

O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR

Gabriela Calderon
Unespar-Fecilcam

Victor da Assunção Borsato
Unespar-Fecilcam

p. 177-197

Como citar este artigo:

CALDERON, G.; BORSATO, V. A. O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 1, p. 177-197, abril. 2017. ISSN 2179-0892.

Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/116476>>. doi: 10.11606/issn.2179-0892.geosp.2017.116476.

revista

Geo 
USP

espaço e tempo

Volume 21 • nº 1 (2017)

ISSN 2179-0892



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 License.

O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR

Resumo

A região de Campo Mourão-PR tem na atividade agrícola sua principal alavanca econômica. Mesmo fundamentada na agricultura mecanizada e moderna, ela depende do estado do tempo. Por isso, o objetivo principal deste artigo é calcular o balanço hídrico decendial agrológico para o município de Campo Mourão a partir da série histórica 2000-2010 e verificar, pelo extrato do balanço hídrico, se as anomalias – consequências do fenômeno La Niña – influenciaram a disponibilidade de água no solo. Aplicou-se o método de Thornthwaite e Mather (1955) para executar e elaborar o extrato do balanço hídrico e verificou-se, comparando com os diagramas ombrotérmicos de Gaussen, se os períodos com deficiência hídrica no solo correspondem aos meses secos de Gaussen. No inverno, todos os meses secos apresentaram deficiência hídrica. Constataram-se irregularidade na distribuição temporal das chuvas nos anos em que ocorreu o fenômeno La Niña, bem como períodos de deficiência de água no solo com possíveis consequências na atividade agrícola.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Agricultura. Água no solo. Deficiência hídrica. Excedente hídrico.

The phenomenon of La Niña and its influence on the availability of water for the municipality of Campo Mourão-PR

Abstract

Agriculture is the main economic sector in the region of Campo Mourão-PR. The sector still depends on weather changes though consisting of a modern and mechanized production. For this reason, the main purpose of this article is to calculate the agrological Water Balance in ten-day intervals for the municipality of Campo Mourão from the historical series 2000-2010.

The calculation of the Water Balance will then lead to an analysis of how the anomalies, a consequence of La Niña phenomenon, influence the availability of water in the soil. In order to implement and develop the extract of the Water Balance we used the method of Thornthwaite and Mather (1955). By comparing the data to the ombrothermic diagrams of Gaussen, it is then determined whether the periods of water deficiency in the soil correspond to dry months of Gaussen. For the winter period, all dry months presented a water deficiency. Evidence has shown that for the years there have been episodes of La Nina phenomenon, there has been irregularity in both the temporal distribution of rainfall and the periods when the soil has displayed a water deficit, thus resulting in possible repercussions for agricultural activity.

Keywords: Water balance. Agriculture. Water in the soil. Water deficit. Surplus water.

Introdução

A principal atividade econômica na região de Campo Mourão-PR é a agricultura, principalmente o cultivo do milho e da soja, favorecido pelas qualidades do solo e do clima. Os solos são maduros, profundos e a fração argilosa prevalece na sua composição, por causa disso são naturalmente férteis. Para complementar o potencial agrícola, o clima é do tipo subtropical úmido. As chuvas, na maioria dos anos, são bem distribuídas e as temperaturas, elevadas na estação do verão e amenas no inverno, raramente oscilam abaixo de zero.

O município de Campo Mourão localiza-se na região Sul do Brasil, entre as coordenadas 24°02'04" de latitude sul e 54°22'56" de longitude oeste, a uma altitude de 630 metros acima do nível do mar. Sua localização nas proximidades do trópico de Capricórnio, a -24° de latitude mostra que a região se encontra em uma ampla faixa de transição climática. Ao norte do paralelo do trópico, há o clima tropical; ao sul, o subtropical.

Considerando o movimento aparente do Sol ao longo das estações do ano, no verão, com a perpendicularidade dos raios solares, o aquecimento é intenso. Por outro lado, no inverno, além da maior inclinação dos raios solares, há diminuição do fotoperíodo. As consequências não se verificam somente na temperatura, mas também na dinâmica dos sistemas atmosféricos. Há uma alternância das massas de ar que atuam nessa região: no inverno, prevalecem as de alta pressão e no verão, as de baixa pressão.

Na estação mais quente prevalece a atuação dos sistemas de baixa pressão, os sistemas frontais e a massa Polar Atlântica também atuam esporadicamente. O sistema mais persistente é a massa tropical continental (Borsato, 2012). Nessa região, não há

estação seca, embora haja redução das chuvas no inverno, período em que as massas de ar de alta pressão prevalecem, principalmente a massa Polar atlântica. No verão, as chuvas convectivas são abundantes e raramente ocorrem estiagens prolongadas. Segundo Borsato (2006), há dois principais sistemas que atuam na estação: uma é a massa equatorial continental – sistema de baixa pressão, elevadas temperaturas e grande umidade; a outra é a massa tropical continental – sistema de baixa pressão e pouca umidade. A massa equatorial continental tem seu centro de origem na Amazônia. Nos meses mais quentes, ela se expande e às vezes prolonga-se até a região Sul do Brasil (Borsato, 2006).

Considerando essa dinâmica climática, a pesquisa teve como objetivo central calcular o balanço hídrico decendial, segundo Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) para o município de Campo Mourão e verificar a influência do fenômeno La Niña na distribuição das chuvas por meio da análise do extrato do balanço hídrico, para a série histórica 2000 a 2010, realizando também um comparativo entre estes e os diagramas ombrotérmicos de Gausson (Bagnouls; Gausson, 1953), visto que diminuem as chuvas em anos de La Niña na região Sul do Brasil (Berlato; Fontana, 2003).

O balanço hídrico é um sistema contábil que nos fornece o volume de água disponível no solo para o vegetal. Ele contabiliza a entrada e a saída de água do solo, por meio da estimativa da evapotranspiração. Assim, as informações do volume armazenado no solo e da evapotranspiração são representadas em um gráfico denominado extrato do balanço hídrico.

O balanço hídrico é uma metodologia utilizada com eficiência para aferir a disponibilidade de água no solo. A entrada de água se dá pela precipitação ou pela irrigação. Como na região de Campo Mourão a atividade agrícola é moderna e intensiva, pode-se afirmar que a entrada de água no agrossistema se dá somente pelas precipitações atmosféricas. Sendo assim, a remoção ou a saída de água do sistema se dá pela evapotranspiração ou pela drenagem natural.

Os solos de textura arenosa apresentam uma capacidade de armazenamento de água um pouco menor que a dos argilosos. Essa capacidade é a máxima quantidade de água utilizável pelas plantas que pode ser armazenada na zona radicular, denominada, no balanço hídrico, CAD. Por isso, para cada tipo de solo e de cultivares, adota-se um valor em milímetros (mm). Para esta pesquisa, adotou-se a CAD de 100 mm.

Segundo Leivas, Berlato e Fontana (2006), para o planejamento agrícola, o conhecimento dos riscos é mais importante do que os valores normais dos elementos meteorológicos. Nesse sentido, o estudo de frequência ou probabilidade de chuva fornece informações úteis sobre a chance de ocorrência de determinados valores das variáveis meteorológicas.

A adoção de equações de estimativa do armazenamento de água no solo aplicadas a um balanço hídrico é uma opção de baixo custo para estimar a condição de umidade do solo e retorna valores com precisão aceitável para o planejamento das atividades agrícolas. O monitoramento do armazenamento, estimado por modelos matemático-

estatísticos, dá subsídios para a avaliação dos excessos e deficiências de água no solo (Libardi, 1995). A intensidade e o período de ocorrência de deficiências hídricas no solo são elementos importantes, também, para a definição das áreas e épocas mais indicadas para a semeadura das culturas (Wrege, 1999).

Materiais e métodos

Para os cálculos do balanço hídrico, foi utilizado o método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955). Esse método é uma das maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo, tanto na escala diária como em escalas maiores, utilizando-se de valores médios. Compreende-se como entrada no sistema a água precipitada e a evapotranspiração é contabilizada por meio da temperatura média. Os resultados fornecem a evapotranspiração real (ETR), a deficiência hídrica (DEF), o excedente hídrico (EXD) e o armazenamento de água do solo (ARM).

