

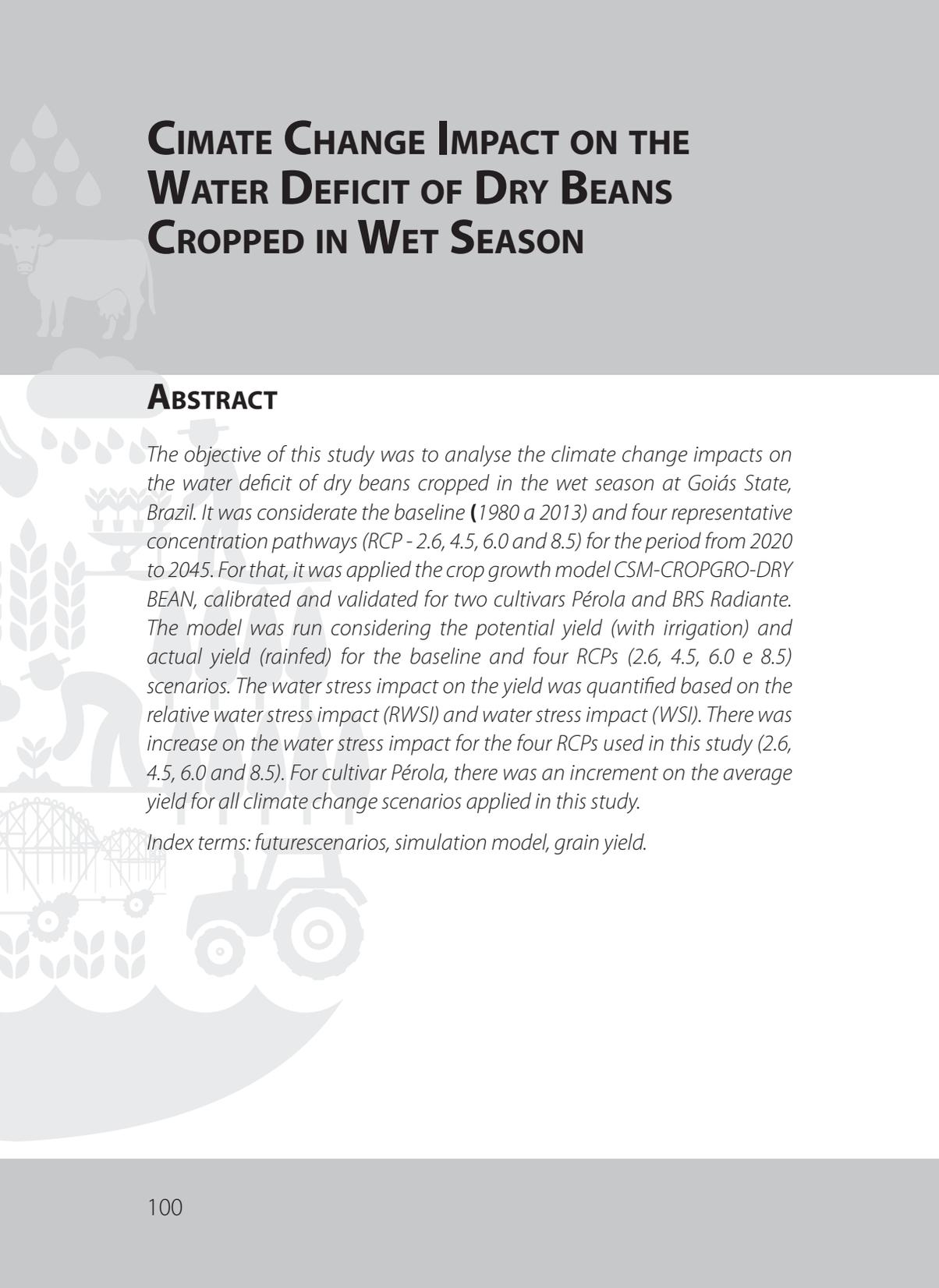
IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTRESSE HÍDRICO DO FEIJOEIRO CULTIVADO NO PERÍODO DAS ÁGUAS

**ALEXANDRE BRYAN HEINEMANN; SILVANDO CARLOS DA SILVA
LUÍS FERNANDO STONE**

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o impacto das mudanças climáticas no estresse hídrico do feijoeiro cultivado no período das águas em Goiás, considerando o presente (1980 a 2013, "baseline") e quatro cenários de trajetórias representativas de concentração (RCPs) para o período de 2020 a 2045. O modelo de simulação da cultura do feijoeiro, CSM-CRO-PGRO-DRY BEAN, foi calibrado e validado para duas cultivares, Pérola e BRS Radiante. Estimativas da produtividade do feijoeiro foram executadas considerando a produtividade potencial (irrigada) e atual (sem irrigação) para o presente e para os cenários RCPs 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5. O impacto do estresse hídrico na produtividade foi quantificado por meio do impacto relativo do estresse hídrico (RWSI) e impacto do estresse hídrico (WSI). Concluiu-se que houve incremento do impacto do estresse hídrico nos quatro cenários considerados neste estudo (RCPs 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5). Para a cultivar Pérola, houve incremento da produtividade média para todos os cenários de mudanças climáticas utilizados.

