



REGIÕES COM SIMILARIDADE DE COMPORTAMENTO HÍDRICO NO SUL DO BRASIL

SIMILAR REGIONS TO WATER AVAILABILITY IN SOUTHERN BRAZIL

Marcos Silveira Wrege

*Embrapa Florestas
Colombo, PR, Brasil*

e-mail: marcos.wrege@embrapa.br

Elenice Fritzsos

*Embrapa Florestas
Brasil*

e-mail: elenice.fritzsos@embrapa.br

Paulo Henrique Caramori

*Iapar / Simepar
Londrina, PR, Brasil*

e-mail: pcaramori@gmail.com

Wilian da Silva Ricce

*Epagri
Brasil*

e-mail: wilianricce@epagri.sc.gov.br

Bernadete Radin

*Fepagro
Brasil*

e-mail: radin@fepagro.rs.gov.br

Silvio Steinmetz

*Embrapa Clima Temperado
Brasil*

e-mail: silvio.steinmetz@embrapa.br

Carlos Reisser Júnior

*Embrapa Clima Temperado
Brasil*

e-mail: carlos.reisser@embrapa.br

Recebido em: 11/09/2015

Aceito em: 22/06/2016

Resumo

O objetivo deste estudo foi identificar, na Região Sul do Brasil, zonas climáticas homogêneas baseadas na disponibilidade hídrica e contribuir, assim, para os estudos de planejamento de uso da terra, como a redução de riscos climáticos na agricultura, pecuária e florestas. As regiões foram delimitadas por análise de agrupamento, com variáveis classificatórias definidas pela disponibilidade mensal de água resultante da diferença (P-ETP) entre a pluviosidade (P) e a evapotranspiração potencial (ETP). A análise permitiu o reconhecimento de seis zonas com disponibilidade hídrica homogêneas na Região Sul do Brasil. O Noroeste do Paraná apresenta menor saldo entre precipitação e evapotranspiração no inverno, enquanto a Metade Sul do Rio Grande do Sul apresenta menor saldo no verão, podendo prejudicar a produtividade agrícola nesse período. Nas demais regiões, os saldos têm valores intermediários, havendo regiões com excedente hídrico, entre as quais se destaca o Litoral e o Sudoeste do Paraná, Oeste de Santa Catarina e Noroeste do Rio Grande do Sul. O excedente hídrico nesta região pode ajudar a elevar a produtividade da maioria das culturas agrícolas, mas favorecer o aparecimento de pragas e doenças e prejudicar a qualidade dos grãos e a colheita.

Palavras-chave: riscos climáticos; zonas homogêneas; balanço hídrico.

Abstract

The aim of this study was to identify, in southern Brazil, homogeneous climatic zones based on water availability and thus contribute to land use planning studies about reducing climate risks in agriculture, livestock and forests. The regions were defined by cluster analysis using classificatory variables that is defined by monthly water availability. This water availability is resulted from difference between rainfall (P) and potential evapotranspiration (ETP). The result of analysis allowed to the recognition of six homogeneous zones of water availability in southern Brazil. Paraná Northwest has less balance between precipitation and evapotranspiration in the winter, while the southern half of Rio Grande do Sul has less balance in the summer what could adversely affect agricultural productivity in this period. The analysis result allowed the recognition of six zones with homogeneous water availability in southern Brazil. In the Northwest of Paraná there is small difference between precipitation and evapotranspiration in the winter, while in the southern half of Rio Grande do Sul there is small difference in the summer what can adversely affect agricultural productivity in this period. In other regions, the balances have intermediate values. There are regions with excess of water, among which stands out the coast and southwest do Paraná, west of Santa Catarina and north-west of Rio Grande do Sul. The water surplus in these region can help raise productivity of

most crops, but favor the appearance of pests and diseases and impair the quality of grain and harvest.

Keywords: climatic risks; homogeneous zones; hydric balance.

1. INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil, apesar de ter a menor área, é uma das regiões agrícolas mais importantes do país, principalmente na produção de grãos, como a soja, o milho, o trigo, o arroz irrigado, entre outras, mas se destacando também na produção pecuária e florestal, com produtividades elevadas de eucalipto e pinus.

Em grande parte, o forte desempenho do setor agropecuário na Região Sul se deve às condições edafoclimáticas favoráveis, mas existem períodos de estiagem em algumas regiões e em algumas épocas do ano, excesso de chuvas em outras, além dos riscos de geada e, mais recentemente, as incertezas relativas às mudanças do clima, que interferem na produção agrícola.

Apesar de toda esta complexidade, a agricultura, a pecuária e o setor florestal no país atingiram alto desempenho com o domínio das técnicas de cultivo em regiões tropicais, alcançando safras recordes com o aumento da produtividade, praticamente sem expandir a área plantada. Essa conquista se deu em grande parte ao melhoramento genético, mas também ao aperfeiçoamento de ferramentas de planejamento de uso da terra, como o zoneamento agrícola, o qual se baseia na quantificação dos riscos decorrentes de fatores climáticos adversos (SCHUBNELL, 1998). O zoneamento agrícola tornou-se instrumento de política agrícola, orientando os produtores quanto aos tipos de cultura a serem plantadas em cada região e às épocas de plantio mais favoráveis para as culturas anuais (ASSAD et al., 2001).

O mais importante fator de risco para a agricultura na Região Sul do país, juntamente com o risco de geadas, é a estiagem, responsável pela maioria dos sinistros agrícolas (GÖPFERT et al., 1993). Existem vários índices climáticos que podem quantificar a estiagem, entre os quais a disponibilidade

hídrica (P-ETP), calculada pela diferença mensal entre a pluviosidade (P) e a evapotranspiração potencial (ETP).

