

## Regime Hídrico do RS durante os eventos ENOS dos anos de 1987 e 1999

The water regime of RS during the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) events of the years 1987 and 1999

Morgana Vaz da Silva<sup>1</sup>; Cláudia Rejane Jacondino de Campos<sup>2</sup>; Luciana Barros Pinto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa - Campus UFV - Viçosa, MG, Brasil

<sup>2,3</sup>Universidade Federal de Pelotas - Pelotas, RS, Brasil

### Resumo

*Neste trabalho foram determinadas e analisadas sazonalmente as anomalias do Balanço Hídrico (BH) para os anos de 1987 e 1999 em relação ao Balanço Hídrico Climatológico para o RS no período de 1977 a 2006, visando analisar o impacto dos eventos El Niño (EN) de 1987 e La Niña (LN) de 1999 no regime hídrico do Rio Grande do Sul (RS), detectando épocas e regiões de excesso ou déficit de água. Para o cálculo do BH foram utilizados dados de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica, obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia. Os balanços hídricos foram calculados pelo método proposto por Thornthwaite e Mather, e a evapotranspiração pelo método de Thornthwaite. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a atuação do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) influenciou no regime hídrico dos anos analisados. O ano de 1987 foi mais úmido do que o normal na maior parte do RS, exceto no extremo sul do Estado onde foram observadas anomalias negativas de precipitação e déficits hídricos, devido à atuação do fenômeno EN. Por outro lado, 1999 foi um ano mais seco do que a normal climatológica de 1977 a 2006, devido à atuação do fenômeno LN. Os excedentes hídricos observados em 1999 foram registrados nas regiões norte e noroeste do RS.*

**Palavras-chave:** Balanço hídrico, El Niño-Oscilação Sul, anomalias de precipitação.

### Abstract

*In this work were determined and analyzed the seasonal water balance (WB) anomalies for 1987 and 1999 in relation to the Rio Grande do Sul (RS) climatic WB in the period from 1977 to 2006 to evaluate the El Niño (EN) 1987 and La Niña (LN) 1999 impact in the RS water regime, detecting periods and regions with excess or deficit of water. To calculate the WB were used air temperature and rainfall data, obtained from the National Institute of Meteorology. The water balances were calculated by Thornthwaite and Mather method, and evapotranspiration by the Thornthwaite method. The results showed that El Niño-Southern Oscillation (ENSO) affected the water regime of the analyzed years. The 1987 year was wetter than normal in most the RS, except in the extreme south the state where it was found negative precipitation anomalies and deficit of water, due to the occurrence of EN. On the other hand, 1999 was a year drier than the climatology from 1977 to 2006, due to the occurrence of LN. Excess of water observed in 1999 were registered on RS north and northwest regions.*

**Keywords:** Water balance, El Niño-Southern Oscillation, rainfall anomalies.

Recebido em: 09.08.12, Aceito em: 06.02.14

## 1 Introdução

O Rio Grande do Sul (RS) sofre a influência de sistemas meteorológicos de diferentes escalas espaciais e temporais que afetam o seu regime de chuvas. Logo, a variação da precipitação no RS gera variações no armazenamento hídrico do solo que causam, de diversas formas, prejuízos à sua economia (DAVIS, 2000).

Dentro deste contexto, o regime hídrico de uma região, que é determinado pela disponibilidade de água no solo, pode ser estimado, utilizando variáveis como precipitação (quantidade de água que o solo recebe da atmosfera) e evapotranspiração (perdas de água do solo e das plantas para a atmosfera). A comparação dos dados desses dois processos opostos permite, através de um sistema de Balanço Hídrico (BH), estimar os dados sobre a disponibilidade de água no solo (SILVA et al., 1998). Portanto, o BH consiste em um método prático que contabiliza as entradas e saídas de água no solo, permitindo determinar as regiões que apresentam déficit ou excesso hídrico, sendo de fundamental importância nos diversos campos de atividades humanas que tratam da utilização e manejo da água (PEREIRA et al., 1997; PEREIRA et al., 2002; TOMASELLA & ROSATO, 2005).

Embora a distribuição sazonal da precipitação pluvial no RS seja bastante uniforme (BERLATO, 1992), vários estudos mostram que esta apresenta uma variabilidade espacial significativa, com totais anuais de precipitação na Metade Norte do Estado (MN-norte de 30°S) superiores aos registrados na Metade Sul (MS-sul de 30°S) (NIMER, 1989; IPAGRO, 1989; ÁVILA et al., 1996; BERLATO et al., 2000; MATZENAUER et al., 2007). Além disso, segundo Grimm et al. (2000), a variabilidade interanual da precipitação em toda a Região Sul do Brasil está relacionada a fenômenos de circulação atmosférica, tanto em escala regional quanto global. Dentre os fenômenos de grande escala que alteram a circulação global e os padrões de precipitação em diversas partes do globo, pode-se citar o fenômeno climático ENOS (El Niño-Oscilação Sul). Diversos pesquisadores (KOUSKY & CAVALCANTI, 1984; FONTANA & BERLATO, 1997; DIAZ et al., 1998; GRIMM et al., 2000) demonstraram que existe no Sul do Brasil um evidente sinal de variabilidade climática relacionado com o fenômeno ENOS, ou seja, os episódios quentes (El Niño-EN) estão relacionados com a precipitação pluvial acima da normal e os episódios frios (La Niña-LN), relacionados à diminuição da precipitação pluvial no RS.

Pelo exposto, fica clara a importância do estudo do regime hídrico do solo (BH) no RS, para o conhecimento do seu comportamento durante a ocorrência do

fenômeno ENOS, uma vez que a distribuição espacial pluviométrica no Estado não é uniforme gerando déficits ou excessos hídricos que causam impacto na população em geral, na área econômica e agrícola.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar e analisar sazonalmente as anomalias do BH para os anos de 1987 (BH<sub>1987</sub>) e 1999 (BH<sub>1999</sub>) em relação ao Balanço Hídrico Climatológico para o RS no período de 1977 a 2006 (BHC), visando analisar o impacto dos eventos EN de 1987 e LN de 1999 no regime hídrico do RS, detectando épocas e regiões de excesso ou déficit de água.

Cabe destacar que os anos de 1987 e 1999 foram escolhidos para este estudo por serem anos com atuação moderada do fenômeno EN (CLIMANÁLISE, 1987) e LN (CLIMANÁLISE, 1999) podendo favorecer a ocorrência de excedentes e déficits hídricos no RS.

## 2 Materiais e métodos

Utilizou-se para o cálculo do BHC, do BH<sub>1987</sub> e do BH<sub>1999</sub>, dados mensais de temperatura média do ar (Tm) e precipitação pluvial (P) do período de 1977 a 2006, de 16 estações meteorológicas de superfície (EMS) distribuídas no RS (Fig. 1), pertencentes ao 8° DISME/INMET (Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia). As 16 EMS foram escolhidas por estarem bem distribuídas e por pertencerem a diferentes regiões ecoclimáticas (regiões com características climáticas semelhantes) do RS. Os dados foram tratados pelo professor Gilberto Barbosa Diniz, que realizou a consistência destes e o preenchimento de suas falhas utilizando técnicas estatísticas descritas em Diniz (2002).

