

www.cbagro2023.com.br

03 a 06 de Outubro de 2023 | Natal - RN



CBAGRO 2023

**XXII Congresso Brasileiro
de Agrometeorologia**

VI ECLIM | X RLA

ANAIS 2023

A Agrometeorologia e a Agropecuária: Adaptação às Mudanças Climáticas

Promoção



Realização



Patrocínio



Apoio



ISBN E DADOS DE PUBLICAÇÃO

ANAIS DO XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA

03 a 06 de outubro de 2023 | Natal - RN

Edição Técnica

Prof. Dr. Bergson Guedes Bezerra; Prof. Dr. David Mendes

Todos os resumos neste livro foram reproduzidos de cópias fornecidas pelos autores e o conteúdo dos textos é de exclusiva responsabilidade dos mesmos. A organização do referente evento não se responsabiliza por consequências decorrentes do uso de quaisquer dados, afirmações e/ou opiniões inexatas ou que conduzam a erros publicados neste livro de trabalhos. É de inteira responsabilidade dos autores o registro dos trabalhos nos conselhos de ética, de pesquisa ou SisGen.

Copyright © 2023 – Todos os direitos reservados

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, arquivada ou transmitida, em qualquer forma ou por qualquer meio, sem permissão escrita da comissão organizadora do evento e da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia.



RISCO CLIMÁTICO DO FEIJÃO-COMUM NA SAFRA DAS ÁGUAS EM GOIÁS: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO DADOS FUNCIONAIS

Ludmilla Ferreira Justino¹; **Felipe Waks Andrade**²; **David Henriques da Matta**³; **Jose Eduardo Boffino de Almeida Monteiro**⁴; **Luís Fernando Stone**⁵; **Silvando Carlos da Silva**⁵; **Alexandre Bryan Heinemann**⁵

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Goiânia, GO. Universidade Federal de Goiás;

²Discente do departamento de Matemática e estatística. Goiânia, GO. Universidade Federal de Goiás;

³Professor do departamento de Matemática e estatística. Goiânia, GO. Universidade Federal de Goiás;

⁴Pesquisador. Campinas, SP. Embrapa Agricultura Digital; ⁵Pesquisador. Santo Antônio de Goiás, GO.

Embrapa Arroz e Feijão

RESUMO

O ajuste da data de semeadura do feijoeiro para períodos com maior disponibilidade hídrica tem impacto na mitigação das perdas de produtividade, por evitar que as fases críticas da cultura coincidam com eventos climáticos adversos. Objetivou-se com este estudo determinar datas de semeadura com base em quatro níveis de quebra de produtividade na safra das águas (10%, 20%, 30% e >30%), em municípios produtores de feijão-comum em Goiás. A produtividade de três cultivares foi obtida mediante o uso do modelo de simulação CSM-CROPGRO-DryBean, em 28 municípios e diferentes datas de semeadura e anos. A partir das produtividades simuladas, realizou-se a estimativa dos níveis de quebra de produtividade por meio da aplicação da técnica de dados funcionais. A cultivar BRS Estilo apresentou desempenho produtivo superior e por isso foi considerada na elaboração do calendário de semeadura baseado na quebra de produtividade. Na maioria dos municípios, observou-se quebras de produtividade inferiores à 20%. Em Cristalina e Flores de Goiás, a quebra manteve-se entre 20% e 30%, enquanto em Cabeceiras, Formosa e Sítio d'Abadia os níveis máximos de quebra foram superiores à 30%. Na maioria dos municípios do limite leste de Goiás, houve aumento da quebra com o atraso na semeadura. Nesses municípios, recomenda-se que a semeadura do feijão-comum ocorra entre meados de outubro e início de novembro. Para municípios localizados mais a oeste do estado, é recomendado que a semeadura ocorra ao fim de novembro e em dezembro, visto que os níveis de quebra reduzem à medida que a semeadura é atrasada.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L.; Modelo de simulação; Quebra de produtividade;

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade econômica de elevado risco, por ser fortemente influenciada por fatores relacionados ao clima, que afetam tanto os processos fisiológicos da planta, como a incidência de insetos-pragas e doenças e as atividades no campo. Portanto, a análise dos riscos climáticos associados à atividade agrícola é fundamental para aumentar a eficiência produtiva, reduzir perdas e garantir a sustentabilidade na produção de alimentos. Além disso, a compreensão da resposta da produtividade das culturas em função da variabilidade climática é essencial para o aperfeiçoamento dos modelos de simulação (Zhong et al., 2022).

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa de consumo humano direto de maior importância em países da América Latina e África, tendo em vista seu valor nutricional, social e econômico. O cultivo do feijão ocorre em uma ampla variedade de ambientes e sistemas de produção, frequentemente caracterizados pelo cultivo em pequena escala, em condições desfavoráveis e com poucos insumos (Beebe et al., 2008; 2014).

No Brasil, a produção de feijão-comum concentra-se na mesma área geográfica, mas é temporalmente distribuída pelas safras das águas, seca e inverno (Heinemann et al., 2017). As datas de semeadura em cada safra variam conforme a região e são definidas pelo zoneamento agrícola de risco climático (ZARC), de acordo com o clima (precipitação pluvial, temperatura do ar, geadas e granizos), o solo

(capacidade de água disponível) e os cultivos (informações fenológicas das cultivares) (Teixeira et al., 2021).

A produtividade do feijão na época das águas, foco deste estudo, é fortemente influenciada pela variabilidade pluvial interanual, visto que, nessa época, o cultivo ocorre em sistema de sequeiro e, portanto, depende da água das chuvas. A seca está entre as principais limitações para a produção de feijão, ocorrendo em cerca de 60% das regiões produtoras e causando perdas de produtividade que chegam à 100% (Polania et al., 2016). Dessa forma, o ajuste da data de semeadura para períodos com maior disponibilidade hídrica tem impacto na mitigação das perdas de produtividade, por evitar que as fases críticas da cultura coincidam com eventos climáticos adversos (Heinemann et al., 2016; Justino et al., 2019).

