



Zoneamento agrícola de risco climático (Zarc) para a cultura do grão-de-bico

Sequeiro e irrigado



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura e Pecuária**

DOCUMENTOS 199

Zoneamento agrícola de risco climático (Zarc) para a cultura do grão-de-bico

Sequeiro e irrigado

*Marcos Brandão Braga
Fernando Antônio Macena da Silva
Carlos Ricardo Fietz
Éder Comunello
Carlos Eduardo Pacheco Lima
Oscar Fontão de Lima Filho
Danilton Luiz Flumignan
Sabrina Isabel Costa de Carvalho
Luciano de Bem Bianchetti
Miguel Michereff Filho*

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR-060
Trecho Brasília-Anápolis, Km 9
Caixa Postal 218
CEP 70275-970, Brasília, DF
Fone (61) 3385-9000
www.embrapa.br/hortaliças
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças

Presidente

Henrique Martins Gianvecchio Carvalho

Secretária-executiva

Clidineia Inez do Nascimento

Membros

Geovani Bernardo Amaro

Lucimeire Pilon

Raphael Augusto de Castro e Melo

Carlos Alberto Lopes

Marçal Henrique Amici Jorge

Alexandre Augusto de Moraes

Giovani Olegário da Silva

Francisco Herbeth Costa dos Santos

Caroline Jácome Costa

Iriani Rodrigues Maldonade

Francisco Vilela Resende

Italo Moraes Rocha Guedes

Supervisão editorial

Flavia Maria Vieira Teixeira

Normalização bibliográfica

Antonia Veras de Souza

Projeto gráfico

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Diagramação

Júlio César da Silva Delfino

Foto da capa

Warley Nascimento

1ª edição

Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa, Superintendência de Serviços Compartilhados

Zoneamento agrícola de risco climático (Zarc) para a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.): sequeiro e irrigado / Marcos Brandão Braga... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa Hortaliças, 2023.

PDF (18 p.) : il. color. (Documentos / Embrapa Hortaliças, ISSN 1415-2312, 199).

1. Zoneamento agrícola. 2. Mudança Climática. 3. Grão de bico. 4. *Cicer Arietinum*. 5. Cultivo de sequeiro. 6. Irrigação. I. Braga, Marcos Brandão. II. Silva, Fernando Antônio Macena da. III. Fietz, Carlos Ricardo. IV. Comunello, Éder. V. Lima, Carlos Eduardo Pacheco. VI. Lima Filho, Oscar Fontão de. VII. Flumignan, Danilton Luiz. VIII. Carvalho, Sabrina Isabel Costa de. IX. Bianchetti, Luciano de Bem. X. Michereff Filho, Miguel. XI. Embrapa Hortaliças. XII. Série.

CDD (22 ed.) – 635.657

Autores

Marcos Brandão Braga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia na Área de Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Fernando Antônio Macena da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Brasília, DF

Carlos Ricardo Fietz

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Éder Comunello

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Engenheiro-ambiental, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Oscar Fontão de Lima Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Danilton Luiz Flumignan

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Sabrina Isabel Costa de Carvalho

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, analista da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Luciano de Bem Bianchetti

Biólogo, mestre em Botânica, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Miguel Michereff Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Apresentação

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) é uma ferramenta importante para a agricultura brasileira, pois permite aos produtores ter mais segurança para os cultivos agrícolas. É coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), é uma ferramenta que faz parte da política agrícola brasileira, sendo fundamental aos agentes de seguro rural, seja público ou privado. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) é o braço executor dos trabalhos técnicos e científicos necessários para o funcionamento dessa política.

O Zarc grão-de-bico foi realizado para todo território brasileiro em áreas que permitem cultivos, tanto para sistema de plantio em sequeiro como irrigado. Esse trabalho contou com colaboração de vários pesquisadores de diversos centros da Embrapa, de técnicos e produtores que integraram diversas áreas de conhecimentos: da cultura, de solos, de irrigação, de agrometeorologia e de modelagem.

O Zarc do grão-de-bico é um marco para a cultura, pois dará mais um incentivo aos produtores dessa leguminosa, uma vez que permitirá o acesso ao seguro rural disponíveis pelas seguradoras e bancos, dando mais segurança para quem planta, possibilitando a alavancagem da produção, tanto para o consumo interno como para a exportação. Ademais, o zoneamento sistematizado disponibilizará de forma consistente mais uma oportunidade para diversificação de cultivos aos produtores brasileiros que tenham interesse na produção de grão-de-bico.