Os balanços hídricos foram calculados para cada uma das 16 estações meteorológicas, para o período de 1977 a 2006 (BHC) e para os anos de 1987 (BH<sub>1987</sub>) e 1999 (BH<sub>1999</sub>) pelo método proposto por Thornthwaite & Mather (1955), uma vez que o mesmo utiliza em seus cálculos elementos climatológicos que são os mais observados e de melhor qualidade (P e Tm) (TOLEDO et al., 2002). Este método é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela precipitação (P) e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD), o BHC fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF, situação na qual a saída de água em um ambiente é maior do que a sua retenção), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM),

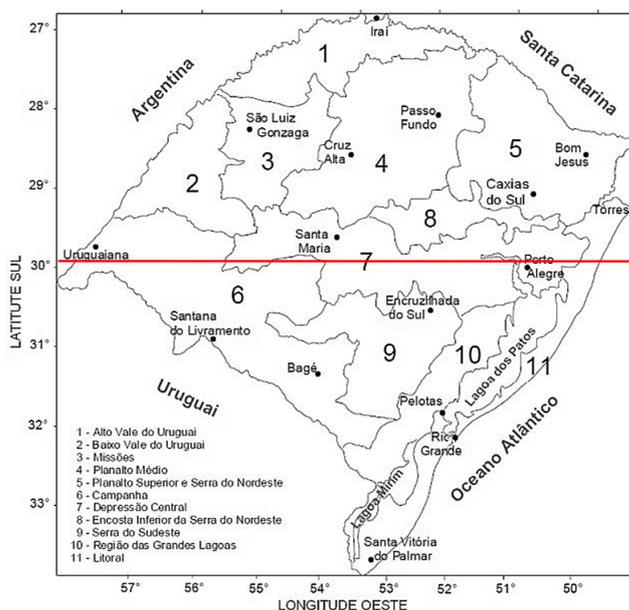


Figura 1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas neste trabalho, em suas respectivas Regiões Ecolimáticas.

para cada mês do ano (CAMARGO, 1971; PEREIRA et al., 1997). Cabe lembrar que ETP corresponde à água utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo e cobrindo totalmente o terreno, estando este bem suprido de umidade, ou seja, em nenhum instante a demanda atmosférica é restringida por falta d’água no solo (PENMAN, 1956). Já a ETR é a evapotranspiração que ocorre numa superfície vegetada, independente de sua área, seu porte e das condições de umidade do solo. Portanto, é aquela que ocorre em qualquer circunstância, sem imposição de qualquer condição de contorno.

Para a estimativa da ETP foi utilizado o procedimento proposto por Thornthwaite (1948), o qual tem a vantagem de necessitar apenas dos dados de Tm dos períodos e da latitude local, fornecendo resultados confiáveis entre as latitudes de 40°N e 40°S (DOURADO & LIER, 1991). Para a capacidade de água disponível (CAD), considerou-se o valor de 100 mm, uma vez que Camargo (1971) e Tubelis & Nascimeto (1983) sugerem que esse valor pode ser considerado para as plantas agrícolas em geral.

Foi adotada uma planilha EXCEL, para o cálculo dos BH, desenvolvida por Rolim et al., (1998), que utiliza o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e, para o cálculo da evapotranspiração (ETP), o método Thornthwaite (1948).

Para a análise sazonal, os dados resultantes do cálculo do BHC, do BH<sub>1987</sub> e do BH<sub>1999</sub> foram separados por trimestres que representam cada uma das estações do ano (ARAÚJO, 2005): período quente (Jan-Fev-Mar, JFM), período temperado frio (Abr-Mai-Jun, AMJ),

período frio (Jul-Ago-Set, JAS) e período temperado quente (Out-Nov-Dez, OND).

A separação por trimestres dos componentes do BHC, do BH<sub>1987</sub> e do BH<sub>1999</sub>, para cada uma das 16 estações meteorológicas utilizadas neste trabalho, foi feita somando-se os valores de P, disponibilidade hídrica (P-ETP), DEF e EXC de cada um dos três meses que compõe cada trimestre. Depois de computados os DEF e EXC trimestrais, conforme descrito acima, estes foram confrontados para definir o regime hídrico do RS, ou seja, em que regiões do Estado, naquele trimestre, ocorreram deficiência hídrica (no caso da diferença entre EXC e DEF ser negativa) ou excedente hídrico (no caso da diferença entre EXC e DEF ser positiva).

Na sequência foram calculadas e analisadas as anomalias sazonais de P, P-ETP, DEF e EXC de 1987 e 1999 em relação ao período de 1977 a 2006.

### 3 Resultados e discussão

A distribuição anual da precipitação pluvial nos anos de 1987 e 1999 (Fig. 2) mostra que os maiores volumes pluviométricos foram registrados na MN quando comparados com a MS do RS, nos dois anos analisados.

Para o ano de 1987 pode-se observar na Fig. 2a que na região noroeste da MN o volume pluviométrico ultrapassou 2.100 mm anuais e na MS, na região da campanha (sudoeste do Estado) e extremo Sul do RS, os volumes de chuva foram inferiores a 1.350 mm. Pode-se observar também que em 1987 em praticamente todo