A quantificação de riscos climáticos e a definição de locais e datas de semeadura mais apropriados ao cultivo têm sido realizadas nos últimos anos mediante a utilização de modelos de simulação. Essas ferramentas são capazes de estimar a produtividade das culturas em função das condições ambientais e de manejo (Hoogenboom et al., 1992). Nos últimos anos, os modelos de simulação têm sido aplicados na avaliação de riscos climáticos (Heinemann et al., 2021; Meireles et al., 2003), na definição de datas de semeadura (Justino et al., 2019; 2022; Teixeira et al., 2017), na previsão de produtividade e evapotranspiração (Oliveira et al., 2012; Dallacort et al., 2011) e na determinação do balanço hídrico do solo (Dallacort et al., 2010).

Embora o zoneamento agrícola de risco climático seja o principal instrumento de política agrícola para a gestão de riscos na agricultura, novas abordagens de determinação de regiões e épocas com menor probabilidade de quebra de produtividade são indispensáveis para o planejamento e tomada de decisão agrícola.

OBJETIVOS

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo determinar datas de semeadura com menor risco climático de quebra de produtividade na safra das águas, em municípios produtores de feijão-comum em Goiás, com base na técnica de análise de dados funcionais (ADF).

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreende 28 municípios produtores de feijão-comum na época das águas em Goiás (Figura 1, Quadro 2). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é predominantemente tropical de savana (Aw), com as estações seca e chuvosa bem definidas. A temperatura média do ar e a precipitação pluviométrica nos meses da época das águas são, respectivamente, 25,3 °C e 116,9 mm em outubro, 24,5 °C e 209,2 mm em novembro e 24,6 °C e 275,3 mm em dezembro (Cardoso et al., 2014). Foram selecionados os municípios que obtiveram produção de feijão-comum na época das águas igual ou superior à média nacional em 5 anos ou mais, de acordo com dados da produção agrícola municipal no período de 2010 a 2019 (IBGE, 2020).

Três cultivares de feijão-comum, frequentemente utilizadas como testemunhas em ensaios de programas de melhoramento do feijoeiro, sendo duas do grupo carioca (Pérola e BRS Estilo) e uma do grupo preto (IPR Uirapuru) foram selecionadas para este estudo. A produtividade de cada cultivar foi obtida mediante o uso do modelo de simulação CSM-CROPGRO-DryBean, da plataforma DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer). Este modelo é capaz de simular o crescimento, desenvolvimento e produtividade do feijoeiro, em função das condições ambientais, das características da cultivar e dos cenários de manejo (Hoogenboom et al., 1992).

Para a parametrização das cultivares no modelo, utilizou-se a ferramenta algoritmo genético (AG), cuja aplicação em otimização e busca fundamenta-se no processo de evolução natural das espécies

(Pal & Wang, 1996). Dados de experimentos de campo, dados de solo e de estações meteorológicas foram utilizados nesta etapa. Já a validação do modelo foi realizada a partir de experimentos de valor de cultivo e uso (VCU) conduzidos pelo programa de melhoramento do feijoeiro da Embrapa Arroz e Feijão. Os parâmetros ajustados para o modelo são descritos no Quadro 1.

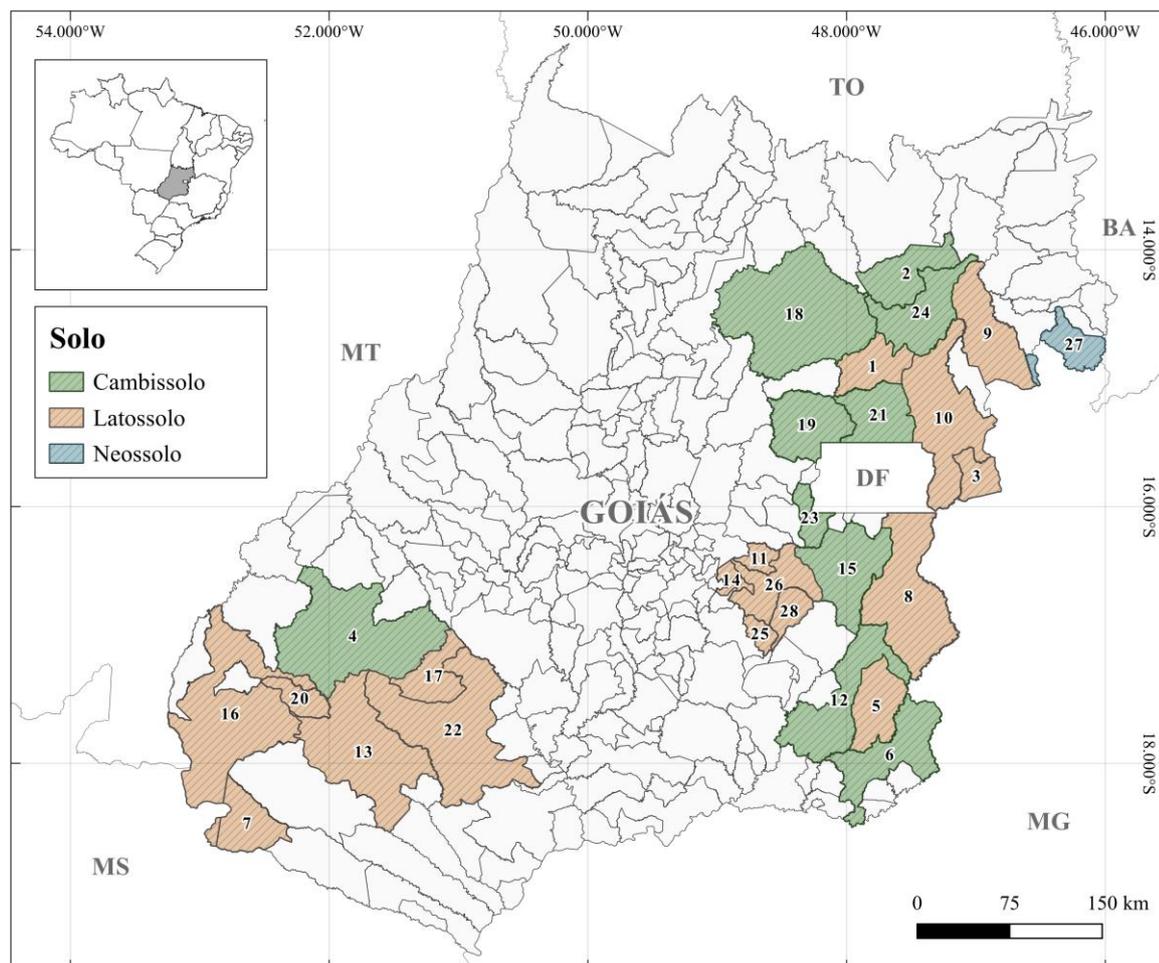


Figura 1: Localização geográfica dos municípios utilizados neste estudo, bem como o solo de cada município. A identificação de cada município é apresentada no Quadro 2.

