

## Comparação entre métodos de geração de balanço hídrico decenal do solo para cultura da soja com uso de dados do modelo ECMWF

Jonathan Richetti<sup>1</sup>  
Alex Paludo<sup>1</sup>  
Jerry Adriani Johann<sup>1</sup>  
Luiz Almeida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE  
Rua Universitária, 2069, CEP 85819-110- Cascavel - PR, Brasil  
{j\_richetti, jerry.johann, paludo.alex, almeidalz}@hotmail.com

**Abstract.** This paper aims to compare two methodologies for generating the water balance of the soil for soybean crop during the crop-year 2011-2012 with the use of remotely sensed data from the ECMWF, for climatological data. The study was conducted in the west region of Parana State, counting on 65 virtual station from ECMWF, one at each 25 km for climatological data. Parana state is responsible for almost 20% of the Brazilian soybean production and the western region of the state is the most responsible for crop production in Parana. This work describes both methodologies for generating the water balance of the soil, one method used were FAO's method for water balance of the soil according the guidelines nº 56. The other method is the one proposed by Thornwaite and Mather. Both methods were capable of identifying water stress for soybean crop several dekads, from the second dekad of December until the second dekad of February, but FAO's method tend to penalize more hardly than the method presented by Thornthwaite and Mather. This diversity of values might be explained by the calculation methods that are particular of each specific method, because FAO's method don't take in account the specific water storage capabilities of the soil, at the same level that Thornthwaite and Mather does.

**Palavras-chave:** remote sensing, agrometeorological data, FAO, Thornthwaite e Mather, sensoriamento remoto, dados agrometeorológicos, FAO, Thornthwaite e Mather.

### 1. Introdução

Devido a essencialidade da água para a vida e sustento, e, suas limitações potabilidade, busca-se sua utilização de forma otimizada e inteligente. A cultura da soja é a principal *commodity* do estado do Paraná e, também, do Brasil. Com uma produção nacional total de no ano safra 2012/13 de 81.281 milhões de toneladas, enquanto no Paraná foi de 15.855 milhões de toneladas (CONAB, 2013). Isto demonstra a importância da cultura para a nação e para o estado. Segundo Steduto et al. (2012) a água é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento da cultura, com especial importância em determinadas fases fenológicas, em que a sua deficiência pode comprometer de maneira mais ou menos significativa a produtividade.

Além da precipitação, outra variável agrometeorológica que possui uma grande importância para o desenvolvimento da cultura é a evapotranspiração. Ela estabelece quanto de água está sendo evaporado do solo e quanto de água a planta está transpirando (ALLEN et al., 1998). Entretanto, conforme apresentou Johann (2012), considerar estas duas variáveis independentes, precipitação e evapotranspiração, não se obtém uma relação direta com a produtividade das culturas.

Sendo assim, surge a necessidade de realizar o balanço hídrico, ou seja, determinar a quantidade de água armazenada no solo e que está disponível para a cultura. Segundo Richetti et al. (2014), tais informações são importantes para compreender o funcionamento da água no sistema solo-planta-atmosfera da cultura da soja. Logo, é através desta informação que se sabe se a planta está em estresse hídrico ou não.

Segundo Pereira et al. (2007) o balanço hídrico é a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa num volume de solo vegetado. A variação de armazenamento de água no volume considerado por intervalo de tempo, representa o balanço entre as entradas, por exemplo, precipitação, e as saídas, por exemplo, evapotranspiração, do volume de controle.

Para isto são necessários dados agrometeorológicos, de forma a melhorar a qualidade do trabalho, buscou-se uma fonte mais densa, espacialmente, de dados. Para isto recorreu-se ao modelo ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecast*) que possui dados globais, em uma resolução espacial de um grau de longitude e latitude são pré-processados e transformados em grades de 0,25 graus ( $\pm 25 \times 25\text{km}$ ) e disponibilizados, gratuitamente no website em formato *Shape*. (JOHANN, 2012). Assim, considerando cada ponto como uma estação virtual tem-se um total de 297 estações virtuais no estado do Paraná, uma a cada 25 km. Formando uma rede muito maior do que as 62 estações meteorológicas do estado do Paraná.

O objetivo deste trabalho foi, portanto, gerar o balanço hídrico decendial pelo método apresentado por Thornthwaite e Mather (1955), nomeado de BHTM, e compará-lo com o método do balanço hídrico de esgotamento (FAO), apresentado por Allen et al. (1998), nomeado por BHTM e estimado por Richetti et al. (2014) para a região de interesse.