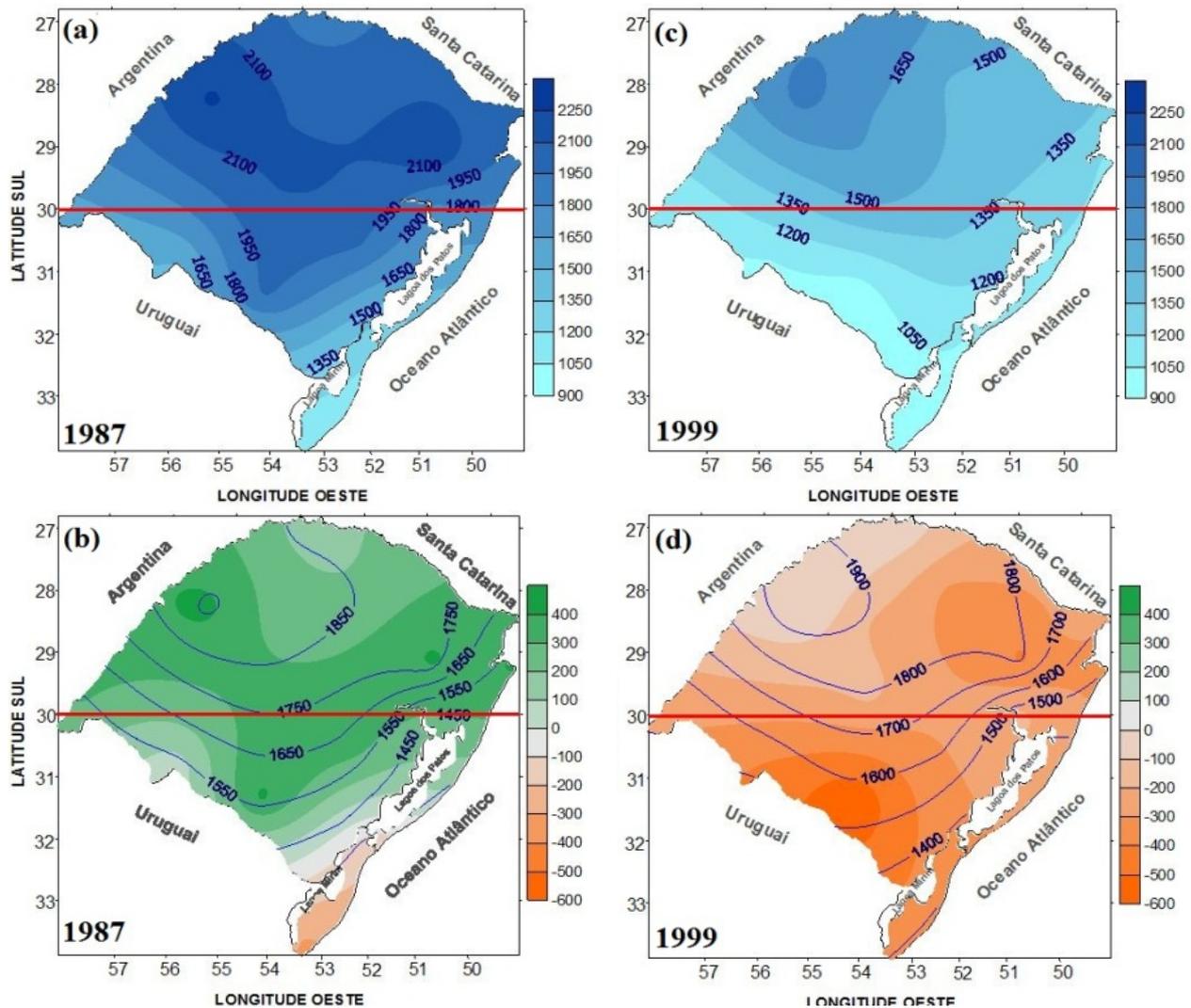


Figura 2 - Distribuição anual da precipitação pluvial (mm) no RS em 1987 (a) e 1999 (c) e anomalias de precipitação pluvial (mm) de 1987 (b) e 1999 (d) (contornos em laranja e verde) em relação à normal climatológica do período de 1977 a 2006 (isolinhas).

o Estado ocorreram anomalias positivas de P (Fig. 2b), ou seja, neste ano a precipitação pluvial na região ficou acima da normal climatológica do período de 1977 a 2006. Além disso, as regiões norte e sudoeste foram as que apresentaram as maiores anomalias positivas de P neste ano. Exceção ocorreu no extremo sul onde foram registradas anomalias negativas de P neste ano.

Para o ano de 1999 pode-se observar na Fig. 2c uma isoietas de 1.350 mm que corta o RS de leste a oeste, próximo a 30°S, com valores superiores ao Norte e inferiores ao Sul. Na região noroeste da MN o volume pluviométrico ultrapassou 1.700 mm anuais e na MS, na região da campanha (sudoeste do Estado) e extremo Sul, os volumes de chuva foram inferiores a 1.050 mm. Observa-se ainda que em 1999 em todo o RS ocorreram anomalias negativas de P (Fig. 2d), o que mostra que neste ano a precipitação pluvial ficou

abaixo da normal climatológica do período de 1977 a 2006. As regiões nordeste e sudoeste do Estado foram as que apresentaram as maiores anomalias negativas de precipitação pluvial neste ano.

O registro de volume pluviométrico anual acima da normal em 1987 (Fig. 2b) e abaixo da normal em 1999 no RS (Fig. 2d) pode ser justificado pela atuação do fenômeno ENOS nas suas fases quente (CLIMANÁLISE, 1987) e fria (CLIMANÁLISE, 1999), respectivamente, que são episódios relacionados à aumento (EN) e diminuição (LN) da precipitação pluvial no RS.

Conforme mencionado anteriormente, apesar da variabilidade espacial observada no RS, a distribuição da precipitação nas quatro estações do ano é bastante uniforme (BERLATO, 1992). Porém é importante destacar que os Sistemas Meteorológicos