Esse índice, que apresenta o saldo entre a pluviosidade e evapotranspiração potencial, sem considerar o armazenamento de água nos solos, auxilia na identificação de regiões com o mesmo padrão, influenciando no calendário agrícola e na distribuição geográfica natural das espécies (WREGE et al., 2011).

A aplicação de P-ETP exige o agrupamento das observações segundo critérios de similaridade, considerando sua evolução ao longo do tempo (um ano) (KELLER et al., 2005). A análise de agrupamento considera um conjunto inicial de objetos, onde são associadas medidas de várias grandezas denominadas variáveis classificatórias, utilizadas para se obter grupos de objetos assemelhados em relação aos valores assumidos por essas variáveis (EVERITT, 1993).

Vários trabalhos foram publicados sobre análise hierárquica de agrupamento, definindo regiões climaticamente homogêneas, como os de Keller et al. (2005), Diniz et al. (2003), Fritzsons et al. (2010, 2011) e Ribeiro et al. (2011).

O objetivo desse trabalho foi identificar regiões climáticas homogêneas, usando para esse fim a disponibilidade hídrica existente na Região Sul do Brasil. Desse modo, espera-se dar contribuições para os estudos de riscos climáticos para a agricultura e para a predição de ocorrência das espécies nativas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram usados dados de duas redes de estações meteorológicas da Região Sul do Brasil, uma proveniente de diversos institutos federais (8^o Dismet/Inmet, ANA, Embrapa e UFPEL) com 564 estações pluviométricas e outra proveniente de institutos estaduais (Iapar, Epagri e Fepagro) com 123 estações com dados de temperatura e pluviosidade (Figura 1). Os valores de

evapotranspiração potencial foram calculados, usando a temperatura, pelo método de Thornthwaite (1948), para as 123 estações.

Primeiramente, os dados foram avaliados quanto à ausência de erros, completude e consistência. O período considerado foi de 1976-2005, com séries climáticas completas tanto quanto possível e seguindo normas da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO, 1984), que recomenda que as séries tenham pelo menos 30 anos de registros para o cálculo das normais climatológicas.

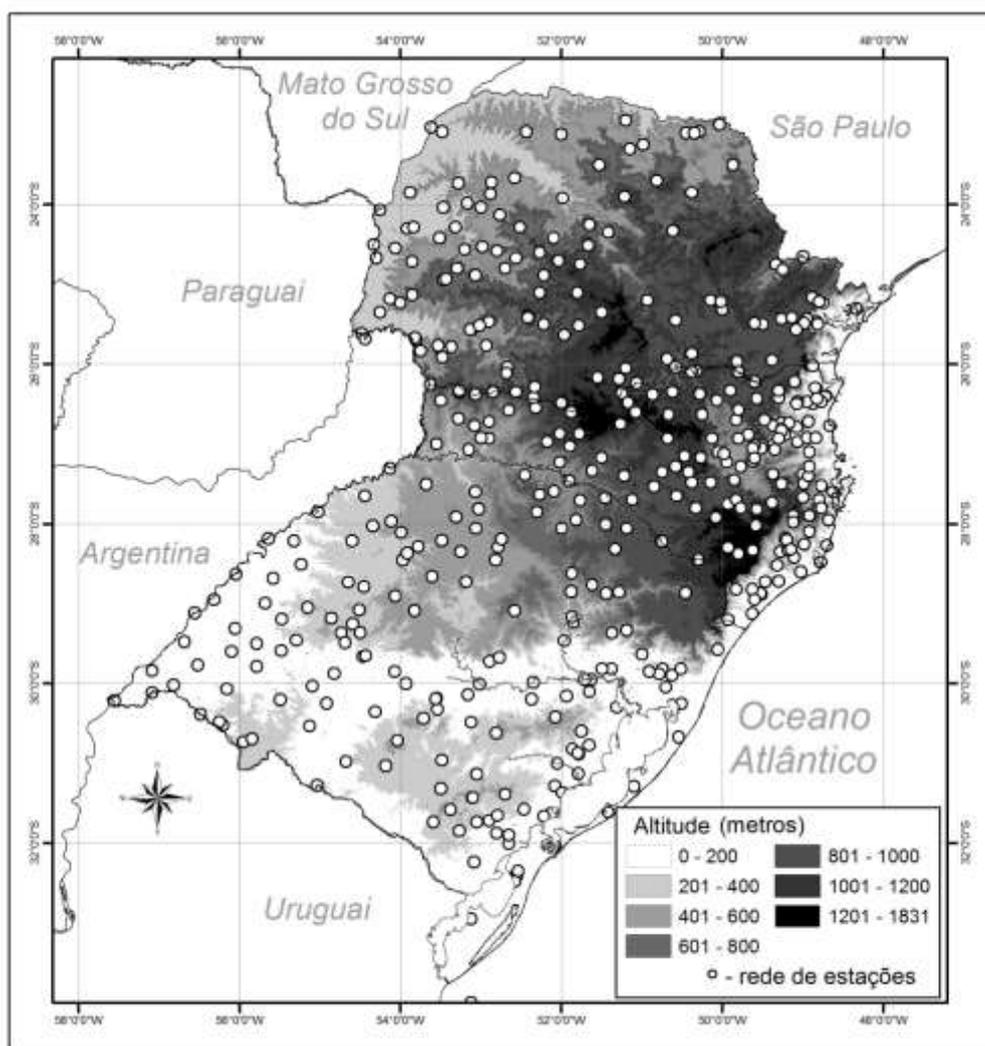


Figura 1. Mapa hipsométrico com a rede de estações meteorológicas na Região Sul do Brasil pertencente aos institutos estaduais (Iapar, Epagri e Fepagro) e aos institutos federais (8^o Disme/Inmet, ANA, Embrapa e UFPel).