Warley Marcos do Nascimento
Chefe-Geral da Embrapa Hortaliças

Sumário

Introdução.....	9
Ocorrência da cultura	9
Principais características, necessidades e respostas da cultura ao clima.....	9
Objetivo.....	11
Material e métodos	11
Bases de dados	11
Avaliação da disponibilidade hídrica	11
Avaliação de condições térmicas.....	13
Condições de regime pluviométrico e excesso hídrico	14
Critérios de avaliação de risco.....	15
Cuidados e recomendações para a redução de riscos.....	16
Resultados.....	16
Referências.....	17

Introdução

Ocorrência da cultura

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) vem sendo cultivado e consumido em diversos países da Ásia, África, Europa e Américas, além da Austrália (Singh et al., 2014; Mohammed et al., 2017). É a terceira mais importante leguminosa no mundo, com produção mundial em 2019 estimada em 14,25 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 13,72 milhões de hectares. O continente asiático é o principal produtor e consumidor, com uma produção de 11,87 milhões de toneladas, sendo a Índia o maior produtor, atingindo 83,74% da produção total (Faostat, 2019).

As cultivares dessa espécie, considerada uma valiosa commodity, são classificadas em dois grupos: desi e kabuli. As do grupo desi são originárias da região Sudoeste da Ásia, têm plantas menores que as do tipo kabuli, as flores normalmente são de cor púrpura e as sementes têm coloração variável entre amarela e preta. As cultivares do grupo kabuli são originárias da região do Mediterrâneo, têm flores brancas, com sementes maiores que as do grupo desi e cor clara, normalmente bege (Nascimento, 2016).

O grão-de-bico foi introduzido no Brasil entre o final do século XIX e início do XX por imigrantes espanhóis e do Oriente Médio, sendo que a primeira geração dos nascidos no Brasil procurou manter a tradição do consumo de grão-de-bico (Sharma, 1984). Atualmente, a quase totalidade dos grãos comercializados e consumidos no país pertence ao tipo kabuli. O seu consumo é considerado baixo, com média anual de 40 g por habitante. Da quantidade comercializada no Brasil, cerca de 8 mil toneladas por ano são provenientes da Argentina e do México, com dispêndio de US\$ 9,7 milhões em importações (Nascimento, 2016).

De 2013 a 2016 houve um incremento da área cultivada com grão-de-bico no Brasil, passando de 26 ha para 460 ha. Na safra de 2017-2018 a área cultivada já era de 9 mil hectares, concentrada nos estados de Goiás, Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais e no Distrito Federal.

No Brasil o cultivo de grão-de-bico pode ser realizado sob condições de sequeiro e irrigado. Em sequeiro, deve-se procurar cultivar no período propício para minimizar os riscos de perdas de produtividades devido a fenômenos climáticos como: a ocorrência de estiagem e temperaturas do ar elevadas (acima de 35 °C) durante o estágio de reprodução (floração/enchimento da vagem) e risco de geadas que podem afetar a produtividade e a qualidade dos grãos.

Mehta et al. (2015) relatam que vários fatores abióticos podem limitar a produtividade da cultura do grão-de-bico, principalmente a disponibilidade de água e a temperatura do ar. Sendo o déficit hídrico a restrição mais importante, respondendo por 40% a 50% de redução dos rendimentos da cultura (Muruiki et al., 2018).

Principais características, necessidades e respostas da cultura ao clima

O grão-de-bico é uma leguminosa herbácea, autógama e anual. Apresenta hábito de crescimento indeterminado, ou seja, o crescimento vegetativo continua mesmo após o início da floração e frutificação. É uma espécie (*C. arietinum*) diplóide com $2n = 2x = 16$ cromossomos, com polinização realizada antes da abertura dos botões das flores (cleistogamia), o que possibilita a autofecundação (Nascimento, 2016). Portanto, frequentemente existe uma sequência de folhas, botões florais, flores e desenvolvimento de vagens ao longo de cada ramo (GRDC, 2018). Normalmente são plantas que crescem a uma altura de até 1,0 m e ocasionalmente podem atingir maiores alturas (1,50 m), a depender das condições edafoclimáticas e de manejo da cultura (Sajja et al., 2017).

O fator mais importante para o rendimento de grão-de-bico em cultivos de sequeiro é a chuva e a regularidade da sua distribuição, que afeta a disponibilidade de água no solo e conseqüentemente o desenvolvimento adequado da cultura. Nas principais regiões de cultivo de sequeiro, o grão-de-bico é cultivado em áreas com precipitações pluviiais médias anuais de pelo menos 400 mm bem distribuídas. O estresse hídrico, principalmente, na fase reprodutiva afeta significativamente o rendimento da cultura. A aplicação de irrigação suplementar na floração e no enchimento inicial da vagem pode aliviar o estresse hídrico e aumentar substancialmente a produção de sementes (Zhang et al., 2000).