Com o propósito de estudar o balanço hídrico em Campo Mourão, procedeu-se a escolha dos dados da Estação Climatológica Principal de Campo Mourão e a série histórica de 2000 a 2010. Nesse período, foi evidenciada a ocorrência de quatro fenômenos El Niño e quatro fenômenos La Niña, com intensidades variadas (Tabela 1). O National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) monitora a temperatura da superfície das águas do Pacífico Tropical, região da manifestação de anomalias da temperatura das águas com base em um limite de +/- 0,5 °C. Durante cinco meses consecutivos, considera-se a manifestação do fenômeno.

Como se vê na Tabela 1, nos meses com dados em vermelho, considera-se a manifestação do El Niño; em azul, a de La Niña. Nos meses cujos dados estão em preto, considera-se um período de normalidade na temperatura da superfície do mar no oceano Pacífico Tropical.

Tabela 1

Manifestação do fenômeno El Niño oscilação sul (Enos) segundo a oscilação da temperatura acima ou abaixo da média para a superfície do mar no oceano Pacífico Tropical

ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.3	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0.0	0,1	0.3	0.5	0,7	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3
2003	1.1	0.8	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0,2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
2004	0.3	0,2	0,1	0,1	0,2	0.3	0.5	0,7	0.8	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0,2	0,1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8

ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2006	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0,1	0,2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0
2007	0,7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4
2008	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0,2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
2010	1.6	1.3	1.0	0,6	0,1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0
2012	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.0	0,1	0.4	0.5	0,6	0,2	-0.3

fonte: NOAA, [s.d].

O balanço hídrico decendial de Campo Mourão foi calculado em intervalos de 10 dias para os anos sob a influência do fenômeno La Niña, compreendidos entre 2000 e 2010, utilizando-se os dados da Estação Climatológica Principal da Universidade Estadual do Paraná (Unespar/Fecilcam) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para os cálculos, foram utilizados dados da temperatura média diária (compensada) e da precipitação decendial, considerando que o balanço hídrico contabiliza a entrada e a saída de água dos sistemas por meio da evapotranspiração potencial e real.

Para a realização do balanço hídrico utilizou-se a planilha eletrônica do software Excel elaborada por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) que utilizam o método de Thornthwaite e Mather (1955). Cada período decendial resultou um gráfico denominado extrato do balanço hídrico, que demonstra os meses em que houve déficit ou excedente de água no solo disponível para as plantas, considerando latitude do local, precipitação, evapotranspiração potencial e real, bem como a capacidade de armazenamento de água no solo. Esses gráficos mostram o resultado final do balanço hídrico no período de um ano e possibilitam as comparações interanuais.

Os dados da temperatura média mensal compensada e a precipitação mensal foram utilizados para a elaboração dos climogramas ombrotérmicos de Gausson, calculados nos mesmos anos da pesquisa em questão, realizados por Souza (2012).

Bagnouls e Gausson (1953) propuseram o climograma ombrotérmico (de Gausson), em que é considerado mês seco aquele em que o total mensal das precipitações é igual ou menor que o dobro da temperatura média. Matematicamente, expressa-se:

$$\text{mês seco} = P = \text{ou} < 2 * T$$

onde P é a precipitação mensal (mm) e T a temperatura do ar (°C). Nesse caso, a temperatura compensada.

O fenômeno La Niña e a disponibilidade de água no solo

Uma das obras de maior circulação no Brasil, no campo da climatologia, é a de Ayoade (2012), publicada pela primeira vez em 1986. Quase trinta anos depois, verifica-se que os avanços tecnológicos foram amplos, inclusive na agricultura. Introduziram-se novas técnicas e novos equipamentos, assim como novas variedades de cultivares, mais adaptadas às condições climáticas e de solos. Esses avanços não diminuíram a importância das variáveis climáticas na produção agrícola. Como as considerações de Ayode:

Apesar dos recentes avanços tecnológicos e científicos, o clima é ainda a variável mais importante na produção agrícola. O fator climático afeta a agricultura e determina a adequação dos suprimentos alimentícios de dois modos principais. Um é através dos azares (imprevistos) climáticos para as lavouras e o outro é através do controle exercido pelo clima sobre o tipo de agricultura praticável ou viável numa determinada área (Ayoade, 2012, p. 261).

O fenômeno La Niña também é denominado “anti-El Niño”, ou seja, o oposto do El Niño e seus efeitos também são, muitas vezes, o contrário daqueles causados pelo El Niño. Ele corresponde ao resfriamento anômalo das águas superficiais do oceano Pacífico equatorial central e oriental, formando uma “piscina de águas frias” nesse oceano à semelhança do El Niño, porém apresentando uma maior variabilidade.

De acordo com o Climanálise (Brasil, 2000b), a La Niña é um fenômeno natural que produz fortes mudanças na dinâmica geral da atmosfera, alterando o comportamento climático. Nele, os ventos alísios mostram-se mais intensos que o habitual (média climatológica) e as águas mais frias, que caracterizam o fenômeno, estendem-se numa faixa de largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do Equador, desde a costa peruana até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico central. Observa-se ainda uma intensificação da pressão atmosférica no Pacífico central e oriental em relação à pressão no Pacífico ocidental. Em geral, um episódio La Niña começa a se desenvolver em certo ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano, vindo a se dissipar em meados do ano seguinte. Ele pode, no entanto, durar até dois anos.

Durante os episódios de La Niña, os ventos alísios são mais intensos que a média climatológica. O índice de oscilação sul (o indicador atmosférico que mede a diferença de pressão atmosférica à superfície, entre o Pacífico ocidental e o Pacífico oriental) apresenta valores positivos, os quais indicam a intensificação da pressão no Pacífico central e oriental em relação à pressão no Pacífico ocidental (Brasil, 2000b).

Para Berlato e Fontana (2003), nos anos de manifestação da La Niña, os sistemas frontais passam mais rapidamente pelo Sul do Brasil. Por isso, as precipitações ficam abaixo da média climatológica para grande parte desta região. Para o estado do

Paraná, as ocorrências dos eventos El Niño (anomalias positivas da temperatura da superfície do mar no oceano Pacífico) e La Niña (anomalias negativas de temperatura da superfície do mar no mesmo oceano) são alguns dos maiores responsáveis pelos desvios das normais climatológicas ocorridas no estado do Paraná (Roseghini; Nery, 2004).

O balanço hídrico considera o processo de ganho de água pelo solo por meio de precipitações ou irrigação. A remoção de água se dá pela evapotranspiração e pela drenagem. O solo apresenta uma CAD que, uma vez satisfeita, permite a percolação para o lençol freático. No caso desta pesquisa, foi utilizada a CAD de 100 mm considerando solos argilosos (Biscaro, 2007). Essa é a máxima quantidade de água utilizável pelas plantas que pode ser armazenada na sua zona radicular.

Além da evapotranspiração potencial, existe a evapotranspiração real (ER) que ocorre quando a água começa a ser um fator limitado. A ER desenvolve-se às custas da precipitação e da diminuição do armazenamento de água no solo. Enquanto não apresenta deficiência de água no solo, a ER é igual à evapotranspiração potencial.

Sempre existirá excedente de água no solo quando a precipitação for maior que a quantidade necessária para suprir a evapotranspiração potencial e completar o armazenamento de água no solo. A partir do momento em que o solo não conseguir suplementar a precipitação no atendimento da evapotranspiração, ocorrerá o déficit hídrico (Borsato, 2012).

O balanço hídrico proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é um método que permite a estimativa da evapotranspiração, sendo que o volume de água armazenado no solo determina a taxa de ER. Quanto mais seco estiver o solo, mais difícil será a evapotranspiração:

O cálculo do balanço hídrico segundo esse modelo consiste em um quadro com colunas, em que são dispostos valores de precipitação (P) e evapotranspiração (ET), podendo variar da escala diária até mensal. A partir destas duas colunas e com o valor da capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao tipo de planta cultivada e solo, o balanço hídrico climatológico fornece as estimativas, em milímetros, da evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento de água no solo (ARM) (Gomes, 2005, p. 11).

