dendrograma do agrupamento obtido pelo método de WARD com dados padronizados de temperatura máxima média anual nas 19 estações meteorológicas do MS. Elaborado pelos autores.

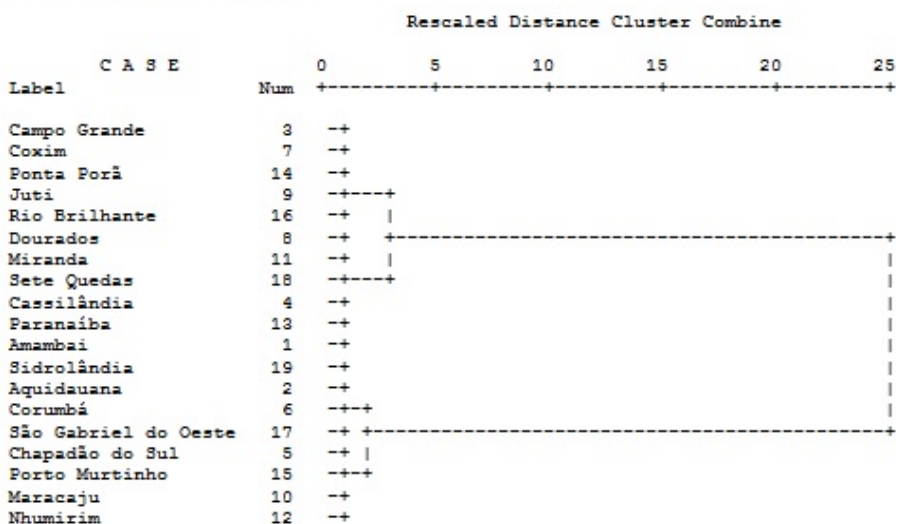


FIGURA 5 - Dendrograma do agrupamento obtido pelo método de WARD com dados padronizados da precipitação anual nas 19 estações meteorológicas do MS. Elaborado pelos autores.

localidades não garante semelhança climática entre elas, ocorreram casos em que aparece a mesma região homogênea em áreas distintas do estado, de acordo com a Tabela 2, 3 e 4. Isso acontece com o grupo de estações formado pela região R1, que engloba a região sul do MS, juntamente com a região do pantanal. Nesse mês, juntou-se ao grupo formado pelas estações das regiões oeste e sul do estado (R1). A região R2 é formada pelas estações que compõem a parte oeste do MS.

A Tabela 5 mostra as médias mensais

para as precipitações, temperaturas máximas e mínimas das regiões homogêneas e é possível evidenciar a influência tanto da latitude e longitude, como da altitude. A primeira pela entrada das massas de ar polares e dos sistemas frontais na parte sul (R2) e a segunda pela influência dos Andes, atuando como um regulador térmico sazonal, em função da menor amplitude térmica, para as temperaturas mínimas.

Na região homogênea R3, que abrange a parte oeste do MS, o efeito da continentalidade

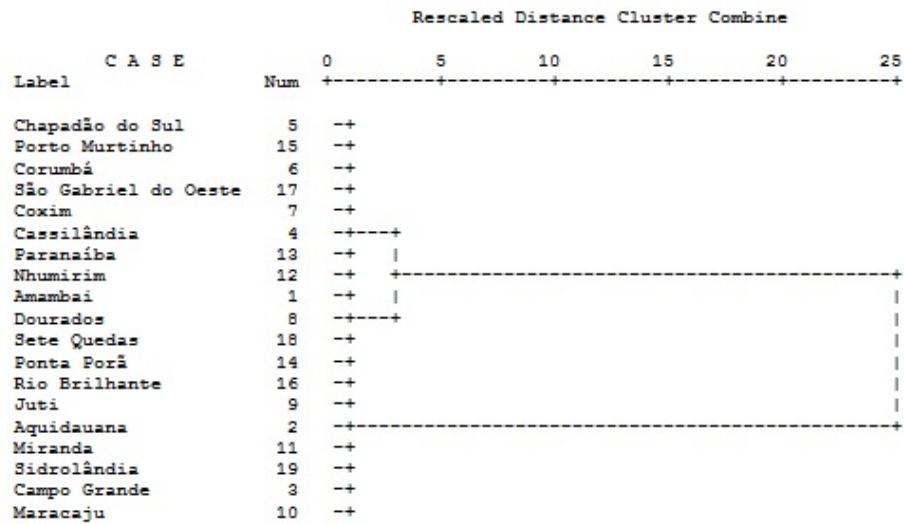


FIGURA 6 a – Dendrograma da precipitação acumulada para a estação inverno.
 Elaborado pelos autores.

