

Simulação da produtividade e de épocas de semeadura para soja e milho em eventos de El niño Oscilação Sul no estado de Mato Grosso

João Danilo Barbieri^{1,*}, Rivanildo Dallacort², Paulo Sérgio Lourenço De Freitas¹, Rafael Cesar Tieppo², Maria Carolina Da Silva Andrea², Santino Seabra Junior²

¹Universidade Estadual de Maringá, UEM, PR

²Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, MT

*Autor correspondente: jd.barbieri@hotmail.com

Artigo enviado em 23/01/2019, aceito em 13/12/2019.

Resumo: Este trabalho teve como objetivo estimar a produtividade da soja e milho “safrinha” baseada em simulação realizada com os modelos CROPGRO-Soybean e CERES-Maize, respectivamente, incluído no Sistema de Suporte para Transferência de Agrotecnologia (DSSAT) v.4.6.1 considerando diferentes datas de semeaduras, sob os efeitos climáticos ocasionados pelos fenômenos ENOS (El niño Oscilação Sul) para os municípios de Rondonópolis, Sinop e Tangará da Serra. Os dados de calibração e validação do modelo foram adquiridos em experimentos de campo nas safras 2015/2016, realizados em área experimental da UNEMAT campus de Tangará da Serra, foram semeados três cultivares de soja com ciclos tardios médios e precoce, para quatro datas, e após a colheita de cada época foram semeados três híbridos de milho também com ciclos distintos, para quatro datas de semeadura, os dados meteorológicos foram monitorados por uma estação meteorológica instalada ao lado do experimento. Os modelos mostraram ser uma excelente ferramenta para a previsão do rendimento da soja e do milho “safrinha”, utilizando-se dados meteorológicos do ano em questão. Após a calibração foram simuladas 6 datas para cada cultura dividido em anos de ocorrência de El niño, La niña e Neutros, para os três municípios. Para a cultura da soja a variabilidade climática ocorrente dos fenômenos ENOS provocam maiores oscilações de produtividades aumentando os riscos de perdas por semeaduras antecipadas (22/09 e 06/10). Para a cultura do milho safrinha em todos os eventos climáticos analisados as melhores épocas foram 20/01 e 01/02 para todos os municípios.

Palavras-chave: simulação, semeadura, variabilidade climática, produtividade.

Yield and sowing simulation for soybean and corn in El niño Oscilação Sul events in Mato Grosso state

Abstract: The objective of this work was to estimate the soybean and maize yield based on simulation performed with the CROPGRO-Soybean and CERES-Maize models, respectively, included in the Support System for the Transfer of Agro-Technology (DSSAT) v.4.6.1 Different sowing dates, under the climatic effects caused by the ENSO (El niño Southern Oscillation) phenomena for the municipalities of Rondonópolis, Sinop and Tangará da Serra. The calibration and validation data of the model were acquired in field experiments in the 2015/2016 crops, conducted in the experimental area of UNEMAT campus in Tangará da Serra, three soybean cultivars with medium and early late cycles were sown for four dates, and Three maize hybrids were also sown after each harvest,

with different cycles, for four sowing dates, the meteorological data were monitored by a meteorological station installed next to the experiment. The models showed to be an excellent tool for predicting the yield of soybean and maize "off-season", using meteorological data of the year in question. After calibration, 6 dates were simulated for each culture divided into years of occurrence of El niño, La niña and Neutros, for the three municipalities. For the soybean crop, the climatic variability of the ENSO phenomena causes greater oscillations of yields, increasing the risk of losses due to anticipated sowing. For the maize crop in all climatic events analyzed the best seasons were January 20 and February 1 for all municipalities.

Keywords: Simulation, sowing, climatic variability, productivity.

Introdução

No Brasil, a soja e o milho safrinha são as culturas com maior expressão produtiva, o estado de Mato Grosso possui maior participação na produção nacional, produzindo na safra 2015/2016, 27,4 milhões de toneladas de soja e 19,2 milhões de toneladas de milho (CONAB, 2016).

No setor do agronegócio, um dos principais fatores que tornam a atividade agrícola de alto risco, são as variabilidades climáticas, diversos autores citam que as variáveis climáticas podem influenciar fortemente o resultado final de uma safra com duas culturas sucessivas, no caso da soja e do milho "safrinha", salientando a disponibilidade hídrica como o fator limitante na produtividade (Vivan et al., 2015).

O comportamento das chuvas no estado de Mato Grosso são bem definidas, com chuvas de outubro a março, e entre abril e setembro estabelece-se a estação seca (Dallacort et al., 2011). Com isso, as deficiências hídricas ocorrem com muita frequência no período da "safrinha", que em combinação com baixas temperaturas e insolação causam considerável redução no rendimento potencial do milho (Souza et al., 2014).

Um fator que altera a produtividade da soja e milho safrinha é a influência dos fenômenos El niño Oscilação Sul (ENOS), haja visto que este altera o padrão das condições do tempo,

quando se manifesta em regiões do nordeste do Brasil, ocorrem menores índices pluviométricos durante o evento El niño (Araújo, 2012). Já para a região Centro-Oeste do País também apresenta modificações no comportamento das chuvas, principalmente com maiores índices para anos Neutros e El niño e pouca precipitação para La niña conforme observado por Ramos et al. (2015).

Os modelos computacionais apresentam-se como alternativa para estimar a produtividade das culturas, em função das condições climáticas e práticas de manejo cultural e de solo, em um curto período (Dokoohaki et al., 2016).

Exemplos desses modelos computacionais são os modelos incluídos no Sistema de Suporte à Decisão para Transferência de Agrotecnologia (DSSAT) versão 4.6.1.0, que são capazes de simular o crescimento, o desenvolvimento e o balanço hídrico de diversas culturas, em função das características de solo, da planta e da atmosfera (Hoogenboom et al., 2004). Dentre esses modelos computacionais, inclui-se o CROPGRO-Soy Bean e o CERES-Maize, que permite simular os principais processos fisiológicos da cultura da soja e milho respectivamente.

Esses modelos consideram os processos de crescimento e desenvolvimento da cultura em etapas diárias. Constitui um modelo mecanicista e determinístico que simula a duração dos estádios vegetativos e reprodutivos,

acúmulo de biomassa e produção de grãos para uma dada cultivar, em função de tipos de solo, condições climáticas e práticas de manejo. Coeficientes específicos da cultura (fornecidos em um arquivo do programa) e coeficientes genéticos da cultivar (calibrado para o genótipo de interesse) possibilitam a simulação das respostas de uma dada cultivar em distintas condições ambientais (Dejonge et al., 2012; He et al., 2012; Rocha e Christofidis, 2014; Bao et al., 2015; Dokoohaki et al., 2016).

Objetivou-se com esse trabalho, analisar a melhor época de semeadura, considerando a variabilidade da produtividade de três cultivares de soja e milho safrinha sob as condições climáticas ocorridas em anos de El niño, La niña e Neutros, para os municípios de Tangará da Serra, Rondonópolis e Sinop, no estado de Mato Grosso.

Material e Métodos

O CROPGRO-Soybean é o modelo do sistema DSSAT 4.6.1.0, para a cultura da soja (Santos, 2015). Os dados de entrada requeridos para a simulação do crescimento das culturas incluem valores diários de temperatura máxima e mínima, precipitação, radiação e velocidade do vento. Além desses, é necessário incluir dados de capacidade de retenção de água do solo, suas características físico-químicas, espaçamento entre plantas, regime de hídrico adotado na irrigação, sistema de cultivo, entre outros (Talacuerce, 2014).

Neste trabalho foram considerados como fator limitante de produtividade o balanço de água no solo que no modelo é calculado a partir de processos empíricos, que estimam o fluxo de água no solo ao longo do perfil. O fluxo de drenagem se dá no sentido vertical, das camadas superiores para as inferiores, e para tal, é determinante a saturação das camadas

superiores como observado por (Ngwira et al., 2014).

O modelo promove a estimativa do balanço hídrico do solo através da entrada de dados meteorológicos, características da cultura, como índice de área foliar e profundidade de raízes, juntamente com a capacidade de retenção de água no solo e a profundidade do perfil. Usando um intervalo de tempo variável, incluindo valores diários de umidade do solo, fluxo para cada profundidade, o armazenamento de água no solo no perfil do solo, transpiração real e potencial, evaporação do solo e da precipitação interceptada no dossel da cultura, além da percolação, o modelo simula as entradas e saídas de água no solo (Bao et al., 2015; Santos, 2015).

Em comparação com o modelo anterior, o modelo CERES-Maize, é um dos mais detalhados para predizer estádios fenológicos e número de folhas. São considerados a sensibilidade ao fotoperíodo e os efeitos da alta temperatura no número final de folhas. Além disso, três componentes do desenvolvimento vegetativo, iniciação de folhas, aparecimento de primórdios foliares e iniciação da floração masculina podem ser testados independentemente (Dokoohaki et al., 2016).

Os pontos fortes do modelo constam de rotinas para a simulação dos balanço de água e nitrogênio no solo, e suas bases fisiológicas para as taxas de desenvolvimento e partição de assimilados, vários trabalhos com a cultura do milho foram realizados com este modelo (Mourice et al., 2014).

A base de dados utilizada consiste de dados experimentais para a cultura da soja e milho safrinha, realizado na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Tangará da Serra, na safra de 2015/2016, o que inclui ainda dados do solo (Tabela 1). O clima da região é o tropical úmido megatérmico (Aw) de acordo com Köpen.

Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são 24,4°C, 1.830 mm e 70 - 80% respectivamente com chuvas

concentradas de outubro a março e entre abril e setembro estabeleceu-se a estação seca de seis meses (Dallacort et al., 2011).

Tabela 1. Análise química e granulométrica* do solo na profundidade de 0-20 cm dos municípios estudados.

Amostra	pH	CTC	V	M.O	Areia	Silte	Argila
	H ₂ O	Cmolc/dm ³	%	g/dm ³	g/kg	g/kg	g/kg
Tangará	5,90	8,30	46	35	125	186	689
Rondonópolis	4,50	5,90	60	22	549	84	367
Sinop	4,80	8,10	66	25	280	140	580

*PLANTE CERTO - Análises de: Solo, Calcário, Água, Nematóide, Adubo, Ração, Sal e Tecido Foliar LTDA, Várzea Grande - MT. (Setembro/2015).