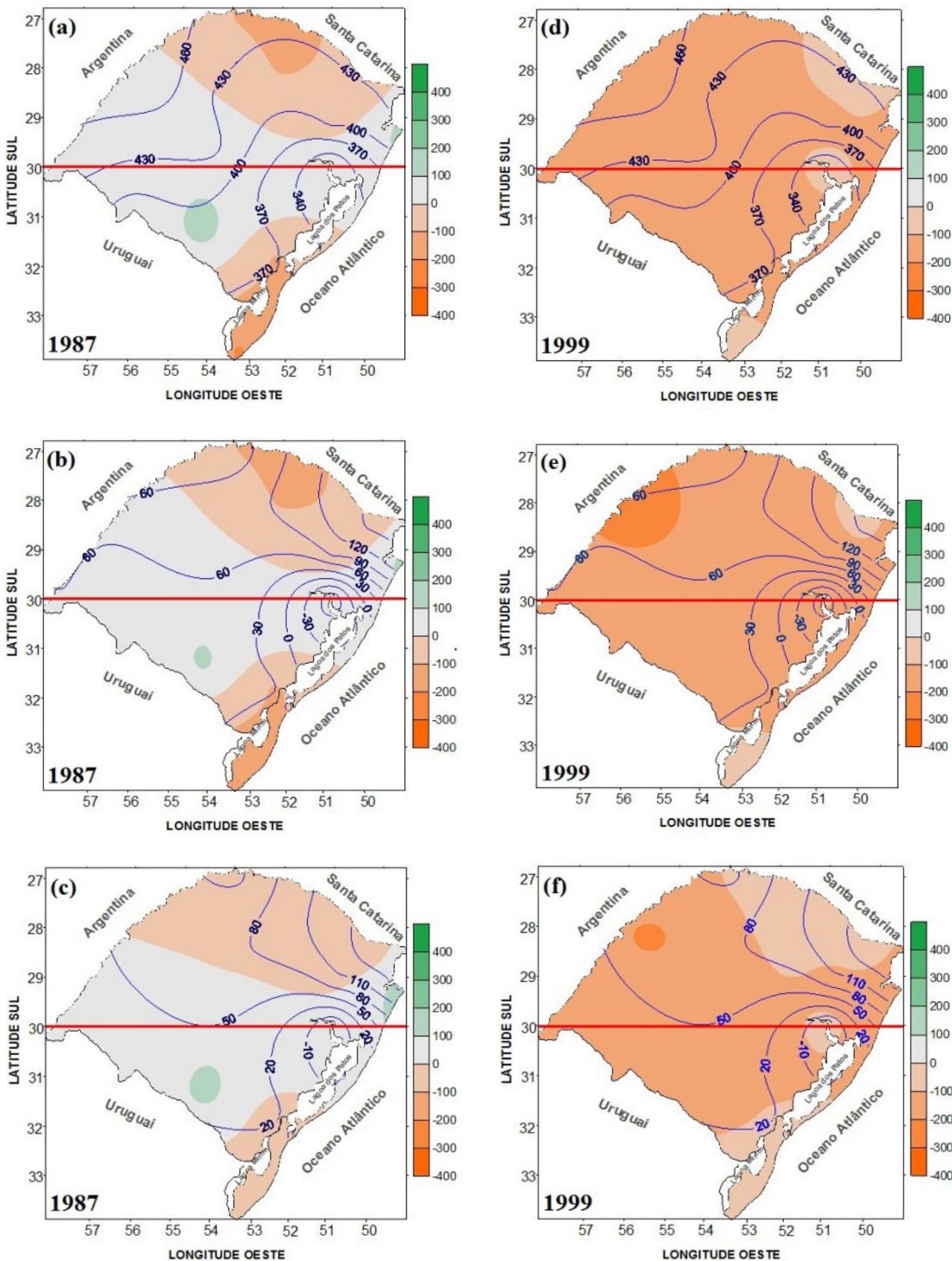


Figura 3. Anomalias dos componentes do BH1987 e BH1999 (sombreado) em relação ao BHC (isolinhas) para JFM: (a, d) precipitação pluvial, (b, e) disponibilidade hídrica e (c, f) deficiência hídrica (contornos em laranja) e/ou excesso hídrico (contornos em verde).

que geram a precipitação no RS, que são principalmente os Sistemas Frontais (SF) e os SCM, apesar de atuarem durante todo o ano são mais frequentes em determinadas estações. Ou seja, parte da precipitação registrada nas estações frias (AMJ e JAS) é mais associada a sistemas sinóticos (SF), enquanto que nas estações quentes (OND e JFM) a precipitação registrada é mais associada a sistemas de mesoescala (SCM) (OLIVEIRA, 1986; LEMOS; CALBETE, 1996; JUSTI DA SILVA & SILVA DIAS, 2002; CAVALCANTI & KOUSKY, 2003; SCAGLIONI & SARAIVA, 2005; MARQUES, 2005; CAMPOS et al., 2007, CAMPOS; SILVA, 2010). Isso faz com que ocorram diferenças no regime hídrico sazonal do RS.

Para verificar o impacto dos eventos EN de 1987 e LN de 1999 no regime hídrico sazonal do RS foram analisadas as anomalias de P, P-ETP, DEF e EXC de 1987 e 1999 em relação à condição normal do período de 1977-2006, conforme mostram as Figs. 3 a 6. Na Fig. 3 são apresentadas as anomalias dos componentes (P, P-ETP, DEF e EXC) do BH<sub>1987</sub> e do BH<sub>1999</sub> em relação ao BHC para o período quente (JFM).

No período quente (JFM) observaram-se tanto anomalias negativas quanto positivas de P e P-ETP no ano de 1987. As anomalias negativas de P (Fig. 3a) e P-ETP (Fig. 3b) foram observadas nas regiões norte da MN e extremo Sul da MS do RS (superiores a 100 mm). A demanda evaporativa superior ao volume pluviométrico neste trimestre, nestas regiões, gerou desvios negativos do regime hídrico, ou seja, déficit hídrico (Fig. 3c). Por outro lado, os desvios positivos de P e P-ETP, que atingiram valores superiores a 100 mm, foram observados em dois pontos bem localizados, um no sudoeste do RS próximo à fronteira com o Uruguai e outro no extremo nordeste do RS. A ocorrência de volume pluviométrico superior à evapotranspiração, nestes dois pontos bem localizados, gerou anomalias positivas do regime hídrico, ou seja, excedente hídrico (Fig. 3c).

Em 1999, no período quente (JFM), observaram-se anomalias negativas de P (Fig. 3d) e P-ETP (Fig. 3e) em todo o RS. As maiores anomalias negativas de P (entre 100 e 200 mm) e os maiores índices evaporativos foram registradas na região noroeste da MN e na região sudoeste da MS do RS. Portanto, os menores volumes pluviométricos em relação à normal climatológica deste trimestre (Fig. 3d) associado a maiores índices evaporativos (Fig. 3e) geraram anomalias negativas no regime hídrico em todo o RS, principalmente na região noroeste que registrou as maiores anomalias negativas no regime hídrico (superior a 180 mm), ou seja, déficit hídrico (Fig. 3f). Pode-se observar que o primeiro trimestre de 1999 (JFM) foi o mais seco, quando comparado com os demais trimestres deste

ano, pois apresentou desvios negativos do regime hídrico maiores em relação ao período de 1977 a 2006, em todo o RS, principalmente na região noroeste.

Na Fig. 4 são apresentadas as anomalias dos componentes (P, P-ETP, DEF e EXC) do BH<sub>1987</sub> e do BH<sub>1999</sub> em relação ao BHC para o período temperado frio (AMJ).

Em 1987 no período temperado frio (AMJ), assim como em JFM, foram observadas anomalias positivas e negativas de P (Fig. 4a) e P-ETP (Fig. 4b) no RS. As anomalias positivas de P e P-ETP foram observadas somente na MN do RS, onde ocorreram anomalias positivas no regime hídrico, ou seja, nesta região foi registrado excedente hídrico (Fig. 4c). Esse fato ocorreu porque o volume precipitado foi superior a demanda evaporativa, nesta região. Por outro lado, as anomalias negativas de P e P-ETP foram observadas nas regiões sudoeste (de até 100 mm) e extremo Sul do RS (superiores a 100 mm). Portanto nestas regiões da MS do RS foram observadas anomalias negativas no regime hídrico (déficit hídrico), pois a demanda evaporativa não foi suprida pela precipitação.