Posteriormente, os dados foram georreferenciados com latitude e longitude (em graus decimais e valores negativos) e altitude (em metros sobre o nível do mar). Na primeira etapa, foram calculados os valores de evapotranspiração potencial (Equações 1 a 4), seguindo os seguintes passos:

$$ETP = f \times 16 \times (10 \times t_{med}/l)^a \quad (\text{Equação 1})$$

Em que,

$$f = [0,006 \times (-1) \times \text{latitude} + 1,01] \quad (\text{Equação 2})$$

$$l = \sum_{12}^1 (t_{med}/5)^{1,514} \quad (\text{Equação 3})$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times l^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times l^2 + 0,01791 \times l + 0,492 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

f: representa a função de ajuste do modelo para cada local, considerando-se que a equação é dada para calcular a ETP em um período de 12 horas de brilho solar, o que não ocorre em todas as regiões;

l: é o índice anual de calor;

a: é a função cúbica do índice anual de calor;

t_{med}: é a temperatura média do ar nos meses de janeiro a dezembro, em °C;

$\sum_{12}^1 t_{med}$: é o somatório das temperaturas médias do ar de janeiro a dezembro, em °C.

A latitude, na equação, foi expressa em graus decimais negativos e serviu para calibrar os valores de ETP para cada local.

Na etapa seguinte, os dados das 123 estações para as quais foram calculados os valores de evapotranspiração potencial (ETP) foram usados para gerar equações de regressão linear simples, permitindo que a evapotranspiração potencial fosse calculada em função da latitude, longitude e altitude para qualquer ponto georreferenciado na Região Sul do Brasil (Tabela 1). Com isso, foi possível estimá-la para todos os 564 pontos georreferenciados da rede de estações pluviométricas e calcular os valores de P-ETP estacionais, conforme segue (equação 5):

$$\text{Disponibilidade hídrica} = P\text{-ETP} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

P: precipitação pluviométrica total ocorrida na primavera, verão, outono ou inverno (mm) para as 564 estações pluviométricas e as 123 estações com dados de pluviosidade e evapotranspiração potencial;

ETP: evapotranspiração potencial total ocorrida na primavera, verão, outono ou inverno (mm), calculada para cada uma das 123 estações com dados de pluviosidade e temperatura pelas equações 1 a 4 ou para cada uma das 564 estações pluviométricas, pela equação 6.

$$\text{ETP} = \text{constante} + \alpha \times \text{longitude} + \beta \times \text{latitude} + \chi \times \text{altitude} \quad (\text{Equação 6})$$

Tabela 1. Coeficientes das equações de regressão linear simples usadas para calcular a evapotranspiração potencial (ETP) em função da longitude, da latitude e da altitude para a Região Sul do Brasil.

Estação	constante	α	β	χ	R^2
Primavera	-340,493	-6,68142	-6,63283	0,078486	0,81
Verão	2123,052	30,0753	16,7909	0,079605	0,77
Outono	-200,146	-5,94206	-1,68839	0,05584	0,76
Inverno	-892,158	-5,14189	-30,2402	0,065012	0,77

Além da análise de agrupamento, foi feito o mapeamento de P-ETP para a primavera, verão, outono e inverno, por meio da técnica de krigagem ordinária. Essa técnica foi escolhida por apresentar os melhores resultados, comparada a outras técnicas. O mapeamento por regressão linear, por exemplo, outra técnica de mapeamento geralmente usada para temperatura do ar, não tem bons resultados para P-ETP, apresentando baixo coeficiente de determinação (R^2).

A análise de agrupamento desdobrou-se em quatro etapas: escolha das variáveis classificatórias, especificação de uma medida de similaridade, seleção do método de agrupamento e decisão quanto ao número de grupos a serem formados.

2.1 Variáveis classificatórias

A escolha das variáveis classificatórias reflete o julgamento do investigador sobre a relevância das variáveis climáticas, de acordo com os propósitos da pesquisa. Na agricultura, geralmente a temperatura e a pluviosidade são as variáveis mais escolhidas, na escala temporal mensal, estacional ou anual. A escala anual não reflete as flutuações sazonais que ocorrem ao longo do ano. Por essa razão, as variáveis classificatórias foram escolhidas de forma a captar as flutuações, na escala estacional. Assim, foram calculados os valores de P-ETP e médias estacionais foram compostas para a primavera, verão, outono e inverno.

Em cada ponto de observação meteorológica fez-se a caracterização do perfil estatístico da disponibilidade hídrica ao longo do período de um ano.

2.2 Medida de similaridade

É fundamental que, na análise de agrupamento, seja definida uma medida de similaridade ou de distância entre os grupos a serem formados (KELLER et al., 2005; EVERITT, 1993). Neste caso, foi escolhida a medida métrica Euclidiana, porque as variáveis classificatórias selecionadas são medidas reais.

2.3 Método de agrupamento

Com o avanço da tecnologia e do uso da computação, foram desenvolvidos muitos métodos de agrupamento de objetos. Dois deles se distinguem: métodos não hierárquicos e métodos hierárquicos.

Não é possível, em princípio, estabelecer o número ideal de agrupamentos para P-ETP e, por esse motivo, os métodos hierárquicos aglomerativos são os mais recomendados (KAUFMAN; ROUSSEAU, 1990).

