

PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEU IMPACTO SOB A DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM FRANCA-SP

BRUNO MARCOS NUNES COSMO¹, TATIANI MAYARA GALERIANI², WILLIAN APARECIDO LEOTI ZANETTI³; ADOLFO BERGAMO ARLANCH⁴

¹Doutorando em Agronomia – Agricultura, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, brunomcosmo@gmail.com; ²Doutoranda em Agronomia – Agricultura, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, tatianigaleriani@gmail.com; ³Doutorando em Agronegócio e Desenvolvimento, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, willianleoti@gmail.com; ⁴Doutorando em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, adolfoarlanche@gmail.com

RESUMO

Nos próximos anos são projetados cenários climáticos que poderão afetar a agropecuária brasileira. Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo determinar o impacto de projeções de mudança climática sobre a disponibilidade hídrica de Franca-SP, por meio do balanço hídrico. Foram utilizados dados de temperatura e precipitação da estação meteorológica de Franca (código 83.630) referente aos anos de 1984 e 2019. Estes dados foram utilizados para construção do balanço hídrico do cenário base, que foi alterado para gerar as projeções. As projeções envolveram a elevação isolada de temperatura em 2°C, 4°C e 6°C e combinada com a elevação ou redução de 20% da precipitação base. O cenário base possui uma precipitação anual média de 1.643 ± 208 mm e temperatura média de $22,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$, com deficiência hídrica anual de 90 mm distribuída em 160 dias ano⁻¹. As projeções demonstraram que a elevação de temperatura sem alteração positiva na precipitação reduz a disponibilidade hídrica tanto em volume quanto em duração, podendo gerar deficiência de mais de 700 mm ano⁻¹ distribuída em 320 ano⁻¹ (pior cenário projetado). A compreensão dos impactos de possíveis mudanças climáticas permite a elaboração de estratégias de mitigação de riscos como a irrigação e planejamento agrícola.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Planejamento agrícola. Deficiência hídrica.

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário representa uma parcela significativa da economia nacional, correspondendo a cerca de 25% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (JOAQUIM; SAMPAIO; MOSCA, 2018). O agronegócio envolve tanto as atividades de produção vegetal, quanto animal, bem como toda cadeia agroindustrial de produção. Devido às características das atividades rurais, o setor encontra-se vulnerável a fatores mercadológicos e ambientais, em especial climáticos (SOGLIO; KUBO, 2016).

As condições climáticas de cada região são determinantes no estabelecimento e manutenção das atividades agropecuárias. A temperatura, distribuição das chuvas, presença de adversidades como secas, geadas, vendáveis e etc., são fundamentais no estabelecimento do zoneamento agroclimático, determinação de manejos e afins (STEINMETZ; SILVA, 2017).

Existem muitas situações em que a produção agropecuária ocorre em regiões consideradas de baixa aptidão e/ ou de alto risco. Nestes casos as tecnologias de produção que envolvem o melhoramento genético, adaptação de culturas, manejo nutricional, fitossanitário e outras tecnologias são fundamentais para elevar a chance de sucesso da atividade (CASTANHO; TEIXEIRA, 2017). O planejamento agrícola visa combinar os conhecimentos da cultura e região aos fatores citados anteriormente para mitigar os riscos produtivos e elevar a eficiência das lavouras (MONTANO; SOUZA, 2016).

Dentre os conhecimentos exigidos pelo planejamento agrícola, a capacidade de prever eventos futuros representa uma oportunidade de preparação e elaboração de estratégias promissoras (FRANÇA et al., 2021). Para as próximas décadas muitos estudos indicam possíveis alterações no clima que terão grande repercussão na agropecuária, impulsionando trabalhos de predição do comportamento de culturas e de alterações no clima de determinadas regiões (FELIX et al., 2020). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) representa uma das principais fontes de divulgação de possíveis cenários de mudança climáticas, apresentando faixas de variação que envolvem temperatura, precipitação, concentração de CO₂ atmosférico e outros fatores (IPCC, 2014; PINTO, 2015).