A semeadura da soja foi realizada em quatro épocas, sendo: época 1 (22/09/2015), época 2 (06/10/2015), época 3 (21/10/2015) e época 4 (05/11/2015). Utilizou-se três cultivares de soja: SoyTech 815 RR (precoce), SoyTech 820 RR (intermediário), e Tropical Melhoramento & Genética Ltda TMG-1188 (tardio) com densidade de semeadura de 18, 20 e 14 pl m⁻¹, respectivamente.

A semeadura do milho foi realizada em quatro épocas, concomitantemente à colheita da soja, evidenciando a segunda safra do ano agrícola 2015/2016: época 1 (27/01/2016), época 2 (09/02/2016), época 3 (25/02/2016) e época 4 (11/03/2016). Utilizou-se três híbridos de milho: Agroceres AG 7088 (precoce), Agroeste AS 1555 (intermediário), e Dekalb DKB 390 (tardio) todas com população final de 60.000 pl ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial de 4X3, sendo os tratamentos constituídos pela combinação de quatro épocas de semeadura com três cultivares, com quatro repetições.

As colheitas da soja foram realizadas de acordo com cada época e o ciclo da cultura: época 1 (11/01/2016, 20/01/2016, 08/02/2016), época 2 (01/02/2016, 05/02/2016, 03/03/2016), época 3 (18/02/2016, 24/02/2016, 20/03/2016), época 4 (10/03/2016,

15/03/2016, 30/03/2016) respectivamente para as cultivares ST 815, ST 820 e TMG 1188.

As colheitas do milho foram realizadas de acordo com cada época e o ciclo da cultura: época 1 (23/05/2016, 25/05/2016, 02/06/2016), época 2 (10/06/2016, 14/06/2016, 20/06/2016), época 3 (18/06/2016, 22/06/2016, 28/06/2016), época 4 (05/07/2016, 08/07/2016, 11/07/2016) respectivamente para as híbridos AG 7088, AS 1555 e DKB 390.

Cada tratamento foi constituído por seis linhas de 12 metros, com espaçamento de 0,45 metros nas entre linhas para todas as cultivares, cada tratamento possuía 32,4 m², o experimento com os 12 tratamentos teve uma área total de 388,8 m².

Área de estudo

Para a realização das simulações foram determinadas 6 datas de semeadura para a cultura da soja (1 - 20/09; 2 - 01/10; 3 - 10/10; 4 - 20/10; 5 - 01/11 e 6 - 10/11) e para o milho safrinha (1 - 20/01; 2 - 01/02; 3 - 10/02; 4 - 20/02; 5 - 01/03 e 6 - 10/03), para os anos de 1973 a 2016 divididos em ocorrência de El niño, La niña e anos Neutros.

A simulação foi realizada para os municípios de Tangará da Serra, Rondonópolis e Sinop, ambos no estado de Mato Grosso (Figura 1).

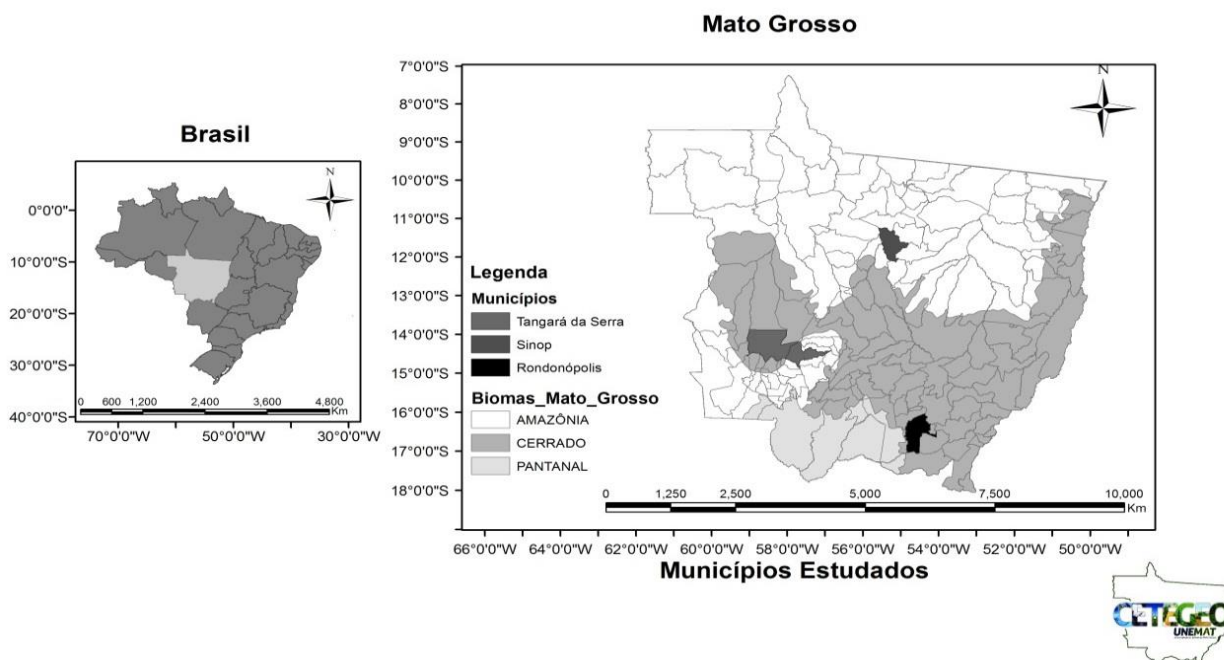


Figura 1 - Localização espacial e limites políticos dos municípios de Tangará da Serra, Rondonópolis e Sinop.

Foi considerada como entrada no modelo CROPGRO-Soybean e CERES-Maize, dados diários de temperaturas máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), precipitação (mm) e número de horas de insolação (h) para o cálculo da radiação solar ($\text{MJ}\cdot\text{dia}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$), que compreendem o período de 1973 a 2016, pertencente a estação climatológica sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Cada município possui uma estação meteorológica (Figura 2).

1. m^{-2}), que compreendem o período de 1973 a 2016, pertencente a estação climatológica sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Cada município possui uma estação meteorológica (Figura 2).

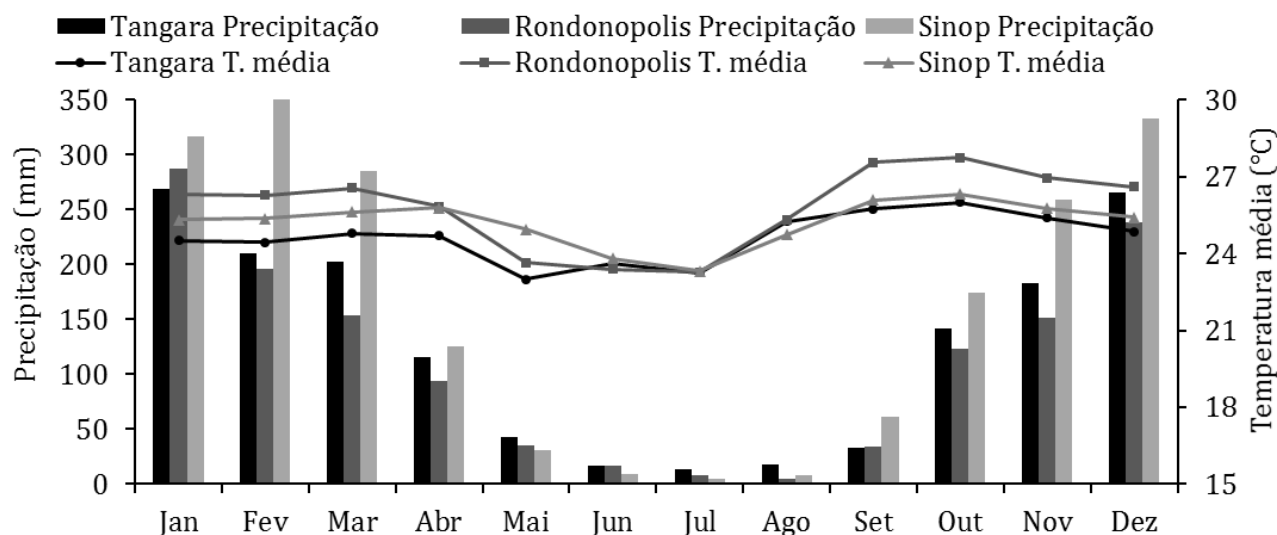


Figura 2 - Dados mensais de Temperatura média e Precipitação para os municípios de Tangará da Serra, Rondonópolis e Sinop.

Calibração do modelo DSSAT/CROPGRO-Soybean e CERES-Maize

A calibração dos coeficientes genéticos para a cultura do milho e da soja, foram feitas com base na recomendação de (Jones et al., 2003; Hoogenboom et al., 2004), com dados do experimento de campo realizados em Tangará da Serra, com quatro épocas de semeadura na safra 2015/2016. Neste experimento, foram realizadas análises do crescimento e da produtividade da cultura.

A calibração do modelo envolveu dados observados de produtividade para a época que apresentou maiores resultados sendo, época 3 para a soja e época 2 para o milho, todavia a validação foi realizada para todas as épocas do experimento. Desse modo, o modelo foi executado considerando a produtividade de cada safra para as referidas cultivares.

Resultados e Discussão

Calibração e avaliação do modelo CROPGRO-Soybean

Com os dados obtidos do experimento das quatro épocas da safra 2015/2016, foi realizada a calibração com a época 3 semeadura em 21/10/2015 e validação com as demais datas de semeadura, para o município de Tangará da Serra, com as cultivares de ciclos precoce, médio e tardio, respectivamente para ST815, ST820 e TMG1188, considerando as condições de clima e solo do referido local, por meio dos coeficientes genéticos ajustados, os quais foram obtidos em sequência, começando-se com os parâmetros referentes à fenologia, seguidos pelos parâmetros de crescimento da cultura, conforme recomendação de (Jones et al., 2003).