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica são a precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Assim, o cálculo do balanço hídrico é de fundamental importância para se

considerar o início e o término das estações chuvosas em um determinado local, bem como a probabilidade de se prever eventos de deficiência hídrica que influenciarão significativamente o desenvolvimento da agricultura da região estudada, identificando também as áreas onde as culturas podem ser exploradas com maior eficácia.

Análise dos resultados

Na região equatorial do oceano Pacífico, as temperaturas da superfície do mar (TSM) mostravam a continuidade do fenômeno La Niña no ano de 2000, o que já estava ocorrendo desde o segundo semestre de 1998, com temperaturas superficiais variando de 1 a 3 °C mais frios do que a sua média histórica. Nessas condições, a intensidade do fenômeno é de moderada a forte. O campo de ventos em baixos níveis confirma essa continuidade, pois tem mostrado uma intensificação dos ventos alísios na região de atuação do La Niña (Brasil, 2000a).

No ano 2000, no município de Campo Mourão observou-se a irregularidade das chuvas nos primeiros meses do ano. Elas se refletiram na disponibilidade de água no solo, verificada no extrato do balanço hídrico decendial. O extrato mostra também um período de déficit hídrico em parte do mês de janeiro e também para abril e maio, com chuvas abaixo da média climatológica, apresentando, no segundo e terceiro decêndios de janeiro, deficiência hídrica de até -16,8 mm (Figura 1).

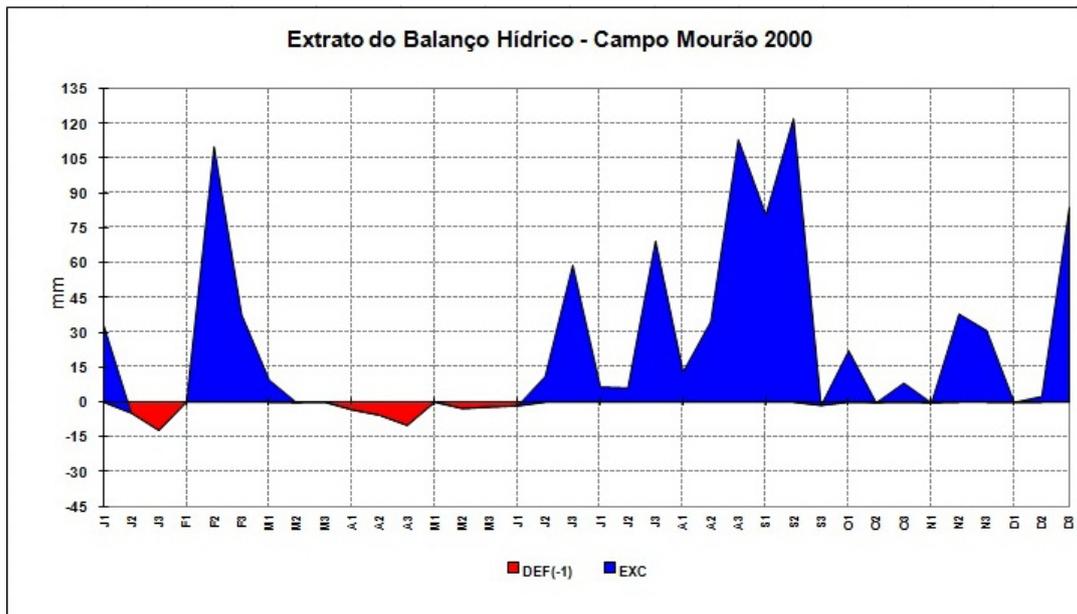
No entanto, de acordo com o Infoclima, n. 1 (Brasil, 2000a), no mês de janeiro, o fenômeno La Niña não foi o único a influenciar o regime de chuvas. Na região Sul do Brasil, a intensificação do jato polar (região em alto nível atmosférico, cuja velocidade do vento pode ultrapassar 180 km/h) inibiu a atuação de sistemas frontais, ocasionando irregularidade nas chuvas nessa região.

Em Campo Mourão, após o mês de maio, as chuvas voltaram a ocorrer dentro da normalidade climatológica. Por isso, o extrato do balanço hídrico apresentou excedente hídrico até o final do ano de 2000. Nesse período, de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), o fenômeno La Niña perdeu intensidade, deixando de influenciar a área de estudo.

Comparando o extrato do balanço hídrico com o diagrama ombrotérmico de Gaussen (Figura 2) para o ano de 2000, constata-se uma regularidade, principalmente nos picos de déficit/excedente hídrico. O diagrama mostra que os meses de abril e maio foram classificados como secos e o extrato do balanço hídrico acusa deficiência hídrica para esse mesmo período.

Figura 1

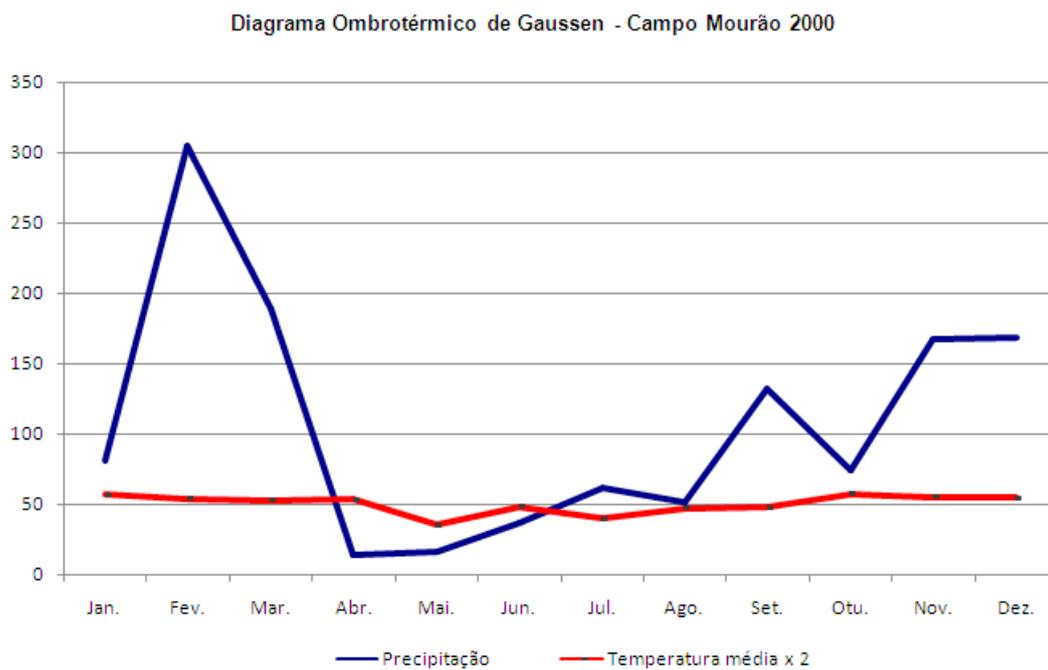
Extrato do balanço hídrico decendial de Campo Mourão em 2000



organização: Os autores.

Figura 2

Diagrama ombrotérmico de Gausson de Campo Mourão em 2000



fonte: Souza (2012).

Para 2001, os três primeiros meses apresentaram águas mais frias no Pacífico Tropical – portanto, de manifestação da La Niña. Nos demais meses do ano, as condições indicaram neutralidade, conforme mostrado na Tabela 1 e Infoclima n. 3 (Brasil, 2001).

Observou-se, a partir do extrato do balanço hídrico (Figura 3), que, entre os meses de março e maio, as chuvas ficaram abaixo do esperado para a região de Campo Mourão, apresentando deficiência hídrica de até -10,4 mm para o segundo decêndio do mês de abril.