Dentre os fatores climáticas a disponibilidade hídrica representa um dos fatores de maior repercussão, pois, representa um dos elementos fundamentais na determinação das culturas que poderão ser cultivadas em cada região e quais estratégias como zoneamento agrícola e adoção ou tipo irrigação deverão ser utilizados (SANTOS; MARTINS, 2016). Para determinação da disponibilidade hídrica, o balanço hídrico representa uma ferramenta de fácil utilização que permite caracterizar satisfatoriamente as entradas e saídas de água em determinada localidade (CECÍLIO et al., 2012).

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi determinar o impacto de diferentes projeções de mudança climática sobre a disponibilidade hídrica de Franca-SP.

MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo desta pesquisa foi determinar o impacto de diferentes projeções de mudança climática sobre a disponibilidade hídrica de Franca-SP, por meio do balanço hídrico, foram utilizados dados de temperatura e precipitação do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMP) (2019), baseado nas séries históricas das estações convencionais da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram oriundos da estação de Franca (código 83.630) (coordenadas: Latitude -20,58, Longitude -47,36 e altitude de 1.026 m). Os dados coletados para construção do balanço hídrico foram temperatura mínima, média e máxima e precipitação entre 1984 a 2019, sendo utilizados os dados de 1989 a 2018.

O balanço hídrico utilizado foi o sequencial-decendial (GOBO et al., 2018) baseado na metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), confeccionado utilizando-se o programa BHnorm versão 4.0 (ROLIM; SENTELHAS, 1998). O valor da capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) adotado foi de 100 mm, usual para diversas condições (HORIKOSKI; FISCH, 2007). As equações presentes no programa foram verificadas antes das simulações.

Após a caracterização do balanço hídrico atual (base) da região de Franca, foram realizadas projeções de modificações climáticas baseadas nas faixas de variação de temperatura e precipitação apresentadas no IPCC (2014) para a região. Estas modificações envolveram a elevação da temperatura média em 2°C, 4°C ou 6°C, associado com elevação ou redução da precipitação atual em 20%. Nestas projeções considerou a ocorrência de alterações constantes ao longo do ano, ignorando a ocorrência de eventos extremos de temperatura ou precipitação.

O programa BHnorm permite a confecção de gráfico de balanço hídrico e extrato do balanço hídrico, contudo, optou-se por apresentar gráficos do extrato do balanço hídrico por permitirem uma melhor visualização dos períodos e volumes de excesso ou deficiência hídrica ao longo do ano em cada condição avaliada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciando pela caracterização da normal climatológica de Franca entre 1989 a 2018, a precipitação anual média na região foi de 1.643 ± 208 mm, enquanto as temperaturas mínima, máxima e média anuais foram de $17,3 \pm 0,4^\circ\text{C}$, $22,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e $26,8 \pm 0,6^\circ\text{C}$, respectivamente. Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 são apresentados os extratos do balanço hídrico do cenário atual (base) e das projeções analisadas.

