



CBAGRO 2023

XXII Congresso Brasileiro
de Agrometeorologia

VI ECLIM & X RLA

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO STICS PARA ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE SOJA EM PLANALTINA, DISTRITO FEDERAL.

Fernando Antônio Macena da Silva¹; Alfredo José Barreto Luiz²; Maria Emília Borges¹; Artur Gustavo Muller¹; Alexsandra Duarte de Oliveira¹; Fabiana Piontekowski Ribeiro¹

Autor para correspondência: fernando.macena@embrapa.br

¹ Embrapa Cerrados, Planaltina/DF – fernando.macena@embrapa.br; maria.emilia@embrapa.br; artur.muller@embrapa.br; alexsandra.duarte@embrapa.br; fbn2.ribeiro@gmail.com

² Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna/SP - alfredo.luiz@embrapa.br

RESUMO

Depois de calibrados, os modelos biofísicos podem ser utilizados com dados históricos para calcular a produtividade dos cultivos agrícolas considerando longo período de tempo. O objetivo desse trabalho foi calibrar e testar o modelo STICS (*Simulateur mulTIdisciplinaire de Culture Standard*), e estudar a distribuição de probabilidade da produtividade de grãos das cultivares de soja BRS7482RR e a BRS8383IPRO, em função de diferentes datas de semeadura. Os experimentos foram implantados em blocos inteiramente casualizados com 4 repetições. Foram realizadas amostragens destrutivas, para determinação do índice de área foliar (IAF) e do acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS) da cultura. Os dados de umidade do solo foram obtidos em três profundidades por meio de sensores TDR (*Time Domain Reflectometer*) e por gravimetria. O modelo apresentou bom ajuste na simulação do IAF, da MS e da produtividade de grãos das duas cultivares. Apesar do modelo STICS apresentar resultados satisfatórios, observou-se uma tendência geral em superestimar a dinâmica de água no solo nas camadas mais profundas, independente do período avaliado (seco ou úmido). Em relação a simulação da produtividade, as maiores foram obtidas a partir da semeadura do segundo decêndio de outubro até final de dezembro e, os menores rendimentos resultaram das simulações com semeadura no 1º decêndio de setembro até o 1º decêndio de outubro. O modelo STICS, foi um bom preditor do rendimento da soja, podendo ser utilizado na indicação ou posicionamento das melhores datas de semeadura e da previsão de safras dessa cultura nas condições edafoclimáticas de Planaltina-DF.

PALAVRAS-CHAVE: Datas de semeadura, Modelos biofísicos, Previsão de safras.

¹ Embrapa Cerrados, Planaltina/DF – fernando.macena@embrapa.br

² Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna/SP - alfredo.luiz@embrapa.br

PARAMETRIZATION OF STICS MODEL FOR ESTIMATING PRODUCTIVITY OF TWO CULTIVARS OF SOYBEAN IN PLANALTINA, FEDERAL DISTRICT

ABSTRACT

Once well calibrated, biophysical models can be used with historical data to calculate the productivity of agricultural crops considering a long period of time. The objective of this work was to calibrate and test the STICS model (Simulateur multIdisciplinaire de Culture Standard), and to study the probability distribution of grain yield of soybean cultivars BRS7482RR and BRS8383IPRO, as a function of different sowing dates. The experiment was implemented in completely randomized blocks with 4 repetitions. Destructive samplings were carried out to determine leaf area (LAI) and shoot dry matter (DM) accumulation throughout the crop cycle. Soil moisture data were obtained at three depths using TDR sensors (Time Domain Reflectometer) and gravimetry. The model showed a good fit in the simulation of LAI, DM and grain yield of the two cultivars. Despite the STICS model presenting satisfactory results, there was a general tendency to overestimate the soil water dynamics in the deeper layers, regardless of the period evaluated (dry or wet). Regarding productivity, the highest yields were obtained from sowing from the second ten-day period of October to the end of December, and the lowest yields resulted from simulations with sowing from the 1st ten-day period of September to the 1st ten-day period of October. The STICS model was a good predictor of soybean yield, and can be used to indicate or position the best sowing dates and to forecast harvests for this crop in the edaphoclimatic conditions of Planaltina-DF.

KEY-WORDS: Sowing dates, STICS model, Yield forecast.

INTRODUÇÃO

O Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), baseado em tecnologia desenvolvida pela Embrapa e parceiros, se tornou, desde 1996, um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura ao ser adotado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (ROSSETTI 2001). Essa ferramenta serve de apoio aos instrumentos de gestão na agricultura, e tem como principal objetivo, diminuir a exposição dos recursos públicos a riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos, pois permite a identificação, em cada município, da melhor época de semeadura das culturas agrícolas, nas diferentes classes texturais do solo e ciclos fenológicos (MINITTI, 2020).