No período temperado frio (AMJ) em 1999 foram observadas tanto anomalias positivas quanto negativas de P (Fig. 4d) e P-ETP (Fig. 4e) no RS. Neste trimestre as anomalias positivas de P cobriram uma maior região, quando comparadas com aquelas dos trimestres JAS e OND. Na região noroeste da MN do RS foram observadas anomalias positivas de P (máximo 100 mm), apenas em um ponto bem localizado foi superior a 100 mm. Por outro lado, na região nordeste do Estado foi observado anomalia de P de até 100 mm abaixo da normal climatológica. A MS do RS, neste trimestre caracterizou-se por apresentar anomalias positivas e negativas de P nas regiões leste (de até 100 mm) e oeste (superior a 100 mm) do RS, respectivamente. A ocorrência de menores volumes pluviométricos associados a maiores índices evaporativos (menor disponibilidade de água), nas regiões nordeste e sudoeste do RS, gerou anomalias negativas no regime hídrico do RS em relação a normal climatológica nestas regiões (Fig. 4f), ou seja, houve déficit hídrico. Por outro lado os maiores volumes de chuva (Fig. 4d) associados a menores índices evaporativos (Fig. 4e) observados nas regiões norte da Lagoa dos Patos e noroeste do RS geraram desvios positivos do regime hídrico em relação a normal climatológica para o período de 1977 a 2006, atingindo valores de até 90 mm, gerando excedente hídrico nestas regiões do RS.

Na Fig. 5 são apresentadas as anomalias dos componentes (P, P-ETP, DEF e EXC) do BH<sub>1987</sub> e do BH<sub>1999</sub> em relação ao BHC para o período frio (JAS).

No período frio (JAS) em 1987 também foram observadas tanto anomalias positivas quanto negativas

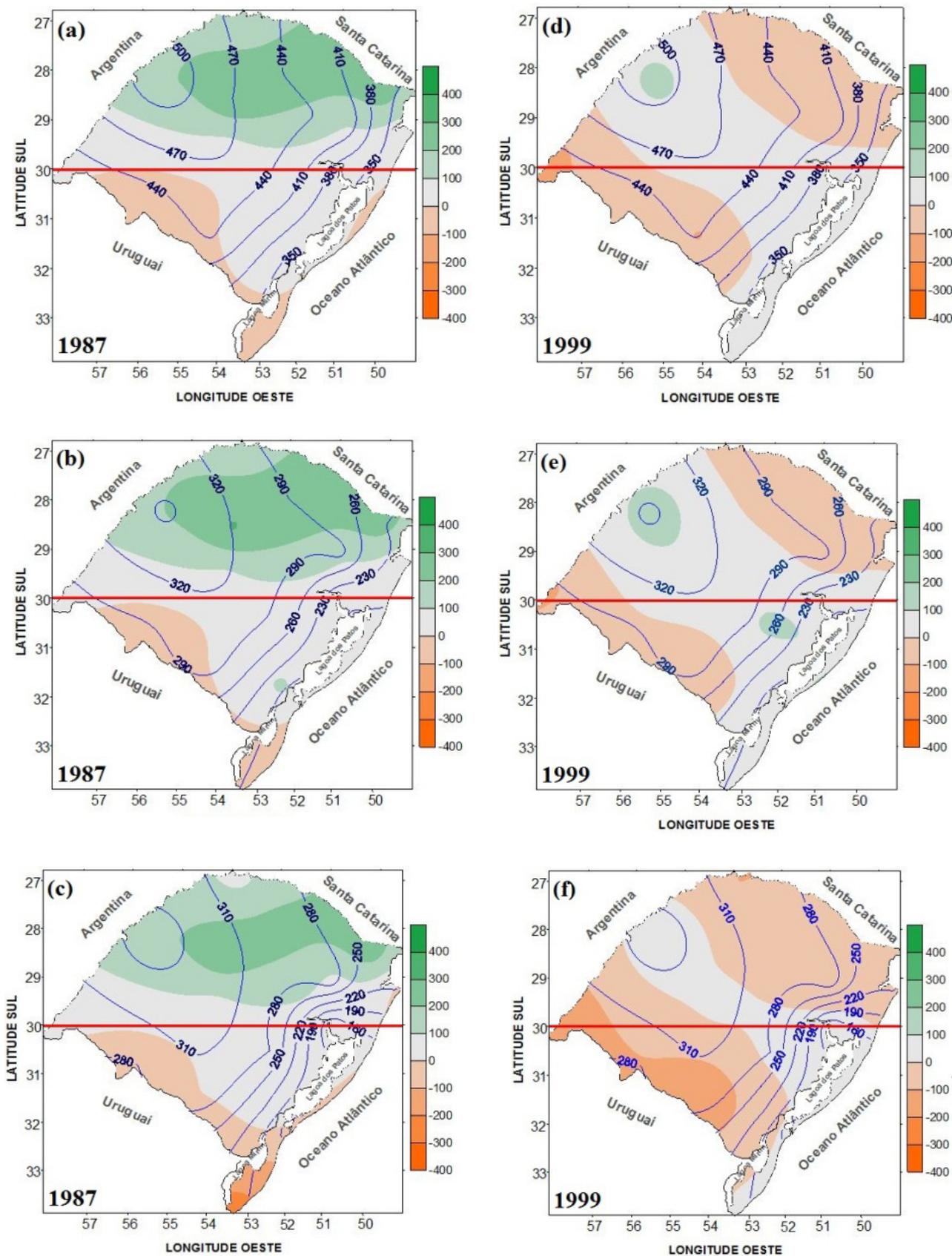


Figura 4. Anomalias dos componentes do BH1987 e BH1999 (sombreado) em relação ao BHC (isolinhas) para AMJ: (a, d) precipitação pluvial, (b, e) disponibilidade hídrica e (c, f) deficiência hídrica (contornos em laranja) e/ou excesso hídrico (contornos em verde).

de P (Fig. 5a) e P-ETP (Fig. 5b), porém houve predominância espacial de anomalias positivas. Este trimestre registrou as maiores anomalias positivas de disponibilidade hídrica quando comparado com os demais trimestres. Com relação às anomalias positivas de P e P-ETP destacaram-se dois pontos bem localizados, um no centro e outro no noroeste do Estado, onde foram registrados desvios positivos superiores a 300 mm. Portanto, houve excedente hídrico em toda a região onde se observou anomalias positivas de P e P-ETP, devido ao volume pluviométrico ter sido superior a demanda evaporativa. As anomalias negativas de P e P-ETP, neste trimestre, foram observadas apenas no extremo norte da MN e no extremo sul da MS do RS, onde houve menor disponibilidade de água e registro de déficit hídrico (Fig. 5c).

Em 1999 no período frio (JAS) observaram-se anomalias negativas de P (Fig. 5d) e P-ETP (Fig. 5e) na maior parte do RS, exceto no noroeste do Estado onde ocorreram anomalias positivas de P e P-ETP. As maiores anomalias negativas de P e P-ETP (superiores a 100 mm) foram observadas na região que se estendeu do sudoeste da MS até o nordeste da MN do RS. A ocorrência de menores volumes pluviométricos associados a maiores índices evaporativos na maior parte do Estado gerou anomalias negativas do regime hídrico do RS em relação a normal climatológica (Fig. 5f) nestas regiões, ou seja, houve déficit hídrico. Por outro lado, os maiores volumes de chuva associados aos menores índices evaporativos observados na região noroeste do RS geraram, naquela região, anomalias positivas do regime hídrico do RS em relação a normal climatológica, ou seja, houve excedente hídrico. Assim em JAS observaram-se anomalias negativas de P, P-ETP com ocorrência de déficit hídrico em grande parte do RS, o que mostra que este trimestre foi mais seco do que a normal climatológica de 1977 a 2006. Observou-se também que JAS (Fig. 5) foi mais seco quando comparado ao trimestre AMJ (Fig. 4).