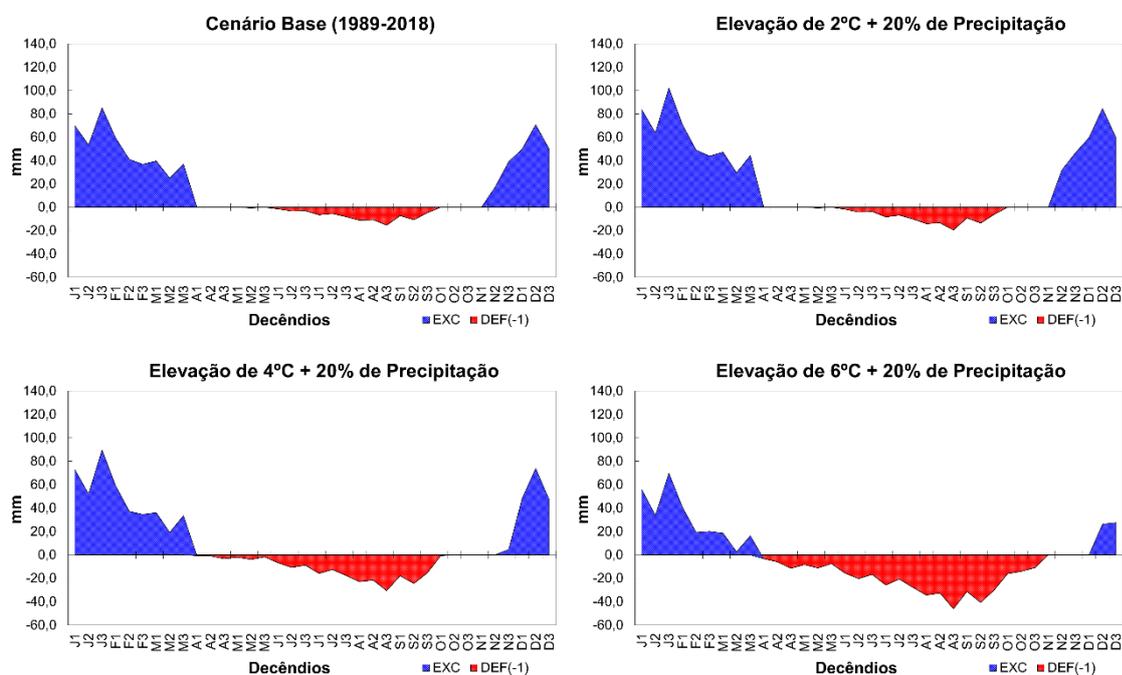


Figura 1. Extratos do balanço hídrico em Franca-SP, considerando o cenário base atual (1989-2019) e projeções de elevação da temperatura de 2°C, 4°C e 6°C com elevação de 20% na precipitação base.