Quadro 1: Coeficientes parametrizados para as cultivares de feijão-comum BRS Estilo, IPR Uirapuru e Pérola.

Parâmetro	BRS Estilo	IPR Uirapuru	Pérola
EM-FL	33,9	29,0	29,0
FL-SD	11,9	8,1	10,0
SD-PM	19,52	22,41	21,67
LFMAX	1,00	0,99	0,93
SLAVR	324	280	300
SIZLF	160,0	143,7	134,5

WTPSD	0,310	0,190	0,211
SFDUR	14,1	14,3	20,9
SDPDV	4,88	4,79	4,82
PODUR	9,1	5,0	9,0
THRSH	80,9	80,4	78,0

EM-FL: tempo entre a emergência e o florescimento (dias fototérmicos); FL-SD: tempo entre o florescimento e a formação da primeira semente (dias fototérmicos); SD-PM: tempo entre a formação da primeira semente e a maturação fisiológica (dias fototérmicos); LFMAX: Taxa máxima de fotossíntese foliar a 30 °C, 350 vpm CO₂ e alta luminosidade (mg CO₂/m² s⁻¹); SLAVR: área foliar específica (cm² g⁻¹); SIZLF: área foliar máxima do trifólio (cm²); WTPSD: massa máxima por unidade de grão (g); SFDUR: duração do enchimento de grãos (dias fototérmicos); SDPDV: média de sementes por vagem; PODUR: tempo requerido para que a cultivar atinja a carga máxima de vagens (dias fototérmicos); THRSH: razão máxima entre semente e semente + vagem, na maturação (%).

Os dados agrometeorológicos diários de temperatura máxima e mínima do ar, radiação solar global e precipitação pluvial foram obtidos do portal InfoClima e da base de dados de Xavier et al. (2022), quando indisponíveis no Infoclima, para uma série histórica de 36 anos (1980 a 2016).

As informações de ordem, subordem e água disponível dos solos predominantes de cada município foram obtidas do portal Pronassolos. Foi verificada a predominância dos solos Cambissolo, Latossolo e Neossolo nos municípios selecionados (Figura 1). A partir dessas informações, outros parâmetros como profundidade da camada de solo (cm), teores de areia, silte e argila (%), condutividade hidráulica (cm h⁻¹), densidade do solo (Mg m⁻³), teor de carbono orgânico (%), capacidade de campo (m³ m⁻³), ponto de saturação (m³ m⁻³) e ponto de murcha permanente (m³ m⁻³) foram obtidos do banco de dados hidrofísicos de solos no Brasil (HYBRAS) (Ottoni et al., 2018) para os solos Cambissolo e Neossolo. As informações relacionadas ao Latossolo foram obtidas de análises de solo realizadas pela Embrapa Arroz e Feijão.

As datas de semeadura do feijão-comum na época das águas em Goiás foram baseadas nas informações do aplicativo ZARC - Plantio certo e no vazio sanitário estabelecido para cada região. Foram verificadas as datas recomendadas para cada município, para cultivares do grupo II (entre 80 e 95 dias de ciclo), ao qual as cultivares alvo desta pesquisa pertencem, para todos os solos e para todas as taxas de riscos de perdas por eventos meteorológicos adversos. Após serem selecionadas a data inicial e final recomendadas, foram estabelecidas datas de semeadura para as simulações a cada decêndio. Desta forma, foram definidas como datas de semeadura para todos os municípios: 20/out, 30/out, 10/nov, 20/nov, 30/nov, 10/dez, 20/dez e 30/dez. As simulações foram realizadas para condições de sequeiro, sem restrições bióticas e sem limitações de nitrogênio.

A partir das produtividades simuladas pelo modelo, realizou-se a estimativa dos níveis de quebra de produtividade, por meio de uma análise de dados funcionais (ADF). Como a cultivar BRS Estilo apresentou as maiores produtividades médias dentre as três analisadas, ela foi utilizada como referência para a análise. A análise de dados funcionais representa um conjunto de técnicas utilizadas para resumir as propriedades de uma série temporal de dados por meio de funções ou curvas contínuas (Kokoszka & Reimherr, 2017).

A curva média ajustada para a produtividade simulada por município e por cultivar e os intervalos de confiança foram obtidos mediante um processo de suavização baseado na combinação linear de bases funcionais (Wand, 2023). Considerou-se o maior valor de produtividade simulada obtido na curva média ajustada para cada município como valor de referência de produtividade para o cálculo dos níveis de quebra de 10%, 20%, 30% e >30% (Quadro 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da produtividade simulada das cultivares de feijão-comum BRS Estilo, IPR Uirapuru e Pérola nos municípios analisados por este estudo e nas diferentes datas de semeaduras é apresentada na Figura 2. Em todos os municípios, a cultivar BRS Estilo apresentou desempenho superior às demais, o que pode ser justificado por seu ciclo mais extenso, maior LFMAX, SLAVR, SIZLF, WTPSD, SDPDV e THRSH (Quadro 1). De modo geral, genótipos de feijão com ciclo maior podem produzir mais em situações cujas condições ambientais não são limitantes (White, 1989). Um ciclo maior permite mais tempo para a planta produzir fotoassimilados e acumular biomassa (Mwadzingeni et al., 2016). Além disso, diversos estudos têm mostrado correlação positiva entre área foliar, massa de grãos e número de grãos por vagem com a produtividade de feijão (Fageria & Santos, 2008; Yohannes et al., 2020; Fogaça et al., 2023; Negahi et al., 2014; Ejara et al., 2017; Ribeiro et al., 2018). A média de produtividade considerando todos os municípios e datas de semeadura foi de 2681 kg ha⁻¹ para BRS Estilo, 1784 kg ha⁻¹ para IPR Uirapuru e 1917 kg ha⁻¹ para Pérola.