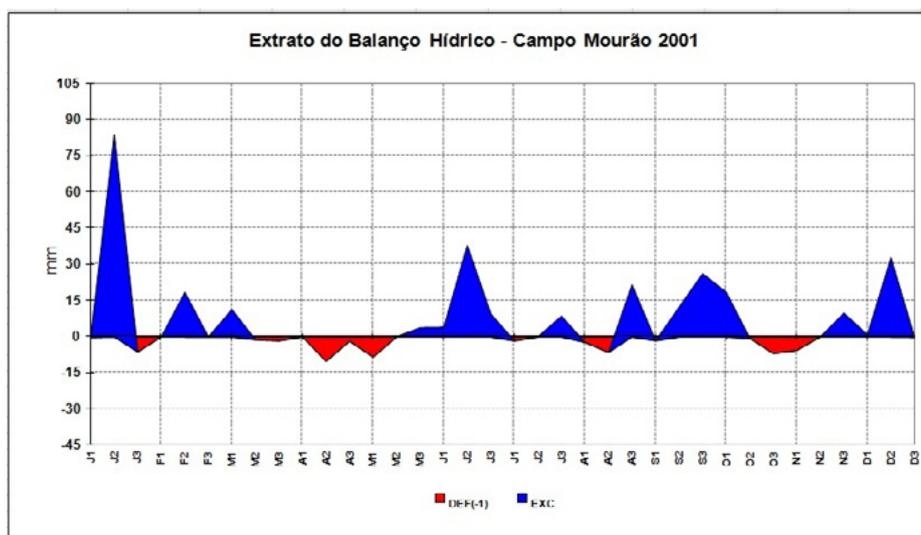
A partir de maio, as chuvas voltaram à normalidade. No entanto, o volume de precipitação foi baixo e, por isso, o extrato não apresentou altos valores de excedente hídrico, os quais intercalaram-se com pequenos períodos de déficits hídricos (Figura 3).

Embora a TSM na região do Pacífico equatorial apontasse um período de normalidade durante o ano de 2001, verificou-se que o acumulado de chuvas foi abaixo do esperado, refletindo-se no armazenamento de água no solo. Esse padrão pode ter sido intensificado devido à presença frequente do vórtice ciclônico em altos níveis (VCAN) que inibiu a formação de nuvens e reduziu as chuvas sobre a maior parte do país, como destacou o Inpe (Brasil, 2001). Por outro lado, os reflexos da La Niña podem durar vários meses depois da normalidade da temperatura das águas do Pacífico.

Comparando o extrato do balanço hídrico com o diagrama ombrotérmico de Gausson para o período citado anteriormente (Figura 4), verifica-se que o diagrama, por não fazer as mesmas considerações que o extrato do balanço hídrico, apresenta picos elevados de precipitação nos meses mais quentes e mostra que, para essa metodologia, os meses de julho, agosto e setembro foram considerados secos. Por outro lado, o balanço hídrico leva em consideração a temperatura para estimar a evapotranspiração e por isso acusa excedente hídrico para o mesmo período.

Figura 3

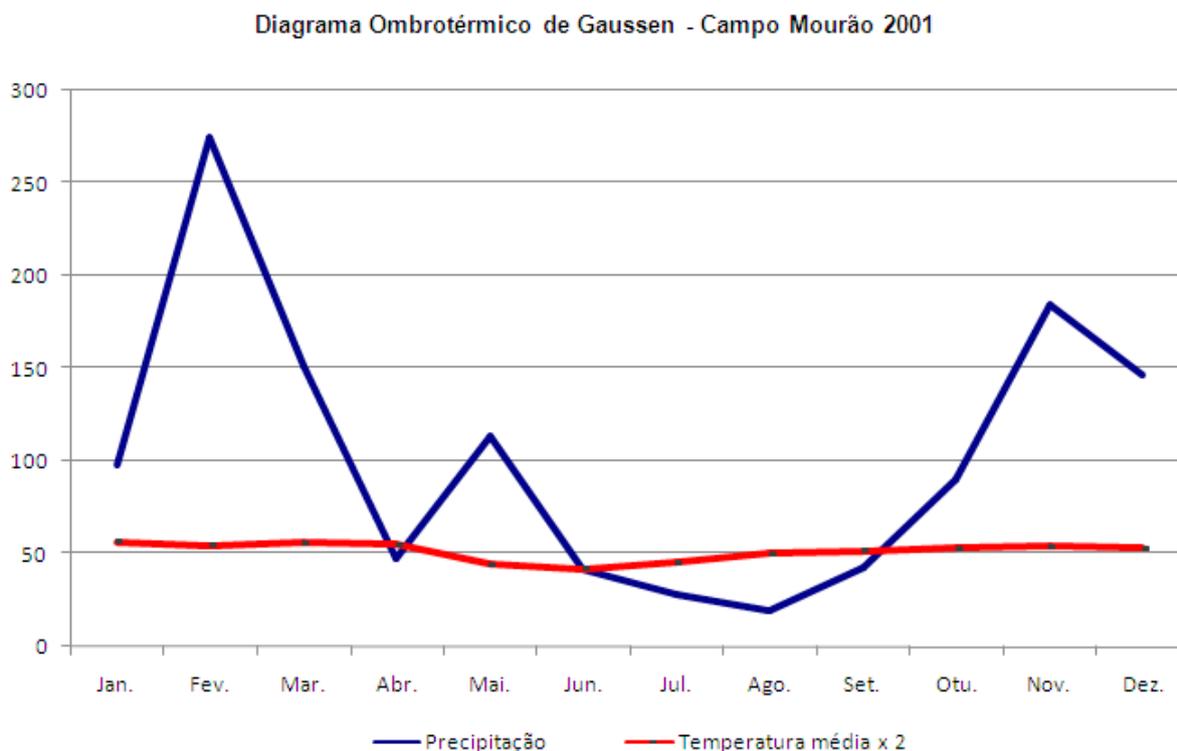
Extrato do balanço hídrico decendial de Campo Mourão em 2001



organização: Os autores.

Figura 4

Diagrama ombrotérmico de Gausсен de Campo Mourão em 2001



fonte: Souza (2012).

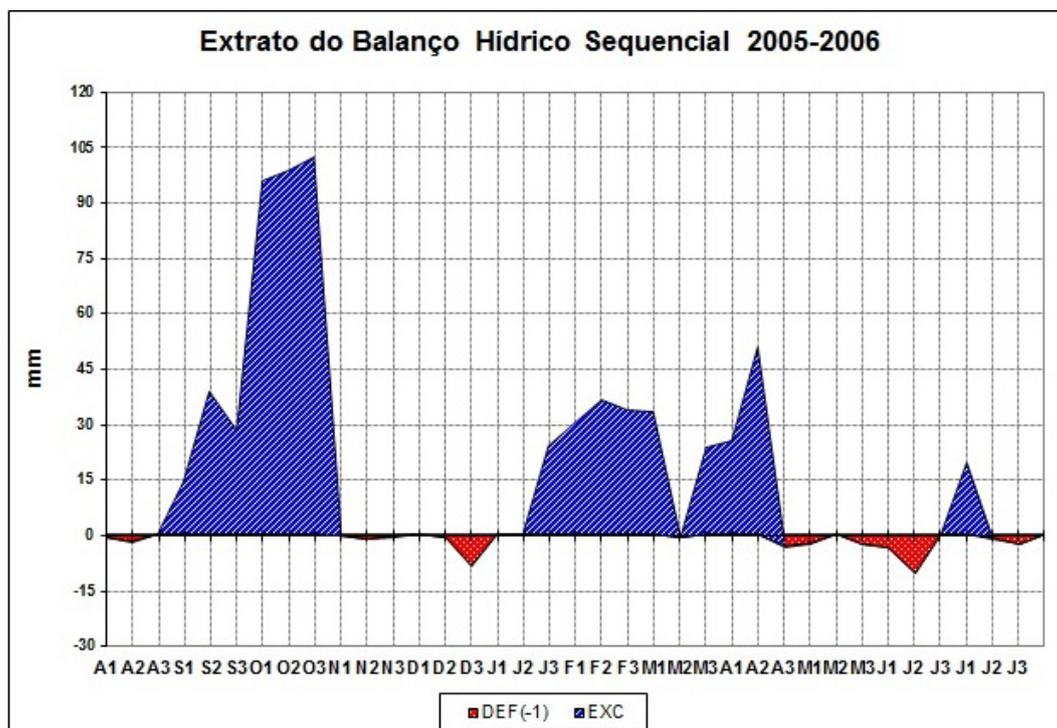
Para o período de 2002 a 2005, as condições da temperatura do mar na região do Pacífico, onde se configura o fenômeno, apresentou-se normal ou acima do normal. Somente a partir de novembro de 2005, as águas mais frias se manifestaram na superfície do mar, caracterizando, portanto, a volta da La Niña. De acordo com NOAA ([s.d]), o fenômeno ocorreu de novembro de 2005 a março de 2006, aproximadamente, como foi mostrado na Tabela 1.