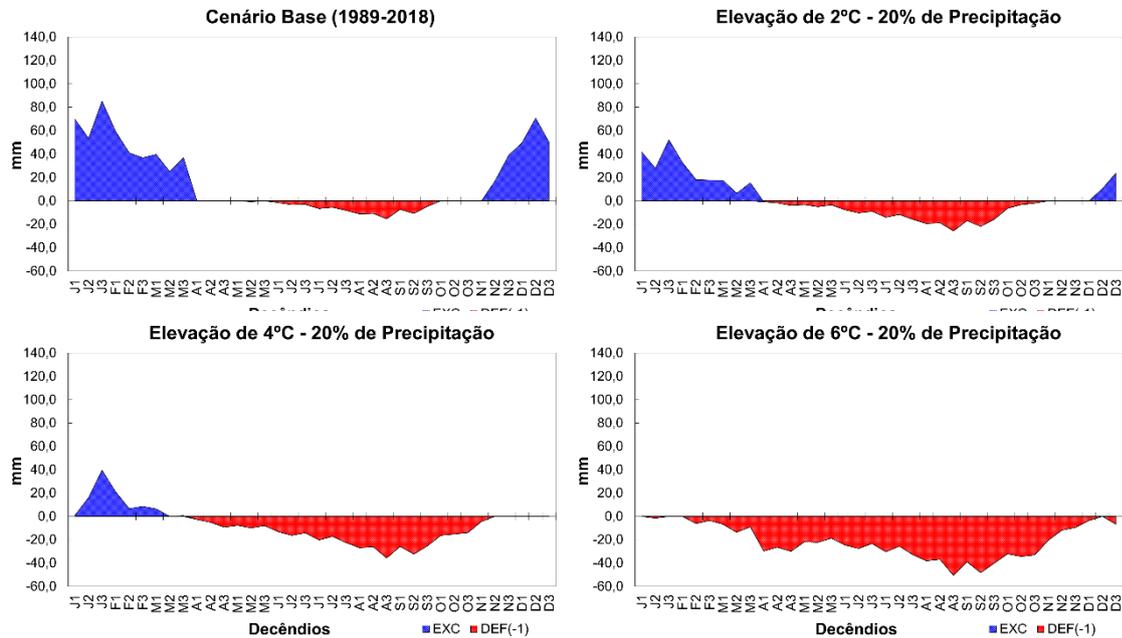


Figura 2. Extratos do balanço hídrico em Franca-SP, considerando o cenário base atual (1989-2019) e projeções de elevação da temperatura de 2°C, 4°C e 6°C com redução de 20% na precipitação base.

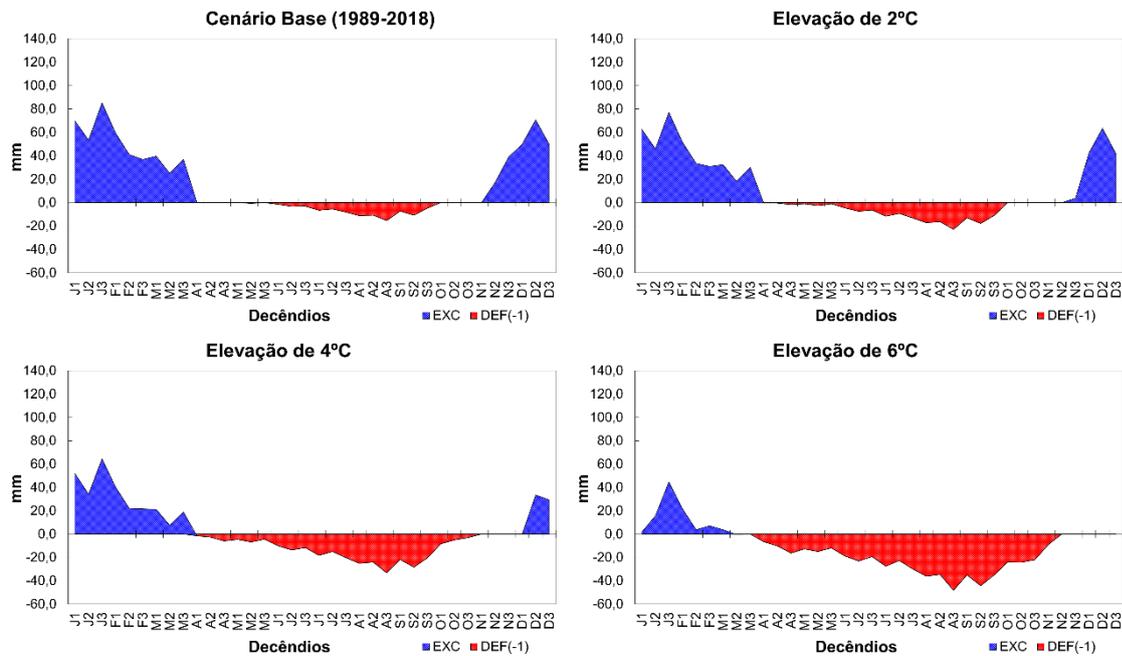


Figura 3. Extratos do balanço hídrico em Franca-SP, considerando o cenário base atual (1989-2019) e projeções de elevação da temperatura de 2°C, 4°C e 6°C isoladamente.