Atualmente o ZARC se baseia, em fatores climáticos, basicamente na probabilidade de atingir o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) das culturas, definido como sendo a relação entre a evapotranspiração real (ET_r) e a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), derivado de cálculos de balanço hídrico diário, considerando a interação edafoclimática e o ciclo das cultivares (STEINMETZ e SILVA, 2017), associado a eventos extremos, ao qual a cultura tenha alta sensibilidade, durante algum período do ciclo de desenvolvimento. Entretanto, as diversas interações possíveis entre as variáveis

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

meteorológicas e o condicionamento do crescimento, desenvolvimento e produção das diferentes culturas e materiais genéticos superiores, ainda é um desafio a ser enfrentado para o aprimoramento de ferramentas associadas ao zoneamento de risco climático.

No estabelecimento dos critérios com potencial de uso pelo ZARC, estimativas de produtividade das culturas em função de características locais, principalmente do clima e do tipo de solo, são fundamentais. Os dados utilizados para cálculos de probabilidades de ocorrência das variáveis agrometeorológicas, nesses casos, são feitos baseados em séries históricas, com dados do passado recente. Quanto maior a série, mais confiáveis serão as estimativas de probabilidade, o que permite o uso da modelagem avançar no tempo. Adicionalmente, é praticamente impossível conduzir um experimento por dezenas de anos, mantendo as mesmas cultivares, até porque um dos principais avanços promovidos pela pesquisa na produção agrícola, em especial na soja brasileira, foram alcançados por meio do melhoramento genético, que oferece a cada ano novos materiais com características agronômicas aprimoradas.

Uma das maneiras de contornar essa dificuldade é pela utilização de modelos biofísicos ou mecanicistas que simulam o crescimento, desenvolvimento e rendimento de culturas. Há grande acervo de modelos, DSSAT (IBSNAT, 1989), APSIM (McCOWN *et al.*, 1996), STICS (BRISSEON *et al.*, 1998, 2002), etc., que depois de bem calibrados, podem ser alimentados com dados climáticos históricos, usando as características de uma cultivar atual e prospectando como teria sido sua produtividade por um longo período de tempo. A partir daí, o cálculo de probabilidade pode ser executado. Como os dados meteorológicos ocorridos apresentam inúmeras combinações entre as variáveis observadas, dentro de uma amplitude de variação compatível com as condições climáticas recentes do local estudado, os resultados das simulações irão refletir a probabilidade considerando as condições meteorológicas ocorridas.

OBJETIVO

O principal objetivo desse trabalho foi calibrar e testar o modelo STICS (*Simulateur multidisciplinaire de Culture Standard*), e estudar a distribuição de probabilidade da produção de grãos de duas cultivares de soja em função de diferentes datas de semeadura, a partir dos dados meteorológicos históricos da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina, DF (15°35'33,99" S e 47°44'12,32" W e altitude de 1.035 m). O clima da região é estacional e corresponde ao tipo Aw-tropical chuvoso (Köppen), com presença de verões chuvosos de outubro a março e invernos secos de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1383,7 mm e média das temperaturas mínima e máxima de 16,5°C e 27,8°C, respectivamente (SILVA *et al.*, 2017). O solo é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2011).

As cultivares de soja utilizadas foram a BRS-7482RR e a BRS-8383IPRO, do grupo de maturidade 7.4 e 8.3, respectivamente, ambas resultantes do programa de melhoramento genético da Embrapa, semeadas em duas épocas de semeadura, Ep1 e Ep2, nos anos 2019, 2020 e 2021 (Quadro 1), em área destinada aos ensaios de VCU - Valor de Cultivo e Uso,

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

conduzidos pelo Programa de melhoramento da cultura da soja da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, em parceria a Fundação Cerrados e a Fundação Bahia (LANDGRAF, 2021). O experimento foi implantado em blocos inteiramente casualizados com 4 repetições. O grupo de maturidade foi definido pelo sistema de classificação relativa das cultivares de soja no Sul e no Centro Oeste do Brasil (ALLIPRANDINI et al., 2009).

Quadro 1: Datas de semeadura das cultivares de soja BRS7482RR e BRS8383IPRO usadas para calibração e validação do modelo STICS.