Termos para indexação: cenários futuros, modelo de simulação, produtividade.



CIMATE CHANGE IMPACT ON THE WATER DEFICIT OF DRY BEANS CROPPED IN WET SEASON

ABSTRACT

The objective of this study was to analyse the climate change impacts on the water deficit of dry beans cropped in the wet season at Goiás State, Brazil. It was considerate the baseline (1980 a 2013) and four representative concentration pathways (RCP - 2.6, 4.5, 6.0 and 8.5) for the period from 2020 to 2045. For that, it was applied the crop growth model CSM-CROPGRO-DRY BEAN, calibrated and validated for two cultivars Pérola and BRS Radiante. The model was run considering the potential yield (with irrigation) and actual yield (rainfed) for the baseline and four RCPs (2.6, 4.5, 6.0 e 8.5) scenarios. The water stress impact on the yield was quantified based on the relative water stress impact (RWSI) and water stress impact (WSI). There was increase on the water stress impact for the four RCPs used in this study (2.6, 4.5, 6.0 and 8.5). For cultivar Pérola, there was an increment on the average yield for all climate change scenarios applied in this study.

Index terms: futuresscenarios, simulation model, grain yield.

INTRODUÇÃO

O feijão é considerado a leguminosa mais importante no mundo para consumo humano direto, com uma produção global em torno de 23 mil toneladas. Entre as espécies de feijoeiro, as do gênero *Phaseolus* são as mais cultivadas, ocupando mais de 85% da área de produção de feijão no mundo. O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é responsável por 80% das espécies de feijão consumidas. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão (~ 2,5 milhões de toneladas em 2013) (IBGE, 2016), sendo essa a principal fonte de proteína na dieta da população brasileira, com consumo per capita estimado em 17,8 kg ano⁻¹. O sistema de produção de feijão não irrigado representa 93% (2,8 milhões ha) da área de produção brasileira do feijão (IBGE, 2016). No estado de Goiás, um dos principais estados produtores de feijão no Brasil e foco deste estudo, a produção do feijão não irrigado está concentrada no período de semeadura de 01 de novembro a 31 de dezembro. Devido à variabilidade ambiental, o desempenho das cultivares varia substancialmente entre locais e anos, com rendimento médio de 1.500 kg ha⁻¹ (IBGE, 2016). O feijoeiro cultivado no período das águas sofre restrições de produção abióticas e bióticas. As restrições abióticas mais comuns são baixa fertilidade do solo, estresse hídrico e deficiência de nitrogênio devido à irregularidade na fixação de nitrogênio. Devido à gama de restrições e suas interações, não está claro para os melhoristas quais as principais restrições que afetam a cultura e como as mesmas variam no espaço e no tempo. Como a maior parte da produção de feijão no período das águas está associada à agricultura familiar, o conhecimento dessas restrições no presente e no futuro é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias e conhecimentos para a melhoria da produtividade (RODRIGUEZ DE LUQUE; CREAMER, 2014). O objetivo deste estudo foi analisar o impacto do estresse hídrico no feijoeiro produzido no período das águas considerando o presente (1980 a 2013, “baseline”) e quatro cenários de trajetórias representativas de concentração (Representative Concentration Pathways (RCPs) – 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5) para o período de 2020 a 2045.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o estado de Goiás. Neste estudo foram consideradas 26 estações climáticas, com dados diários de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima do ar e radiação solar global para o período de 1980 a 2013, consideradas como “baseline”. A localização e caracterização dessas estações estão descritas em Heinemann et al. (2016). Foram consideradas três classes de solo, Latossolo, Argissolo e Cambissolo, que representam 64%, 19% e 6% da área agrícola do estado de Goiás. As propriedades físicas desses solos são provenientes da base de dados solo brasileiro (BENEDETTI et al., 2008) e as características hídricas foram derivadas utilizando as funções de pedotransferência descritas em Heinemann et al. (2015). A capacidade de água disponível (CAD) foi de $0,813 \text{ mm cm}^{-1}$, $0,476 \text{ mm cm}^{-1}$ e $0,588 \text{ mm cm}^{-1}$ para o Latossolo, Argissolo e Cambissolo, respectivamente. A área de influência de cada uma das 26 estações climáticas foi determinada por meio de polígonos de Thiessen, permitindo explicitá-las espacialmente.