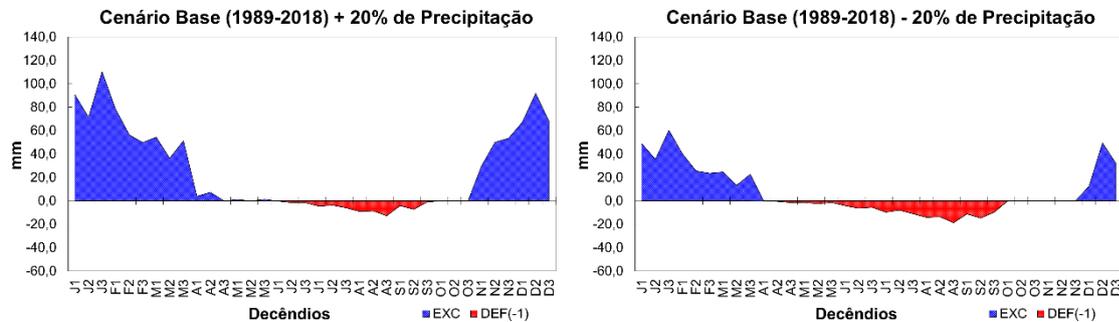


Figura 4. Extratos do balanço hídrico em Franca-SP, considerando o cenário base atual (1989-2019) com elevação ou redução de 20% na precipitação base.

As figuras 1, 2, 3 e 4 permitem visualizar os impactos das projeções de mudança climática visualmente em comparação ao cenário base atual (1989-2018), contudo, na Tabela 1, realizou-se uma compilação das informações do balanço hídrico como excedente e deficiência hídrica anual em mm, bem como o número de decêndios em deficiência por ano. Destaca-se que mesmo o excedente anual ultrapassando a deficiência em algumas condições, devido a dinâmica do sistema ainda pode-se observar períodos de escassez de água.

Tabela 1. Caracterização e comparação da temperatura, precipitação e disponibilidade hídrica em função dos cenários de modificação climática.

Cenários		Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Balanço Hídrico (mm) ano		Decêndios em Deficiência ano ⁻¹
Precip.	Temp.			Excedente	Deficiência	
Base (1989-2019)		22,0±0,5	1.646 ± 208	674	90	16
+ 20%	----	22,0	1.976	974	60	14
- 20%	----	22,0	1.317	389	134	19
Sem alteração	+ 2°C	24,0	1.646	534	158	18
	+ 4°C	26,0	1.646	346	284	21
	+ 6°C	28,0	1.646	98	527	23
+ 20%	+ 2°C	24,0	1.976	817	112	16
	+ 4°C	26,0	1.976	609	218	19
	+ 6°C	28,0	1.976	331	431	21
- 20%	+ 2°C	24,0	1.317	264	218	21
	+ 4°C	26,0	1.317	100	368	23
	+ 6°C	28,0	1.317	0	758	32

Todos os cenários de modificação projetados com exceção da elevação na precipitação sem alteração na temperatura evidenciam períodos de deficiência hídrica iguais ou superiores a 160 dias (16 decêndios) ano⁻¹. Nas situações com elevação de 6°C independente do regime hídrico a deficiência é superior a 20 decêndios ano⁻¹, com máximo de 32 decêndios ano⁻¹ com redução de precipitação. Entre abril a outubro ocorrem os períodos de deficiência hídrica na região que se intensificam em volume com as elevações na temperatura média.

Após a caracterização do extrato do balanço hídrico atual e dos cenários projetados é importante descrever quais as aplicações deste conhecimento no planejamento agrícola. Na cultura da cana-de-açúcar, assume-se que regiões com deficiência hídrica anual superior a 200 mm exigem a adoção de algum tipo de sistema de irrigação (complementar ou total) (MANZATTO, 2009).

Empregando o limite de deficiência hídrica superior a 200 mm como faixa que exige irrigação para cana-de-açúcar, pode-se constatar que o cenário atual e as modificações que envolvem apenas alteração na precipitação ou elevação da temperatura em 2°C sem alterar a precipitação ou elevando-o enquadram-se dentro de níveis que não exigem irrigação, enquanto elevações de 4°C e 6°C independente do regime hídrico necessitam de irrigação para a produção de cana-de-açúcar.

Estes resultados estão em consonância ao observado por Marin et al. (2007) que ao avaliar simulações de elevação isolada de temperatura em 1,8°C, 2,9°C e 4,0°C, constataram que grande parte do estado de São Paulo se tornaria dependente da irrigação para manter a produção de cana-de-açúcar com elevação de 4,0°C na temperatura média.