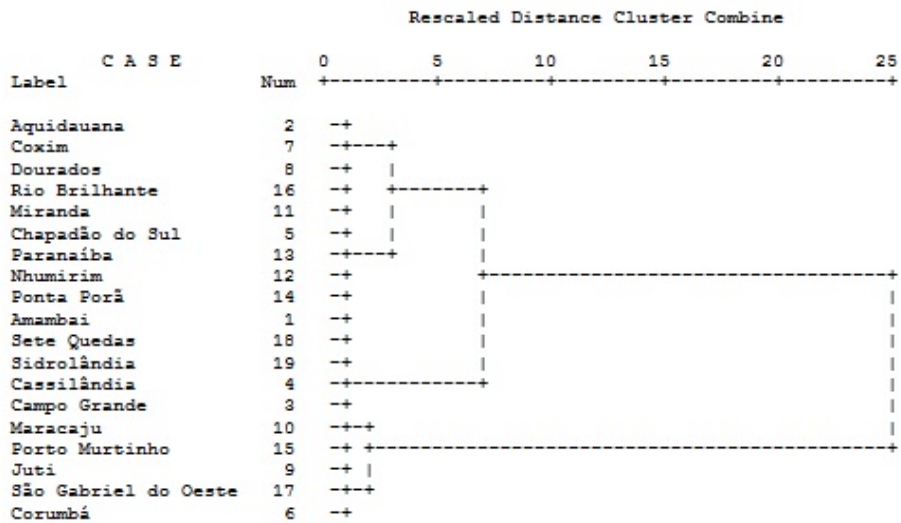


FIGURA 6 b – Dendrograma da precipitação acumulada para a estação outono.
 Elaborado pelos autores.

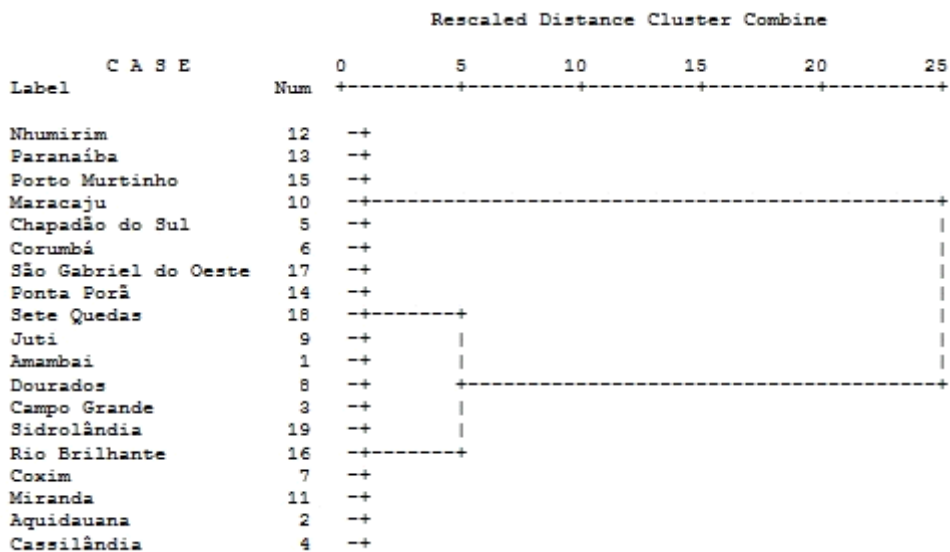


FIGURA 6 c – Dendrograma da precipitação acumulada para a estação primavera.
 Elaborado pelos autores.