Para a região do estudo em questão, observaram-se chuvas abaixo do esperado também a partir de novembro de 2005. A baixa pluviosidade prolongou-se até o início de janeiro de 2006. “Os desvios de precipitação foram negativos em várias regiões do estado do Paraná [...]. Ocorreu déficit hídrico em todo o estado do Rio Grande do Sul e noroeste do Paraná” (Brasil, 2006c).

Para aferir essas consequências, calculou-se o balanço hídrico sequencial para o período de agosto de 2005 a julho de 2006. Assim, evidencia-se que as chuvas foram irregulares, refletindo no armazenamento de água no solo. Na Figura 5, mostra-se que, para os meses de novembro e dezembro, houve deficiência hídrica.

Figura 5

Extrato do balanço hídrico decendial sequencial de Campo Mourão de 2005-2006



organização: Os autores.

Para o ano de 2006, de acordo com o Infoclima (Brasil, 2006a), a configuração de anomalias negativas da TSM, que se manteve pelo quarto mês consecutivo, caracterizou o fenômeno La Niña, porém, com fraca intensidade. A partir de maio deste ano predominou a situação de neutralidade.

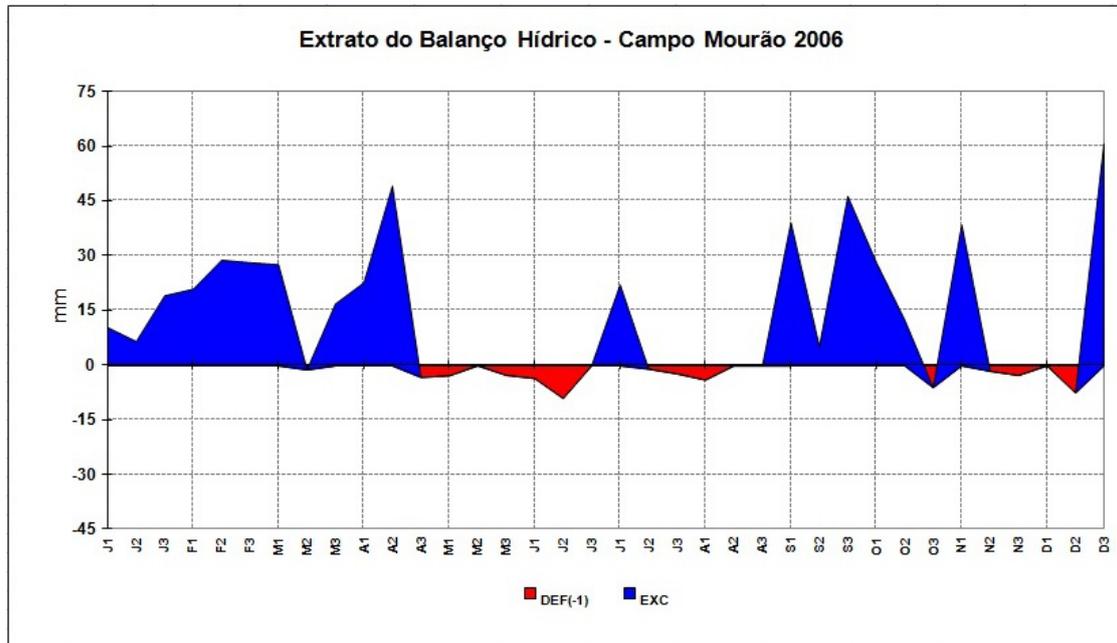
Mesmo com a ocorrência do fenômeno La Niña, nos primeiros meses do ano, no noroeste do Paraná os índices de precipitação foram elevados, embora tenha ocorrido estiagem em quase toda a região Sul do Brasil. Em Campo Mourão, para o mês de abril, observou-se precipitação diária acima de 40 mm em três dias distintos. O total mensal foi de 128 mm, sendo que a média histórica é de 97,3 mm para a região (Brasil, 2006b). A partir de junho, foi constatada a manifestação do El Niño, e as chuvas voltaram à normalidade na região Sul do Brasil.

Observa-se, a partir da análise do extrato do balanço hídrico que, no início do ano de 2006, houve excedente hídrico (Figura 6). Os meses que apresentaram maior déficit hídrico foram compreendidos entre maio e agosto. Após esses meses, pequenos períodos de deficiência hídrica foram observados no final de novembro e início de dezembro.

Considerando que a La Niña ocorreu apenas no início do ano com fraca intensidade, o extrato do balanço hídrico, bem como o diagrama ombrotérmico de Gaussen (Figura 7) mostraram certo sincronismo. Os períodos de excedente e déficit hídricos foram equivalentes, apresentando pequenas diferenciações nos dados devido a sua temporalidade.

Figura 6

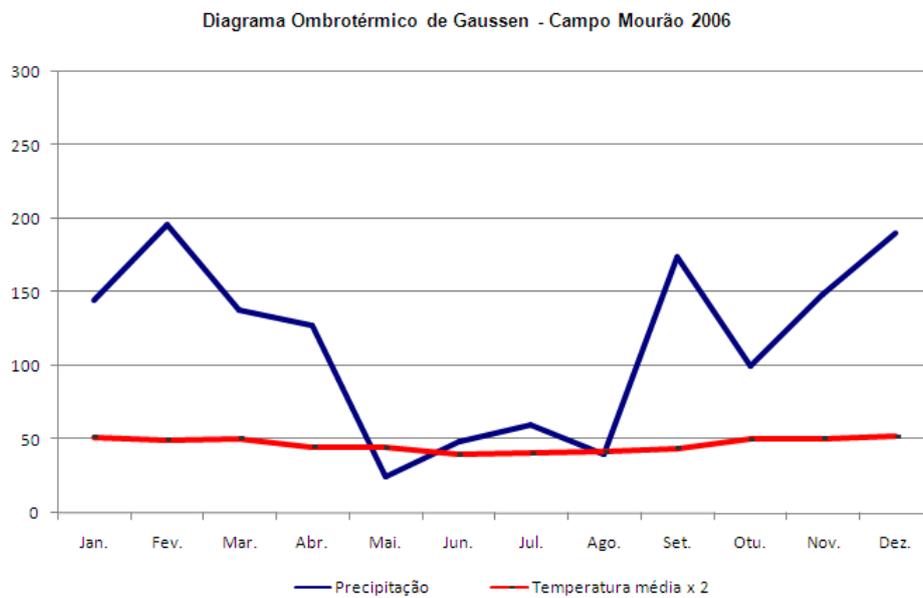
Extrato do balanço hídrico decenal de Campo Mourão em 2006



organização: Os autores.

Figura 7

Diagrama ombrotérmico de Gausson de Campo Mourão em 2006



fonte: Souza (2012).

A La Niña voltou a se manifestar a partir de agosto do ano de 2007. Para o Inpe (Brasil, 2007), o El Niño ainda se manifestava no início do ano, com fraca intensidade. Nesse período, segundo o Infoclima (Brasil, 2007), evidenciou-se, para o Centro-Sul do Brasil, uma situação de bloqueio, a qual impediu que um maior número de frentes frias atingisse as regiões Sul e Sudeste do Brasil.