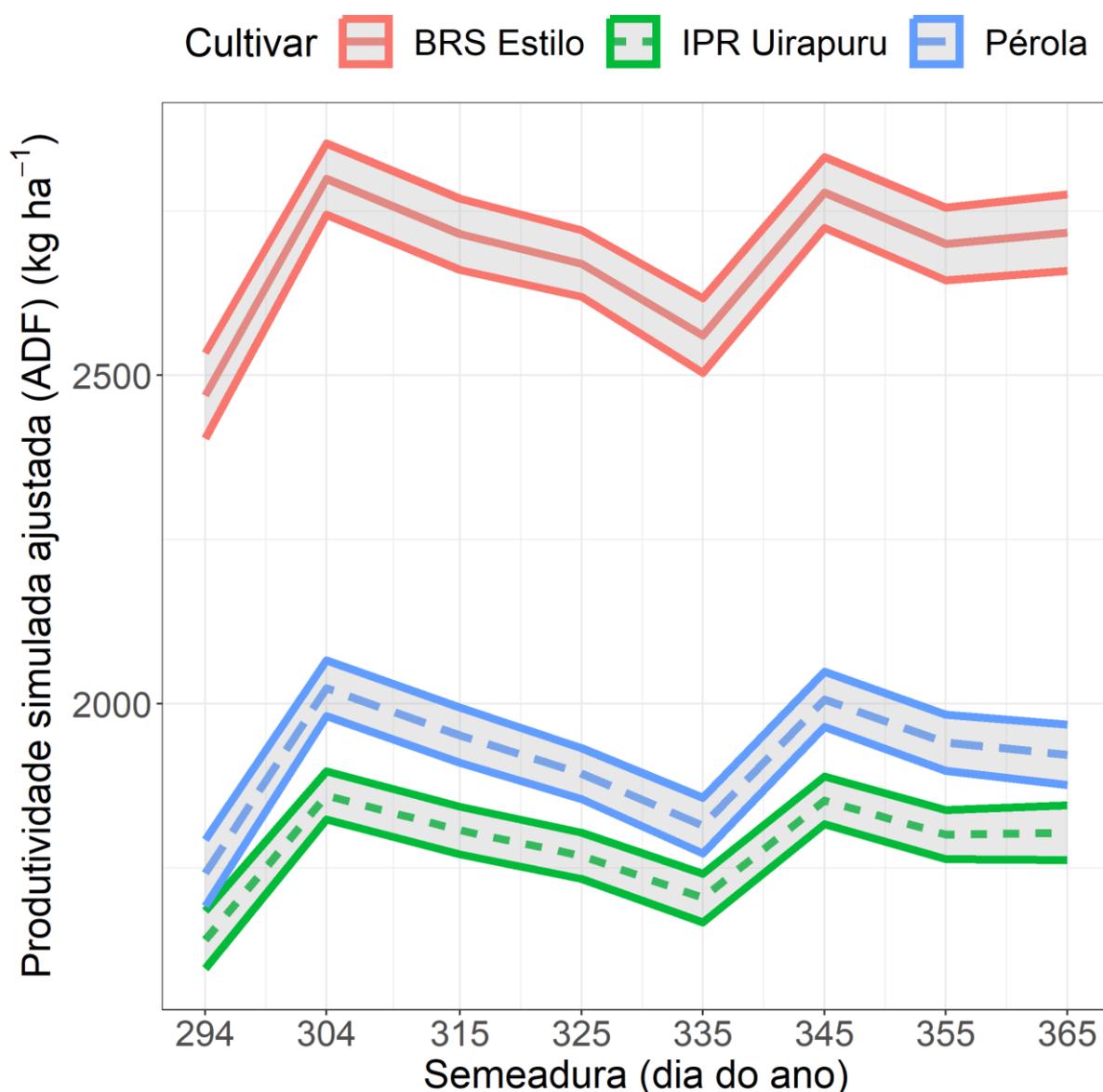


Figura 2: Produtividade simulada ajustada (kg ha⁻¹) das cultivares de feijão-comum BRS Estilo, IPR Uirapuru e Pérola nas semeaduras em 20/out (294), 30/out (304), 10/nov (315), 20/nov (325), 30/nov (335), 10/dez (345), 20/dez (355) e 30/dez (365).

Na Figura 3, estão apresentadas as produtividades simuladas ajustadas de cada cultivar e município, em função do dia juliano da sementeira. Em todos os municípios, a cultivar BRS Estilo apresentou produtividade superior, entretanto, maior variabilidade. Em contrapartida, as cultivares IPR Uirapuru e Pérola apresentaram produtividades menores e semelhantes entre si. A menor variabilidade de produtividade simulada foi observada para IPR Uirapuru.

De acordo com a curva mediana ajustada, os municípios Água Fria de Goiás, Cabeceiras, Campo Alegre de Goiás, Catalão, Cristalina, Flores de Goiás, Formosa, Leopoldo de Bulhões, Luziânia, Planaltina, São João d'Aliança, Silvânia, Sítio d'Abadia e Vianópolis apresentaram tendência de redução da produtividade com o atraso da sementeira. Já nos municípios Alto Paraíso de Goiás, Caiapônia, Chapadão do Céu, Jataí, Mineiros, Montividiu, Niquelândia, Padre Bernardo, Perolândia, Rio Verde e Santo Antônio do Descoberto, observou-se tendência de aumento da produtividade em datas de sementeira mais tardias. Gameleira de Goiás, Ipameri e São Miguel do Passa Quatro demonstraram pouca variação de produtividade ajustada ao longo das datas de sementeira (Figura 3).