Entre as técnicas de agrupamento hierárquico destacam-se: ligação simples, ligação completa, método centróide, método da mediana, método das médias dos grupos e método da variância mínima (método de Ward). Para este trabalho, foi escolhida a técnica da variância mínima (WARD, 1963), recomendado por Edelbrock (1979), pois houve interesse de se maximizar a

homogeneidade dentro dos grupos, que é o objetivo deste método (SHARMA, 1996).

2.4 Número de grupos

A escolha do número de grupos a serem usados baseou-se nas análises gráficas do dendrograma da análise de agrupamento e no gráfico 'Distancia de Aglomeração'.

Para os grupos formados, foi calculada a média dos valores P-ETP com as estações pertencentes ao mesmo agrupamento apresentados em gráficos.

2.5 Resultados e Discussão

A identificação de zonas homogêneas de disponibilidade hídrica é importante no processo de seleção de zonas de menores riscos climáticos a serem usadas no zoneamento agrícola. O conhecimento dos padrões de disponibilidade hídrica pode auxiliar na escolha das espécies mais bem adaptadas a cada condição climática.

Na Região Sul, atuam sistemas atmosféricos complexos, responsáveis pela identificação de seis zonas homogêneas quanto à disponibilidade hídrica e que, em conjunto com as condições de relevo, favorecem o desenvolvimento de diferentes sistemas de exploração agrícola (KELLER et al., 2005; NOBRE, 1988) (Figuras 2, 3 e 4).

Os seis agrupamentos formados na análise são apresentados (Figuras 3 e 4) e descritos a seguir, destacando-se as características climáticas que têm em comum.

Grupo 1 - O Norte do Paraná é caracterizado pela transição entre climas quentes das latitudes baixas e climas frios das latitudes médias, com grande volume de chuvas que se concentram mais no verão e pouco no inverno, quando ocorrem períodos de estiagem, coincidindo com a época mais fria do ano (CAVIGLIONE et al., 2000). O déficit hídrico é maior no inverno no Noroeste (Figuras 2, 3 e 4) onde, inclusive, predominam solos arenosos do Arenito Caiuá. As principais culturas estabelecidas na região são a soja, a

mandioca, as pastagens e a cana-de-açúcar, além do café. A maioria das culturas anuais é cultivada em sistema de plantio direto. Nessa região, a vegetação típica é a Floresta Estacional Semidecidual (LEITE; KLEIN, 1990). O saldo acumulado em um ano entre precipitação e evapotranspiração potencial varia de 300 a 700 mm (WREGE et al., 2011), volume que pode ser armazenado nos solos e usado pelas culturas ou pela vegetação.

Grupo 2 - A maior parte do Litoral de Santa Catarina (Vale do Itajaí) e, ainda, a região Sudeste e a Oeste do Paraná integram esse agrupamento, na transição entre a segunda região mais chuvosa do Paraná, situada no Sudoeste do Estado, para o Noroeste e o Norte, região menos chuvosa, com um saldo anual de disponibilidade hídrica de 700 mm, onde os menores valores são verificados no outono, com um total de 135 mm, na média. De modo geral, no Litoral de Santa Catarina e do Paraná são cultivadas culturas de clima tropical, em função das altas temperaturas e baixa frequência de geadas, como arroz, banana, palmito, gengibre, entre outras, e nos planaltos do Paraná são cultivadas culturas anuais, como a soja, o trigo e o milho.