Na Fig. 6 são apresentadas as anomalias dos componentes (P, P-ETP, DEF e EXC) do  $BH_{1987}$  e do  $BH_{1999}$  em relação ao BHC para o período temperado quente (OND).

Em 1987 no período temperado quente (OND) assim como nos outros trimestres de 1987 observaram-se anomalias negativas e positivas de P (Fig. 6a) e P-ETP (Fig. 6b) no RS. Porém, neste trimestre, a região com anomalias negativas cobriu grande parte do RS, mostrando que este trimestre foi mais seco que os anteriores. Anomalias negativas de P e P-ETP com valores superiores a 200 mm foram observadas na região centro-oeste da MN. Na MS do RS foram registradas anomalias negativas de P (toda MS) e P-ETP (região oeste da MS) inferior a 200 mm. Portanto

nestas regiões foi observado déficit hídrico, ou seja, o volume precipitado foi inferior ao volume evaporado. Por outro lado, as maiores anomalias positivas de P e P-ETP foram registradas no extremo norte e sul do RS, portanto, devido à demanda evaporativa ter sido superior ao volume precipitado nestas regiões houve excedente hídrico (Fig. 6c).

No período temperado quente (OND) de 1999 foram observadas anomalias negativas de P (Fig. 6d) e P-ETP (Fig. 6e) na maior parte do RS, exceto no norte do Estado onde foram observadas anomalias positivas de P e P-ETP (máximo 200 mm). A ocorrência de menores volumes pluviométricos associado a maiores índices evaporativos na maior parte do Estado gerou anomalias negativas do regime hídrico do RS em relação a normal climatológica (Fig. 6f) nestas regiões, ou seja, houve déficit hídrico. Por outro lado, os maiores volumes de chuva associados aos menores índices evaporativos observados na região norte do RS gerou, naquela região, anomalias positivas do regime hídrico do RS em relação a normal climatológica. Assim em OND observaram-se anomalias negativas de P, P-ETP com ocorrência de déficit hídrico em grande parte do RS, o que mostra que este trimestre também foi mais seco do que a normal climatológica de 1977 a 2006.

Uma justificativa para o volume pluviométrico e regime hídrico sazonal acima da normal em 1987 no RS foi a atuação do fenômeno ENOS na sua fase quente (EN), que tende a gerar aumento da P no RS (KOUSKY & CAVALCANTI, 1984; GRIMM et al., 2000). As condições clássicas de EN, caracterizado por apresentar anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) ao longo da costa oeste da América do Sul na região equatorial do Pacífico começaram a aparecer desde a primavera de 1986 (CPC, 2013). Em janeiro de 1987 o fenômeno encontrava-se em sua fase madura com intensidade moderada, manteve-se até o final de novembro quando começou a apresentar sinais de declínio até se dissipar no ano seguinte (CLIMANÁLISE, 1987). Em JFM, AMJ e JAS de 1987 foram observados desvios positivos de precipitação no RS chegando a atingir valores superiores a 300 mm. No último trimestre de 1987 apesar da atuação do EN foram observados desvios de precipitação próximos à normal climatológica (CLIMANÁLISE, 1987). A intensificação do Jato Subtropical observada durante a atuação do EN de 1987 contribuiu para a formação sobre o RS de frentes frias quase estacionárias que geraram precipitação acima da normal no ano de 1987 (CLIMANÁLISE, 1987).

Por outro lado, o volume pluviométrico e regime hídrico sazonal abaixo da normal em 1999 no RS podem ser justificados pela atuação do fenômeno ENOS na sua fase fria (LN), que conforme mencionado