Os dados de clima futuro utilizados neste estudo para os quatro cenários de trajetórias representativas de concentração, denominados neste estudo RCPs, são provenientes do CMIP5. Para cada RCP foram utilizados doze modelos climáticos globais (GCMs) que possuíam escalas diárias para os elementos climáticos precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima do ar e radiação solar global. Como os dados dos GCMs em escala diária tem erros inerentes, foi necessário realizar correções de viés (CV). Assim, dois métodos de CV foram aplicados: (a) o método delta, que aplica uma correção sobre as médias, e (b) o método de fator de mudança, que corrige tanto as médias como a variabilidade das saídas dos GCMs (HAWKINS et al., 2013).

Foram utilizados 96 cenários climáticos individuais para o período 2020 a 2045, resultantes do produto de 12 GCMs por 4 RCPs e por 2 métodos CV. O desenvolvimento, crescimento e produtividade da cultura do feijoeiro foram simulados pelo modelo CSM-CROPGRO-DRY BEAN, que é um modelo de processo orientado e que considera condições am-

bientais, manejo da cultura e parâmetros específicos da cultivar. Esse modelo vem sendo amplamente utilizado no Brasil (HEINEMANN et al., 2002, 2016) e apresenta saídas para o crescimento e desenvolvimento da cultura e para os balanços hídricos do solo e da planta, nitrogênio e carbono. O modelo CSM-CROPGRO-DRY BEAN foi calibrado e validado para duas cultivares contrastantes em relação ao hábito de crescimento e ciclo, denominadas Pérola e BRS Radiante.

Detalhes do processo de calibração e validação e os respectivos coeficientes genéticos das cultivares estão descritos em Heinemann et al. (2016). As simulações foram realizadas considerando sete datas de semeadura (de 1º de novembro a 30 de dezembro), duas cultivares (Pérola e BRS Radiante), três classes de solos e dados climáticos “baseline” (1980 a 2013) e dados climáticos futuros (2020 a 2045 – 96 cenários e quatro RCPs). As simulações foram realizadas para determinar a produtividade potencial (Y_{ns} , irrigado) e a produtividade atual (Y_{wl} , sem irrigação), considerando que não há limitação de nutrientes, insetos-praga ou doenças. Para as simulações de Y_{ns} , o manejo da irrigação foi similar ao utilizado pelos agricultores, aplicando uma lâmina de 20 mm quando a umidade do solo nos primeiros 30 cm decresce abaixo de 50% da capacidade de campo.

O impacto do estresse hídrico sobre a produtividade foi mensurado pela quantificação do estresse hídrico relativo (RWSI), Equação 1, e estresse hídrico (WSI), Equação 2.

$$RWSI = (Y_{ns} - Y_{wl}) / Y_{ns} * 100 \quad (1)$$

$$WSI = (Y_{ns} - Y_{wl}) \quad (2)$$

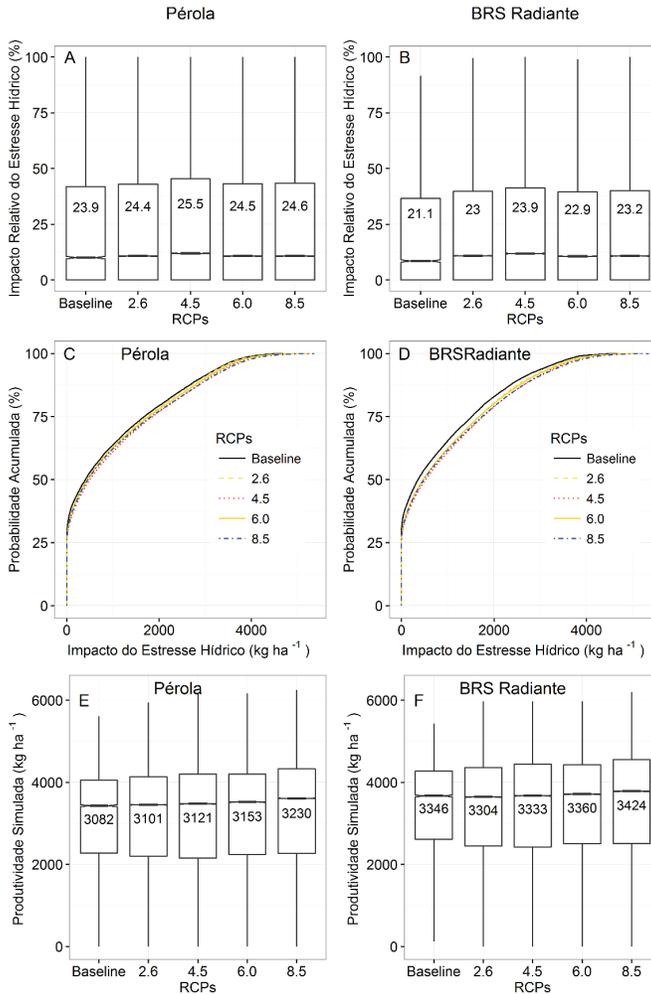
em que,

Y_{ns} – produtividade potencial do feijoeiro (com irrigação).