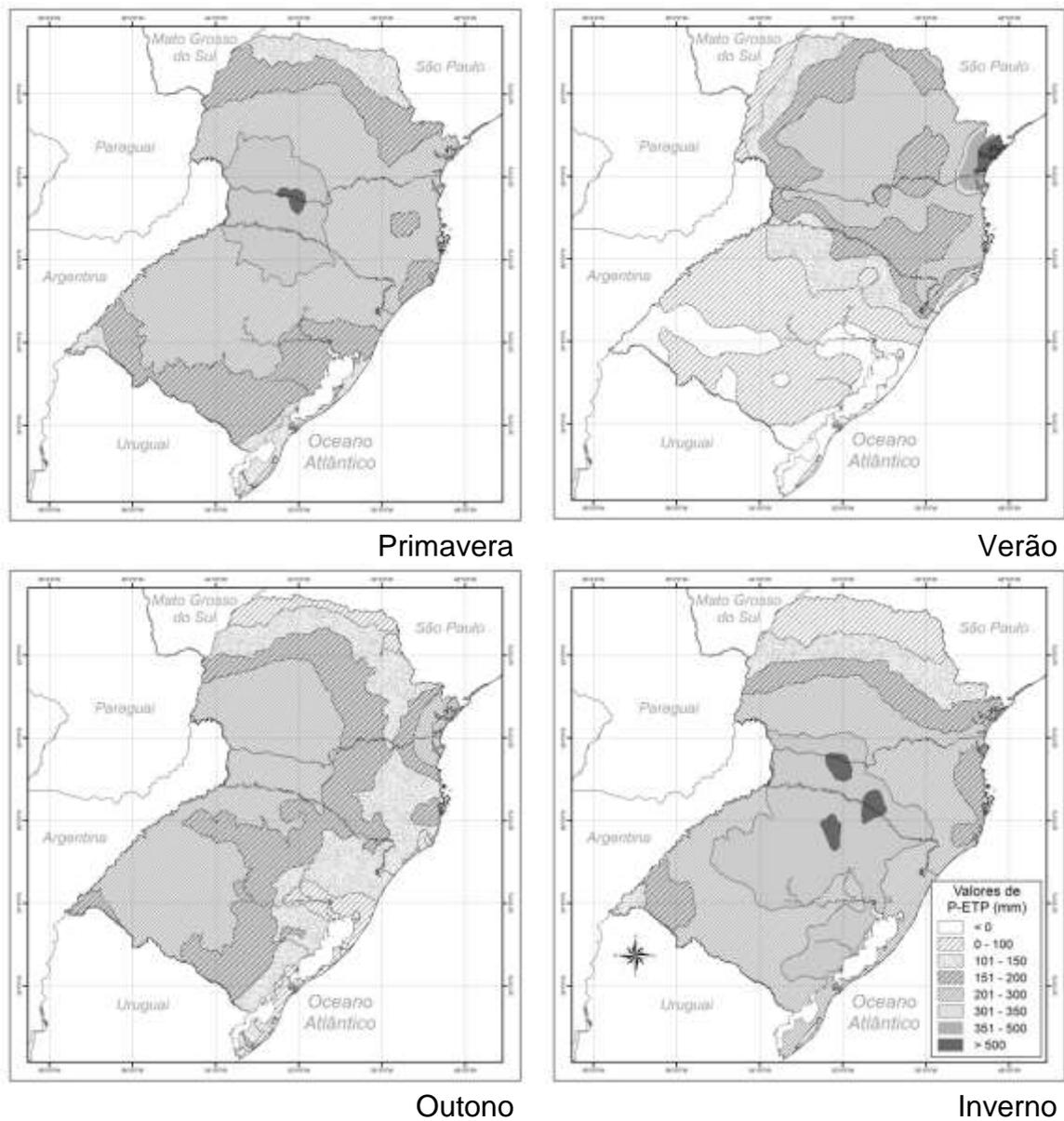


Figura 2. Mapeamento da disponibilidade hídrica (P-ETP em mm) nas estações do ano na Região Sul do Brasil.

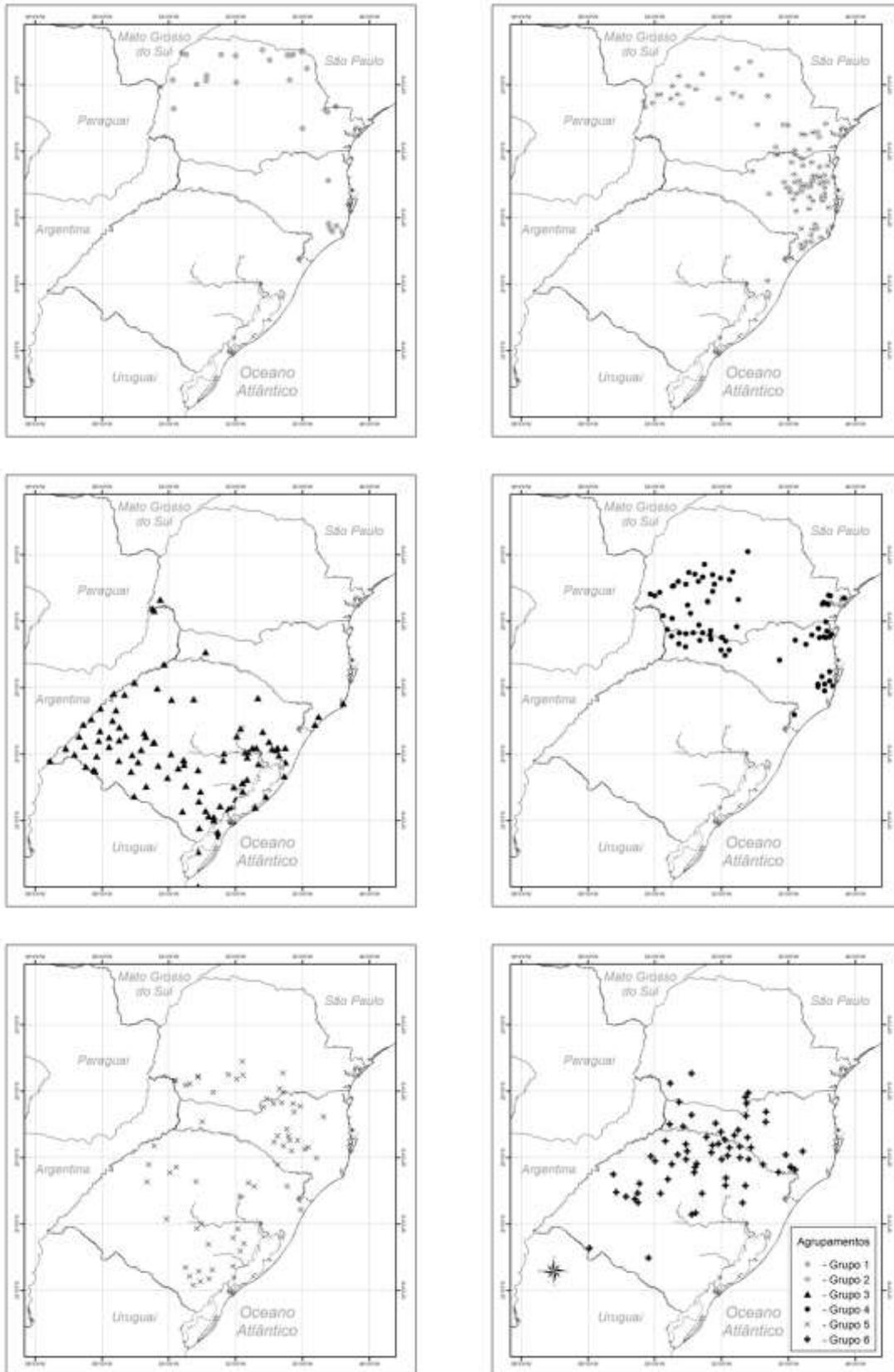


Figura 3. Seis grupos com características climáticas homogêneas formados pela rede de estações meteorológicas na Região Sul do Brasil, conforme a disponibilidade hídrica (P-ETP). Cada ponto no mapa representa uma estação meteorológica. As estações com o mesmo símbolo fazem parte de um mesmo agrupamento.