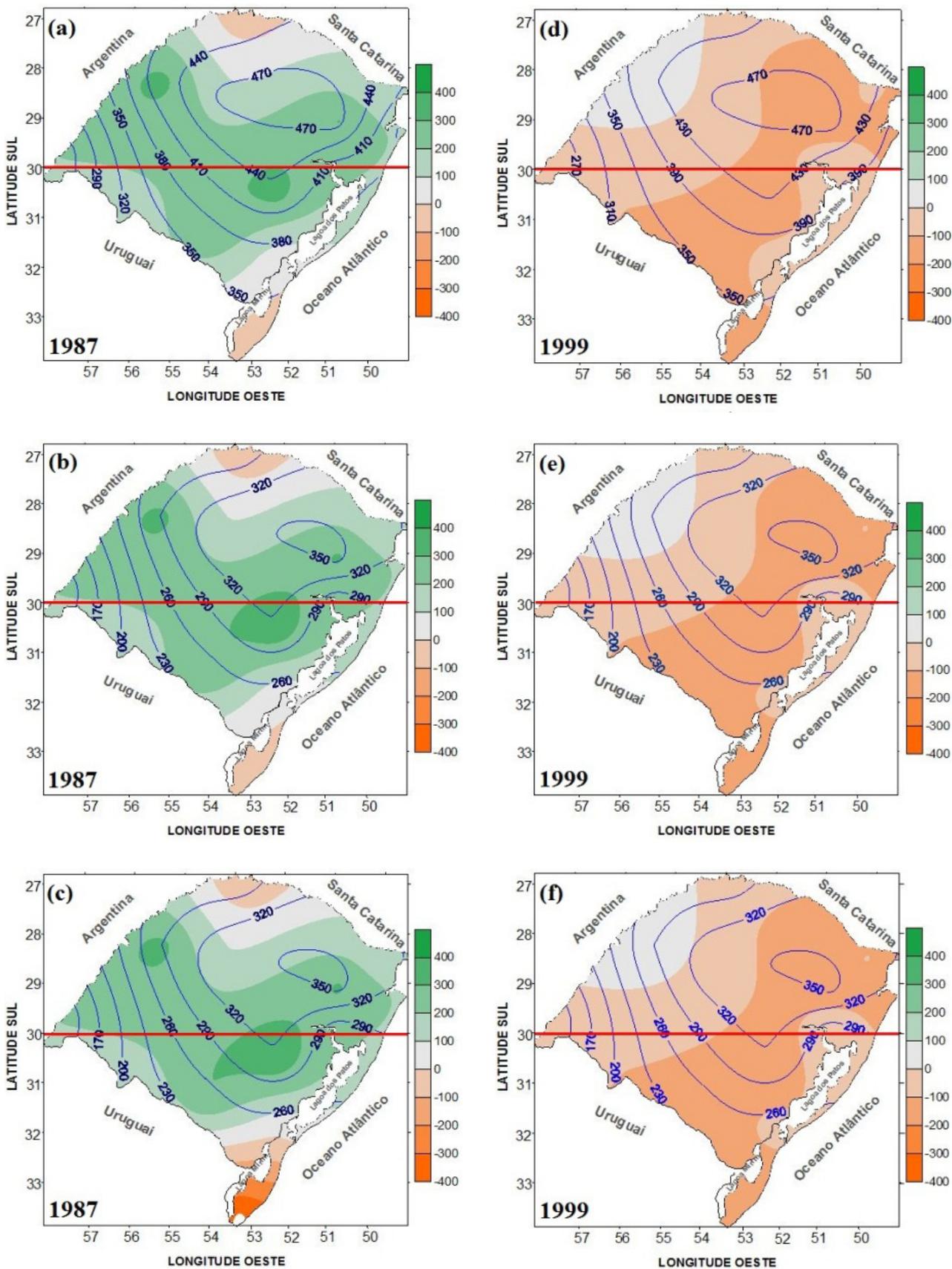


Figura 5. Anomalias dos componentes do BH1987 e BH1999 (sombreado) em relação ao BHC (isolinhas) para JAS: (a, d) precipitação pluvial, (b, e) disponibilidade hídrica e (c, f) deficiência hídrica (contornos em laranja) e/ou excesso hídrico (contornos em verde).

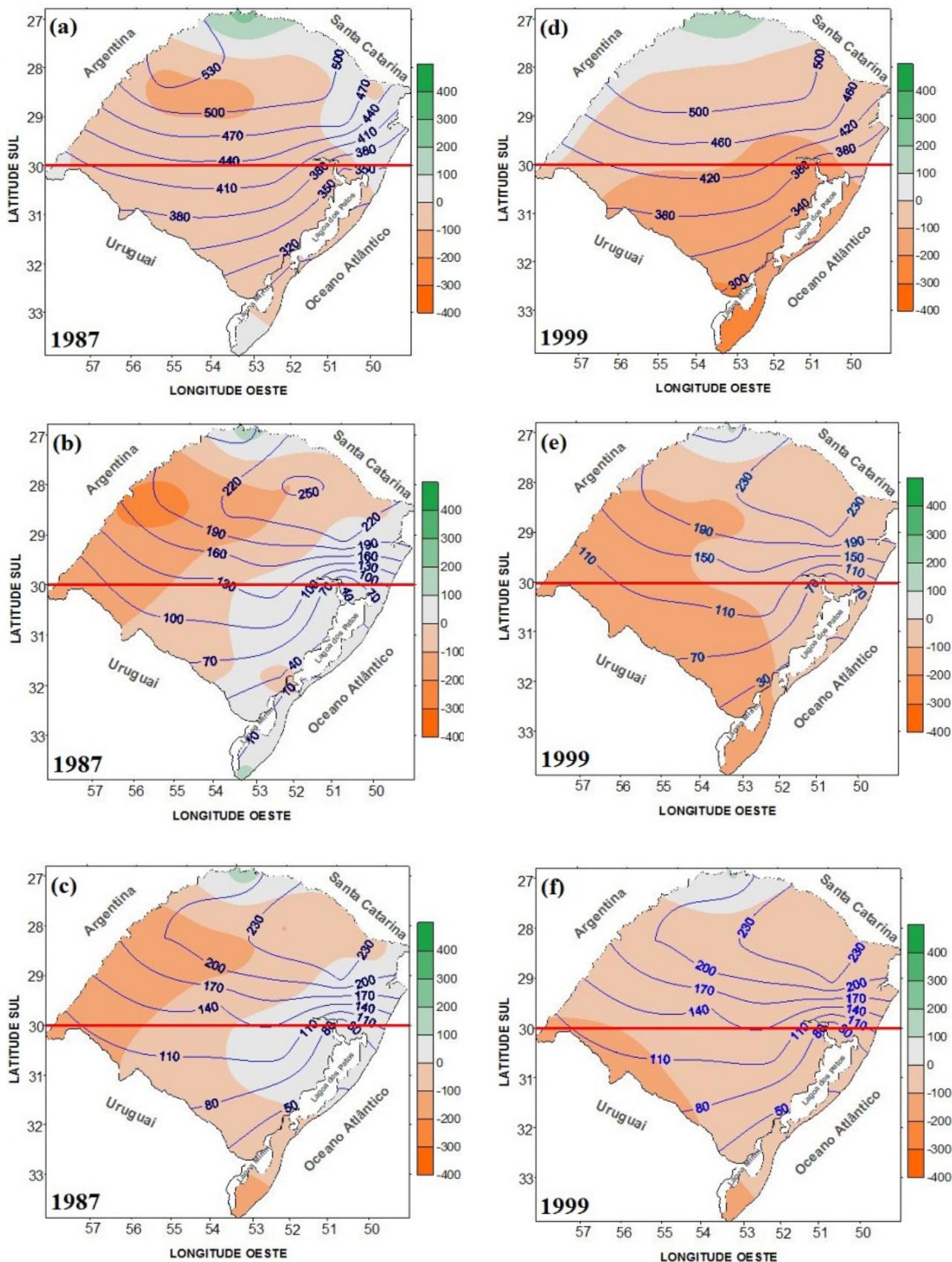


Figura 6. Anomalias dos componentes do BH1987 e BH1999 (sombreado) em relação ao BHC (isolinhas) para OND: (a, d) precipitação pluvial, (b, e) disponibilidade hídrica e (c, f) deficiência hídrica (contornos em laranja) e/ou excesso hídrico (contornos em verde).

anteriormente, são episódios relacionados à diminuição da precipitação pluvial no RS. O fenômeno LN em 1999 encontrava-se na sua fase madura com a seguinte configuração de intensidade: JFM: LN moderada, AMJ: LN moderada a fraca, JAS: LN moderada e OND: LN moderada (CLIMANÁLISE, 1999). Essa configuração em 1999 deveu-se aos seguintes fatores: presença de desvios negativos de TSM, desvios positivos de pressão ao nível do mar, ventos alísios mais intensos que a normal climatológica e Índice de Oscilação Sul (IOS) positivo, todos observados na região do Oceano Pacífico equatorial (CLIMANÁLISE, 1999). Neste ano devido à atuação do fenômeno LN houve passagem rápida dos SF sobre o RS, o que é desfavorável para a organização da convecção (SCM) e consequentemente das chuvas (CLIMANÁLISE, 1999). Portanto, como as chuvas no Estado ficaram abaixo da média climatológica neste ano houve baixa disponibilidade hídrica.