A disponibilidade hídrica será fortemente afetada caso sejam confirmadas as projeções de elevação na temperatura média, tendendo a apresentar maiores períodos de deficiência e em maiores volumes, caso a precipitação não sofra alteração positiva. Este conhecimento permite o planejamento de manejos como a irrigação, bem como adequação ao zoneamento agrícola de cada região (WAGNER et al., 2013; COLLICHIO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2015). O conhecimento do balanço hídrico também auxilia os produtores na definição de outras atividades, buscando reduzir os riscos e/ou estresses que as culturas sofreram em campo.

CONCLUSÕES

Os cenários de modificação climática projetados em Franca-SP, evidenciaram que elevações na temperatura sem alteração positiva na precipitação poderão causar reduções elevadas na disponibilidade hídrica em volume e elevar o período em deficiência hídrica durante o ano. O cenário mais extremo estima até 320 dias em deficiência hídrica ano⁻¹, com uma deficiência acumulada de mais de 700 mm. O conhecimento e compreensão dos impactos de possíveis mudanças climáticas permite aos profissionais e produtores agrícolas elaborar estratégias de mitigação de riscos produtivos, envolvendo técnicas como a irrigação, planejamento agrícola e outras ferramentas.

REFERÊNCIAS

BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA – BDMEP.

Dados históricos. 2019. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 25 out 2019.

CASTANHO, R. B.; TEIXEIRA, M. E. S. A evolução da agricultura no mundo: Da gênese até os dias atuais. **BGJournal**, v.8, n.1, p.136-146, 2017.

CECÍLIO, R. A. et al. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.478-488, 2012.

COLLICCHIO, E. et al. Implicações das mudanças do clima no zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar no estado do Tocantins, considerando o modelo GFDL. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.6, p.1730-1747, 2015.

FELIX, A. S. et al. Análise exploratória dos impactos das mudanças climáticas na produção vegetal no Brasil. **RAMA**, v.13, n.1, p.397-409, 2020.

FRANÇA, J. F. et al. Previsão da Produção de Soja Utilizando Imagens de Satélite e Lógica Fuzzy. **Ensaios e Ciência**, v.25, n.2, p.232-238, 2021.

GOBO, J. P. A. et al. Variabilidade climática em episódios Enos na produtividade da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nos municípios de Cambé e Mirador/ PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.13, p.72-87, 2018.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambi-Água**, v.2, n.2, p.33-46, 2007.

JOAQUIM, J.; SAMPAIO, A.; MOSCA, J. Agronegócio internacional e multidimensionalidade da percepção de valor dos pequenos produtores agrícolas em Xinavane, Moçambique: Uma análise factorial confirmatória. **Desenvolvimento e Sociedade**, n.4, p.29-42, 2018.

MANZATTO, C. V. et al. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar:** Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55p.

MARIN, F. R. et al. Efeito das mudanças climáticas sobre a aptidão climática para cana-de-açúcar no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: UFV, 2007. p.1-6.

MONTANO, M.; SOUZA, M. P. Integração entre planejamento do uso do solo e de recursos hídricos: a disponibilidade hídrica como critério para a localização de empreendimentos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3, 489-495, 2016.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. **Climate Change 2014:** Synthesis Report. Suíça: IPCC, 2014. 151p.

PINTO, H. M. S. **Projeções de risco de produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo baseadas em simulações multimodelos e cenários climáticos futuros.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - ESALQ, Piracicaba, 2015.

RIBEIRO, R. C. et al. Zoneamento do saldo hídrico anual da cana-de-açúcar para o estado de Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.1958-1970, 2015.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1995)**. Versão 4.0. São Paulo: 1998.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

SANTOS, W. G.; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v.25, n.3, p.73-94, 2016.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. **Início dos Estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2017.

WAGNER, M. V. et al. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.2, p.170-179, 2013.