Grupo 3 - Na Metade Sul do Rio Grande do Sul existe a transição do regime pluviométrico da Região Sul do Brasil para o Uruguai, onde a concentração de chuvas no inverno é pouco maior que no verão (Figuras 2 e 3), evidenciando uma leve tendência mediterrânea. Nessa zona, a elevada evapotranspiração que ocorre no verão e baixa no inverno, também é responsável pela ocorrência de déficit hídrico no verão e pelo excedente hídrico no inverno. No verão, a disponibilidade hídrica atinge déficits de até 50 mm. O saldo anual entre precipitação e evapotranspiração potencial varia de 200 a 700 mm, incluindo a faixa litorânea, onde predomina a cultura do arroz irrigado (região de Terras Baixas). As principais atividades agrícolas da região, além do arroz irrigado, são a pecuária extensiva e a fruticultura de clima temperado. Na região de Piratini, onde existem solos mais profundos, existem plantios comerciais de acácia negra. Na maior parte da área predomina o Pampa (bioma Campos Sulinos), apresentando vegetação nativa herbácea e lenhosa de pequeno porte (LEITE; KLEIN, 1990). Esse bioma tem uma situação de fragilidade em razão da baixa disponibilidade hídrica no verão, principalmente na Fronteira Oeste, e o plantio em sistema intensivo de espécies florestais pode ter impacto no consumo de água, assim como em outras culturas com demanda hídrica elevada.

Grupo 4 - O Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina são as zonas com os maiores volumes de chuva da Região Sul, depois do Litoral, chegando a mais de 2000 mm em um ano, com a chuva concentrando-se um pouco mais no verão e pouco menos no inverno (Figura 2). O saldo entre precipitação e evapotranspiração potencial em um ano nessa região é de 800 a 1200 mm (ALMEIDA et al., 2011). Em função do grande volume pluviométrico que ocorre na região, as culturas anuais, como o trigo, por exemplo, têm alta produtividade, mas elevado risco de chuva na colheita, que pode prejudicar a

qualidade do produto final (CARAMORI et al., 2003). A região tem relevo bastante acidentado, com variações de altitude que permitem explorar diversos sistemas agrícolas diferenciados, desde a soja, o milho e o trigo, até fruticultura de clima temperado nas regiões de maior altitude e mais frias (KELLER et al., 2005).

Esse grupo ainda abrange parte da região litorânea, principalmente do Paraná e algumas zonas de Santa Catarina (Litoral Norte e Central). A zona litorânea formada pelo Paraná e divisa com Santa Catarina (Litoral Norte) é a região tropical com a maior pluviosidade da Região Sul, chegando na Serra do Mar a níveis que variam entre um total anual de 3500 a 4000 mm (WREGE et al., 2011), semelhante aos maiores valores encontrados na zona litorânea de São Paulo (KELLER et al., 2005). A maioria das culturas tradicionais pode apresentar problemas fitossanitários se cultivadas nessa região, em função da elevada umidade. Por essa razão, as culturas implantadas são tolerantes à alta umidade. A vegetação típica da região é a Floresta Ombrófila Densa (LEITE; KLEIN, 1990). O saldo anual entre precipitação e evapotranspiração potencial varia de 1100 a 1600 mm.

Grupo 5 - As regiões serranas do Paraná (Sul do Estado), de Santa Catarina (região central) e do Rio Grande do Sul (Nordeste) apresentam clima temperado e são as zonas mais frias dos Estados da Região Sul do país, com ocorrência frequente de geadas no outono-inverno, em função da combinação das latitudes médias com o relevo predominantemente de altitude, com fruticultura de clima temperado. Uma espécie florestal muito plantada nessa região é o pinus (*Pinus taeda*), por exemplo, e é a região onde predomina a Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta com Araucária, sendo a araucária a espécie florestal nativa mais representativa da região (WREGE et al., 2009). O saldo anual entre precipitação e evapotranspiração potencial é de 800 a 1000 mm.

Grupo 6 - O Noroeste do Rio Grande do Sul é a região conhecida como Celeiro do Estado, pelo fato de agregar características climáticas que favorecem o cultivo da maioria dos grãos, como o trigo e a soja, por exemplo. A

produtividade é elevada na maioria dos anos, em parte graças ao regime pluviométrico, com chuvas regulares o ano todo e com um balanço hídrico favorável, principalmente no inverno (Figura 4), com um excedente entre 300 a 350 mm nessa estação. Ao longo da calha do Vale do Uruguai ainda são cultivadas espécies de clima tropical, como a cana-de-açúcar, por exemplo.