Desse modo, foi possível realizar a simulação do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade da cultura da soja. Na Tabela 2 encontram-se os coeficientes genéticos das três cultivares utilizadas no trabalho para as condições de solo e clima de Tangará da Serra, sendo utilizados para simular o crescimento e o desenvolvimento da soja, bem como estimar a produtividade da cultura nas datas de semeadura para determinado local.

Comparando os resultados de fenologia da soja com dados observados a campo e simulados pelo modelo, observamos que existem diferenças de 1 a 6 dias na fase vegetativa, o que condiz com outros trabalhos afirmando a boa estimativa de ciclo proposta pelo modelo, na fase de enchimento de grãos até a maturação, observamos que a diferença de dias entre os dados observados e simulados é maior para a cultivar tardia e menor para a cultivar precoce.

Resultados também observados para outras cultivares de ciclos diferentes foram encontrados por (Lima Filho et al., 2013; Santos, 2015).

Na Tabela 3, percebe-se que os dados de campo e os simulados pelo modelo se aproximaram mais na fase vegetativa, na fase reprodutiva os dados se distanciaram, provavelmente por conta do aparecimento das flores e posteriormente das vagens na partição de foto assimilados tal como descrito por Wolschick et al. (2007), quando os autores incluíram no modelo trabalhado, a translocação da matéria seca das folhas e caules para os grãos de milho melhorando os resultados simulados, porém esta alteração não foi suficiente para acompanhar o aumento acelerado de matéria seca nos grãos.

Tabela 2. Coeficientes genéticos ajustados no CROPGRO-Soybean, calibrados para as cultivares de soja semeadas em Tangará da Serra – MT.

Coeficientes	Cultivares		
	ST 815	ST 820	TMG 1188
CSDL	13,000	13,000	14,000
PPSEN	0,270	0,270	0,340
EM-FL	29,300	29,400	29,600
FL-SH	14,100	14,900	22,600
FL-SD	15,500	15,500	29,500
SD-PM	43,820	43,180	48,020
FL-LF	17,850	17,960	28,930
LFMAX	1,030	1,080	1,030
SLAVR	375,000	375,000	375,000
SIZLF	180,000	180,000	180,000
XFRT	1,000	1,000	1,000
WTPSD	0,180	0,180	0,200
SFDUR	26,700	30,000	19,600
SDPDV	2,100	2,030	2,280
PODUR	10,000	10,000	10,000

Em que CSDL, duração crítico do dia, acima do qual o processo de desenvolvimento reprodutivo não é afetado (horas); PPSSEN, inclinação da resposta relativa do desenvolvimento para fotoperíodo com o tempo (1/hora); EM-FL, período entre a emergência da planta e o aparecimento da primeira flor (R1); FL-SH, período entre o aparecimento da primeira flor e a primeira vagem (R3) (dias fototermais); FL-SD, período entre o aparecimento da primeira flor e o início da formação da semente (R5) (dias fototermais); SD-PM, período entre o início da formação da semente e a maturidade fisiológica (R7) (dias fototermais); FL-LF, período entre o aparecimento da primeira flor (R1) e final da expansão foliar; LFMAX, taxa máxima de fotossíntese da folha a uma taxa ótima de temperatura (30°C); SLAVAR, área foliar específica sob condições padrão de crescimento; SIZLF, tamanho máximo da folha completamente expandida (cm²); XFRT, máxima fração do crescimento diário que é particionada para a semente mais a vagem; WTPSD, peso máximo por semente (g); SFDUR, duração do período de enchimento das sementes nas vagens, sob condições de crescimento padrão (dias fototermais); SDPDV, média de sementes por vagem, sob condições de crescimento padrão (dias fototermais); PODUR, tempo necessário para o cultivar alcançar condições ideais de vagens (dias fototermais).

Tabela 3. Valores médios dos estádios fenológicos e produtividades simulado (S) e observado (O) com o CROPGRO-Soybean para as cultivares de soja – Semeadas na safra de 2015/2016, em Tangará da Serra - MT.

Cultivares	Dias							
	Emerg.		Antese		Maturidade fisiológica		Peso 1000 grãos	
	S	O	S	O	S	O	S	O
ST815	5	5	39	37	106	120	0,151	0,142
ST820	5	4	39	36	107	117	0,153	0,224
TMG1188	5	6	40	34	122	146	0,171	0,173

Na Tabela 4, os dados de produtividade observado e simulado durante a calibração, apresentaram alta correlação, com variação máxima de 7,24% para a cultivar precoce TMG1188, para a cultivar tardia ST820 a variação foi a menor, com 3,09%, com esses resultados

podemos afirmar que o modelo simulou a produtividade com baixa diferença entre as cultivares de soja. Resultados semelhantes foram observados por (Talacuerce, 2014), que avaliou duas cultivares de soja, sendo que a precoce

apresentou maior variação na produtividade que a tardia.

Calibração e avaliação do modelo CERES-Maize

Os coeficientes genéticos foram obtidos do experimento com quatro épocas de semeadura, a época 2 (09/02/2016) foi utilizada para a calibração.

Após a calibração dos coeficientes genéticos o modelo CERES-Maize prediz o crescimento e desenvolvimento do milho. Os coeficientes genéticos P1, P2 e P5 definem a fenologia da cultura enquanto que os G2 e G3 estão relacionados com a definição do rendimento em grão. P1

representa o tempo térmico desde a emergência até o final da fase juvenil durante a qual a planta não apresenta resposta ao fotoperíodo.

Para o híbrido AG7088 de ciclo super-precoce teve os valores mais altos para o coeficiente genético P1 (250,9 °Cd), enquanto que para o híbrido de ciclo tardio DKB 390 foi obtido o menor valor, 250,3 °Cd (Tabela 5). O coeficiente genético P2 foi considerado igual a 0,5 para os três híbridos, porém não foi simulado resposta ao fotoperíodo devido à duração do dia durante a época da "safrinha" ser menor do que o fotoperíodo crítico (12,5 horas).

Tabela 4. Produtividade de grãos da soja, observada e simulada pelo modelo CROPGRO-Soybean durante a fase de calibração.

Cultivares	Simulada	Observada Kg ha ⁻¹	Diferença	Diferença (%)
ST815	3586,0	3410,0	176,0	5,16
ST820	3291,0	3396,0	-105,0	-3,09
TMG1188	3317,0	3093,0	224,0	7,24

$$\% = [(Simulada - Observada) / Observada] \times 100$$

Tabela 5. Coeficientes genéticos ajustados no CERES-Maize, calibrados para as cultivares de milho semeadas em Tangará da Serra – MT.

Coeficientes	Híbridos		
	AG 7088	AS 1555	DKB 390
P1 (°C dia)	250,9	250,7	250,3
P2 (dias)	0,5	0,5	0,5
P5 (°C dia)	963	961,6	981,3
G2 (grãos.planta)	980	900,6	700,8
G3 (mg.dia ⁻¹)	5,85	5,6	6,0
PHINT (°C dia)	45	50	50

P1: Tempo térmico da emergência até o final da fase juvenil (expresso em graus-dia acima da temperatura basal de 8°C) durante o qual a planta não apresenta resposta ao fotoperíodo; P2: Extensão do atraso no desenvolvimento (expresso em dias) por cada hora de incremento no fotoperíodo acima do qual o desenvolvimento procede à taxa máxima (o qual é considerado ser 12,5 horas); P5: Tempo térmico entre o florescimento feminino e a maturidade fisiológica (expresso em graus-dias acima da temperatura basal de 8°C); G2: Número máximo de grãos por planta; G3: Taxa de enchimento do grão durante a fase linear sob condições ótimas (mg dia⁻¹); PHINT: Intervalo correspondente ao filocron em tempo térmico (graus-dia) entre a aparição de folhas subsequentes.

O coeficiente genético P5 está relacionado com o tempo térmico desde o florescimento feminino até a maturidade fisiológica, variando entre 961,6 °Cd para

o híbrido AS 1555 e 981,3 °Cd para o híbrido DKB 390.

O coeficiente genético G2 está relacionado com o número máximo possível de grãos por planta. G2 variou entre 700,8 a 980 nos três híbridos. Para o G3, foi encontrado que o híbrido AS 1555 teve o menor valor (5,6 mg d⁻¹) e o híbrido DKB 390 o maior valor (6,0 mg d⁻¹) de enchimento de grão. O filocron (PHINT) é o intervalo em tempo térmico (graus-dia) entre a aparição de folhas subsequentes; foi fixado como a média dos valores observados em cada híbrido, que variou de 45 °Cd para o híbrido AG 7088 a 50 °Cd para os híbridos AS 1555 e DKB 390.

O número de dias observados desde a emergência até a maturidade fisiológica para os três híbridos de milho e os valores simulados para essa fase com o modelo CERES-Maize foram similares em magnitude, tendo variação máxima de 4 dias até a antese para as cultivares super precoce e precoce. Na Tabela 6 pode se observar que os valores observados e simulados de dias desde a emergência até a maturidade foram próximos. Essa baixa diferença nos valores mostram a habilidade do modelo CERES- Maize em simular a fenologia dos três híbridos estudados.

Tabela 6. Valores médios dos estádios fenológicos e produtividades observados (O) e simulados (S) com o CERES-Maize, para os híbridos de milho – Semeadas na safra de 2016, em Tangará da Serra - MT.

Híbridos	Dias						Kg	
	Emerg.		Antese		Maturidade fisiológica		Peso de 1000 grãos	
	S	O	S	O	S	O	S	O
AG7088	5	6	58	54	113	109	0,165	0,227
AS1555	5	6	60	56	112	111	0,151	0,251
DKB390	5	6	60	57	112	114	0,167	0,232

A penalidade do peso de mil grãos causa redução da produtividade, isso devido as condições climáticas simuladas para cada híbrido, observamos que para híbridos tardios a produtividade é reduzida, pois nos municípios estudados as condições climáticas apresentam comportamento que causam a redução das chuvas a partir das datas simuladas. Segundo Iyanda et al. (2014), o modelo CERES-Maize penaliza a produtividade da

cultura do milho quando submetidas a condições de estresse hídrico a partir do início da floração.

Na Tabela 7 observamos que os híbridos AG7088 e AS 1555 apresentaram maior diferença entre os dados observados a campo e os simulados pelo modelo, isso devido seu ciclo precoce, onde em condições de estresse hídrico provoca a antecipação do ciclo e redução da produtividade.