## 2. Metodologia do Trabalho

A área de estudo compreende o oeste do estado do Paraná, na região Sul do Brasil. É constituída por 50 municípios (Figura 1).

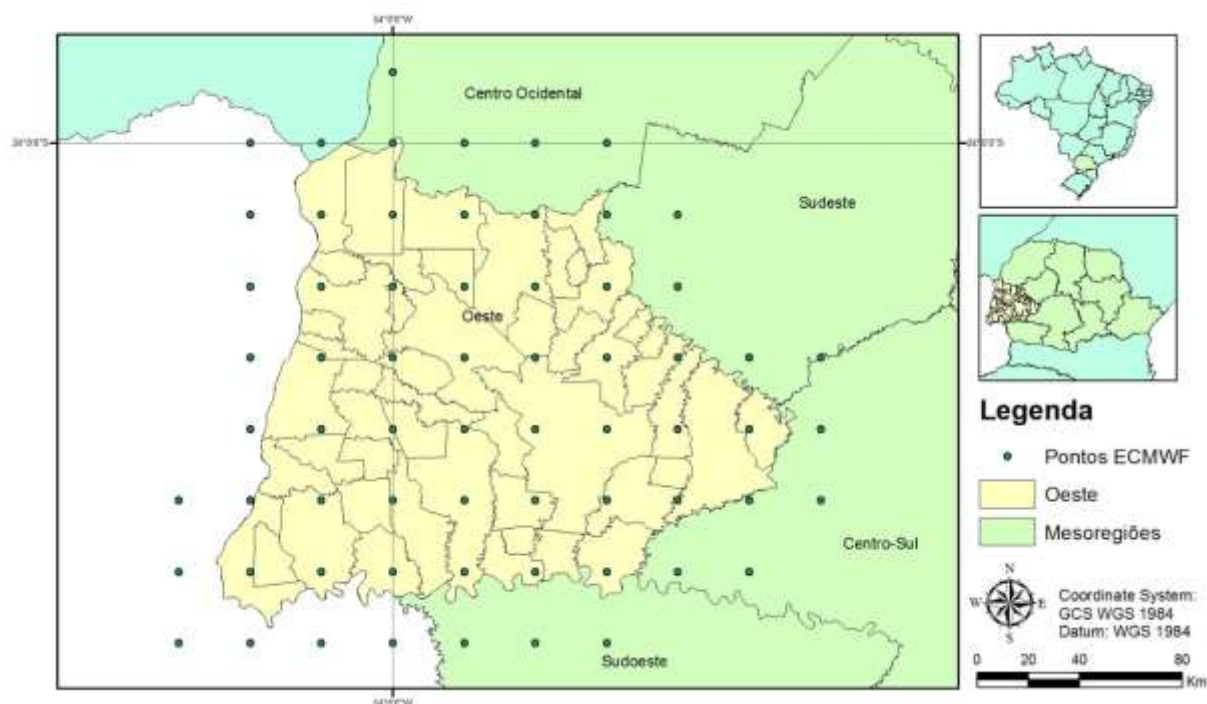


Figura 1. Mapa de localização da Região Oeste do Paraná e a localização das estações virtuais do ECMWF. Fonte: Richetti et al. (2014)

O balanço hídrico utilizando-se do método apresentado por Allen et al. (1998), doravante BHFAO, foram apresentados do Richetti et al. (2014) e foram comparados com os valores aqui gerados pelo método de Thornwaite e Mather (1955), doravante BHTM.

Para os dados agrometeorológicos de precipitação e evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foram utilizados os dados do modelo ECMWF no formato *shape* e para os dados de solos foram utilizados os dados do Novo Mapa de Solos do Brasil (EMBRAPA, 2011), também em formato *shape*. Com o tipo de solo foi possível determinar a CAD conforme Farias et al. (2000).