As maiores produtividades médias foram verificadas para os municípios São João d'Aliança (2511 kg ha⁻¹), Luziânia (2325 kg ha⁻¹) e Planaltina (2275 kg ha⁻¹). Em contraste, os municípios de Flores de Goiás (1191 kg ha⁻¹), Cabeceiras (1267 kg ha⁻¹) e Campo Alegre de Goiás (1417 kg ha⁻¹) apresentaram as menores produtividades médias (Figura 3). As maiores médias de temperaturas máximas e mínimas do ar foram verificadas para Flores de Goiás, com respectivamente, 31,5 e 21,74 °C, além da maior temperatura média do ar no florescimento (31,26 °C). Para que o feijoeiro atinja o rendimento potencial, é fundamental que os valores mínimo, ótimo e máximo de temperatura do ar sejam de 12 °C, 21 °C e 29 °C, respectivamente. Temperaturas superiores ou inferiores à faixa ideal podem afetar o crescimento, desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em diferentes proporções, dependendo da frequência e duração de ocorrência (Vieira et al., 2006; Heinemann et al., 2009). Altas temperaturas do ar no período reprodutivo do feijão podem afetar a polinização, causar abscisão de flores e vagens e, conseqüentemente, redução da produtividade de grãos (Omae et al., 2012; Kimani et al., 2022). Contudo, a resposta ao estresse térmico varia substancialmente entre os genótipos de feijão (Suárez et al., 2020; Silva et al., 2020).

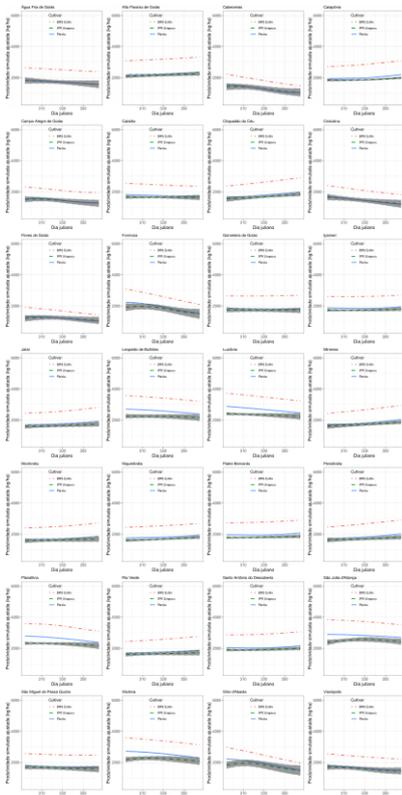


Figura 3: Curvas medianas da produtividade simulada ajustada (kg ha^{-1}) das cultivares de feijão-comum BRS Estilo, IPR Uirapuru e Pérola em cada município, de acordo com o dia juliano da semeadura. O intervalo de confiança (faixa cinza) foi calculado para a cultivar cujos dados apresentaram menor variabilidade (IPR Uirapuru).

Para Flores de Goiás, também foi constatada a menor precipitação pluvial acumulada (582 mm) e a menor radiação solar global acumulada ao longo do ciclo da cultura ($1531 \text{ MJ m}^{-2} \text{ ciclo}^{-1}$) dentre todos os municípios estudados. O baixo volume de precipitação pluvial nesse município também foi verificado por Alves (2021). O suprimento hídrico em quantidade e momento adequados para a cultura do feijoeiro é essencial para manter a expansão foliar, as taxas de fotossíntese líquida e o acúmulo de matéria seca. Caso haja estresse por falta de água, o desenvolvimento da cultura será afetado e a produtividade de grãos será reduzida, sendo que a intensidade dos danos é dependente do tempo, duração e intensidade do déficit hídrico (Beebe et al., 2013).

Para o município de Cabeceiras, foi verificado o maior valor do índice de deficiência hídrica (WSPD, calculado pela diferença entre a demanda de água pela planta e a quantidade de água absorvida pelas raízes (Woli et al., 2012)) durante o ciclo (0,09) e próximo ao florescimento (0,082) dentre todos os municípios. Embora o volume médio de precipitação pluvial nesse município (634 mm) tenha sido superior à quantidade requerida pelo feijoeiro (200 a 350 mm, Oliveira et al. (2018), Heinemann et al. (2022)), a distribuição desuniforme durante o ciclo pode ocasionar déficits em períodos críticos e acarretar na queda de produtividade.

No Quadro 2, são apresentadas a referência de produtividade utilizada para a estimativa da quebra de produtividade da cultivar BRS Estilo em cada município e as datas de semeadura em que se atingiram as quebras de 10%, 20% e $\geq 30\%$. Já as curvas funcionais de quebra de produtividade da cultivar BRS Estilo em cada município, em função do dia juliano da semeadura são apresentadas na Figura 4. Foi constatado que nos municípios de Alto Paraíso de Goiás, Catalão, Gameleira de Goiás, Ipameri, Niquelândia, Padre Bernardo, Santo Antônio do Descoberto, São João d'Aliança e São Miguel do Passa Quatro a quebra de produtividade máxima em todas as datas de semeadura foi inferior à 10%. Água Fria de Goiás, Caiapônia, Campo Alegre de Goiás, Chapadão do Céu, Jataí, Leopoldo de Bulhões, Luziânia, Mineiros, Montividiu, Perolândia, Planaltina, Rio Verde, Silvânia e Vianópolis apresentaram quebras de produtividade máximas entre 10% e 20%, enquanto Cristalina e Flores de Goiás tiveram entre 20% e 30% de quebra. Somente os municípios de Cabeceiras, Formosa e Sítio d'Abadia tiveram níveis máximos de quebra superiores à 30%.