Tabela 7. Produtividade do milho, observada e simulada pelo modelo CERES-Maize durante a fase de calibração.

Cultivares	Simulado	Observado Kg ha ⁻¹	Diferença	Diferença (%)
AG 7088	7580,0	7074,0	506,0	7,15
AS 1555	6449,0	6649,0	-200,0	-3,01
DKB 390	6717,0	6603,0	114,0	1,73

Simulação da produtividade da soja para os municípios utilizando o modelo CROPGRO-Soybean

Foram realizadas simulações para seis épocas de semeadura a cada 10 dias iniciando em 20/01 para os municípios de Tangará da Serra, Rondonópolis e Sinop, mediante três eventos climáticos El niño, La niña e anos Neutros.

O comportamento da produtividade das cultivares de soja em decorrência das datas de semeadura, para o município de Tangará da Serra em anos Neutros e de El niño, as semeaduras antecipadas acarretaram em redução da produtividade, porém cultivares tardias como TMG 1188 apresentam produtividades de 2900 kg ha⁻¹, já para La niña a produtividade média se mantém em 3500 a 4000 kg ha⁻¹ que é considerada dentro da média estadual. Essa produtividade ocorre devido ao comportamento das chuvas em anos de La niña, que no Estado são caracterizadas como chuvas leves, porém frequentes (Ramos et al., 2015).

Para o município de Rondonópolis, a produtividade, em anos de La niña as produtividades foram reduzidas com a antecipação da semeadura, e nos outros eventos a produtividade média manteve-se entre 3000 a 3500 kg ha⁻¹. A cultivar

precoce ST815 se destacou, proporcionando a maior produtividade para todos os eventos climáticos, exceto em semeaduras antecipadas onde a cultivar tardia TMG1188 apresentou maior produtividade.

Para o município de Sinop as menores produtividades foram obtidas em semeaduras antecipadas (20/09), para todos os eventos, a média geral de produtividade é maior em anos de La niña, assim como para os demais municípios. Em todos os municípios a cultivar tardia TMG1188 apresentou maiores produtividades em semeaduras antecipadas para todos os eventos.

Na Figura 3 está apresentado a variabilidade dos dados de produtividade quanto a ocorrência dos eventos nos municípios estudados para cada cultivar de soja nas épocas simuladas. Observamos que a cultivar precoce ST815 em Rondonópolis e Sinop, apresentam produtividades superiores à média do Estado, exceto em ocorrência de La niña na época 1 para Rondonópolis. Sinop apresenta menor variabilidade na produtividade em comparação com os outros municípios, porém para as três primeiras épocas em anos de El niño e anos Neutros a variabilidade é maior que em anos de La niña.

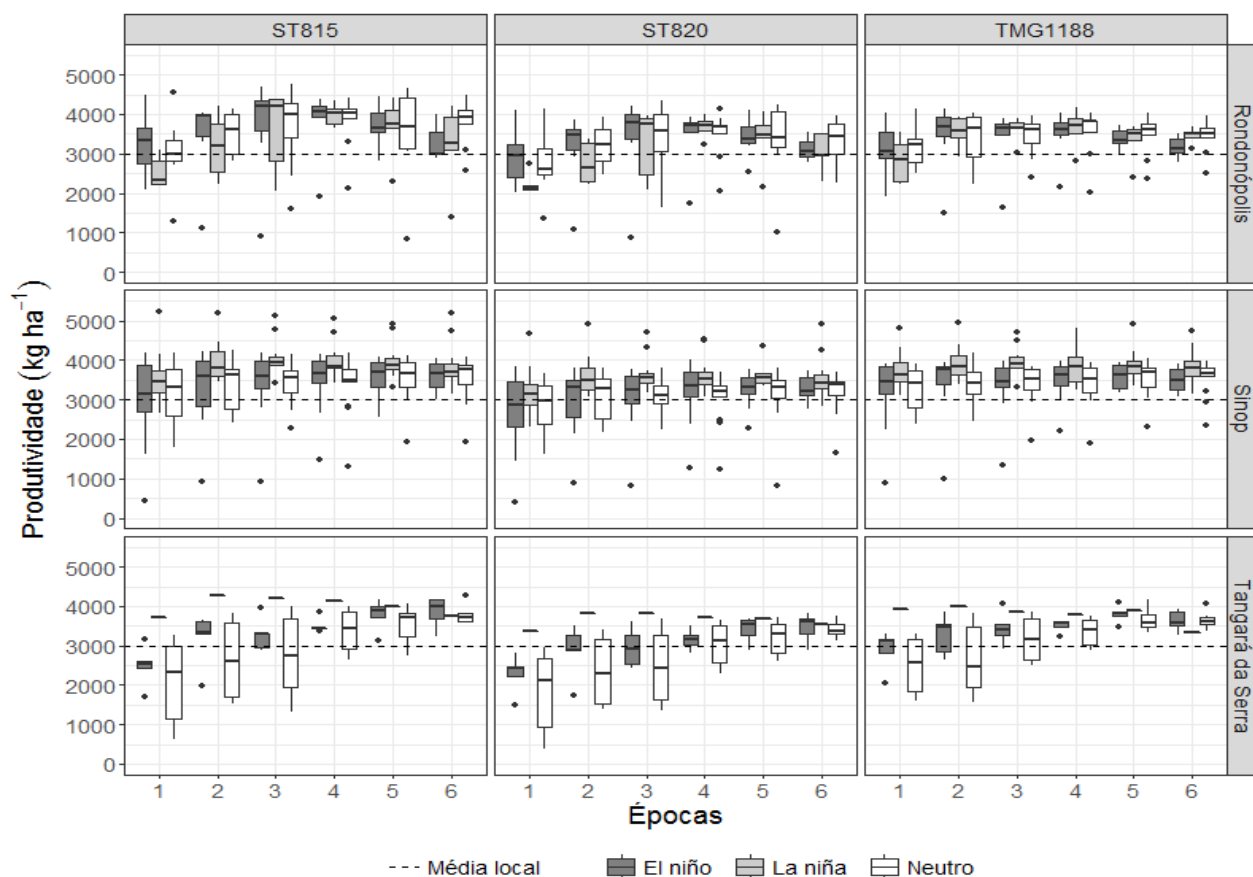


Figura 3. Variabilidade da produtividade simulada para as cultivares de soja nas épocas (1 - 20/09; 2 - 01/10; 3 - 10/10; 4 - 20/10; 5 - 01/11; 6 - 10/11), em ocorrência do ENOS para três municípios de Mato Grosso.

Para as épocas (1 - 20/09; 2 - 01/10 e 3 - 10/10), observamos que os intervalos dos quartis são maiores e se distanciam mais da mediana, isso explica a maior variação da produtividade, ocasionando maior o risco de perdas, como se pode observar na época 3 em anos de La niña no município de Rondonópolis para as cultivares ST815 e ST820.

Para o município de Tangará da Serra os valores de produtividade em anos de La niña foram a própria mediana devido curta série histórica dos dados com 12 anos de observações no total.

Observando a média de produtividade do Estado, o município de Sinop apresenta mediana de seus valores

todos acima da média, o que não pode ser observado para os outros municípios estudados, por outro lado Rondonópolis atinge produtividades próximas a 4500 kg ha⁻¹, na época 3 com a cultivar ST815.

Para a cultura da soja semeaduras antecipadas sofrem grande risco de quedas na produtividade, já cultivares tardias apresentam produtividades superiores à média do Estado, semeaduras realizadas a partir de 10/10 são as mais recomendadas, porem deve-se levar em consideração o período de semeadura da segunda safra, no caso o milho “safrinha”.

Battisti et al. (2017), avaliou o efeito das épocas de semeaduras em diferentes regiões do País e observou que para o centro oeste, as semeaduras devem

começar no último decêndio de setembro para cultivares tardias, e meados de outubro para cultivares precoces, afirma ainda que semeaduras antecipadas apresentam grande risco de perdas por veranicos na fase de desenvolvimento da cultura.

Batisti et al. (2017), realizaram simulações para o estado do Paraná e observaram grandes reduções na produtividade da soja quando submetidas a diferentes épocas de semeadura, isso ocorre devido à baixa disponibilidade hídrica que dependendo da fase que a cultura se encontra causam grandes perdas.

Gomes et al. (2014), afirmam que a fase crítica onde a cultura mais necessita de água é durante a floração e enchimento

de grãos e observaram que dependendo da intensidade do déficit hídrico na fase inicial da cultura pode ocorrer redução no estande final e conseqüentemente a produtividade.

Análise de probabilidade para a cultura da soja

O modelo CROPGRO-Soybean exporta um arquivo onde observamos a probabilidade acumulada de rendimento da cultura, que nos auxilia a identificar a melhor época de semeadura para cada cultivar. Está apresentado na Figura 4 a probabilidade de rendimento para as três cultivares de soja nas seis épocas simuladas para o município de Tangará da Serra.