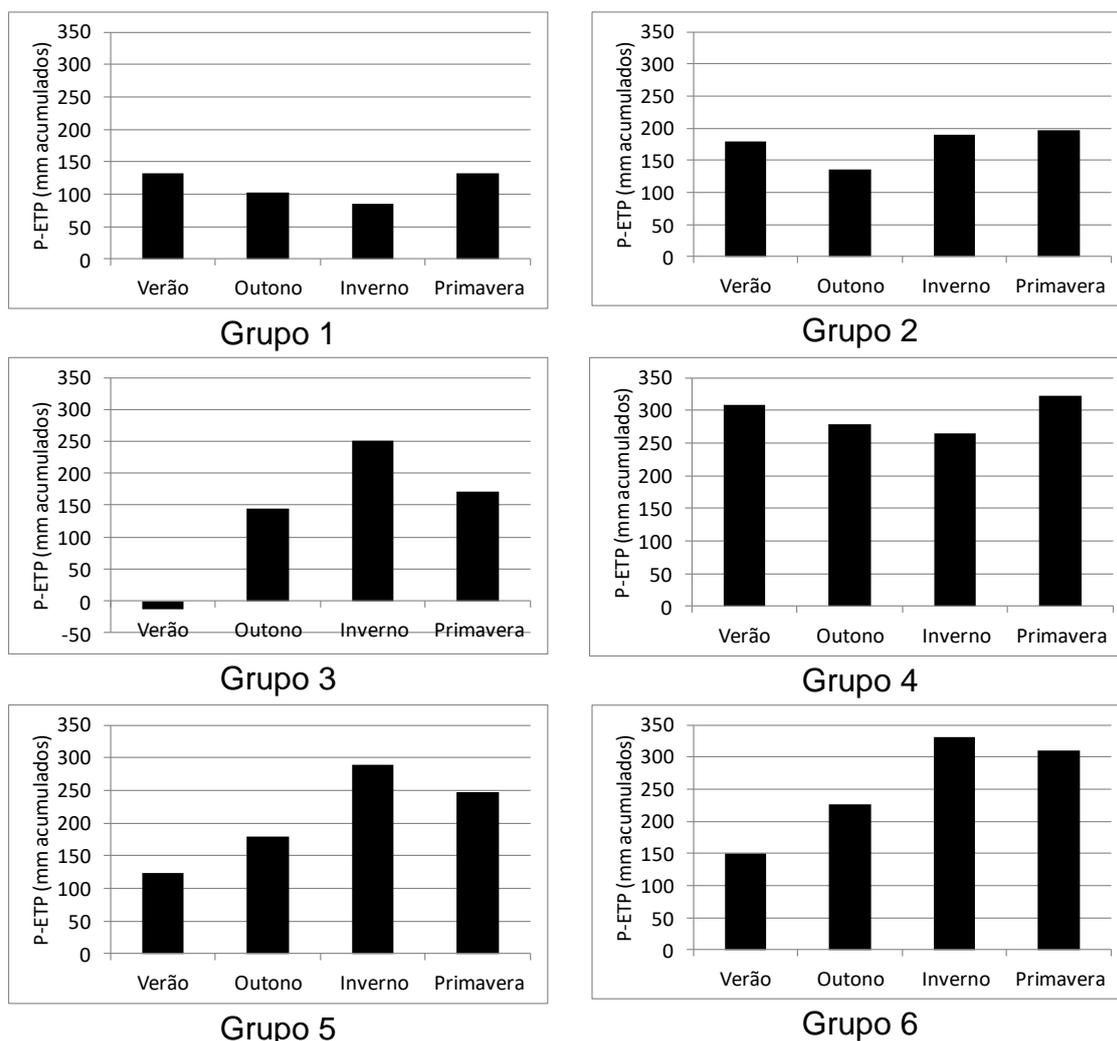


Figura 4. Gráficos de disponibilidade hídrica média (mm estação⁻¹) para cada grupo de observações similares na Região Sul do Brasil, de acordo com a análise de agrupamento.

De modo geral, a ocorrência de vórtices ciclônicos de alto nível de origem tropical que provocam chuvas e ventos fortes, a Alta da Bolívia, os sistemas frontais e a zona de convergência do Atlântico Sul (MARENGO et al., 2012; TEDESCHI et al., 2013, 2014), interagindo com as condições de relevo, explicam os motivos de existência de sistemas de exploração agrícola diferenciados na Região Sul do Brasil, com a produção de grãos, atividade pecuária, fruticultura de clima temperado e subtropical, além de sistemas de plantio intensivo de espécies florestais e, por essa razão, os estudos de zonas

homogêneas são importantes na elaboração dos zoneamentos climáticos feitos para essa região do país.

Analisando as figuras 2, 3 e 4, observa-se que o extremo Sul do Brasil apresenta-se com períodos de estiagem no verão e é a região de maior déficit hídrico nesse período (50 mm), o que pode prejudicar a produtividade agrícola e aumentar os riscos de frustração de safras. Por outro lado, no inverno, o Noroeste do Paraná é o que se apresenta com os menores saldos de P-ETP.

O Litoral da Região Sul (Paraná e Norte de Santa Catarina) é o mais chuvoso e com os maiores excedentes de água, sendo a região ideal para culturas tropicais que necessitam de muita água e tenham tolerância às doenças causadas pelo excesso de umidade. O Litoral Sul do Rio Grande do Sul tem alta disponibilidade hídrica no inverno e pouca no verão e é ideal para culturas anuais que necessitam de irrigação no verão, sobretudo o arroz, fora do período de geadas.

Finalmente, as regiões Sudoeste do Paraná, Oeste de Santa Catarina e Noroeste do Rio Grande do Sul são as de maiores volumes de chuva e de disponibilidade hídrica, depois do Litoral, onde as culturas têm elevada produtividade, mas a chuva na colheita constitui um risco para a maioria das culturas de grãos, prejudicando sua qualidade, dificultando as operações no campo e aumentando os riscos de ocorrência de pragas e de doenças.