Cultivar	Ano agrícola	Época1	Época2
BRS7482RR	2019 - 2020	31 de outubro	21 de novembro
	2020 - 2021	12 de novembro	26 de novembro
	2021 - 2022	19 de novembro	3 de dezembro
BRS8383IPRO	2019 - 2020	31 de outubro	21 de novembro
	2020 - 2021	12 de novembro	26 de novembro
	2021 - 2022	19 de novembro	3 de dezembro

Calibração do modelo STICS e variáveis de entrada

O modelo foi calibrado a partir dos dados de atributos do solo (Quadro 2), crescimento, desenvolvimento e rendimento dos cultivos (rendimento de grãos, matéria seca total, área foliar) medidos na Ep1 do ano agrícola 2019/20 e testado a partir dos dados coletados nas demais épocas dos anos posteriores. Os valores diários de precipitação (mm), temperaturas mínima e máxima (°C), evapotranspiração de referência – ETo (mm.dia⁻¹), radiação solar global (MJ.m⁻²), velocidade do vento (m.s⁻¹), e umidade relativa (%) foram obtidos a partir de uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific®), localizada nas proximidades das parcelas experimentais (<http://clima.cpac.embrapa.br/clima/dados-climaticos/#>).

Os parâmetros da planta foram obtidos ajustando-se o modelo aos dados observados. Foram ajustadas as variáveis que representam o crescimento, desenvolvimento e o rendimento de grãos (matéria seca total, índice de área foliar e rendimento final) das cultivares de soja BRS-7482RR e a BRS-8383IPRO. O STICS também foi alimentado com informações do itinerário técnico das culturas, tais como: espaçamento entre linhas, densidade de semeadura, profundidade de semeadura, data da fertilização, datas de semeadura e de colheita. Outros parâmetros específicos das culturas foram obtidos a partir de outros experimentos de longa duração e de trabalhos anteriores (AFFHOLDER *et al.*, 2001; SCOPEL *et al.*, 2004; SILVA, 2019). Os parâmetros físicos do solo foram determinados a partir de amostras indeformadas e os resultados constam no quadro 2.

Quadro 2: Atributos do solo usados para calibração e simulações do modelo STICS

Camada (cm)	CC	PMP	DAP
0-30	28,5	15	1,06
30-60	29	15	1,07
60-90	29	15	1,07

Onde: CC = umidade na capacidade de campo (mm); PMP = umidade no ponto de murcha permanente (mm); DAP = densidade aparente do solo (g cm⁻³).

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

Avaliação do ajuste dos dados

Para avaliar o desempenho do modelo STICS na simulação da dinâmica de água no solo, do crescimento, desenvolvimento e rendimento das duas cultivares de soja foram calculados a eficiência do modelo (EF); média dos valores observados (Mobs); Desvio médio (MD); coeficiente de correlação (R) e raiz do erro quadrático médio (RMSE), a partir do pacote estatístico SAS (SAS, 2013). De acordo com Pereira *et al.* (2010) a porcentagem de desvio negativo indica subestimativa enquanto que a porcentagem de desvios positivas indicam superestimava.

Estimativa da produtividade de grãos das cultivares de soja BRS-7482RR e BRS-8383IPRO

Após calibrado, o modelo STICS foi alimentado com dados climáticos registrados na estação principal da Embrapa Cerrados, fornecendo a simulação do desempenho em produtividade de grão das cultivares de soja nas diferentes datas de semeadura. Como as atividades agrícolas são tradicionalmente sujeitas a riscos e não se espera que em cem por cento das vezes o produtor consiga sucesso total nas suas lavouras, foram calculadas as produtividades com probabilidade de ocorrência maior ou igual a 60%, 70% e 80%.

No presente estudo, foi considerado que a produtividade média da soja, suficiente para cobrir os custos de produção e resultar em retorno para os produtores da região dos Cerrados, desde que as situações de preço se mantenham dentro da normalidade das últimas safras, deveria ser de 3.600 kg ha⁻¹, o que equivale a sessenta sacas (60 sc) por hectare (RICHETTI, 2021). Mas, para efeito de comparação e análise, também serão estimadas as probabilidades relativas à produção de 40 sacas e 50 sacas (2.400 e 3.000 kg, respectivamente) por hectare.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calibração e validação do modelo STICS

Em experimentos conduzidos na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, foram coletados os dados necessários para a calibração do modelo STICS para as duas cultivares, BRS7482RR e BRS8383IPRO, na safra 2019/2020. Posteriormente, nas safras seguintes de 2020/2021 e 2021/2022, foram coletados dados para a validação do modelo. Os resultados da análise de adequação e eficiência do modelo estão apresentados no quadro 3.