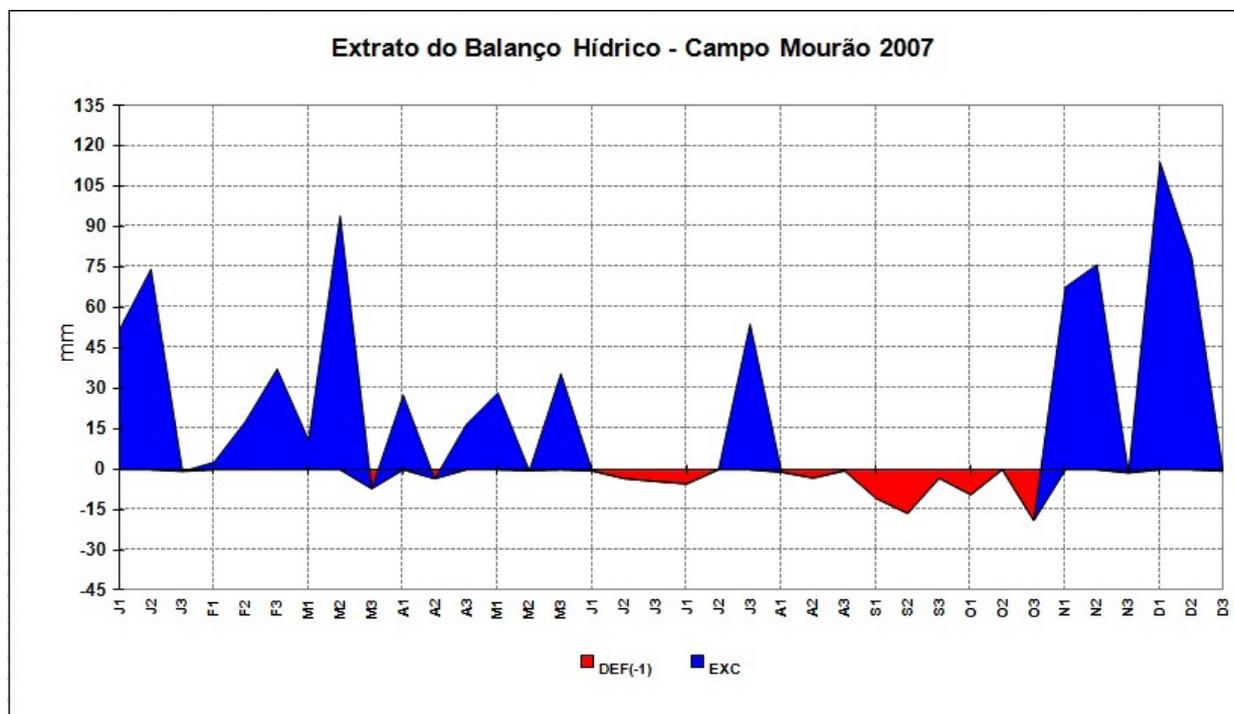
Por outro lado, pode-se observar, por meio do extrato do balanço hídrico decencial, a disponibilidade de água no solo para a região de Campo Mourão, nos meses de janeiro a maio de 2007. Isso mostra que as chuvas foram bem distribuídas ao longo dos meses (Figura 8).

O fenômeno La Niña manifestou-se a partir de meados do mês de julho deste ano, caracterizado pelo resfriamento das águas superficiais do oceano Pacífico equatorial, como foi mostrado na Tabela 1. Observou-se deficiência hídrica para os meses de junho e entre agosto e outubro, com até 16 mm de deficiência para o segundo decêndio de setembro.

Comparando o extrato do balanço hídrico com o diagrama de Gaussen para o ano de 2007 (Figura 9), verifica-se regularidade nos dados. De acordo com o diagrama ombrotérmico, os meses secos foram também os mesmos com deficiência hídrica.

Figura 8

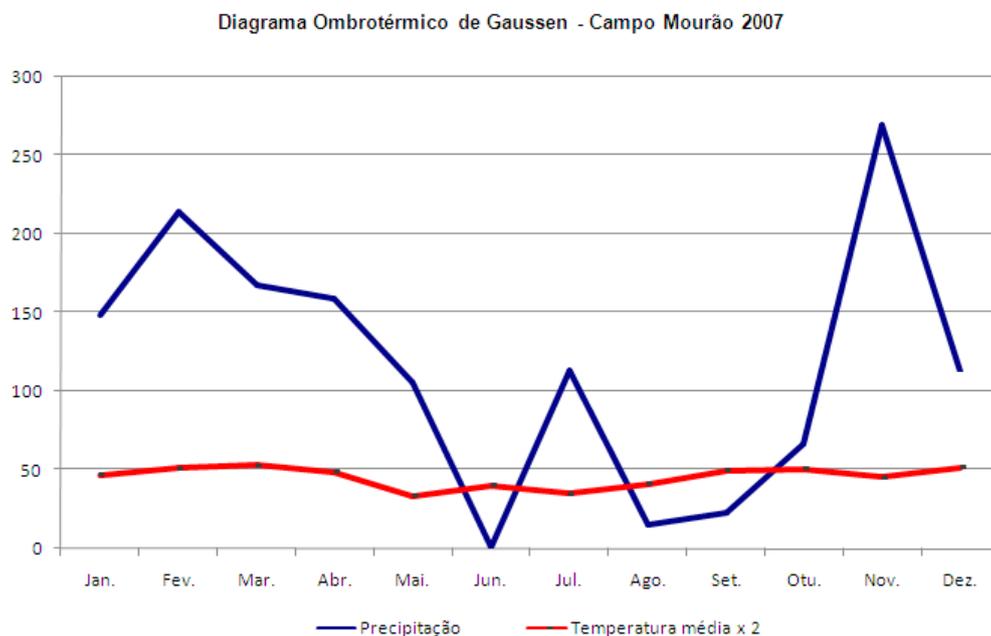
Extrato do balanço hídrico decencial de Campo Mourão em 2007



organização: Os autores.

Figura 9

Diagrama ombrotérmico de Gausсен de Campo Mourão em 2007



fonte: Souza (2012).

No início do ano de 2008, nos campos oceânicos e atmosféricos de escala global, destacou-se a persistência de águas superficiais mais frias no Pacífico equatorial, caracterizando um novo fenômeno da La Niña. Esse episódio apresentou intensidade moderada com a expansão da área de anomalias negativas da TSM nos setores central e oeste do Pacífico equatorial (Brasil, 2008b).

Registraram-se chuvas entre o esperado e abaixo da normal climatológica e os menores volumes foram registrados em janeiro, fevereiro e em dezembro de 2008, apresentando apenas no primeiro decêndio do mês de agosto um maior excedente hídrico com 141,4 mm.

O extrato do balanço hídrico decendial para o ano em questão mostra que as chuvas foram irregulares, com deficiência nos meses mais quentes e excedentes em agosto que é geralmente o mês mais seco (Figura 10). Os maiores déficits hídricos foram verificados para os meses de fevereiro e dezembro com -22,1 mm e -20,6 mm, respectivamente.