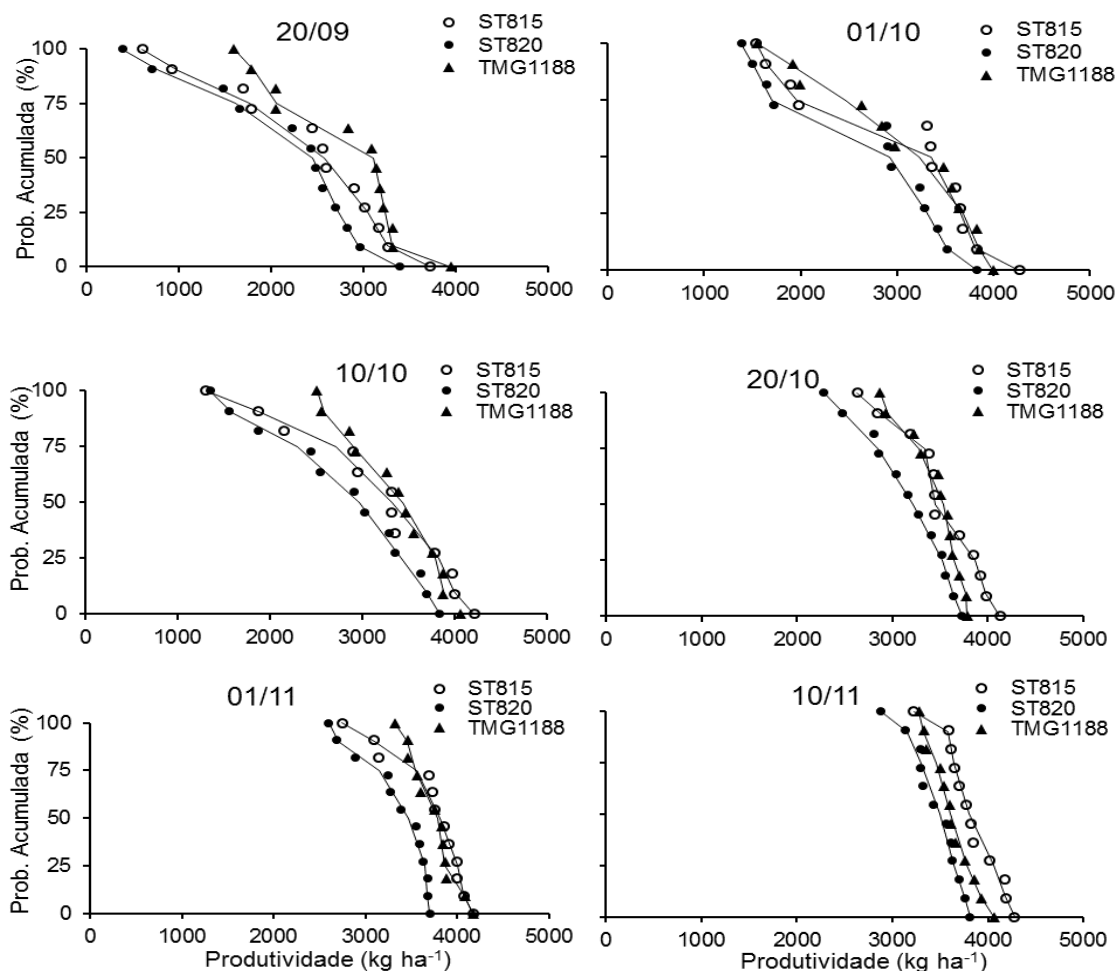


Figura 4. Probabilidade de rendimento para as cultivares de soja ST815, ST820 e TMG1188, simuladas a cada 10 dias a partir de 20 de setembro no município de Tangará da Serra - MT.

Observa-se que as maiores probabilidades de maiores produtividades são encontradas em sementeira realizadas a partir de 20/10, com nível de 75% de probabilidade de produzir 3500 kg ha⁻¹, para todas as cultivares, sementeiras antecipadas em 20/09 e 01/10 apresentam 75% de probabilidade de ocorrer produtividades abaixo de 2000 kg ha⁻¹, evidenciando o alto risco em sementeiras antecipadas para este município.

No estado de Mato Grosso, nas regiões estudadas, a cultura da soja apresenta maiores produtividades em

semeaduras tardias, mas isso acarreta em atraso na sementeira da segunda safra no caso o milho, resultados semelhantes a esse foram observados por Battisti et al. (2017).

No município de Rondonópolis, sementeiras antecipadas realizadas em 20/09, apresentaram 50% dos dados simulados, com produtividade abaixo de 3000 kg ha⁻¹, já em sementeiras realizadas a partir de 10/10, apresentaram 50% de probabilidade de ocorrer produtividade acima de 4000 kg ha⁻¹, dados médios para as três cultivares (Figura 5).

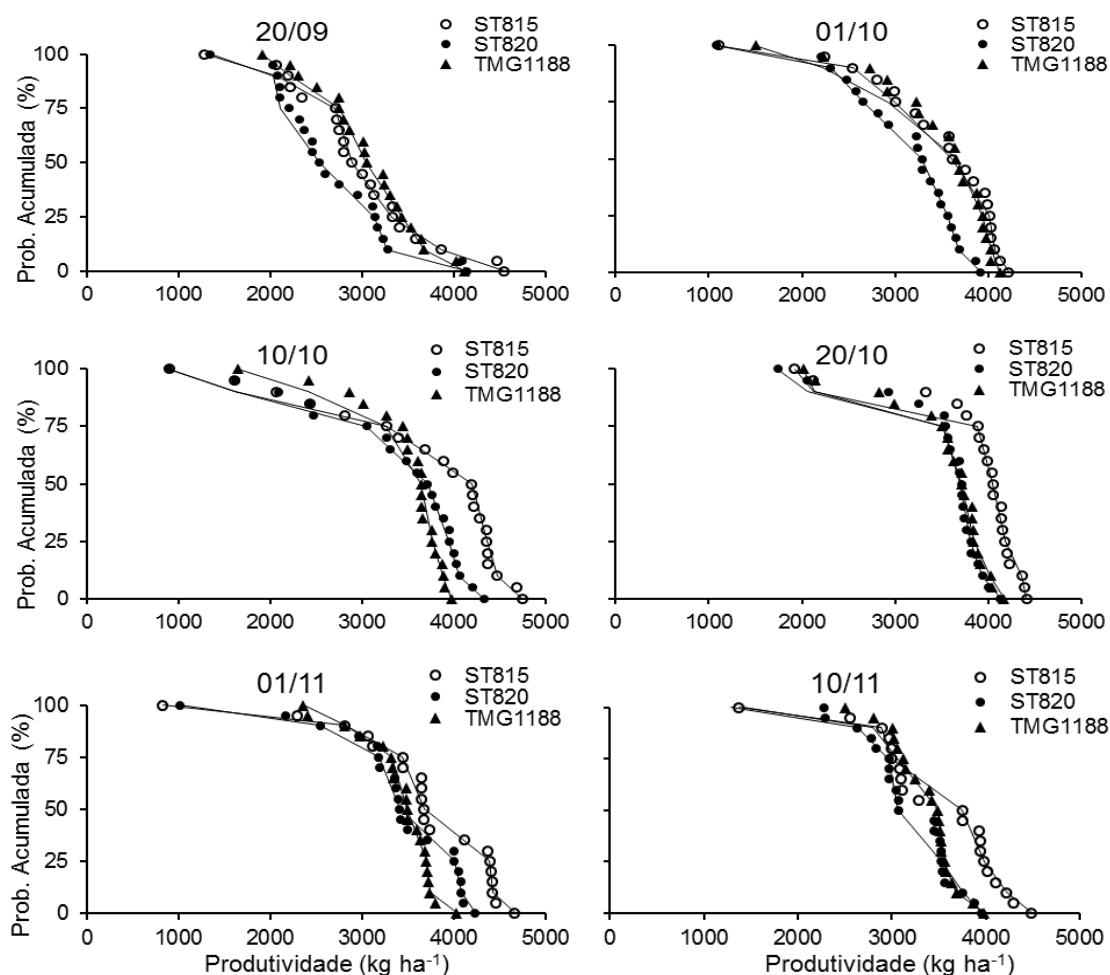


Figura 5. Probabilidade de rendimento para as cultivares de soja ST815, ST820 e TMG1188, simuladas a cada 10 dias a partir de 20 de setembro no município de Rondonópolis - MT.

Observamos a probabilidade de ocorrer produtividades abaixo de 2000 kg

ha⁻¹ em sementeiras tardias (01/11 e 10/11), porém isso ocorre devido a

variabilidade do clima, provocando veranicos em fases da cultura onde a demanda hídrica é alta, ocasionando perdas na produtividade.

Embora as épocas (01/11 e 10/11) apresente 25% de probabilidade de ocorrer produtividades abaixo de 2000 kg ha⁻¹, existe 75% de probabilidade de ocorrer produtividades médias de 3660 kg ha⁻¹, para essas épocas.

O município de Sinop com exceção da primeira data de semeadura (20/09), todas as demais datas apresentam 90% de probabilidade de produtividade acima de 3550 kg ha⁻¹. Semeaduras antecipadas (20/09) para Sinop mostram probabilidade de 50% que ocorram produtividades abaixo de 3000 kg ha⁻¹ (Figura 6).