A dinâmica de água no solo observada e simulada na fase de calibração do modelo STICS, mostrou uma concordância satisfatória nas três profundidades analisadas, 0 a 30 cm; 30 a 60 cm e 60 a 90 cm, ao longo do ciclo da cultivar BRS7482RR no ano agrícola 2019/20, cujas eficiências (EF) foram: 0,28; 0,65 e 0,61, respectivamente (Quadro 3). O modelo apresentou boa performance tanto nos períodos de chuvas quando a água disponível do solo (observada e simulada) permaneceu elevada, bem como, durante períodos de baixa precipitação quando o modelo acompanhou os decréscimos da umidade do solo. Já na fase de validação, o modelo apresentou boa performance apenas para a camada 0 a 30 cm (EF=0,35). Apesar de o modelo apresentar baixa eficiência para as camadas 30 a 60 cm e 60 a 90 cm, verificou-se ajuste adequado entre os dados medidos e observados da disponibilidade de água no solo, uma vez

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

que os desvios médios em relação à média dos dados observados foram inferiores a 1,25 mm e os coeficientes de correlação (R) superiores a 72% (Quadro 3).

Quadro 3: Critérios estatísticos mostrando o desempenho do modelo STICS ao simular a umidade do solo, índice de área foliar, biomassa aérea total e rendimento de grãos das cultivares de soja BRS 7482 RR e BRS 8383 IPRO, de 2019 a 2022, em Planaltina – DF.

Cultivar	Variáveis	Prof. (cm)	Safrá 2019/2020					
			n	EF	Mobs	MD	R	RMSE
Calibração do modelo								
BRS 7482 RR	Umidade do solo (mm)	0-30	113	0,28	26,47	-0,58	0,71	2,13
		30-60	113	0,65	25,28	0,62	0,87	1,67
		60-90	113	0,61	25,38	0,77	0,85	1,89
	Índice de Área Foliar	4	0,49	4,25	-0,54	0,89	1,20	
	Biomassa aérea total (kg.ha ⁻¹)	4	0,97	7.014	627	>0,99	666	
	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	1	-	4.387	-112	-	-	
BRS 8383 IPRO	Índice de Área Foliar	5	0,98	3,71	-0,26	>0,99	0,31	
	Biomassa aérea total (kg.ha ⁻¹)	6	0,96	5.610	216	0,99	744	
	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	1	-	4.774	168	-	-	
Validação do modelo								
BRS 7482 RR	Umidade do solo (mm)	0-30	101	0,35	26,43	-0,18	0,78	1,63
		30-60	101	-0,33	26,13	1,08	0,73	1,80
		60-90	101	-0,04	26,18	1,24	0,78	1,88
	Índice de Área Foliar	13	0,87	3,21	0,38	0,95	0,80	
	Biomassa aérea total (kg.ha ⁻¹)	13	0,97	5.248	441	0,99	719	
	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	5	0,58	4.178	-104	0,83	197	
BRS 8383 IPRO	Índice de Área Foliar	11	0,75	3,25	0,15	0,88	1,09	
	Biomassa aérea total (kg.ha ⁻¹)	14	0,89	6.155	-874	0,97	1.56	
	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	5	0,70	4.123	147	0,98	316	

Onde: n = número de pares; EF = eficiência do modelo; Mobs = média dos valores observados; MD = Desvio médio; R= coeficiente de correlação; RMSE = raiz do erro quadrático médio.

O modelo apresentou desempenho satisfatório na estimativa do índice de área foliar, IAF, com eficiências (EF) observadas entre 0,49 e 0,98 e coeficientes de correlação linear superiores a 87% nas fases de calibração e validação do modelo para as cultivares de soja BRS-7482RR e BRS-8383IPRO (Quadro 3).

O modelo simulou satisfatoriamente a biomassa aérea total das duas cultivares de soja, tanto na fase de calibração quanto na validação, a partir da otimização dos parâmetros relacionados com a eficiência do uso da radiação e com a alocação de foto-assimilados para o grão. A eficiência do modelo (EF) foi superior a 0,88, enquanto os desvios em relação à média observada (ME) foram inferiores 875 kg ha⁻¹ para as duas cultivares estudadas (Quadro 3).

O modelo também simulou satisfatoriamente a produtividade final de grãos, para as duas cultivares, quando as discrepâncias em relação aos dados observados foram inferiores a 148 kg ha⁻¹ e coeficientes de correlação (R) superiores a 82% (Quadro 3).

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

Análise da produtividade de grãos

Após calibrado, o modelo STICS foi alimentado com dados climáticos diários registrados na estação principal da Embrapa Cerrados durante 47 anos (1974 a 2020), com o objetivo de simular o desempenho em produtividade de grão das cultivares de soja, a BRS-7482RR e a BRS-8383IPRO em função das datas de semeadura a cada decêndio dos meses de setembro a dezembro.

