



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros* **Estimativa do BH para Cana-de-açúcar no RS**



*Larissa Silva Braga*<sup>1</sup>; *Santiago Vianna Cuadra*<sup>2</sup>; *Luciana Barros Pinto*<sup>3</sup>; *Ivan Rodrigues de Almeida*<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bacharelado em Meteorologia, UFPel, Fone: (53) 9158-6588, [larissinhabraga@gmail.com](mailto:larissinhabraga@gmail.com)

<sup>2</sup>Meteorologista, Pesquisador, Embrapa Clima Temperado – Embrapa - RS

<sup>3</sup>Meteorologista, Professora, UFPel, Pelotas - RS

<sup>4</sup>Geógrafo, Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS

**RESUMO:** A cana de açúcar ainda apresenta baixa participação no setor agroenergético do Rio Grande do Sul (RS), sendo cultivada em grande parte por agricultores de base familiar, seja diretamente pelo produto ou como alimentação animal. Um dos principais desafios enfrentado pelos produtores de cana é o de se conseguir uma estabilidade com altos valores de rendimento, o que depende ainda da obtenção de variedades mais adaptadas ao clima da região – ainda bem abaixo do centro e nordeste do país. O objetivo do trabalho foi avaliar o Balanço hídrico (BH) para cultura da cana de açúcar no RS. Para obtenção do balanço hídrico sequencial, em base mensal, aplicou-se o método de Thornthwaite e Mather (1955), com a evapotranspiração potencial estimada através dos métodos de Thornthwaite (TH), Thornthwaite e Camargo (TH&CM), Hargreaves e Samani (H&S), e Penman-Monteith (PM), para seis cidades do RS: Bom Jesus, Iraí, Pelotas, Santa Maria, São Luiz Gonzaga e Uruguaiiana. O BH foi integrado para o período de 1975 a 2004, considerando a capacidade de água disponível (CAD) no solo de 50 mm. As análises foram realizadas considerando-se o percentual de ocorrências de deficiência hídrica (DH) a partir do BH de cada método e para cada cidade. Em geral, as regiões apresentaram menor/maior ocorrência de DH foram os municípios Bom Jesus/Uruguaiiana, localizada nas regiões noroeste/sudoeste, com frequência de DH média (entre os métodos) de 14/38%; ou seja para região da fronteira oeste do estado estima-se que em aproximadamente 38% do período ocorra algum nível de restrição hídrica. Verificou-se que o BH utilizando a ETP de PM apresenta menores valores de DH durante todo o período estudado. Em contrapartida, o BH com o uso do método de H&S apresentam valores e frequências mais elevadas da DH para todos os municípios do RS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hídrico, Métodos, Regiões, Rio Grande do Sul.

### **Comparison of ETP estimation methods for RS**

**SUMMARY:** Sugar cane still has low participation in the agro-energy sector of Rio Grande do Sul (RS), being cultivated largely for family-based farmers, either directly by the product, or as animal feed. One of the main challenges faced by sugarcane producers is to achieve stability with high yield values, which still depends on obtaining varieties better adapted to the climate of the region – which is still well below at the centre and northeast of the country. The aim for this research was to evaluate the Water Balance (WB) for cultivation of sugar cane in Brazil, Rio Grande do Sul. To obtain the sequential water balance on a monthly basis, we applied the Thornthwaite and Mather' method (1955), with the Potential Evapotranspiration (PET) estimated by the methods of Thornthwaite (TH), Thornthwaite and Camargo (TH & CM), Hargreaves and Samani (H & S), and Penman-Monteith (PM), for six cities of Rio Grande do Sul: Bom Jesus, Iraí, Pelotas, Santa Maria, São Luiz Gonzaga, and Uruguaiiana. The water balance was integrated for the period from 1975 to 2004, considering the available water capacity (CAD) in the soil of 50 mm. The analyses were performed considering the percentage of water deficit events (DH) from the water balance of each method, and for each city. In general, the areas that had lower / higher water deficit were the municipalities of Bom Jesus / Uruguaiiana, located in the northwest / southwest



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

with an average frequency of water deficit (among processes) of 14/38%; i.e, to the western border region of the state it is expected that approximately 38% of the time will experience a level of water restriction. It was found that the water balance through the (PET) of PM has lower values of water deficit throughout the study period. On the other hand, the water balance through the H & S' method has values and frequencies higher of water deficit for all the given municipalities of the state.

**KEYWORDS :** Water balance , Methods, Regions , Rio Grande do Sul .

## INTRODUÇÃO

A cana de açúcar ainda apresenta baixa participação no setor agroenergético do Rio Grande do Sul (RS), sendo cultivada em grande parte por agricultores de base familiar, seja diretamente pelo produto ou como alimentação animal. Um dos principais desafios enfrentado pelos produtores de cana é o de se conseguir uma estabilidade com altos valores de rendimento, o que depende ainda da obtenção de variedades mais adaptadas ao clima da região – ainda bem abaixo do centro e nordeste do país.