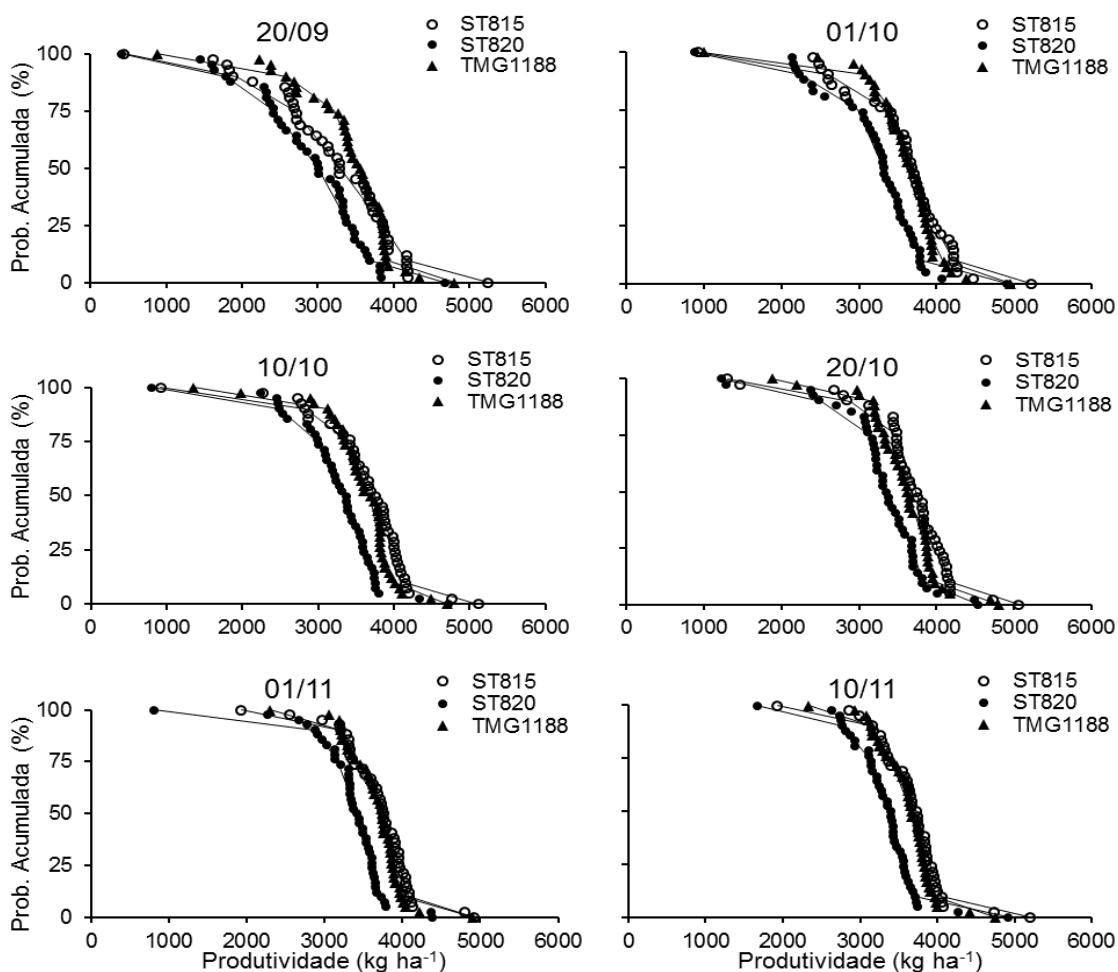


Figura 6. Probabilidade de rendimento para as cultivares de soja ST815, ST820 e TMG1188, simuladas a cada 10 dias a partir de 20 de setembro no município de Sinop - MT.

Simulação da produtividade do milho para os municípios utilizando o modelo CERES-Maize

Para a cultura do milho “safrinha” após a colheita da soja, foram realizadas simulações para seis épocas de semeadura a cada 10 dias iniciando em 20/01 para os

municípios de Tangará da Serra, Rondonópolis e Sinop, mediante três eventos climáticos El niño, La niña e anos Neutros.

Em Tangará da Serra a variação da produtividade simulada para a cultura do milho, reduz gradativamente quando as semeaduras são realizadas mais tardias.

Semeaduras realizadas em anos de El niño a produtividade média obtida em 20/01 é

5500 kg ha⁻¹ e decresce chegando a 4000 kg ha⁻¹ na data 20/02.

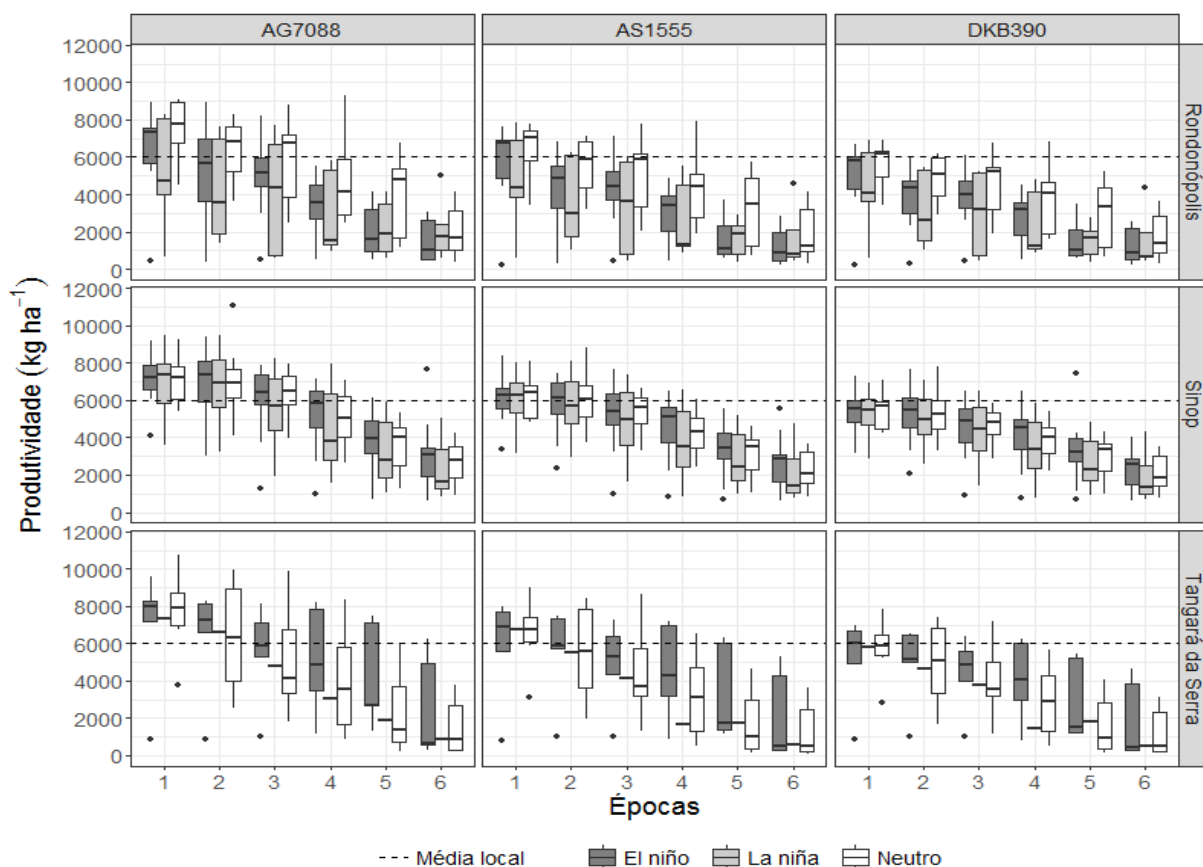


Figura 7. Variabilidade da produtividade simulada para os híbridos de milho nas épocas (1 - 20/01; 2 - 01/02; 3 - 10/02; 4 - 20/02; 5 - 01/03; 6 - 10/03), em ocorrência do ENOS para os municípios de Mato Grosso.

Semeaduras realizadas na última data de simulação (10/03) apresentam médias de produtividade de 2200, 600 e 1300 kg ha⁻¹, respectivamente para anos de El niño, La niña e anos Neutros.

Pesquisas realizadas por Fenner et al. (2014) determinaram o índice de satisfação de necessidade de água para o milho “safrinha” em Tangará obtiveram respostas semelhantes à deste trabalho onde semeaduras realizadas após 01 de março, apresentam déficit hídrico na fase reprodutiva e consequentemente redução drástica na produtividade.

Para o município de Rondonópolis o decréscimo da produtividade segue conforme as sucessivas datas de semeadura para todos os eventos, contudo

em ocorrência de anos de La niña a produtividade média é menor que em comparação aos outros anos, com máximo de produtividade para a data 20/01 com 4000 kg ha⁻¹, e o mínimo na data 10/03 com 1400 kg ha⁻¹.

A cultivar mais produtiva foi a AG7088 em todas as condições, épocas e eventos, essa cultivar apresenta característica de alta precocidade e isso a torna mais tolerante ao efeito das mudanças do clima.

A produtividade do milho no município de Rondonópolis em anos de La niña, apresentou menores valores, comparados ao município de Tangará e Sinop com máxima de 4300 kg ha⁻¹, e mínima de 1380 kg ha⁻¹, essa redução está

relacionada ao baixo índice pluviométrico ocorrido nesse evento. O que podemos afirmar que a cultura do milho além de necessitar chuvas frequentes necessita que ocorra no mínimo 650 mm de chuva durante seu ciclo, conforme observado por (Bergamaschi et al., 2004).

Em Sinop as datas de semeadura que apresentaram maiores produtividades foram 20/01, 01/02 e 10/02, para todas cultivares em todos os eventos climáticos, com média de 5500 kg ha⁻¹ a 6000 kg ha⁻¹, conforme observado em trabalhos onde se caracteriza o clima da região, a partir de abril estabelece a estação seca no Estado, inviabilizando o cultivo sem auxílio de irrigação (Pizzato et al., 2012; Moreira et al., 2015)

Na Figura 7 está apresentado as variabilidades dos dados de produtividade dos três híbridos de milho, onde observamos que em anos de La niña, no município de Rondonópolis as maiores variabilidades dos dados estão nas épocas 1, 2 e 3, com valores mais distantes da média.

Para todos os municípios as três primeiras épocas são as que apresentam maior produtividade ficando próximo a média do Estado, com exceção da cultivar DKB390 que devido seu ciclo ser maior, a produtividade em algumas épocas não atingiram a média.

Para o município de Tangará devido pequena série histórica de dados meteorológicos, em anos de La niña os valores são a própria mediana.

Soler (2007), estudando os fenômenos “El niño” e “La niña” em Piracicaba, estado de São Paulo, observaram que os mesmos causam influência sobre o rendimento do milho “safrinha”, em decorrência de mudanças nos padrões de precipitação durante os meses de abril e maio.

Araújo (2012), estudando o efeito dos fenômenos na produção agrícola, observaram reduções na produtividade de milho em regiões do sul, e aumento na

região nordeste do Brasil quando ocorrem anos de La niña, afirmam ainda que os efeitos dessas alterações climáticas são notados no aumento da incidência de eventos extremos, como geadas, chuvas intensas, inundações, veranicos, tornados e, principalmente, períodos de estiagens que podem se estenderem em secas severas, essas características são distintas para cada região do País.

Ramos et al. (2015), analisaram o comportamento das chuvas em Diamantino – MT, e observou reduções de precipitação em anos de La niña, aumento em anos Neutros e maior índice de veranicos em El niño. Consequentemente é necessário ajuste para se determinar melhores épocas de semeadura para cada cultura dentro da janela agrícola para cada região.

Análise de probabilidade para a cultura da soja

O modelo CERES-Maize exporta um arquivo onde observamos a probabilidade acumulada de rendimento da cultura, que nos auxilia a identificar a melhor época de semeadura para cada tratamento. Está apresentado na Figura 8 a probabilidade de rendimento para as três cultivares de milho nas seis épocas simuladas para o município de Tangará da Serra.

Podemos observar que a antecipação da semeadura do milho aumenta a probabilidade de rendimento, nas datas 20/01, 01/02 e 10/02, a probabilidade de ocorrer produtividades acima de 4000 kg ha⁻¹ é de 75%, já para as épocas 01/03 e 10/03 a probabilidade de ocorrer à mesma produtividade é de 10% (Figura 8).