Ao final, foram produzidos dois conjuntos de dados (2 cultivares), cada um com 47 valores de produtividade. No quadro 4 são apresentados os valores de produtividade mínima obtida, em cada data de semeadura, para cada cultivar, em 60%, 70% e 80% dos anos simulados. Foram testadas semeaduras a cada decêndio dos meses de setembro a dezembro.

Quadro 4: Produtividade mínima (kg ha^{-1}) alcançada pelas semeaduras das cultivares de soja BRS7482RR e BRS8383IPRO em cada decêndio, de setembro a dezembro, em três níveis percentuais de sucesso (60%, 70% e 80%).

%	Cultivares	Decêndios											
		S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3	D1	D2	D3
60	BRS7482RR	567	1.472	2.229	2.715	3.147	3.376	3.569	3.563	3.783	3.761	3.906	3.926
	BRS8383IPRO	933	1.687	2.293	3.014	3.343	3.601	3.735	3.856	3.989	4.049	4.046	3.969
70	BRS7482RR	293	1.185	1.653	2.448	2.949	3.327	3.383	3.356	3.447	3.710	3.837	3.734
	BRS8383IPRO	442	1.338	1.968	2.601	3.037	3.501	3.657	3.719	3.931	3.964	3.896	3.890
80	BRS7482RR	98	448	931	1.894	2.617	2.973	3.084	3.025	3.330	3.454	3.621	3.581
	BRS8383IPRO	112	353	1.445	2.316	2.808	3.135	3.247	3.297	3.756	3.775	3.826	3.700

*Marcadas com sombreamento crescente as produtividades maiores que 2.400 kg ha^{-1} , 3.000 kg ha^{-1} e 3.600 kg ha^{-1} .

Podemos observar, primeiramente, que as semeaduras em setembro nunca alcançaram produtividade superior a 40 sacas de soja (2.400 kg ha^{-1}) em pelo menos 60% dos anos simulados. Isso mostra claramente o alto risco de se cultivar soja, nas condições climáticas de Planaltina, DF, no mês de setembro.

Para semeaduras mais tardias, como por exemplo, no mês de outubro, o parâmetro produtividade pode atingir valores mais elevados quando comparado ao mês de setembro, principalmente para a cultivar BRS8383IPRO. Nesse caso, na data do primeiro decêndio (O1), em 60% dos anos a produtividade foi maior ou igual a 3.014 kg ha^{-1} (ou seja, mais de 50 sc/ha). Nesse decêndio, a cultivar BRS7482RR superou a marca de 40 sacas em pelo menos 60% dos anos, mas não alcançou os 50 sacos (2.715 kg ha^{-1}). À medida que a semeadura da soja avança para o segundo decêndio de outubro (O2), já é possível prever uma produtividade acima de 3.343 kg ha^{-1} e 3.037 kg ha^{-1} da cultivar BRS8383IPRO de pelo menos em 60% e 70% dos anos, respectivamente. Ainda neste decêndio, as semeaduras da cultivar BRS7482RR chegam a produzir pelo menos 3.147 kg ha^{-1} em 60% dos anos. Portanto, é só a partir do segundo decêndio de outubro (O2) que passam a obter pelo menos 40 sacas em 80% dos anos para as duas cultivares (mínimo de 2.617 kg ha^{-1} da BRS7482RR e 2.808 kg ha^{-1} da BRS8383IPRO).

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

Para as duas cultivares o melhor mês para a semeadura da soja, em termos de produtividade foi dezembro. Entretanto, para a BRS8383IPRO, já no terceiro decêndio de novembro (N3) e em qualquer decêndio de dezembro (D1, D2 e D3) a produtividade esperada em 80% dos anos superou as 60 sacas por hectare (ou mais de 3.600 kg ha⁻¹). Enquanto isso, a cultivar BRS7482RR só atinge essa marca de produtividade em pelo menos 80% dos anos no segundo decêndio de dezembro (D2). Se considerarmos a marca de 50 sacas, ou 3 mil quilogramas por hectare, as duas cultivares atingiram esse desempenho em todo o mês de novembro e dezembro, sendo que a BRS8383IPRO já alcançava essa marca no terceiro decêndio de outubro (O3). Essa informação é importante para a escolha do material a ser utilizado, produtividade esperada e possíveis impactos que podem promover a quebra de safra da cultura principal dentro do conceito de sistema de produção, onde o agricultor espera colocar um segundo cultivo ainda na estação de crescimento.

Na Quadro 5 são apresentados os valores da percentagem de anos em que cada nível de produtividade estudado (2.400 kg ha⁻¹; 3.000 kg ha⁻¹ e 3.600 kg ha⁻¹) é alcançado ou superado, conforme a data de semeadura simulada, para cada cultivar. Essa tabela é um espelho da Quadro 4, que permite a análise dos mesmos resultados de simulação, apenas agrupados de outra maneira.