Uma das principais metodologias, provavelmente a mais amplamente empregada, para avaliação da disponibilidade hídrica para os diversos fins é o balanço hídrico climatológico (BHC) (AMORIM NETO, 1989; SENTELHAS, 1999; VAREJÃO-SILVA, 2006). O BHC expressa matematicamente, de forma simplificada, a relação solo-planta-atmosfera através, principalmente, do balanço entre a precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial (ETP), estando diretamente relacionados com as medidas ou estimativas destas.

Com relação à ETP, as incertezas estão associadas não só às estimativas e medições, mas também do método empregado em seu cálculo, pois existem diversas formulações, com ampla gama de complexidade, em função de diferentes variáveis climáticas. Além disso, tratando-se de culturas agrícolas, deve-se considerar a evapotranspiração da cultura (ETC), onde além dos fatores meteorológicos, a ETC também é em função do estágio fenológico da planta, fazendo com que a necessidade de água para seu desenvolvimento potencial, varie ao longo do ciclo (SCARDUA; ROSENFELD, 1987). Sendo assim, uma melhor definição da disponibilidade hídrica de uma região gera impactos em diversas áreas, principalmente àquelas voltadas à agricultura, onde influencia diretamente na expansão e adaptabilidade de culturas agrícolas.

Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o BH para cultura da cana de açúcar no RS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram consideradas seis cidades, sendo cada uma representativa de uma região do RS, da seguinte forma: Pelotas (Região Sul), Uruguaiana (Região Sudoeste), Santa Maria (Região Central), São Luiz Gonzaga (Região Centro-Oeste), Iraí (Região Norte) e Bom Jesus (Região Nordeste) (Figura 1).

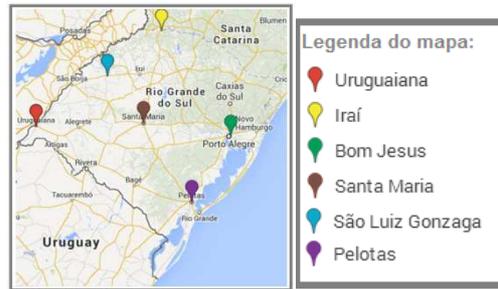


Figura 28- Localização das seis cidades utilizadas no estudo.

Fonte: GOOGLE MAPS, 2014.

Com base nessas localidades, foram utilizados dados de precipitação (mm. dia<sup>-1</sup>), temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa (%), vento (m.s<sup>-1</sup>) e radiação solar incidente (Wm<sup>-2</sup>), obtido junto ao BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014), e para as análises do BH foram utilizados dos dados do modelo CRU (Climatic Research Unit), para o período de 1975 a 2004.

Para se determinar as incertezas associadas com as estimativas da ETP foram utilizados quatro diferentes métodos para estimar a ETP, em função das diferentes forçantes, apresentados na tabela 1:

Tabela 1 - Métodos implementados para o cálculo da ETP.

Métodos Implementados	Equação
Thorthwaite	Se $0 < T_a < 26,5^{\circ}\text{C}$ ; $ETP = 16 (10 T_m/I)^a$ Se $T_a \geq 26,5^{\circ}\text{C}$ ; $ETP = -415,85 + 32,24 T_m - 0,43 T_m^2$
Thorthwaite & Camargo	$0 \leq T_{ef} < 26,5^{\circ}\text{C}$ , $ETp = 16(10 \times T_{ef}/I)^a$ $T_{ef} \geq 26,5^{\circ}\text{C}$ ; $ETp = - 415,85 + 32,24 T_{ef} - 0,43 T_{ef}^2$
Hargreaves & Samani	$ETP = 0,0023 * R_a * (T_{max} - T_{min})^{0,5} * (17,8 + T_m) * NDP$
Penman-Monteith	$ETP = \{ [(0,408 * \Delta) * (R_n - G)] + [\gamma * 900 / (T + 273) * U^2 * \Delta E] \} / [\Delta + \gamma * (1 + 0,34 * U^2)]$

Com base nos dados do INMET, calculou-se a ETP média mensal para as diferentes localidades do RS, de 30 anos (1975 a 2004). Para obtenção do balanço hídrico será aplicado o método de Thornthwaite e Mather (T&M) (1955), que tem como finalidade monitorar a variação do armazenamento de água no solo, através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD). As forçantes atmosféricas do modelo são a precipitação pluviométrica, ETP e o CAD. As principais variáveis de saída do modelo são a evapotranspiração real (ETR), a deficiência hídrica (DEF), o excedente hídrico (EXC) e o armazenamento de água no solo (ARM).

Para este trabalho, considerou-se o tipo de solo para todas as localidades como sendo o mesmo, tipo de solo 2, que são solos de textura média, com teor mínimo de 15% de argila e menor do que 35%, nos quais diferença entre o percentual de areia e o percentual de argila seja menor do que 50, com o CAD de 50mm (MAPA, 2014). Para isso, foram consideradas duas situações uma com a cultura da cana-de-açúcar, e a outra sem a cultura. Desta forma, calculou-se, para o BHS da cultura, a ETC para a cana-de-açúcar, também considerando os quatro métodos de ETP citados acima. Onde:

$$ETC = K_c * ETP \quad (\text{Eq.1})$$

O valor do  $K_c$  utilizado foi o definido por Doorenbos e Kassam (1979), conforme apresentado na tabela 2.