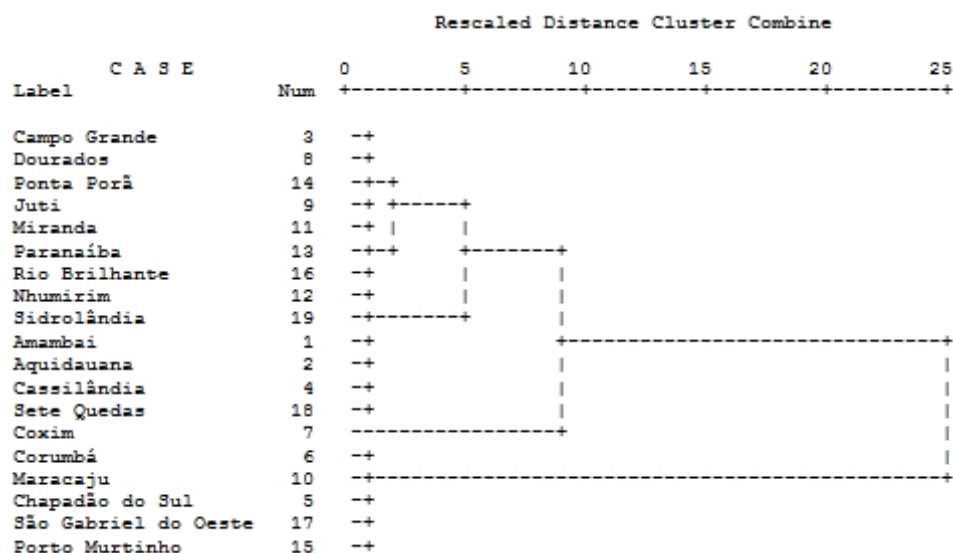


FIGURA 6 d -Dendrograma da precipitação acumulada para a estação verão.
 Elaborado pelos autores.

mais distante do oceano e a baixa altitude são fatores que, mais preponderantemente, contribuem para elevar as temperaturas mínima e máxima dessa região, ocasionando uma maior amplitude térmica.

Para a região (R1), as temperaturas mínima e (R2) máxima do ar são as mais baixas e as mais altas para todos os trimestres do ano, em função de ser a região com maior altitude do MS. No que tange à precipitação, observou-se uma distribuição homogênea em todas as regiões com uma baixa precipitação em R2 e pouco variável em relação ao período anual, mostrando um período chuvoso entre outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março e um período seco entre os meses abril, maio, junho, julho, agosto e setembro.

O Centro-Oeste, devido às suas localizações latitudinais, caracterizam-se por serem Regiões de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias (NIMER, 1979). O Centro-Oeste é afetado pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do

sistema. Segundo Fernandes e Satyamurty (1994) os cavados invertidos atuam principalmente durante o inverno, provocando condições de tempo moderado principalmente sobre o Mato Grosso do Sul. Vórtices ciclônicos em altos níveis, oriundos da região do Pacífico, organizam-se com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical. Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de meso-escala são responsáveis por intensa precipitação (CAVALCANTI et al., 1982).

Especialmente sobre a Região Centro-Oeste, a Alta da Bolívia, gerada a partir do forte aquecimento convectivo (liberação de calor latente) da atmosfera durante os meses de verão do HS (VIRGI, 1981), é considerada como um sistema típico semi-estacionário da Região.

A Região Centro-Oeste é caracterizada pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias. Durante os meses de maior atividade convectiva, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um

Região	Estações meteorológicas
R1	Campo Grande, Coxim, Ponta Porá, Juti, Rio Brillhante, Dourados, Miranda, Sete Quedas, Cassilândia, Paranaíba, Amambaí, Sidrolândia e Aquidauana
R2	Corumbá, São Gabriel do Oeste, Chapadão do Sul, Porto Murtinho, Maracaju e Nhumirim

TABELA 2 - Regiões homogêneas obtidas com a precipitação anual
 Elaborado pelos autores.

Região	Estações meteorológicas
R1	Juti, São Gabriel do Oeste, Chapadão do Sul, Dourados, Rio Brillhante, Sete Quedas, Campo Grande, Paranaíba, Sidrolândia, Maracaju, Ponta Porã
R2	Amambaí, Cassilândia, Coxim e Miranda
R3	Nhumirim, Aquidauana, Porto Murtinho e Corumbá

TABELA 3 - Regiões homogêneas obtidas com a temperatura mínima.
 Elaborado pelos autores.

Região	Estações meteorológicas
R1	Corumbá, Nhumirim, Coxim, Porto Murtinho, Aquidauana, Cassilândia, Paranaíba, Miranda e Maracaju
R2	Rio Brillhante, Campo Grande, Sidrolândia, Amambaí, Juti, Dourados, São Gabriel do Oeste, Chapadão do Sul, Sete Quedas e Ponta Porã

TABELA 4 - Regiões homogêneas obtidas com a temperatura máxima.
 Elaborado pelos autores.

dos principais fenômenos que influenciam no regime de chuvas dessas Regiões (QUADRO; ABREU, 1994). O fato da banda de nebulosidade e chuvas permanecerem semi-estacionárias por dias seguidos favorece a ocorrência de inundações nas áreas afetadas.