Quadro 5. Percentual (%) de anos em que cada produtividade (kg ha⁻¹) é atingida ou superada pela soja semeada nos diferentes decêndios, de setembro a dezembro.

kg ha ⁻¹	Cultivares BRS	Decêndios											
		S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3	D1	D2	D3
2.400	7482RR	38,3	38,3	51,1	72,3	85,1	93,6	97,9	97,9	93,6	97,9	95,7	97,9
	8383IPRO	36,2	46,8	59,6	76,6	89,4	95,7	97,9	97,9	97,9	100	100	100
3.000	7482RR	12,8	31,9	38,3	42,6	68,1	78,7	80,9	83,0	93,6	91,5	95,7	89,4
	8383IPRO	21,3	29,8	40,4	61,7	72,3	87,2	87,2	93,6	93,6	97,9	93,6	97,9
3.600	7482RR	2,1	2,1	12,8	21,3	40,4	51,1	57,4	59,6	66,0	76,6	80,9	76,6
	8383IPRO	4,3	10,6	17,0	36,2	42,6	61,7	70,2	78,7	85,1	89,4	89,4	83,0

*Marcadas com sombreamento crescente as produtividades maiores que 60%, 70% e 80 %.

O comportamento da produtividade em função de algumas datas escolhidas pode ser observado nas figuras 1 e 2. As linhas horizontais representam a chance de a produtividade alcançar o valor no qual a linha corta a curva da distribuição empírica acumulada em pelo menos 60%, 70% ou 80% dos anos. Já as linhas verticais, correspondentes às produtividades de 40 sacas, 50 sacas ou 60 sacas por hectare (2.400 kg ha⁻¹, 3.000 kg ha⁻¹ ou 3.600 kg ha⁻¹), cortam a curva da distribuição acumulada indicando a porcentagem de anos em que a semeadura em cada data produziu menos que o valor indicado. São apresentadas as distribuições de frequência acumulada da produtividade simulada para as cultivares de soja nos primeiros decêndios de setembro (S1), outubro (O1) e novembro (N1), e terceiro de dezembro (D3).

Na figura 1 são expostos os dados da cultivar BRS8383IPRO e na figura 2 estão os resultados obtidos pela cultivar BRS7482RR. Nota-se na Figura 1, por exemplo, que na semeadura S1 (linha na cor azul) em apenas dois anos a produtividade foi superior a 3.600 kg ha⁻¹, ou seja, em 45 anos, ou pouco mais de 95% dos 47 anos simulados, a produtividade não alcançou os 60 sacos. Já a semeadura em D3 (linha na cor marrom), sob todas as condições idênticas às



CBAGRO 2023

XXII Congresso Brasileiro
de Agrometeorologia

VI ECLIM & X RLA

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

de S1, exceto com relação às variáveis climáticas, a produtividade supera as 60 sacas em mais de 80% dos anos.