Todos os híbridos apresentam o mesmo comportamento quando submetidas as épocas, porém o híbrido precoce AG7088 apresentam produtividades maiores a cada nível de probabilidade ao se comparar com os outros híbridos.

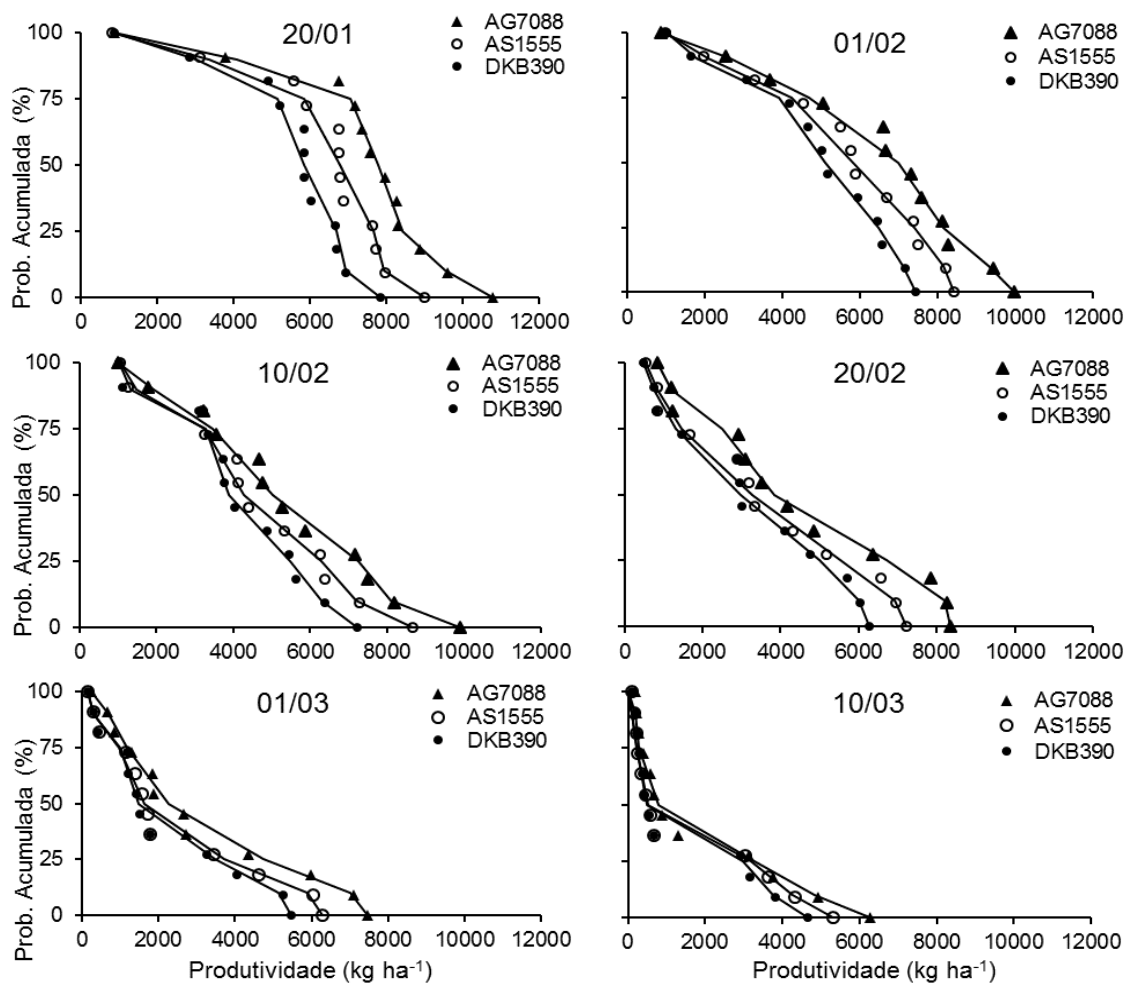


Figura 8. Probabilidade de rendimento para os híbridos de milho AG 7088, AS1555 e DKB 390, simuladas a cada 10 dias a partir de 20 de janeiro no município de Tangará da Serra - MT.

Em Rondonópolis a probabilidade de rendimento entre os híbridos é maior nas datas 20/01 e 01/02, onde cada híbrido apresenta seu maior potencial produtivo, dando destaque para o AG7088 que devido sua precocidade é favorecido

pelo curto espaço de tempo entre a floração e maturação, aproveitando o máximo o fim do período chuvoso (Figura 9).

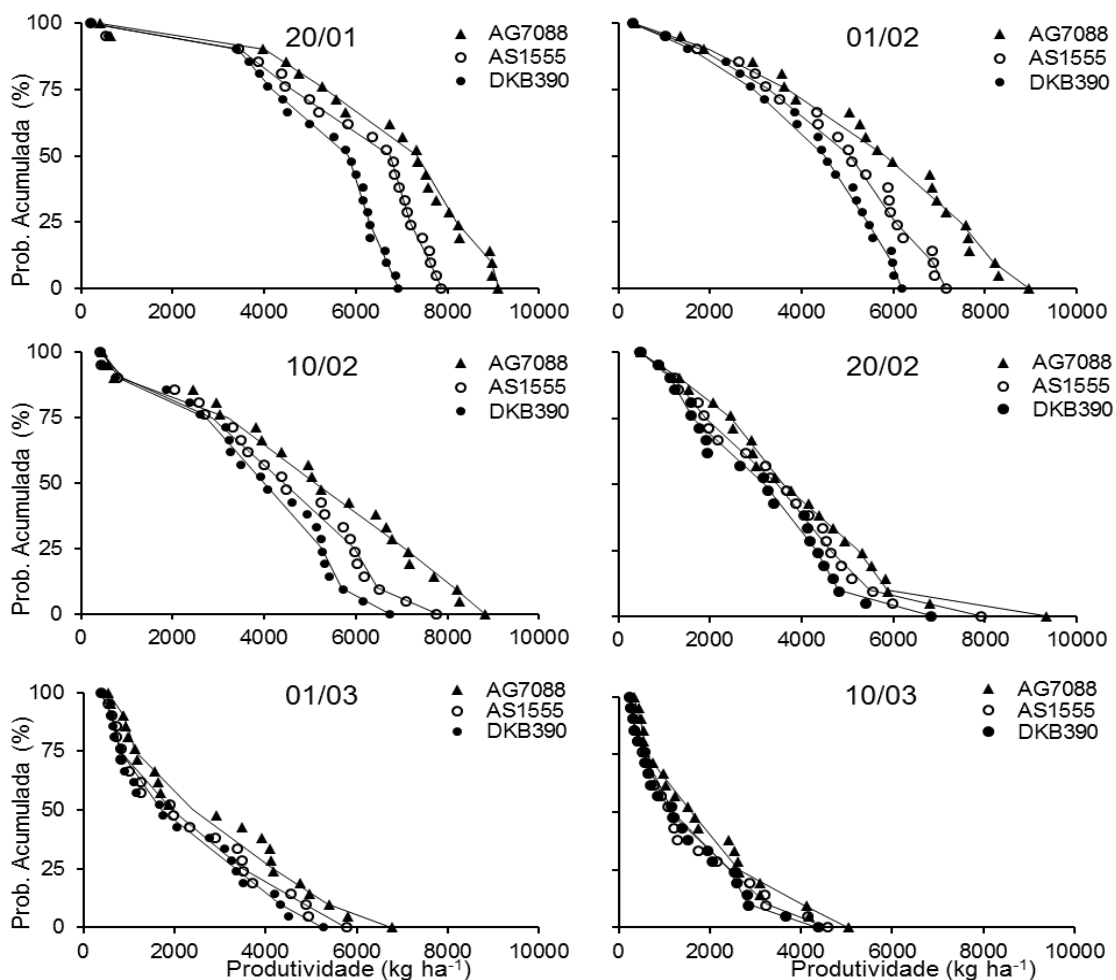


Figura 9. Probabilidade de rendimento para os híbridos de milho AG 7088, AS1555 e DKB 390, simuladas a cada 10 dias a partir de 20 de janeiro no município de Rondonópolis - MT.

Para o município de Sinop a probabilidade de rendimento apresenta características semelhantes aos outros municípios obtendo maiores probabilidades nas datas 20/01 e 01/02 com 90% de probabilidade de ocorrer

produtividades acima de 5000 kg ha⁻¹, e menores probabilidades para as datas 01/03 e 10/03 com 75% de chance de ocorrer produtividades abaixo de 3000 kg ha⁻¹ (Figura 10).