Essa região é caracterizada pela presença de intensa atividade convectiva nos meses de maior aquecimento radiativo. Uma forte gradiente térmica no limite das Regiões Sudeste e Centro-Oeste podem ser observados analisando as figuras 3 e 4. Este gradiente é resultado do deslocamento das massas frias de altas latitudes, que afetam principalmente os estados do Sudeste e o Mato Grosso do Sul. Em

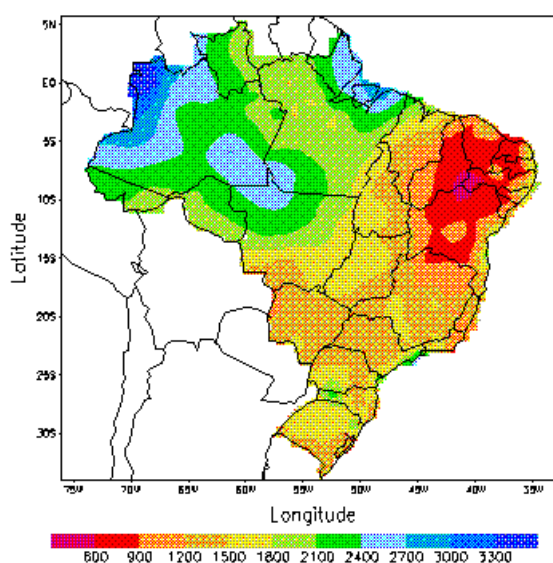


FIGURA 7 - Climatologia de precipitação acumulada no ano (mm) realizada durante o período de 1961 a 1990.
 Fonte: INMET (1992).

ESTAÇÃO (J, F, M)	R1	R2	R3
PRECIPITAÇÃO (mm)	170,7	93,2	
TEMPERATURA MINIMA (°C)	20,4	21,2	22,8
TEMPERATURA MAXIMA (°C)	32,8	31	
ESTAÇÃO (A, M, J)	R1	R2	R3
PRECIPITAÇÃO (mm)	53,3	21,3	
TEMPERATURA MINIMA (°C)	15,5	15,9	17,9
TEMPERATURA MAXIMA (°C)	30,4	27,9	
ESTAÇÃO (J, A, S)	R1	R2	R3
PRECIPITAÇÃO (mm)	62,5	25,7	
TEMPERATURA MINIMA (°C)	15,4	15,8	17,5
TEMPERATURA MAXIMA (°C)	30,2	26,7	
ESTAÇÃO (O, N, D)	R1	R2	R3
PRECIPITAÇÃO (mm)	160,4	81,3	
TEMPERATURA MINIMA (°C)	20,7	21,6	24
TEMPERATURA MAXIMA (°C)	33,4	31	

TABELA 5 - Médias mensais da precipitação e temperaturas máximas e mínimas do ar das regiões homogêneas do MS para as estações dos anos, verão (JFM), outono (AMJ), inverno (JAS) e primavera (OND).
Elaborado pelos autores.

geral a precipitação distribuiu-se uniformemente nessas Regiões (FIGURA 7), com a precipitação média anual acumulada variando em torno de 1500 e 2000 mm.

CONCLUSÕES

O método hierárquico de AA de WARD foi considerado satisfatório no procedimento de identificação e separação das regiões homogêneas de precipitação e temperatura, reproduzindo as condições fisiográficas e climatológicas do MS.

O estudo climatológico das regiões homogêneas tornou viável o conhecimento da estrutura térmica das regiões, possibilitando pesquisas mais direcionadas a setores específicos do MS. Uma mesma região, com núcleos localizados em setores diferentes do

estado, confirmou a hipótese da aproximação física não garantir a similaridade climática entre as estações meteorológicas; mas, no caso do MS, mostrou a influência determinante da estrutura topográfica, das variações de latitude e longitude, da passagem de sistemas de massas de ar e da formação de frentes.

NOTAS

ⁱ Graduado em Física; Mestre em Agronomia (Meteorologia Agrícola) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Professor Adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

E-mail: amaury.de@uol.com.br

ⁱⁱ Graduado em Física; Doutor em Geofísica Espacial pelo Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE); Professor Adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

E-mail: wafer@hotmail.com

ⁱⁱⁱ Graduada em Geografia; Mestranda em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

E-mail: edilce_albrez@hotmail.com

^{iv} Graduada em Matemática; Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Professor Adjunto da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

E-mail: josicleda@pq.cnpq.br

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; FERRAUDO, A. S.. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*. vol.23, n.4, São Paulo, 2008. pp.501-509.