Existem diversas formas de calcular-se o balanço hídrico, uma delas é apresentada por Allen et. al. (1998) conforme a Equação 1.

$$BH_{r,i} = BH_{r,i-1} + (P - RO)_i + I_i - CR_i - ET_{c,i} - DP_i \quad (1)$$

em que:

$BH_{r,i}$  é o balanço hídrico na zona radicular no final do tempo  $i$  (mm);

$BH_{r,i-1}$  é a quantidade de água no período anterior  $i-1$  (mm);

$P_i$  é a precipitação no tempo  $i$  (mm);

$RO_i$  é o escoamento superficial no tempo  $i$  (mm);

$I_i$  é a irrigação no tempo  $i$  (mm);

$CR_i$  é a ascensão capilar do solo no tempo  $i$  (mm);

$ET_{c,i}$  é a evapotranspiração da cultura no tempo  $i$  (mm);

$DP_i$  é a perda de água devido a percolação profunda no tempo  $i$  (mm).

Assim, num determinado volume de solo ter-se-á entradas (precipitação, irrigação e ascensão capilar) e saídas (evapotranspiração, escoamento e percolação profunda) da água, que definirão a quantidade de água disponível para a cultura, num determinado período de tempo. Para a determinação do balanço hídrico, normalmente, são desconsiderados os valores de escoamento, percolação profunda, ascensão capilar e, neste caso, a irrigação. Para calcular o balanço hídrico considera-se, então, um sistema formado por uma determinada camada de solo, e analisam-se todas as entradas e saídas de água deste sistema.

Outro método é o apresentado por Thornthwaite e Mather (1955) que, para definir a demanda e disponibilidade hídrica, consideram a precipitação ( $P$ ), evapotranspiração real ( $ET_a$ ), evapotranspiração potencial ( $ET_0$ ), armazenamento de água no solo ( $ARM$ ), deficiência hídrica ( $DEF$ ) e excedente hídrico ( $EXC$ ).

Tendo-se os valores de precipitação, CAD e  $ET_0$  é possível determinar o balanço hídrico, calculando-se, primeiramente, a diferença entre a precipitação e a  $ET_0$ . Assim, determina-se os valores negativos acumulados ( $Neg.Acum$ ) da diferença (Equação 2) e do armazenamento de água ( $ARM$ ) no solo (Equação 3).

$$Neg.Acum = \begin{cases} P - ET_0, & se P - ET_0 < 0 \\ CAD * \ln\left(\frac{ARM}{CAD}\right), & se P - ET_0 \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$ARM = \begin{cases} ARM_{i-1} + (P - ET_0), & se P - ET_0 \geq 0 \\ CAD * e^{\left(\frac{Neg.Acum}{CAD}\right)}, & se P - ET_0 < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Assim, o método determina a variação do armazenamento, denominado de alteração do armazenamento ( $ALT$ , mm) (Equação 4), nesse processo também será utilizado a evapotranspiração real ( $ET_a$ , mm), e juntamente o excedente hídrico ( $EXC$ , mm).

$$\pm ALT = P - ET_a - EXC \quad (4)$$

Portanto, tem-se o cálculo do déficit hídrico ( $DEF$ , mm) (Equação 5).

$$DEF = ET_c - ET_a \quad (5)$$

Observe-se, logo, que a Capacidade de Água Disponível (CAD) tem relações diretas com os valores de ALT, DEF, e EXC. Desta forma, para valores diversos de CAD têm-se valores diferentes de armazenamento de água. Para determinar estes valores de evapotranspiração real ( $ET_a$ , mm), basta somar, ao valor da precipitação, o valor absoluto da alteração (ALT).

Já o excedente hídrico (EXC, mm) é o valor de  $P - ET_c$  subtraído do valor da alteração (ALT). Assim, o resultado do balanço hídrico é, nada mais do que estes valores de déficit e excedente hídricos combinados, pois, em um período, quando há um não há o outro.

Observa-se que os dois métodos apresentam condições robustas para a estimação do balanço hídrico, de forma tal que o objetivo do trabalho é a comparação dos métodos. Utilizando-se das metodologias e dos dados agrometeorológicos foi possível estimar o balanço hídrico para a soja no ano-safra 2011/2012 para o oeste paranaense.

### 3. Resultados e Discussão

O balanço hídrico gerado, em escala decendial, pelo método BHTM, para a soja, ano-safra de 2011/2012, no oeste do Paraná é mostrado na Figura 2. As áreas em branco em alguns decêndios significam que aquela estação virtual não possuía dados, pois não havia cultura no local, ou por ainda não ter-se semeado ou ainda por já ter-se colhido. A disponibilidade hídrica é apresentada em escala de cores (Figura 2).

A semeadura iniciou-se no terceiro decêndio de setembro e terminou-se no terceiro decêndio de outubro, já a colheita iniciou-se no terceiro decêndio de janeiro e findou-se no terceiro decêndio de março (BECKER, 2013).