Os municípios Água Fria de Goiás, Cabeceiras, Campo Alegre de Goiás, Catalão, Cristalina, Flores de Goiás, Formosa, Leopoldo de Bulhões, Luziânia, Planaltina, São João d'Aliança, São Miguel do Passa Quatro, Silvânia, Sítio d'Abadia e Vianópolis demonstraram uma tendência em aumentar a quebra de produtividade com o atraso da semeadura. Portanto, é recomendado que o cultivo do feijão-comum nessas regiões ocorra próximo ao fim de outubro e início de novembro. Por outro lado, nos municípios de Alto Paraíso de Goiás, Caiapônia, Chapadão do Céu, Gameleira de Goiás, Ipameri, Jataí, Mineiros, Montividiu, Niquelândia, Padre Bernardo, Perolândia, Rio Verde e Santo Antônio do Descoberto, recomenda-se que a semeadura ocorra entre o fim de novembro e em dezembro, visto que os níveis de quebra de produtividade tenderam a reduzir durante esse período (Figura 4).

Quadro 2: Identificação dos municípios (ID) (Figura 1), valor de referência da produtividade (VRP) e data de semeadura na qual ocorre as quebras de produtividade de 10%, 20% e $\geq 30\%$ para a cultivar BRS Estilo.

ID	Município	VRP (kg ha^{-1})	Quebra de 10%	Quebra de 20%	Quebra $\geq 30\%$

1	Água Fria de Goiás	2640	30/dez	-	-
2	Alto Paraíso de Goiás	3329	-	-	-
3	Cabeceiras	2227	08/nov	28/nov	20/dez
4	Caiapônia	3094	20/out	-	-
5	Campo Alegre de Goiás	2314	24/nov	-	-
6	Catalão	2550	-	-	-
7	Chapadão do Céu	2901	20/out	-	-
8	Cristalina	2405	15/nov	14/dez	-
9	Flores de Goiás	1914	19/nov	15/dez	-
10	Formosa	3099	11/nov	03/dez	24/dez
11	Gameleira de Goiás	2679	-	-	-
12	Ipameri	2697	-	-	-
13	Jataí	2822	20/out	-	-
14	Leopoldo de Bulhões	3571	28/dez	-	-
15	Luziânia	3716	13/dez	-	-
16	Mineiros	2940	20/out	-	-
17	Montividiu	2732	20/out	-	-
18	Niquelândia	2684	-	-	-
19	Padre Bernardo	2893	-	-	-
20	Perolândia	2910	20/out	-	-
21	Planaltina	3575	17/dez	-	-
22	Rio Verde	2772	20/out	-	-
23	Santo Antônio do Descoberto	3070	-	-	-
24	São João d'Aliança	3835	-	-	-
25	São Miguel do Passa Quatro	2567	-	-	-
26	Silvânia	3588	16/dez	-	-
27	Sítio d'Abadia	2970	11/nov	01/dez	22/dez
28	Vianópolis	2556	07/dez	-	-

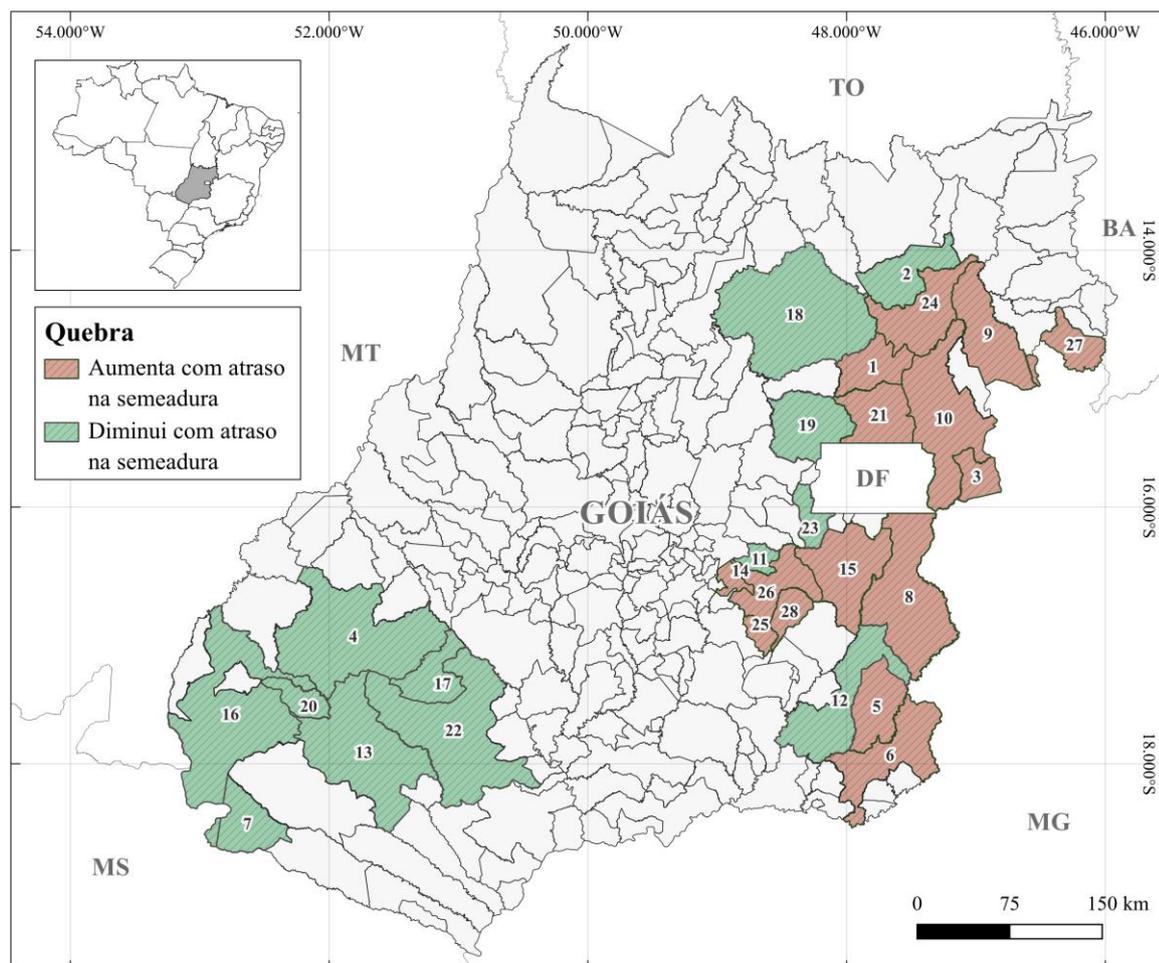


Figura 5: Tendência de quebra de produtividade em cada município estudado. A identificação de cada município é apresentada no Quadro 2.