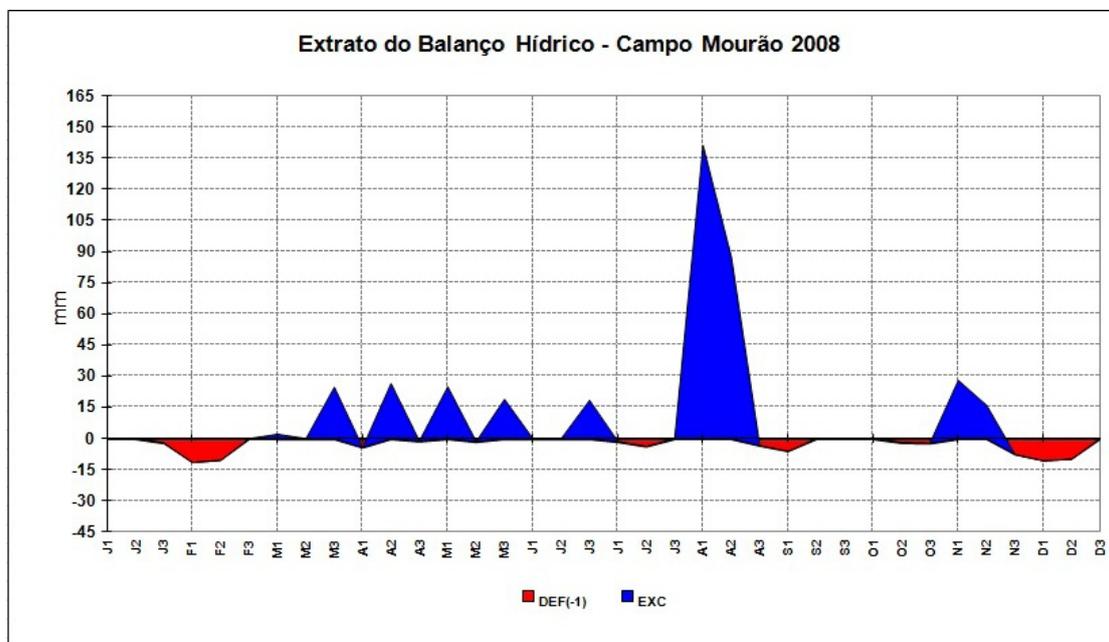
Segundo o Inpe, em novembro do mesmo ano, após um período de normalidade, a TSM, no Pacífico equatorial, apresentou uma nova tendência de resfriamento e a intensificação do fenômeno La Niña nos dois últimos meses do ano (Brasil, 2008a).

Comparando o extrato do balanço hídrico com o diagrama ombrotérmico, constata-se uma grande disparidade dos dados referentes ao início do ano, em que o balanço hídrico apresentou o maior déficit hídrico o diagrama mostra apenas a altura da chuva. Para os demais meses do ano, os dados apresentaram semelhança entre os gráficos (Figuras 10

e 11). Verifica-se que, para os meses de baixa temperatura e de menor volume de chuva, aumentaram as semelhanças entre os gráficos.

Figura 10

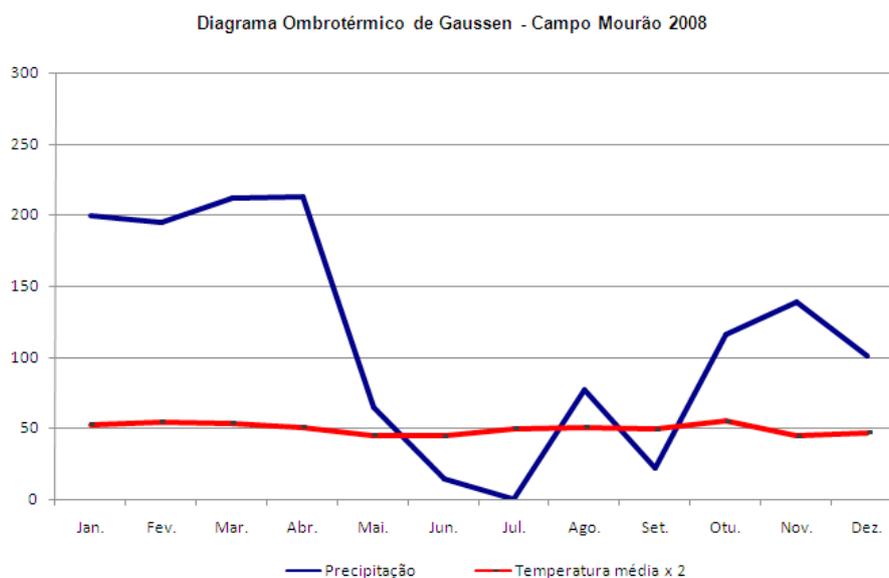
Extrato do balanço hídrico decendial de Campo Mourão em 2008



organização: Os autores.

Figura 11

Diagrama ombrotérmico de Gausson de Campo Mourão em 2008



fonte: Souza (2012).

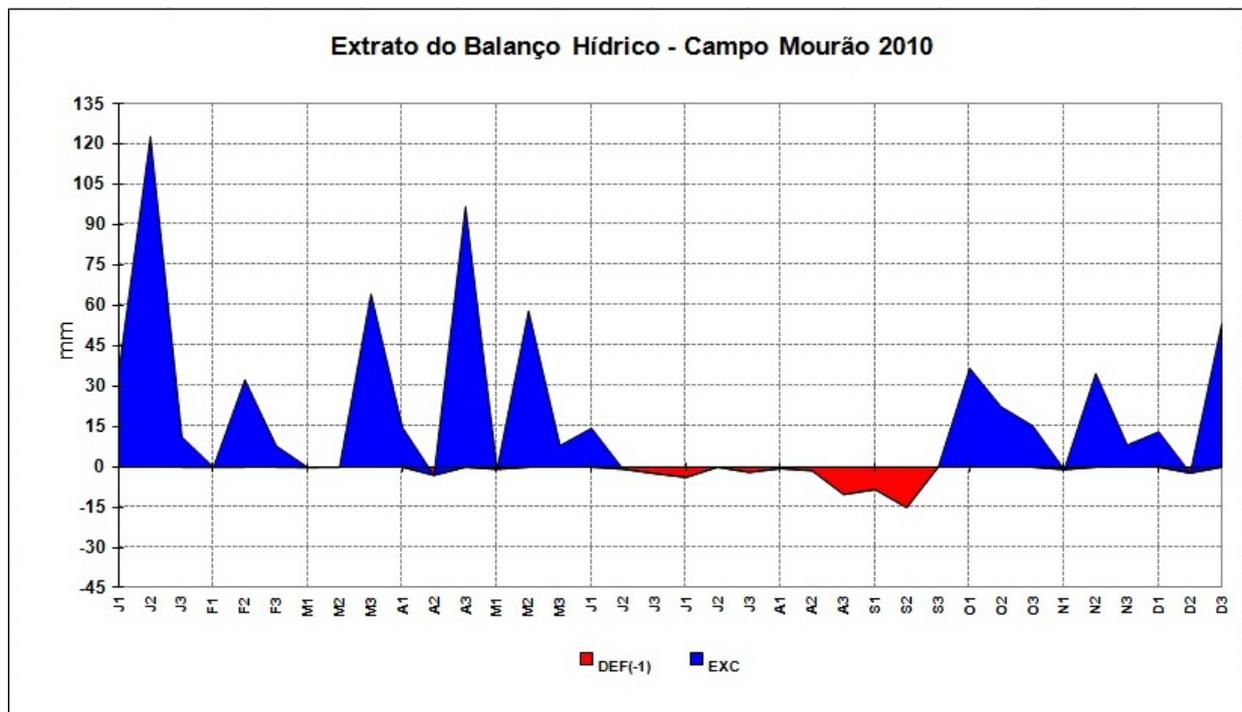
No ano de 2010, as chuvas foram intensas no mês de janeiro, refletindo no armazenamento de água no solo. O extrato do balanço hídrico acusou um excedente de 123,3 mm no segundo decêndio do mês (Figura 12).

A partir de maio, as anomalias de temperatura das águas superficiais na região do Pacífico equatorial evidenciaram condições de neutralidade em relação ao ciclo do fenômeno El Niño oscilação sul (Enos). Entretanto, a rápida diminuição da temperatura das águas nos setores central e leste do Pacífico equatorial, em comparação com o mês de abril, e os ventos alísios mais intensos nos setores central e oeste do Pacífico equatorial, indicaram a tendência do episódio frio do Enos (fenômeno La Niña) (Brasil, 2010).

Entre os meses de junho e outubro, houve um período de baixa pluviosidade na região de estudo. O ano de 2010 apresentou-se como um ano padrão para a região. Por sua vez o extrato do balanço hídrico acusou para setembro do mesmo ano a maior deficiência de água no solo com -15,2 mm no segundo decêndio do mês.

Na comparação entre o extrato do balanço hídrico e o diagrama de Gausson (Figura 13), verifica-se semelhança, principalmente nos meses mais frios e secos. O leve exagero nos dados do diagrama pode ser explicado porque ele mostra apenas o volume de chuva, enquanto o balanço hídrico considera a evapotranspiração.