O período entre o segundo decêndio de dezembro e o segundo decêndio de fevereiro apresentou um estresse hídrico considerável, pois o balanço hídrico pelo método BHTM apresentou valores negativos em praticamente toda a região oeste (Figura 2), resultando em um período de estiagem prolongado na safra, corroborando com os resultados apresentados por Richetti et al. (2014).

Já outros decêndios, como o segundo e o terceiro decêndio de outubro, e, o segundo e o terceiro decêndio de novembro apresentaram maior precipitação e um balanço hídrico positivo, ou seja, água disponível para a cultura (Figura 2).

Observa-se que áreas semeadas no terceiro decêndio de setembro foram colhidas ao final de janeiro e começo de fevereiro e que uma pequena parcela permaneceu no campo depois do terceiro decêndio de fevereiro (Figura 2).

Comparando os valores de balanço hídrico pelo método BHTM com os valores apresentados por Richetti et al. (2014), que utilizou o método BHFAO, observa-se que, entre o segundo decêndio de dezembro e o segundo decêndio de fevereiro, houve uma deficiência hídrica e, no segundo e o terceiro decêndio de outubro, e, o segundo e o terceiro decêndio de novembro, apresentaram um balanço hídrico positivo (Figura 3). Contudo, apesar de resultados similares no que diz respeito aos períodos, déficits e excedentes, os valores foram diferentes.

A Figura 3 apresenta a diferença em valores absolutos (mm) entre o método BHTM e o método BHFAO. Observa-se que, em valores absolutos, a diferença entre os dois métodos é elevada, contudo, ambos apontam os mesmos períodos de estiagem e períodos chuvosos. Essa variação deve-se pela forma que os balanços hídricos são realizados. Observa-se que o BHFAO não leva em consideração a CAD do solo para a determinação do balanço hídrico (Equação 1). Já o BHTM faz a consideração do armazenamento de água no solo baseada

também na CAD, assim, os valores observados são diferentes, mas a interpretação dos resultados é bastante similar.

Observa-se que o decêndio com menor diferença foi o segundo decêndio de novembro no início do período de estiagem, e terceiro decêndio de janeiro, os demais períodos apresentaram maiores diferenças. Além disso, as diferenças não são homogêneas, isto é, não são constantes, mesmo quando toda a região se mantém constante, por exemplo, o segundo decêndio de novembro (Figura 2) as diferenças para este período não são constantes.