*Tabela 19 – Valores de K<sub>c</sub> para cana-de-açúcar.*

Período de desenvolvimento	Dias do ciclo	Coefficiente de cultura K <sub>c</sub> <sup>(1)</sup>
Do plantio até 0,25 de cobertura	30 – 60	0,40 – 0,60
De 0,25 a 0,50 de cobertura	30 – 40	0,75 – 0,85
De 0,50 a 0,75 de cobertura	15 – 25	0,90 – 1,00
De 0,75 à cobertura completa	45 – 55	1,00 – 1,20
Utilização máxima	180 – 330	1,05 – 1,30
Início da senescência	30 – 150	0,80 – 1,05
Maturação	30 – 60	0,60 – 0,75

*Fonte: Doorernbos e Kassam (1979).*

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises foram realizadas considerando-se o percentual de ocorrências de deficiência hídrica (DH), a partir do BHS, considerando os métodos de ETP de Thornthwaite&Camargo, Hargreaves&Samani, Thornthwaite e Penman-Monteith, para cada uma das localidades de estudo, com e sem a cultura da cana-de-açúcar. Esses percentuais estão apresentados na tabela 3 de maneira resumida.

A região que apresentou menor ocorrência de DH foi à de Bom Jesus, localizada na região noroeste do RS, com frequência média de DH (entre os métodos) de 14%, sem considerar a cultura da cana e 12% considerando a cultura.

A região de Irai, localizada na região norte, apresentou valores de 39% sem a cultura e 32% com a cultura de cana-de-açúcar, ou seja, estima-se que em aproximadamente 32% do período ocorra algum nível de restrição hídrica no solo que tem a cultura plantada e 39% sem a cultura.

Pelotas, localizada na região sul, apresentou valores de 31% sem a cultura e 36% com a cultura de cana-de-açúcar.

Santa Maria localizada na região central apresentou valores de 29% sem a cultura e 27% com a cultura de cana-de-açúcar.

A região de São Luiz Gonzaga, região centro-oeste, apresentou valores de 29,6% sem a cultura e 29,4% com a cultura de cana-de-açúcar.

E, a região de Uruguaiana, sudoeste do estado, apresentou os maiores valores de frequência de DH média (entre os métodos), com 45% sem a cultura e 38,8% com a cultura de cana-de-açúcar. Ou seja, para região da fronteira oeste do estado estima-se que em aproximadamente 38% do período ocorra algum nível de restrição hídrica no solo que tem a cultura plantada e 45% sem a cultura.

Verificou-se também, que o BH utilizando a ETP de PM apresenta menores valores de DH durante todo o período estudado. Em contrapartida, sem a cana-de-açúcar o método que apresentou menores valores foi o de TH. Verificou-se também que o BH com o uso do método de H&S apresentam valores e frequências mais elevadas da DH para todos os municípios do RS .

*Tabela 1 - Percentual do déficit hídrico.*

Deficit Hídrico em %								
Cidades	Sem a cultura				Com a cultura			
	TH	H&S	TH&CM	PM	TH	H&S	TH&CM	PM
Bom Jesus	6,64	20,28	12,78	16,11	9,44	20,28	14,17	1,11
Iraí	25,28	42,22	36,11	41,67	27,78	41,39	37,22	19,44
Pelotas	25,83	38,6	30,28	32,78	26,11	39,44	33,89	38,06
Santa Maria	29,06	32,78	26,94	28,89	24,72	35,56	29,17	12,76
São Luiz	25,28	30,56	30,28	28,89	27,78	32,5	31,11	13,61
Uruguaiana	32,5	52,78	43,33	47,78	32,78	48,33	43,33	28,06
Média								
Média geral								

## CONCLUSÕES

Todas as regiões do RS apresentam tanto períodos de excesso como de déficit hídrico. Sendo que alguns métodos indicam a ocorrência de deficiência hídrica nos meses de dezembro e janeiro, principalmente nos municípios mais ao sul do estado.

As regiões apresentaram menor/maior ocorrência de DH foram às dos municípios de Bom Jesus e Uruguaiana, localizada nas regiões noroeste/sudoeste, com frequência de DH média (entre os métodos) de 14/38%; ou seja, para região da fronteira oeste do estado estima-se que em aproximadamente 38% do período ocorreu algum nível de restrição hídrica.

Verificou-se também que o BH utilizando a ETP de PM apresenta menores valores de DH durante todo o período estudado. Em contrapartida, o BH com o uso do método de H&S apresentam valores e frequências mais elevadas da DH para todos os municípios do RS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM NETO, M. S. **Balanco hídrico segundo Thornthwaite & Mather**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 18 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 34).

CRU. Climatic Research Unit. Disponível em: <www.cru.uea.ac.uk/>. Acesso em: 15 Dez. 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2014.

SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Irrigação da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.1, p.313-431.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. **Balancos Hídricos Climatológicos do Brasil - 500 balancos hídricos de localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ, 1999. P. 1-7.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. **Versão Digital**, 2006. p. 449.