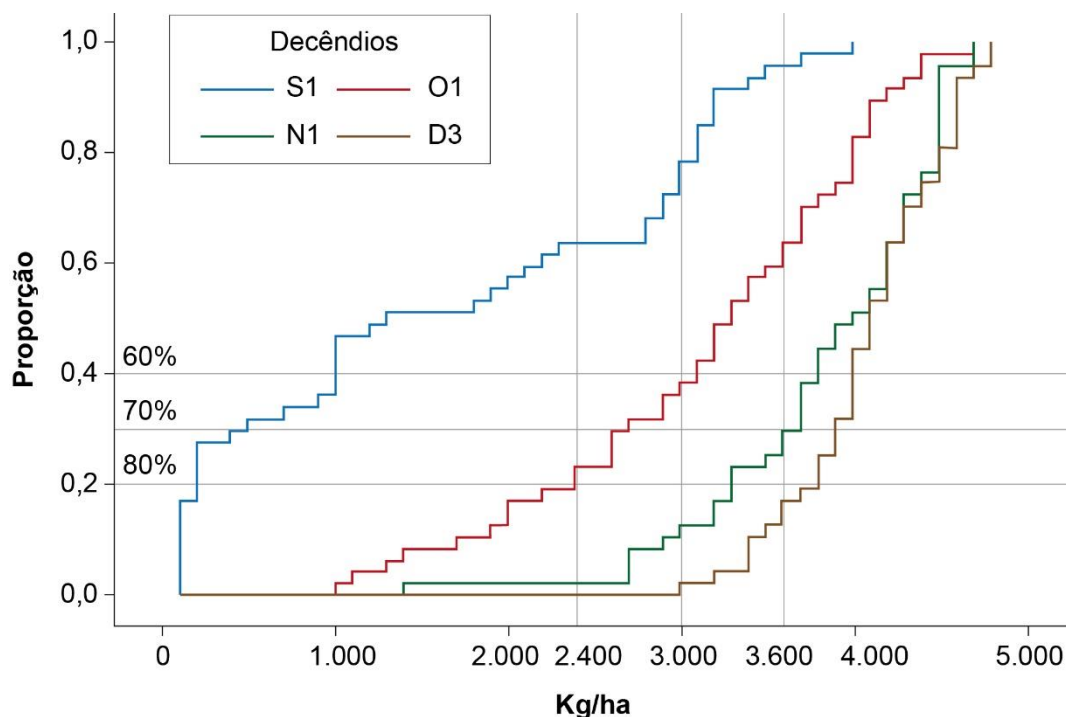


Figura 1: Distribuição de frequência acumulada da produtividade da cultivar de soja BRS8383IPRO calculada sobre 47 anos de dados simulados pelo STICS

Na figura 2, a primeira observação é sobre o máximo alcançado, inferior para a cultivar BRS7482RR do que o observado para a cultivar BRS8383IPRO, isso para qualquer data de semeadura simulada. De maneira geral, exceto pelos valores menores de produtividade, o comportamento em função da data de semeadura para a BRS7482RR é muito semelhante ao observado para a BRS8383IPRO. Nesse caso, a chance de alcançar e ultrapassar a produtividade de 60 sacas por hectare é menor, mesmo nas melhores épocas. Esse fato demonstra a importância do melhoramento genético na busca de materiais adaptados às condições específicas do clima em cada região de produção.



CBAGRO 2023

XXII Congresso Brasileiro
de Agrometeorologia

VI ECLIM & X RLA

Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

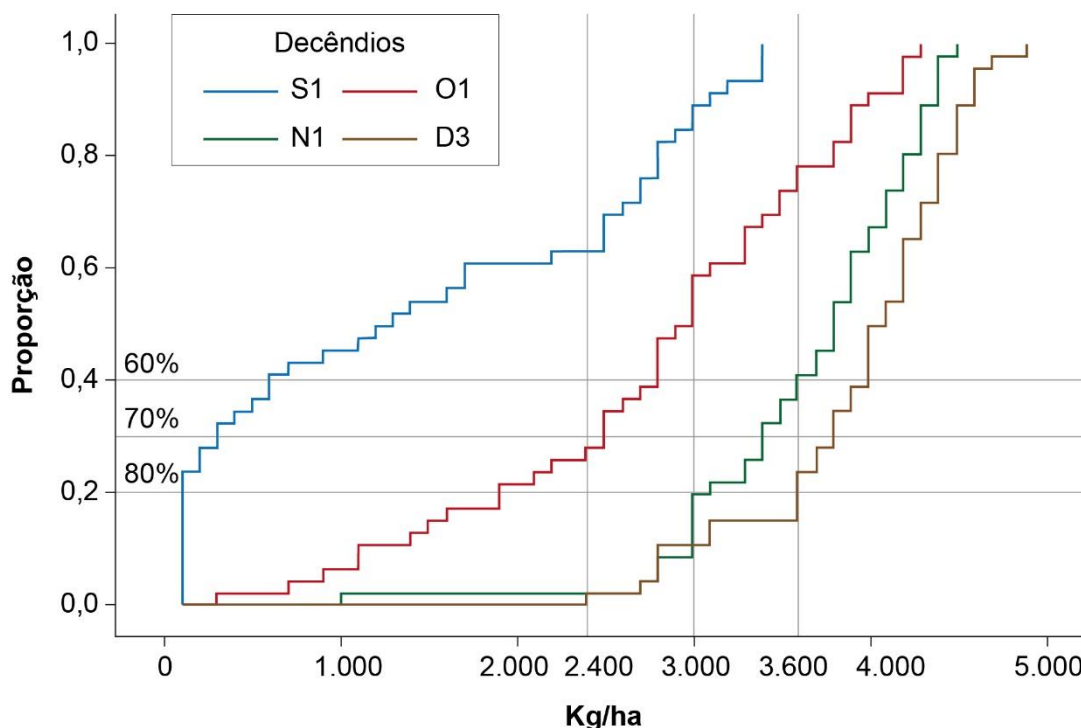


Figura 2: Distribuição de frequência acumulada da produtividade da cultivar de soja BRS7482RR calculada sobre 47 anos de dados simulados pelo STICS.