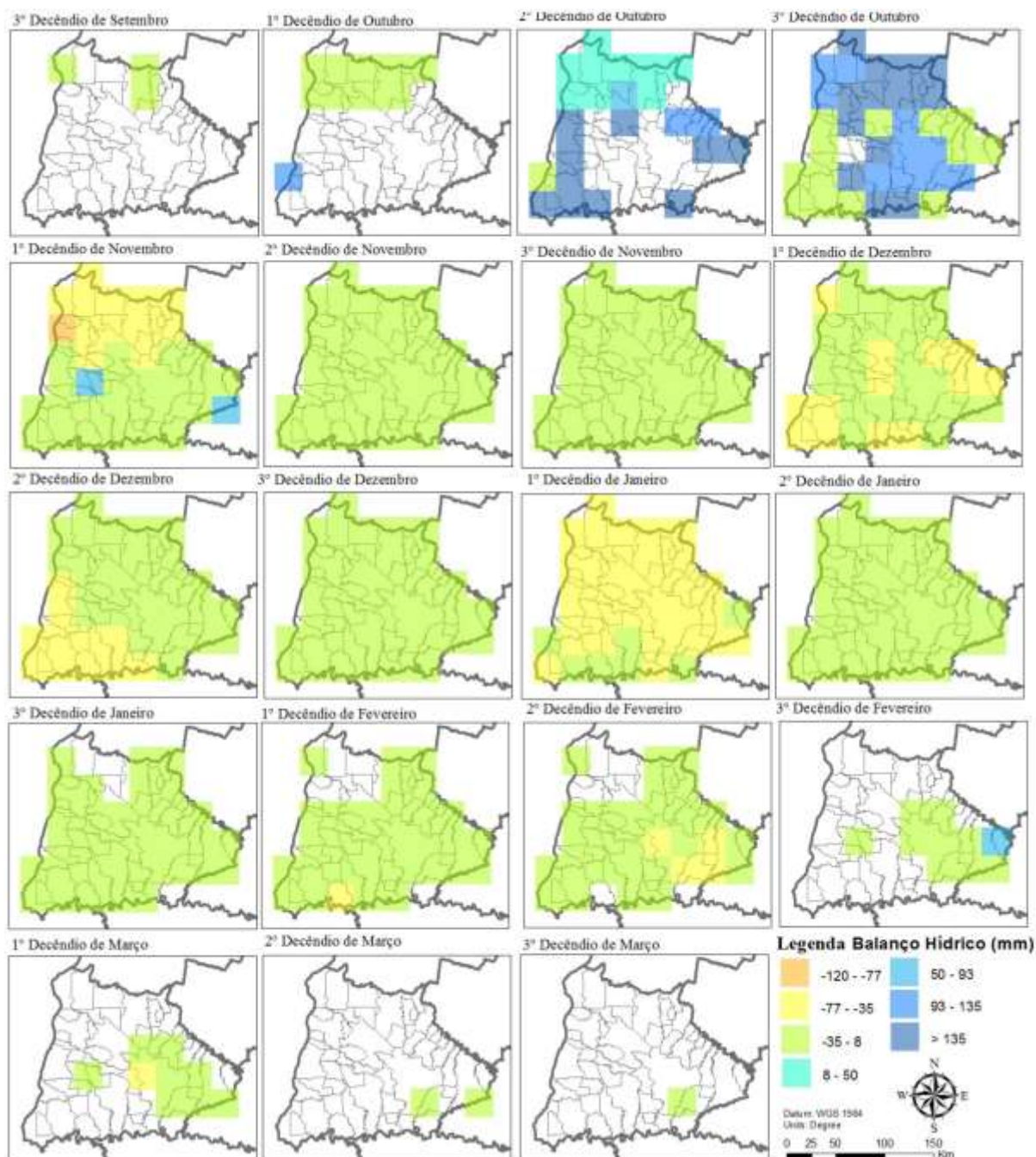


Figura 2. Balanço hídrico por decêndios para a cultura da soja no ano-safra de 2011/2012 no Oeste do Paraná.