3. CONCLUSÕES

A utilização de uma ampla base de dados climáticos na região sul do Brasil permite realizar estudos de qualidade, permitindo identificar grupos com padrões homogêneos similares e mostrar as diferenças existentes entre as diversas regiões.

A análise hierárquica mostrou-se adequada para a identificação de zonas homogêneas quanto à disponibilidade hídrica, permitindo identificar seis zonas homogêneas na Região Sul do Brasil.

O agrupamento da disponibilidade hídrica em zonas homogêneas contribui para auxiliar nos estudos de distribuição geográfica das espécies

nativas e de riscos climáticos para as culturas agrícolas, incluindo as culturas anuais e perenes.

O estudo permite auxiliar no planejamento de uso da terra, identificando zonas mais secas, como a Metade Sul do Rio Grande do Sul no verão ou o Noroeste do Paraná no inverno e zonas com maior pluviosidade, como o Sudoeste do Paraná, Oeste de Santa Catarina e Noroeste do Rio Grande do Sul em quase todo o ano e colabora, dessa forma, para subsidiar a escolha das espécies mais bem adaptadas a cada região de acordo com as características do clima.

4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. R. de ; RADIN, B.; WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; CUNHA, G. R. da . Atlas Climático do Rio Grande do Sul. 2011. (Cartas, mapas ou similares/Mapa).

ASSAD, E.D.; MACEDO, M.A.; CÂMARA, G.; OLIVEIRA, J.C. de; BARBOSA, A.M. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.581-587, 2001.

CARAMORI, P.H.; WREGE, M. S.; GONÇALVES, S. L.; FARIA, R. T. de; CAVIGLIONE, J. H.; OLIVEIRA, D. de; GALDINO, J.; PUGSLEY, L.; SILVA, M. J. A. da ; BORROZZINO, E.; SONOMURA, M. G. Y.; GIACOMINI, C. C. Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná. 1. ed. Londrina: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2003. v. 1. 76p .

CAVIGLIONE, J. H.; KILHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.; PUGSLEY, L. Cartas Climáticas do Paraná. 2000. CD-ROM.

DINIZ, G.B. BERLATO, M.A., CLARKE, R. T., FONTANNA, D. C. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máximas e mínimas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. V.11, n.2, p. 303-312. 2003.

EDELBRÖCK, C. Comparing the accuracy of hierarchical clustering algorithms: the problem of classifying everybody. **Multivariate Behavior Research**, v.14, p.367-384, 1979.

EVERITT, B.S. **Cluster Analysis**. 3nd ed. London: Heinemann Educational Books, 1993. 122 p.

FRITZSONS, E. et al. Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no Estado do Paraná. **Revista Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 23, nov. 2011. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/view/24921>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

FRITZSONS, E., MANTOVANI, L., WREGE, M.S. Carta de unidades geoclimáticas para o Estado do Paraná para uso florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 30, out. 2010. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/162>>. Acesso em: 14 jan. 2011.

GÖPFERT, H.; ROSSETTI, L.A.; SOUZA, J. **Eventos generalizados e seguridade agrícola**. Brasília: IPEA, 1993. 65 p.

KAUFMAN, L.; ROUSSEAU, W. **Finding groups in data: an introduction to cluster analysis**. New York: John Willey & Son, 1990.

KELLER, T.; ASSAD, E.D.; LIMA, P.S. de R. **Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

LEITE, P.F., KLEIN, R.M. Vegetação. In: **Geografia do Brasil**, Região Sul, Rio de Janeiro, Brazil, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). v. 2, p. 113-150, 1990.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; SILVA DIAS, P. L.; CAVALCANTI, I. F.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUÉS-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. . Recent developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v. 32, p. 1-21, 2012.

NOBRE, C.A. Ainda sobre a zona de convergência do Atlântico Sul: a importância do Oceano Atlântico. **Climanálise**, v.3, p.30-33, 1988.

RIBEIRO, C.A.D.; PEZZOPANE, J.R.M.; PEZZOPANE, J.E.M.; LOOS, R.A.; XAVIER, A.C.; CECÍLIO, R.A.; NEVES, M.A. Delimitação de microrregiões

agroclimáticas e suas relações com o potencial produtivo da cultura do eucalipto. **Floresta**, Curitiba, PR, v.41, p.779-786, 2011.

SCHUBNELL, P.R. Redução do risco climático na agricultura: uma abordagem probabilística. 2 - Resultados obtidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SEGURIDADE E ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO MERCOSUL, 1, 1998. p. 513-522.

SHARMA, S. Applied multivariate techniques. New York: John Wiley & Sons, 1996.

TEDESCHI, R. G.; CAVALCANTI, I. F. A.; GRIMM, A. M. Influences of two types of ENSO on South American precipitation. **International Journal of Climatology**, v. 33, p. 1382-1400, 2013.

TEDESCHI, R. G.; GRIMM, A. M.; CAVALCANTI, I. F. A. Influence of Central and East ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral spring and summer. **International Journal of Climatology**, v. n/a, p. n/a-n/a, 2014.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification climate. **Geographical Review**, New York, v.38, p.55-94, 1948.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v.58, p.236-244, 1963.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Glossary of terms used in agrometeorology**. CAGM Report n.20, 1984, 254 p.

WREGE, M. S.; HIGA, R. C. V.; BRITEZ, R.M.; GARRASTAZU, M. C.; SOUSA, V.A.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B. ; BRAGA, H. J.. CLIMATE CHANGE AND CONSERVATION OF *Araucaria angustifolia* IN BRAZIL. **Unasyuva** (English ed. Print), v. 60, p. 30-33, 2009.

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.