CONCLUSÃO

O modelo STICS apresentou bom ajuste na simulação das variáveis de crescimento e desenvolvimento, como índice de área foliar, biomassa e produtividade das cultivares de soja BRS7482RR e BRS838IPRO, na região de Planaltina-DF.

Apesar do modelo STICS apresentar resultados satisfatórios, observou-se uma tendência geral em superestimar a dinâmica de água no solo nas camadas mais profundas, independente do período avaliado (seco ou úmido). Em relação a produtividade, as maiores foram obtidas a partir da semeadura do segundo decêndio de outubro até final de dezembro, quando se tem a efetiva consolidação da estação chuvosa e, os menores rendimentos resultaram das simulações com semeadura no 1º decêndio de setembro até o 1º decêndio de outubro, com altos riscos de frustrações de safras.

O modelo STICS, foi um bom preditor da produtividade média da soja, com potencial de uso como uma importante ferramenta na indicação ou posicionamento das melhores datas de semeadura, em função da produtividade esperada e na previsão de safras dessa cultura nas condições edafoclimáticas de Planaltina-DF. Além de ser uma ferramenta que pode auxiliar e antecipar possíveis impactos decorrentes de cenários climáticos futuros.

REFERÊNCIAS

AFFHOLDER, F. **Modélisation de culture et diagnostic agronomique régional – mise au point d’une méthode et application au cas du maïs chez les petits producteurs du Brésil Central**. Paris, 2001, 246p. Thèse de doctorat – Institut National Agronomique Paris-Grignon.

ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P. F.; CAVASSIM, J. E.; GABE, H. L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M. N.; OLIVEIRA, M. A. R. DE; PITOL, C.; PRADO, L. C.; STECKLING, C. Understanding soybean Maturity Groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification, and Stability. **Crop Science**, v. 49, p. 801-808, 2009.

BRISSON, N.; MARY, B.; RIPOCHE, D.; JEUFFROY, M.H.; RUGET, F.; NICOULLAUD, B.; GATE, P.; DEVIENNE-BARRET, F.; ANTONIOLETTI, R.; DURR, C.; RICHARD, G.; BEAUDOIN, N.; RECOUS, S.; TAYOT, X.; PLENET, D.; CELLIER, P.; MACHET, J.M.; MEYNARD, J.M.; DELECOLLE, R. STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances: I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. **Agronomie**, v. 18, p. 311-346, 1998.

BRISSON, N.; RUGET, F.; GATE, P.; LORGEAU, J.; NICOULLAUD, B.; TAYOT, X.; PLENET, D.; JEUFFROY, M. H.; BOUTHIER, A.; RIPOCHE, D.; MARY, B.; JUSTES, E. STICS: a generic model for simulating crops and their water and nitrogen balances: II. Model validation for wheat and maize. **Agronomie**, v. 22, p. 69-92, 2002.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

IBSNAT. Decision support system for agrotechnology transfer V2.1 (DSSAT V2.1). Honolulu: Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, 1989.

LANDGRAF, L. **Embrapa lança quatro cultivares de soja mais produtivas para o Centro-Norte do Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/65867239/embrapa-lanca-quatro-cultivares-de-soja-mais-produtivas-para-o-centro-norte-do-brasil>.

McCOWN, R. L.; HAMMER, G. L.; HARGREAVES, J. N. G.; HOLZWORTH, D. P.; FREEBAIRN, D. M. APSIM: a novel software system for model development, model testing and simulation in agricultural systems research. **Agricultural Systems**, v. 50, n. 3, p. 255-271, 1996.

MINITTI, A. F. **Relatório de avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. 57 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 170)



Natal – RN, 03 a 06 de Outubro de 2023

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura da soja para a safra 2021/2022, em Mato Grosso do Sul**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2021. 11 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 262).

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p. 386-399, 2001. (Número Especial: Zoneamento Agrícola)

SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 9.4 Users Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013.

SILVA, F. A. M. DA; NAUDIN, K.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; AFFHOLDER, F. Impact of conservation agriculture on the agronomic and environmental performances of maize cropping under contrasting climatic conditions of the Brazilian Cerrado. **Field Crops Research**, v. 230, p. 72-83, 2019.

SCOPEL, E.; SILVA, F. A. M. DA; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F.; MARAUX, F. Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid tropical conditions. **Agronomie**, v. 24, n. 6-7, p. 383-395, 2004.

SILVA, F. A. M. DA; EVANGELISTA, B. A.; MALAQUIAS, J. V.; OLIVEIRA, A. D.; MÜLLER, A. G. **Análise temporal de variáveis climáticas monitoradas entre 1974 a 2014 na Estação Principal da Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. 121p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 340).

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. DA. **Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil**. - Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 27 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 312).