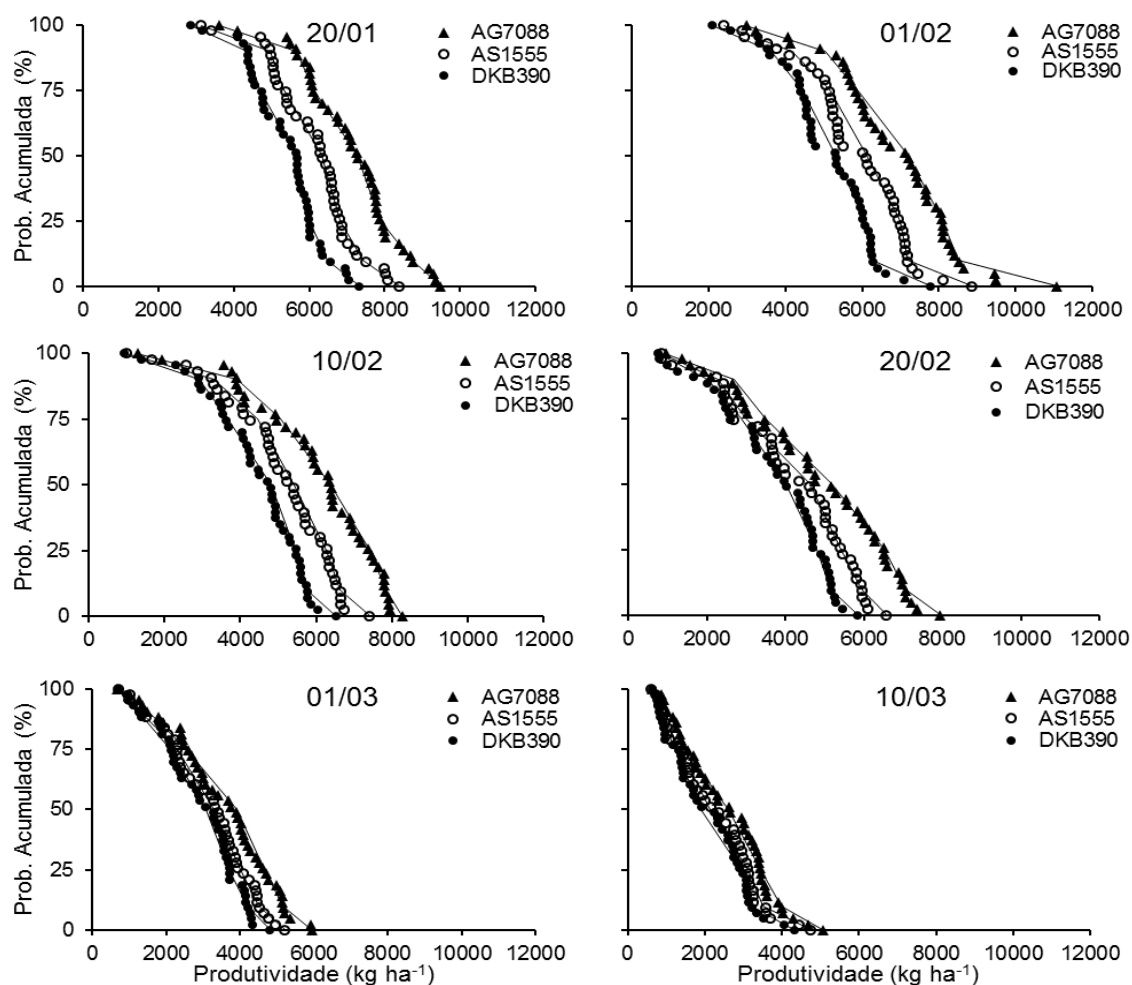


Figura 10. Probabilidade de rendimento para as cultivares de milho AG 7088, AS1555 e DKB 390, simuladas a cada 10 dias a partir de 20 de janeiro no município de Sinop - MT.

Nos Apêndices 1, 2 e 3, estão apresentadas as datas de semeadura de cada cultivar de soja e milho, assim como as datas de colheitas e produtividade média para cada cultivar, considerando seu ciclo. Com essa tabela podemos prever a partir de uma data de semeadura para a cultura da soja (1º safra), a data de colheita e semeadura do milho (2º safra), para cada fenômeno que ocorra, e suas respectivas produtividades.

Conclusão

A calibração do modelo CROPGRO-Soybean e CERES-Maize se ajustaram satisfatoriamente com os resultados obtidos a campo para os locais estudados e para as épocas simuladas.

Para a cultura da soja em anos de El niño as melhores épocas foram 01/11 e 10/11, com exceção do município de Rondonópolis que as épocas 10/10, 20/10 e 01/11 apresentaram as maiores médias de produtividade.

Em anos de La niña as maiores produtividades foram observadas nas datas 01/10 e 10/10, com exceção de Rondonópolis sendo as datas 10/10, 20/10 e 01/11 às que apresentaram maiores produtividades médias.

Para anos Neutros Tangará e Sinop apresentou maiores produtividades em 01/11 e 10/11, Rondonópolis em 01/10, 10/10 e 20/10

Para a cultura do milho safrinha em todos os eventos climáticos analisados as

melhores épocas foram 20/01 e 01/02 para todos os municípios.

Para o híbrido precoce de milho AG7088 semeaduras tardias (10/02 e 20/02) apresentam produtividades maiores que os híbridos tardios semeados em 20/01 e 01/02.

Cultivares de diferentes ciclos amplia a janela de cultivo possibilitando ao produtor maior alternativas em casos de identificação dos fenômenos ENOS.

Referências

ARAÚJO, P. H. C. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos el niño e la niña sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do brasil.** 45p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BAO, Y.; HOOGENBOOM, G.; MCCLENDON, R.; URICH, P. Soybean production in 2025 and 2050 in the southeastern USA based on the SimCLIM and the CSM-CROPGRO-Soybean models. **Climate Research**, v. 63, n. 1, p. 73-89, 2015.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Inter-comparison of performance of soybean crop simulation models and their ensemble in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 200, n. 1, p. 28-37, 2017.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o clima. In: EMATER/RS-ASCAR (Ed.). *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*. Porto Alegre: **Cambridge University Press**, n. 1, p. 1-84. 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira.** Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento. v. 3, n. 8, p. 178, 2016.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado

de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

DEJONGE, K. C.; ASCOUGH, J. C.; ANDALES, A. A.; HANSEN, N. C.; GARCIA, L. A.; ARABI, M. Improving evapotranspiration simulations in the CERES-Maize model under limited irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 115, p. 92-103, 2012.

DOKOOHAKI, H.; GHEYSARI, M.; MOUSAVI, S. F.; ZAND-PARSA, S.; MIGUEZ, F. E.; ARCHONTOULIS, S. V.; HOOGENBOOM, G. Coupling and testing a new soil water module in DSSAT CERES-Maize model for maize production under semi-arid condition. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 90-99, 2016.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; MOREIRA, P. S. P.; QUEIROZ, T. de M.; FERREIRA, F. da S.; BENTO, T. S.; CARVALHO, M. A. C. de. Índices de satisfação de necessidade de água para o milho segunda safra em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, n. 10, p. 109-121, 2014.

GOMES, A. C. dos S.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; SOARES, F. C.; PARIZI, A. R. C. Modelo para estimativa da produtividade para a cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 1, p. 43-49, 2014.

HE, J.; DUKES, M. D.; HOCHMUTH, G. J.; JONES, J. W.; GRAHAM, W. D. Identifying irrigation and nitrogen best management practices for sweet corn production on sandy soils using CERES-Maize model. **Agricultural Water Management**, v. 109, p. 61-70, 2012.

HOOGENBOOM, G.; WHITE, J. W.; MESSINA, C. D. From genome to crop: Integration through simulation modeling. **Field Crops Research**, v. 90, n. 1, p. 145-163, 2004.

- IYANDA, R. A.; PRANUTHI, G.; DUBEY, S. K.; TRIPATHI, S. K. Use of dssat ceres maize model as a tool of identifying potential zones for maize production in Nigeria. **International Journal of Agricultural Policy and Research** v. 2, n. 2, p. 069-075, 2014.
- JONES, J.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C.; BOOTE, K.; BATCHELOR, W.; HUNT, L.; WILKENS, P.; SINGH, U.; GIJSMAN, A.; RITCHIE, J. The DSSAT cropping system model. **European Journal of Agronomy**, v. 18, n. 3-4, p. 235-265, 2003.
- LIMA FILHO, A. F.; COELHO FILHO, M. A.; HEINEMANN, A. B. Calibração e avaliação do modelo CROPGRO para a cultura do feijão caupi no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1286-1293, 2013.
- MOREIRA, P. S. P.; DALLACORT, R.; GALVANIN, E. A. dos S.; NEVES, R. J.; CARVALHO, M. A. C. de; BARBIERI, J. D. CICLO DIÁRIO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NOS BIOMAS DO ESTADO DE MATO GROSSO. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, n. 11, p. 173-188, 2015.
- MOURICE, S. K.; RWEYEMAMU, C. L.; TUMBO, S. D.; AMURI, N. Maize Cultivar Specific Parameters for Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Application in Tanzania. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 6, p. 821-833, 2014.
- NGWIRA, A. R.; AUNE, J. B.; THIERFELDER, C. DSSAT modelling of conservation agriculture maize response to climate change in Malawi. **Soil and Tillage Research**, v. 143, p. 85-94, 2014.
- PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; MOREIRA, P. S. P. DISTRIBUIÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO EM CÁCERES (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 137-142, 2012.
- RAMOS, H. da C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; JUNIOR, S. S.; QUEIROZ, T. de M. Precipitação pluvial de Diamantino-MT em anos de ocorrência de El niño, La niña e Neutros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 71-80, 2015.
- ROCHA, C. T. D. da; CHRISTOFIDIS, D. No Brasil existem dez hectares cultivados de forma tradicional para cada hectare cultivado com irrigação. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 3, p. 112-114, 2014.
- SANTOS, M. G. dos. **Calibração e teste do modelo cropgro para a cultura do feijão**. 44p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.
- SOLER, C. M. T.; SENTELHAS, P. C.; HOOGENBOOM, G. Application of the CSM-CERES-Maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical environment. **European Journal of Agronomy**, v. 27, n. 2-4, p. 165-177, 2007.
- SOUZA, R. F. de; BARROS, A. C.; BARROS, A. H. C.; TABOSA, J. N. Estimates for maize yield (*Zea mays* L.) in rainfed and irrigated crops determined by the method of agroecological (ZAE/FAO), state of Alagoas, Brazil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 2, p. 127-138, 2014.
- TALACUERCE, M. A. D. **Modelagem da relação clima-produtividade da soja em moçambique: perspectivas atuais e futuras**. 46p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

VIVAN, G. A.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; DA SILVA BARBOZA, F.; SOARES, F. C. Rendimento e rentabilidade das culturas da soja, milho e feijão cultivados sob condições de sequeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2943-2950, 2015.

RITCHIE, J. T. Soil water balance and plant water stress. In: Understanding options for agricultural production. **Springer Netherlands**: 1998, p. 41-54,

KINIRY, J.R. Maize Phasic Development. In: HANKS, J.; RITCHIE, J.T. (Ed.) Modeling Plant and Soil Systems. **Madison, Wisconsin**: ASA, 1991, cap. 4, p. 55-70,

JONES, C. A.; KINIRY, J. R. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. College Station: **Texas A&M University Press**, 1986, 194p.

WOLSCHICK, D.; MARTINEZ, M. A.; FONTES, P. C. R.; MATOS, A. T. de. Implementação e teste de um modelo mecanístico de simulação do crescimento e desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 271-278, 2007.