## 4 Conclusão

A análise sazonal das anomalias do regime hídrico do RS de 1987 e 1999 em relação ao período de 1977 a 2006, que representa as condições normais para o RS neste período, permitiu destacar que:

- a atuação do fenômeno EN em 1987 contribuiu para que este ano fosse mais úmido do que o normal na maior parte do RS, exceto no extremo sul do Estado onde foram observadas anomalias negativas de precipitação;

- em todos os trimestres de 1987 foram registradas anomalias positivas e negativas de P e P-ETP;

- o extremo Sul do RS em 1987 apresentou anomalias negativas de precipitação e baixa disponibilidade hídrica ao longo de todo ano;

- 1999 foi um ano mais seco do que a normal climatológica de 1977 a 2006, devido à atuação do fenômeno LN;

- em JFM de 1999 ocorreu déficit hídrico em todo o RS;

- AMJ de 1999 apresentou os menores desvios negativos do regime hídrico, comparado aos outros trimestres, indicando que este trimestre foi o que apresentou menor ocorrência de déficits hídricos e

- em JAS e OND de 1999 foram observados excedentes hídricos nas regiões norte e noroeste do RS.

Pode-se observar que o RS além de apresentar normalmente uma significativa variabilidade espacial da P, em anos com ocorrência de eventos EN e LN podem ocorrer impactos no regime hídrico do Estado de forma diferenciada dependendo da época do ano e da região. Por esta razão, estudos nesta área são de suma importância para o RS, uma vez que grande parte da

sua economia é voltada à produção agrícola, que é dependente da disponibilidade de água e, portanto, sofre diretamente os impactos dos excessos e déficits hídricos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES (bolsa de mestrado e doutorado - 1º autor) e ao CNPq (bolsa PQ - 2º autor).

## Referências

AVILA, A. M. H.; BERLATO, M.; SILVA, J. B.; FONTANA, D. C. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Gaúcha. v. 2, n. 2, p. 149-154, 1996.

ARAUJO, S. M. B. Estudo da variabilidade climática em regiões homogêneas de temperaturas média do ar no Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Dissertação de Mestrado, 54p. 2005.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: Bergamaschi, H.; Berlato, M. A.; Fontana, D. C.; Cunha, G. R.; Santos, M. L. V. dos; Farias, J. R. B.; Barni, N. A. Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: UFRGS. p.11-23, 1992.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; PUCHALSKI, L. Precipitação pluvial normal e riscos de ocorrência de deficiência pluviométrica e deficiência hídrica no Rio Grande do Sul: ênfase para a metade sul do Estado. In: SEMINÁRIO SOBRE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE FRUTÍFERAS. 2000, Pelotas. Resumos expandidos, Pelotas, Embrapa Clima Temperado, p.67-81. 2000.

CAMARGO, A. P. Balanço hídrico do Estado de São Paulo. Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas, v. 116, p. 1-24. 1971.

CAMPOS, C. R. J.; PINTO, L. B.; EICHHOLZ, C. W. Condições de tempo severo observadas no RS entre 2003 e 2006 que causaram prejuízos à

- agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. 2007, Aracajú-SE. v. 1. p. 53-56. Anais... Aracajú-SE, 2007.
- CAMPOS, C. R. J.; SILVA, M. V. Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Rio Grande do Sul em 2006. *Revista Brasileira de Geofísica (Impresso)*, v. 28, p. 121-136, 2010.
- CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY V. E. Climatology of South American cold fronts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, 7. 2003, Wellington. Anais... Wellington, New Zealand: American Meteorological Society, CD-ROM.
- CLIMANÁLISE - Boletim de Monitoramento e Análise Climática- INPE/CPTEC. 1987. São José dos Campos - SP, Brasil. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 09/05/2012.
- CLIMANÁLISE - Boletim de Monitoramento e Análise Climática- INPE/CPTEC. 1999. São José dos Campos - SP, Brasil. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 15/05/2012.
- CPC – Climate Prediction Center, 2013. Disponível em: <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>. Acesso em: 12 jun. 2013
- DAVIS E.G. Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro. 2ª ed. Revista e Ampliada. Brasília: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2000. 140p.
- DIAZ, A. E.; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguai and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. *Journal of Climate*, v.11, n.2, 1998, p. 251-271.
- DINIZ, G. B. Preditores visando a obtenção de um modelo de previsão climática de temperaturas máximas e mínimas para regiões homogêneas do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 167p. 2002.
- DOURADO N. D.; LIER, Q. J. V. Programa para elaboração do balanço hídrico para culturas anuais e perenes. (Apostila). Departamento de Agricultura da ESALQ/USP. 58 p. 1991.
- FONTANA, D. S.; BERLATO, A. M. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, v. 5, n. 1. p. 127-132, 1997.
- GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, v.13, n.1, p. 35-58, 2000.
- IPAGRO. Instituto de Pesquisas Agronômicas. Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: IPAGRO, 102p. 1989.
- JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. A frequência de fenômenos meteorológicos na América do Sul: uma climatologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11. 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu-PR 2002.
- KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul - El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, v. 36, n. 11, p. 1888-1899, 1984.
- LEMOS, C. F.; CALBETE, N. O. Sistemas frontais que atuaram no litoral do Brasil (período 1987-1995). *Boletim Climanálise*, Edição comemorativa 10 anos, (INPE-10717-PRE/6178). p. 131-135, 1996.
- MARQUES, J. R. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e sua relação com indicadores oceânicos. 2005. 209f. Tese (Doutorado-Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- MATZENAUER, R.; VIANA, D. R.; BUENO, A. C.; MALUF, J. R. T.; CARPENEDO, C. B. Regime anual e estacional de chuvas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, Aracaju-SE, 2007. Anais... CD-ROM. 2007.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. v. 2, 421p. 1989.
- OLIVEIRA, A. S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE-4008-TDL/239). 134pp. 1986.

PDO - Index Monthly Values. Disponível em: <<http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>>. Acesso em: jun 2012.

PENMAN, H. L. Evaporation: an introductory survey. *Neth. J. Agric. Sci.*, v. 4, p. 9-29, 1956.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 183p. 1997.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002, 478 p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SCAGLIONI, T. P.; SARAIVA, J. M. B. Climatologia dos sistemas precipitantes freqüentes no inverno, atuantes no RS. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 14. 2005, Campinas-SP. Anais... Campinas-SP. 2005.

SILVA, L. M. P.; MARCELINO, B. C.; LIMA, M. V.; SIAS, E. K. Balanço hídrico para diferentes locais do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. Anais... Brasília-DF. 1998.

THORNTHWAITE, C.W.; MATTER, J. R. The water balance. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Tecnology, 104 p. 1955.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geography Review*, (38): 55-94. 1948.

TOLEDO, L. B.; ROLIM, P. A. M.; NEVES, D. G.; BRAGA, A. P.; NASCIMENTO, M. J. C.; SANTOS, D. N.; LIMA, K. C. Balanço hídrico de Altamira-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12. 2002, Foz do Iguaçu- PR. Anais... Foz do Iguaçu-PR. 2002.

TOMASELLA, J.; ROSSATTO, R. Balanço Hídrico.

INPE-13140-PRE/8399, 2005 12p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. Meteorologia Descritiva. Fundamentos e Aplicações Brasileiras. 1° ed. São Paulo: Livraria Nobel S.A. 374 p. 1983.