Y_{wl} – produtividade atual do feijoeiro (sem irrigação).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado nos resultados obtidos neste estudo, para ambas as cultivares, Pérola e BRS Radiante, houve aumento do impacto do estresse hídrico na produtividade do feijoeiro para todos os RCPs comparado com a “baseline” (Figura 1A e 1B). O cenário que apresentou o maior aumento médio foi o RCP 4.5, com aumento médio do impacto do estresse hídrico na produtividade de 1,6% e 2,8% em relação à “baseline”, para as cultivares Pérola e BRS Radiante. Observou-se que nos cenários de mudanças climáticas considerados neste estudo, o estresse hídrico apresentou maior impacto na cultivar de menor ciclo, BRS Radiante. Basicamente, isso deve-se ao aumento na temperatura do ar e consequente redução de ciclo. Para ambas as cultivares houve redução média de dois dias no ciclo em relação à “baseline”. Entretanto, essa redução de ciclo teve maior impacto na cultivar BRS Radiante (dados não mostrados). Para os quatro RCPs estudados, houve maior impacto do estresse hídrico em relação a “baseline”. Considerando uma análise de risco, para ambas cultivares, os RCPs 8.5 e 4.5 apresentaram a pior situação (Figura 1C e 1D), ou seja, os maiores impactos do estresse hídrico nas produtividades. Para a cultivar Pérola, houve aumento na produtividade média para os quatro RCPs em relação à “baseline” (Figura 1E). Isso provavelmente se deve ao efeito do CO₂, que é maior nos RCPs que na baseline. Já para a cultivar BRS Radiante, esse aumento na produtividade ocorreu somente para os RCPs 6.0 e 8.5 (Figura 1F).



Legenda: Radiante, considerando todas as datas de semeaduras. Linha horizontal representa a mediana e valores indicados por números a média (A, B); (C, D) risco do impacto do estresse hídrico nos diferentes cenários (C) para a cultivar Pérola e (D) para a cultivar BRS Radiante, considerando todas as datas de semeaduras; (E, F) impacto dos cenários de mudanças climáticas na produtividade simulada para (E) cultivar Pérola e (F) cultivar BRS Radiante, considerando todas as datas de semeadura.

Figura 1. Gráficos do impacto do estresse hídrico relativo e seu risco associado. Impacto relativo do estresse hídrico (RWSI, %) na produtividade para a cultivar Pérola (A) e para a cultivar BRS (B).

CONCLUSÕES

Houve incremento do impacto do estresse hídrico nos quatro cenários considerados neste estudo (RCPs 2.6; 4.5; 6.0 e 8.5). Para a cultivar Pérola, houve incremento da produtividade média para todos os cenários de mudanças climáticas utilizados.

REFERÊNCIAS

BENEDETTI, M. M.; SPAROVEK, G.; COOPER, M.; CURI, N.; CARVALHO FILHO, A. Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2591-2600, nov./dez. 2008.

HAWKINS, E.; OSBORNE, T. M.; HO, C. K.; CHALLINOR, A. J. Calibration and bias correction of climate projections for crop modelling: an idealized case study over Europe. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 170, p. 19-31, Mar. 2013.

HEINEMANN, A. B.; BARRIOS-PEREZ, C.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; ARANGO-LONDOÑO, D.; BONILLA-FINDJI, O.; MEDEIROS, J. C.; JARVIS, A. Variation and impact of drought-stress patterns across upland rice target population of environments in Brazil. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 12, p. 3625-3638, June 2015.

HEINEMANN, A. B.; HOOGENBOOM, G.; FARIA, R. T. de. Determination of spatial water requirements at county and regional levels using crop models and GIS: an example for the State of Parana, Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 52, n. 3, p. 177-196, Jan. 2002.

HEINEMANN, A. B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; SOUZA, T. L. P. O.; DIDONET, A. D.; DI STEFANO, J. G.; BOOTE, K. J.; JARVIS, A. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 225, p. 57-74, Sept. 2016.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de Dados Agregados. **Produção agrícola municipal**: área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura temporária. [Rio de Janeiro, 2016]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=PA&z=t&o=11>>. Acesso em: 10 maio 2016.

RODRIGUEZ DE LUQUE, J. J.; CREAMER, B. Major constraints and trends for common bean production and commercialization, establishing priorities for future research. **Agronomia Colombiana**, v. 32, n. 3, p. 423-431, 2014.