BALDO M. C.; ANDRADE, A. R.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, J.T. Análise de precipitação pluvial do estado de Santa Catarina associada com a anomalia da temperatura da superfície do oceano Pacífico. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.8, n.2, 2000. pp.283-293.

BAPTISTA DA SILVA, J.; CUNHA, F. B.; NETO, W. P. G. Modelagem das chuvas trimestrais por regiões homogêneas no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, n. 2, 2001. pp.317-324.

BECKER, C. T. *Determinação de regiões homogêneas de precipitação e temperatura no estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba, 1992. 80p.

BOUROCHE, J.M.; SAPORTA, G. *Análise de dados*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982.

CAVALCANTI, I.A. *Um estudo sobre as interações entre os sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais*. INPE 2494 TDL/097, 1982.

CEBALLOS, J. C.; BRAGA, C. C. Simulação de séries temporais de irradiação solar: uma aplicação ao estado da Paraíba. *Serimet*, Departamento de Ciências Atmosféricas do CCT/UFPB, n. 3, 1991. 92 p.

CURI, P. R. Análise de agrupamento complementada com ordenação pelos componentes principais e análise de variância multivariada: um exemplo biológico. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 37, n. 6, 1985. pp. 879-888.

DINIZ, G. B. *Preditores visando à obtenção de um modelo de previsão climática de temperaturas máxima e mínima para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado em Fitotecnia. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 167p.

DINIZ, G. B. *Séries temporais de irradiação solar: recuperação de dados mediante componentes principais*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 118p.

DINIZ, G. B.; CALVETTI, L. Recomposição de séries temporais de temperatura máxima e mínima de estações do Rio Grande do Sul e Santa Catarina usando análise multivariada. *Anais...* Brasília: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998.

EVERITT, B.S.; DUNN, G. *Applied multivariate analysis*. London: Edward Arnold, 1991.

FECHINE, J. A. L. ; GALVÊNCIO, J. D. Análise das precipitações mensais da bacia hidrográfica do rio Brigida no semiárido pernambucano, usando o método de WARDS. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 28, 2008. pp. 75-88.

FERNANDES, K. A.; SATYANURTY, P. Cavados invertidos na região central da América do Sul. *Anais II...*, Belo Horizonte, MG: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. pp.93-94.

HILBE, J. M. STATISTICA 7: an overview. *The American Statistician*, American Statistical Association, v. 61, 2007. pp. 91-94.

KAGEYAMA, A.; SILVEIRA, J. M. Agricultura e questão regional. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 35, n. 2, 1997. pp.9-33.

KIM, I. S. Análise das variações do clima nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, através da classificação dos campos das anomalias de temperatura e precipitação acumulada mensal. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, 1998. pp.1-8.

KIM, I. S.; DUQUIA, C. G.; CALVETTI, L. Regionalização do estado do Paraná com utilização dos campos de precipitação, temperatura mínima e máxima. *Anais...* Rio de Janeiro: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.

MACHADO, J. P., BLANK, D. M. P., ZONTA, J. H., JUSTINO, F. B. Comportamento da precipitação e da temperatura no Rio Grande do Sul baseado na análise de agrupamento. *Ciência e Natura, UFSM*, 32 (1), 2010. pp.49-63.

MELO, M. L. D.; BRAGA, C. C.; AZEVEDO, F. G. B. Simulação de séries de dados climatológicos usando análise de componentes principais. *Anais...* Rio de Janeiro: Congresso

Brasileiro de Meteorologia, 2000.

NIMER, E. Clima da região Sudeste. In: IBGE. *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1971.

POSSOLI, S. Técnicas de análise multivariada para avaliação das condições de saúde dos municípios do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 18, 1984. pp. 288-299.

QUADRO, M.F.L.; ABREU, M.L., Estudos de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul. *Anais...* Belo Horizonte, MG: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1994. pp.620-23.

SANT'ANNA NETO, J.L. *As chuvas no estado de São Paulo: a variabilidade pluviométrica nos últimos 100 anos*. In: SANT' ANNA NETO, J.L.; ZAVATINI, J. A. (Org.) *Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem, 2000. pp. 95-120.

VIRGI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud wins. *Mon. Weather Rev.*, 109, 1981. pp.549-610.

WILKS, D. S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. *International Geophysics Series*, Vol. 91, Elsevier, 2006.