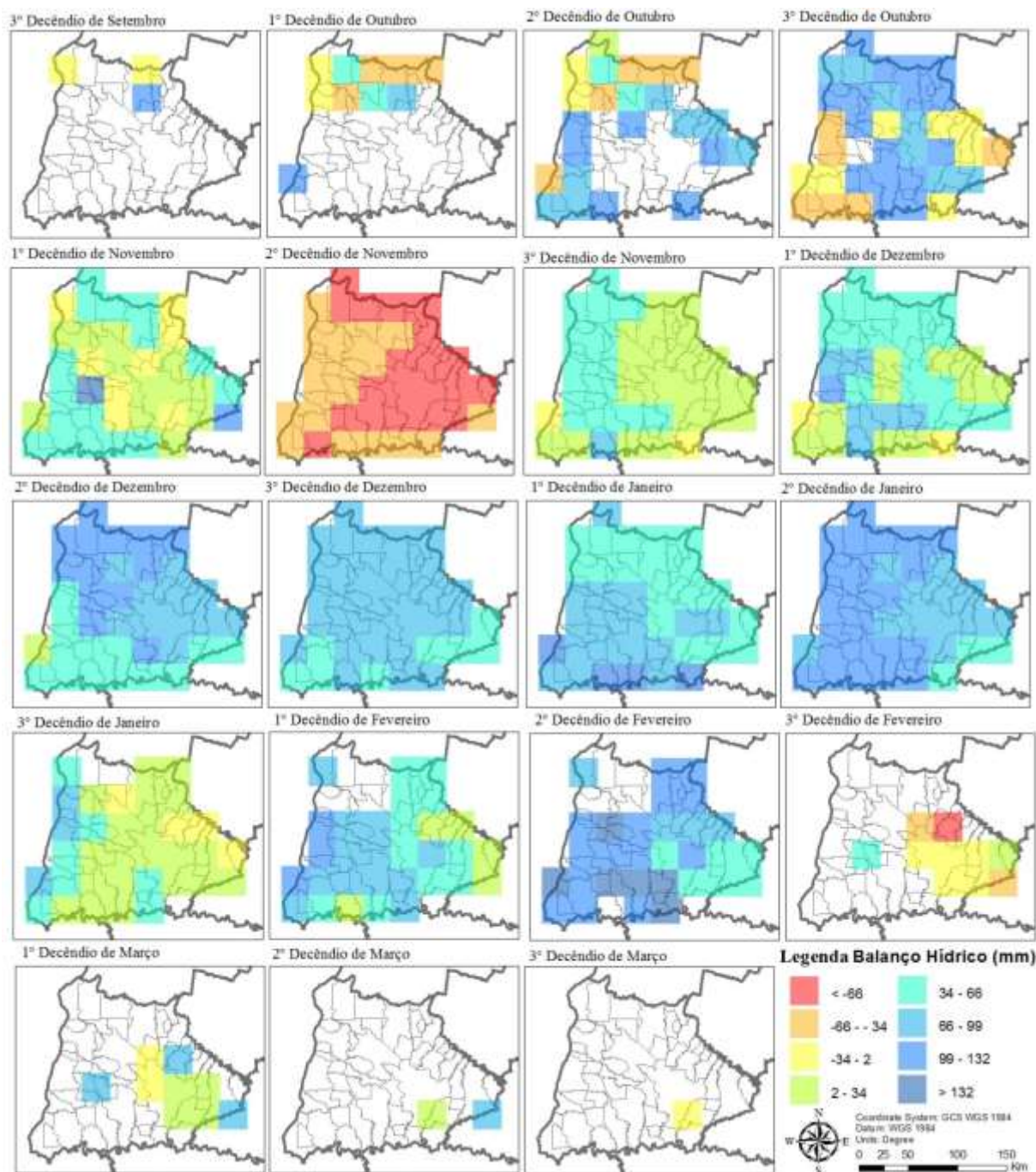


Figura 3. Diferença entre os balanços hídricos (BHTM – BHFAO) por decêndio para a cultura da soja ano safra de 2011/2012 no Oeste do Paraná.

#### 4. Conclusões

A representação espacial do BHTM permitiu visualizar e analisar, para a região oeste do Paraná, a cada decêndio, a existência de excedente ou excesso hídrico para a cultura da soja no ano-safra 2011/2012. Mesmo dentro da mesorregião Oeste do Paraná observam-se significativas variações na quantidade disponível para planta, o que por consequência trazem efeitos sobre a cultura implantada.

A comparação, por decêndios, entre os dois métodos de obtenção de balanço hídrico (BHTM e BHFAO) revelou grandes diferenças. Para os decêndios de maior estiagem concluiu-se que o método BHFAO penaliza mais a disponibilidade de água para planta do que

o método BHTM. Consequentemente, caso estes métodos sejam empregados para estimativa da produtividade atingível da soja, espera-se haver significativas diferenças nas estimativas.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq e à Capes pelo apoio financeiro e ao programa de pós-graduação PGEAGRI. Ao Laboratório de Estatística Aplicada (LEA) da UNIOESTE-Campus Cascavel, pela infraestrutura disponibilizada para a realização da pesquisa e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) pelo apoio.

## **Referências Bibliográficas**

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - Irrigation and drainage paper FAO-56**. Rome, 1998.
- Becker, W. R. **Estimativa de dados do ciclo da cultura da soja, no estado do Paraná, por meio de imagens MODIS**, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, UNIOESTE - Cascavel. 57 p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2013** / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2013, 31p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 67 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 130)
- Johann, J. A. **Calibração de dados agrometeorológicos e estimativa de área e produtividade de culturas agrícolas de verão no estado do paraná**, 2012. UNICAMP. Tese de Doutorado, Campinas - SP, 225 p.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. **Meteorologia Agrícola**. 2007. Notas de aula, ESAQ - USP - São Paulo - SP 207 p.
- Richetti, J.; Johann, J. A.; Uribe-Opazo, M. A.; Becker, W. R.; Paludo, A. Uso de dados de sensoriamento remoto do modelo ECMWF para geração de balanço hídrico do solo na região oeste do Paraná. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA. **Anais...** . p.2011–2014, 2014. Campo Grande - MS. Disponível em: <<http://www.sbea.org.br/conbea/2014/anais/R0154-2.pdf>>. .
- Steduto, P.; Hsiao, T. C.; Fereres, E.; Raes, D. **Crop Yield Response to Water - Irrigation and Drainage Paper FAO-66**. Rome, 2012. ISSN - 9789251072745 505 p.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. The water budget and its use in irrigation. In: **The Yearbook of Agriculture - Water**. Washington, D.C., Department of Agriculture, p.346-358, 1955.