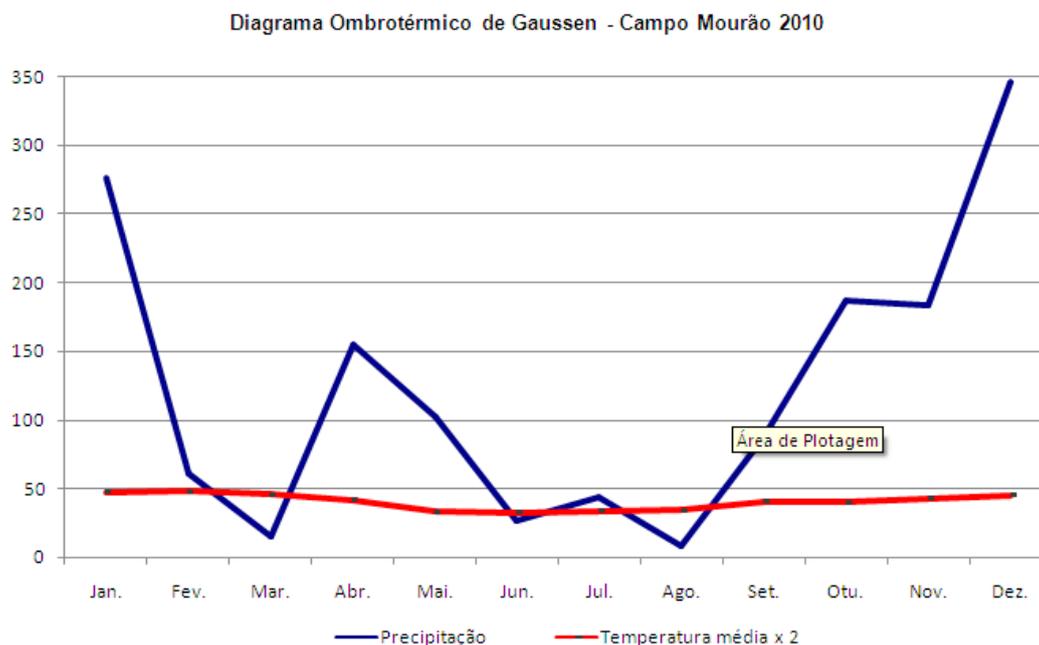
Figura 12
Extrato do balanço hídrico decendial de Campo Mourão em 2010



organização: Os autores.

Figura 13

Diagrama ombrotérmico de Gausson de Campo Mourão em 2010



fonte: Souza (2012).

Considerações finais

A região de Campo Mourão evidencia-se como zona de transição climática – característica das áreas próximas ao Trópico de Capricórnio – apresentando verões quentes e úmidos, invernos amenos com chuvas irregulares e longos períodos de estiagem. Os diagramas ombrotérmicos de Gausson evidenciaram que o mês seco ocorre apenas no período de inverno, e a deficiência hídrica pode ocorrer em qualquer mês do ano.

Constatou-se que o El Niño influencia intensamente as chuvas na região de Campo Mourão, considerando que, nos anos de La Niña, sem exceção, a distribuição de chuva foi temporalmente irregular, refletindo no balanço hídrico. Em todos os anos da manifestação do fenômeno da série estudada, as chuvas foram irregulares e abaixo do esperado. Por essa razão, os extratos do balanço hídrico acusaram deficiência hídrica, e geralmente em mais de um período no ano. Em longos períodos de duração do fenômeno, constatou-se também que os reflexos se acentuam mais nessa região.

Utilizando os diagramas de Gausson para comparar os extratos dos balanços hídricos, percebe-se que os meses mais frios foram considerados os mais secos e, da mesma forma, apresentaram deficiência hídrica. Já para os meses mais quentes, houve alguns com deficiência hídrica, entretanto não foram classificados como meses secos nos diagramas ombrotérmicos devido, fundamentalmente, à elevada evapotranspiração. Nesse sentido, a metodologia de Gausson não procede esse tipo de consideração.

Referências

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Trad. Maria Juraci Zani dos Santos. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. Saison seche et indice xéothermique. **Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle**, Toulouse, FR. v. 88, p. 193-239, 1953.
- BARRETO, P. N. et al. Análises do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte. CD-ROM.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul, aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- BISCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia-MS: Unigraf, 2007. v. 1. (Série Engenharia). Disponível em: <http://www.do.ufgd.edu.br/GuilhermeBiscaro/arquivos/meteorologia.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2012.
- BORSATO, V. A. O balanço hídrico em Campo Mourão e os sistemas atmosféricos. **Geografia**, Rio Claro, SP, v. 37, n. 2, p. 255-270, maio./ago. 2012.
- _____. A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período de 1980 a 2003. Tese (parcial) (Doutorado em Ciências Ambientais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- _____; SOUSA, E. E. A dinâmica climática em Porto Rico-PR. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 7., 2006, Rondonópolis-MT, **Anais...** Rondonópolis, ago. 2006. CD-ROM.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: fenômeno La Niña poderá influenciar o cenário das chuvas no Brasil a partir do inverno de 2010. **Infoclima**, v. 17, n. 6, 2010. Disponível em: http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201006.pdf. Acesso em: 28 dez. 2010.
- _____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: fenômeno de La Niña volta a intensificar. **Infoclima**, v. 15, n. 12, 2008a. Disponível em: <http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/>

pdf infoclima/200812.pdf. Acesso em: 28 dez. 2010.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: fenômeno La Niña continua intenso no oceano Pacífico equatorial. **Infoclima**, v. 15, n. 3, 2008b. Disponível em: http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/200803.pdf. Acesso em: 28 dez. 2010.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: previsão de chuvas entre normal a acima do normal na região nordeste. **Infoclima**, v. 14, n. 3, 2007. Disponível em: http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/200703.pdf. Acesso em: 25 set. 2011.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: fenômeno La Niña continua intenso no oceano Pacífico equatorial. **Infoclima**, v. 13, n. 1, 2006a. Disponível em: http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/200601.pdf. Acesso em: 28 dez. 2010.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim Agroclimatológico Mensal**. Brasília-DF: INMET, abr. 2006b. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_200604.pdf. Acesso em: 17 mar. 2017.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim Agroclimatológico Mensal**. Brasília-DF: INMET, jan. 2006c. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_200601.pdf. Acesso em: 17 mar. 2017.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: massas de ar quente e seco contribuíram na escassez das chuvas no país. **Infoclima**, v. 8, n. 3, 2001. Disponível em: <http://infoclima.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 7 ago. 2011.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: condições climáticas sobre o Brasil durante dezembro de 1999 e início de janeiro de 2000. **Infoclima**, v. 7, n. 1, 2000a. Disponível em: <http://infoclima.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 7 ago. 2011.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Boletim de Informações Climáticas: Climanálise. **Infoclima**, 2000b. Disponível em: <http://infoclima.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 7 ago. 2011.

GOMES, S. **Ajuste e avaliação de um modelo de balanço hídrico decendial e estudo dos limites de sua utilização em algumas localidades no estado do Paraná.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LEIVAS, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 10, n. 2, p. 397-407, 2006.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo.** Piracicaba: Edição do Autor, 1995.

NOAA. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. United states department commerce. **Answers to La Niña Frequently Asked Questions**, [s.d]. Disponível em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Acesso em: 29 ago. 2012.

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

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** Barueri, SP: Manole, 1990.

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

ROSEGHINI, W. F. F.; NERY, J. T. Variabilidade da precipitação pluvial e disponibilidade hídrica na região noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 289-297, 2004.

SOUZA, J. F. Caracterização bioclimática de Campo Mourão. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 1, n. 5, p. 88-98, 2012. Edição Especial 2.

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

_____; MATHER, J. R. **The water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology/ Laboratory of Climatology, 1955. (Publications in Climatology, v. VIII, n. 1.)

WREGGE, M. S. Risco de deficiência hídrica na cultura do milho no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1119-1124, 1999.