CONCLUSÃO

O uso do modelo de simulação CSM-CROPGRO-DryBean, aliado à técnica de análise de dados funcionais (ADF), foi efetivo na determinação de datas de semeadura com menor risco climático de quebra de produtividade na safra das águas, em municípios produtores de feijão-comum em Goiás. Na maioria dos municípios do limite leste do estado de Goiás, houve aumento da quebra de produtividade com atraso na semeadura. Nesses municípios, é recomendado que a semeadura do feijão-comum ocorra entre meados de outubro e início de novembro. Para municípios localizados mais a oeste do estado, é recomendado que a semeadura ocorra ao fim de novembro e em dezembro, visto que os níveis de quebra reduzem à medida que a semeadura é atrasada.

REFERÊNCIAS

ALVES, W.S. **ENOS e variabilidade pluviométrica nas regiões homogêneas de Goiás e Distrito Federal**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Jataí, Jataí, GO, 189 p., 2020. Disponível em: <<http://btdt.ufj.edu.br:8080/handle/tede/61>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

BEEBE, S.E.; RAO, I.M.; CAJIAO, C.; GRAJALES, M. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. **Crop Science**, v. 48, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.2135/cropsci2007.07.0404>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

BEEBE, S.E.; RAO, I.M.; BLAIR, M.B.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A. Phenotyping common beans for adaptation to drought. **Front. Physiol.**, v. 4, p. 1-20, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00035>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

BEEBE, S.E.; RAO, I.M.; DEVI, M.J.; POLANIA, J. Common beans, biodiversity, and multiple stresses: challenges of drought resistance in tropical soils. **Crop & Pasture Science**, v. 65, p. 667-675, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1071/CP13303>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CARDOSO, M. D.; MARCUZZO, F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, Boa Vista, RR, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v8i16.1384>>. Acesso em: 03 jun. 2023.

DALLACORT, R.; FREITAS, P.S.L. de; FARIA, R.T. de; GONÇALVES, A.C.A.; JÁCOME, A.G.; REZENDE, R. Soil water balance simulated by CROPGRO-Drybean model for edaphoclimatic conditions in Maringá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.351-357, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000400002>>. Acesso em: 04 mai. 2023.

DALLACORT, R.; FREITAS, P.S.L. de; FARIA, R.T.; GONÇALVES, A.C.A.; REZENDE, R.; GUIMARÃES, R.M.L. Simulation of bean crop growth, evapotranspiration and yield in Paraná State by the CROPGRO-Drybean model. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 429-436, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i3.11793>>. Acesso em: 04 mai. 2023.

EJARA, E.; MOHAMMED, W.; AMSALU, B. Correlations and path coefficient analyses of yield and yield related traits in common bean accessions (*Phaseolus vulgaris* L.) at Abaya and Yabello, Southern Ethiopia. **International Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 4, p. 215-224, 2017. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/331330738>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B. (2008) Yield physiology of dry bean. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, p. 983-1004, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01904160802096815>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

FOGAÇA, A.M.; CASTRO, A.G. de; BARBOSA, E.A.A. Physiological and morphological responses of two beans common genotype to water stress at different phenological stages. **Bioscience Journal**, v. 39, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-59855>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F.; SILVA, S.C. da. **Feijão**. In: MONTEIRO, J.E.B. de A. (ed.) Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. INMET, 2009. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/publicacoesDigitais/agrometeorologia_dos_cultivos.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2023.

HEINEMANN, A. B.; VILLEGAS, J.R.; 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, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.010>>. Acesso em: 29 mai. 2023.

HEINEMANN, A.B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; STONE, L.F.; DIDONET, A.D. Climate change determined drought stress profiles in rainfed common bean production systems in Brazil.

- Agricultural and Forest Meteorology**, v. 246, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.06.005>>. Acesso em: 29 mai. 2023.
- HEINEMANN, A.B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; STONE, L.F.; SILVA, A.P.G.A; MATTA, D.H. DA; DIAZ, M.E.P. The impact of El Niño Southern Oscillation on cropping season rainfall variability across Central Brazil. **Int J Climatol**. v. 41, p. 283-304, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/joc.6684>>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F.; SILVA, S.C. da; SANTOS, A.B. dos. Risco climático e período de semeadura para o arroz irrigado no Tocantins. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 7, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.36725/agries.v7i2.5262>>. Acesso em: 25 mai. 2023.
- HEINEMANN, A.B.; COSTA-NETO, G.; FRITSCHÉ-NETO, R.; MATTA, D. H. da; FERNANDES, I. K. Enviromic prediction is useful to define the limits of climate adaptation: A case study of common bean in Brazil, *Field Crops Research*, v. 286, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108628>>. Acesso em: 03 fev. 2023.
- HOOGENBOOM, G., JONES, J.W., BOOTE, K.J. Modeling growth, development, and yield of grain legumes using SOYGRO, PNUTGRO, and BEANGRO: a review. **American Society of Agricultural Engineers**, 1992. Disponível em: <<https://doi.org/10.13031/2013.28833>>. Acesso em: 03 fev. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2020**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 03 nov. 2021.
- JUSTINO, L.F.; ALVES JÚNIOR, J.; BATTISTI, R.; HEINEMANN, A.B.; LEITE, C.V.; EVANGELISTA, A.W.P.; CASAROLI, D. Assessment of economic returns by using a central pivot system to irrigate common beans during the rainfed season in Central Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 224, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105749>>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- JUSTINO, L.F.; BATTISTI, R.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B. In silico assessment of sowing dates and nitrogen management in common bean crops. **European Journal of Agronomy**, v.133, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126434>>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- KIMANI, P.N.; KUMAR, S.N.; HARIT, R.; KUMAR, Y. Interactive effect of irrigation and temperature regimes on growth and development of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agrometeorology**, v. 24, n. 2, p. 196-199, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.54386/jam.v24i2.1637>>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- KOKOSZKA, P.; REIMHERR, M. **Introduction to Functional Data Analysis**. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 307 p., 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1201/9781315117416>>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- MEIRELES, E.J.L.; PEREIRA, A.R.; SENTELHAS, P.C.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, F.J.P. Risco Climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, GO. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 163-171, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000100020>>. Acesso em: 25 mai. 2023.
- MWADZINGENI L.; SHIMELIS, H.; TESFAY, S.; TSILO, T.J. Screening of bread wheat genotypes for drought tolerance using phenotypic and proline analyses. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01276>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

NEGAHI, A.; BIHAMTA, M.R.; NEGAHI, Z.; ALIDOUST, M. Evaluation of genetic variation of some agronomical and morphological traits in Iranian and exotic common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agric. Communications**, v. 2, p. 22-26, 2014. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5a496c4fa3a3c56137a39e614cf33f1c97091ad3>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

OLIVEIRA, E.C. de, COSTA, J.M.N. da, PAULA JUNIOR, T.J. de, FERREIRA, W.P.M., JUSTINO, F.B., NEVES, L. de O. The performance of the CROPGRO model for bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield simulation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 239-246, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v34i3.13424>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

OLIVEIRA, L.F.C. de; OLIVEIRA, M.G. de C.; WENDLAND, A. HEINEMANN, A.B.; GUIMARÃES, C.M.; FERREIRA, E.P. de B.; QUINTELA, E.D.; BARBOSA, F.R.; CARVALHO, M. da C.S.; LOBO JUNIOR, M. SILVEIRA, P.M. da; SILVA, S.C. da. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. 2 ed. rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173690/1/CNPAF-2018-lvfeijoeiro.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2023.

OMAE, H.; KUMAR, A.; SHONO, M. Adaptation to high temperature and water deficit in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the reproductive period. **Journal of Botany**, p. 1-6, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2012/803413>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

OTTONI, M.V.; OTTONI FILHO, T.B.; SCHAAP, M.G.; LOPES-ASSAD, M.L.R.C.; ROTUNNO FILHO, O.C. Hydrophysical database for Brazilian soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention. **Vadose Zone Journal**, v.17, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/vzj2017.05.0095>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

PAL, S.K.; WANG, P.P. eds. **Genetic Algorithms for Pattern Recognition**. CRC Press, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1201/9780203713402>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

POLANIA, J.; POSCHENRIEDER, C.; RAO, I.; BEEBE, S. Estimation of phenotypic variability in symbiotic nitrogen fixation ability of common bean under drought stress using ¹⁵N natural abundance in grain. **European Journal of Agronomy**, v. 79, p. 66-73, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.05.014>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, G.G.; MAZIERO, S.M.; STECKLING, S.M. Phenological, plant architecture, and grain yield traits on common bean lines selection. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 657-666, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n314rc>>. Acesso em: 27 mai. 2023.

SILVA, D.A. da; PINTO-MAGLIO, C.A.F.; OLIVEIRA, É.C. de; REIS, R.L. de M. dos; CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F. Influence of high temperature on the reproductive biology of dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Scientia Agricola**, v. 77, n. 3, p. 1-9, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0233>>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SUÁREZ, J.C.; POLANÍA, J.A.; CONTRERAS, A.T.; RODRÍGUEZ, L.; MACHADO, L.; ORDOÑEZ, C.; BEEBE, S.; RAO, I.M. Adaptation of common bean lines to high temperature conditions: genotypic differences in phenological and agronomic performance. **Euphytica**, v. 216, n. 28, p. 1-20, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10681-020-2565-4>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

TEIXEIRA, W.G.; VICTORIA, D. de C.; BARROS, A.H.C.; LUMBRERAS, J.F.; ARAÚJO FILHO, J.C. de; SILVA, F.A.M. da; LIMA, E. de P.; BUENO FILHO, J.S. de S.; MONTEIRO,

J.E.B. de A. Predição da água disponível no solo em função da granulometria para uso nas análises de risco no zoneamento agrícola e risco climático. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 272**, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1131095/1/CNPS-BPD-272-2021.epub>>. Acesso em: 21 mai. 2023.

TEIXEIRA, G.C. da S.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos; SILVA, S.C. da; HEINEMANN, A.B. Early sowing can improve irrigation water use efficiency and yield of common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 118-126, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4743193>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. de; BORÉN, A. (Eds.). **Feijão** 2ª edição atualizada. Viçosa: UFV, p. 13-18, 2006.

WAND, M. **KernSmooth**: functions for Kernel Smoothing Supporting Wand & Jones (1995). R package version 2.23-21. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/KernSmooth/index.html>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

WHITE, J.W. **Aspectos fisiológicos de la precocidade en el frijól común**. In: BEEBE, S. ed. Temas actuales en mejoramiento genético del frijón común. CIAT, Cali, Colômbia, p. 162-188, 1989. Disponível em: <<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/79707>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

WOLI, P.; JONES, J.W.; INGRAM, K.T.; FRAISSE, C.W. Agricultural Reference Index for Drought (ARID). **Agronomy Journal**, v. 104, n. 2, p. 287-300, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.2134/agronj2011.0286>>. Acesso em: 03 mai. 2023.

YOHANNES, S.; LOHA, G.; GESSESE, M.K. Performance evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for yield and related traits at Areka, southern Ethiopia. **Advances in Agriculture**, p. 1-8, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2020/1497530>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

XAVIER, A.C.; SCANLON, B.R.; KING, C.W.; ALVES, A.I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961-2020). **Int. Journal of Climatology**, 42(16), 8390- 8404, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/joc.7731>>. Acesso em: 29 mai. 2023.

ZHONG, R.; ZHU, Y.; WANG, X.; LI, H.; WANG, B.; YOU, F.; RODRÍGUEZ, L.F.; HUANG, J.; TING, K.C.; YING, Y.; LIN, T. Detect and attribute the extreme maize yield losses based on spatio-temporal deep learning. **Fundamental Research**, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fmre.2022.05.006>>. Acesso em: 30 mai. 2023.