O consumo hídrico e os coeficientes de cultivo (K_c) estão diretamente ligados à condição edafoclimática local e também às características fenológicas e fisiológicas das culturas. No caso do grão-de-bico, os estádios de desenvolvimento responsáveis pelo maior uso de água são os que correspondem às fases de floração, formação e enchimento das vagens, com valores de K_c de 0,8 e 0,9, respectivamente. Já nas fases de crescimento vegetativo, os K_c são menores, 0,4 e 0,7, respectivamente, enquanto na fase de maturação o K_c é de 0,35 (Allen et al., 1998; Silva et al., 2021; Moreira, 2020).

A cultura do grão-de-bico desenvolve-se melhor em solos de textura média a argilosa, com boa drenagem natural, ricos em nutrientes e matéria orgânica. A cultura não tolera solos encharcados e a salinidade. A faixa de pH ideal a depender do solo pode variar de 6,0 a 8,0 (Nascimento, 2016; Gaur et al., 2010).

A planta do grão-de-bico apresenta sistema radicular agressivo bem distribuído e na fase de desenvolvimento vegetativo atinge profundidade efetiva de 30 cm, enquanto na fase reprodutiva chega a 45 cm, o que garante à planta uma boa tolerância aos estresses hídricos sazonais (Marouelli; Braga, 2016; Braga et al., 1992).

O grão-de-bico é uma leguminosa da estação fria, sendo cultivada em safra de inverno nos trópicos e como safra de verão ou primavera, em ambientes temperados. Temperatura, duração do dia e disponibilidade de umidade são os três principais fatores abióticos que afetam o florescimento. Em geral, a floração é atrasada em baixas temperaturas do ar e também em dias curtos (Gaur et al., 2010).

O grão-de-bico apresenta ampla variabilidade genotípica na termotolerância. Temperaturas do ar abaixo de 4,5 °C normalmente não permitem germinação das sementes. A taxa máxima de germinação tende a ocorrer na faixa de 25 °C a 35 °C, dependendo do genótipo (Ellis et al., 1986). Cubero (1987) afirma que o intervalo de temperatura do ar entre 28 °C e 33 °C é o ideal para a germinação de grão-de-bico. Nascimento (2016), afirma que a temperatura do ar mais adequada para a germinação das sementes encontra-se na faixa de 20 °C a 30 °C. Entretanto, a depender da cultivar plantada, o intervalo de temperatura do ar para a melhor germinação poderá aumentar. Geralmente, temperaturas do ar acima de 30 °C limitam a produção em pulses de outono-inverno. Em regra, temperaturas do ar entre 10 °C e 30 °C são mais favoráveis à maioria das cultivares.

O grão-de-bico é suscetível a altas temperaturas do ar (30 °C a 35 °C) no florescimento, com danos substanciais. De modo geral, temperaturas do ar acima de 35 °C são danosas para os órgãos reprodutivos, não havendo produção de vagens. Entre 35 °C e 40 °C há diminuição da fotossíntese, porém reversível. Por outro lado, temperaturas do ar abaixo de 15 °C têm efeito danoso, tanto na produção como também, ao alongar o ciclo da cultura, fatos reportados em várias áreas de cultivo em diversos países (Kumar; Singh, 2009; Jha et al., 2014).

Temperaturas do ar abaixo de 15 °C, durante a floração, podem provocar aborto de flores e frutos, com o conseqüente baixo rendimento (Berger et al., 2004; Ali; Kumar, 2005; Sharma; Shekhon,

2005). Temperaturas do ar inferiores a 10 °C e superiores a 30 °C também causam redução no rendimento de grãos (Summerfield et al., 1984; Chaturvedi et al., 2009).

No período reprodutivo, temperaturas do ar dia/noite igual ou acima de 35/22 °C podem reduzir bastante a viabilidade e germinação do grão de pólen. Do mesmo modo, temperaturas do ar dia/noite iguais ou acima de 35/16 °C reduzem tamanho de vagens, o que propicia a obtenção de maior número de sementes pequenas e menor número de vagens (Wang et al., 2006).

O grão-de-bico é uma cultura sensível a geadas, principalmente no período reprodutivo (floração, formação e enchimento de vagens). A intensidade e a frequência das geadas podem aumentar as perdas de rendimento a níveis economicamente inviáveis (GRDC, 2018). O excesso de chuvas, na fase de maturação e colheita dos grãos, também pode afetar severamente a qualidade e o rendimento da cultura.

Objetivo

Definir períodos de semeadura para a cultura do grão-de-bico tipo kabuli, em cultivos de sequeiro e irrigado, por município, considerando as características do clima, dos tipos de solos e ciclos das cultivares recomendadas para o Brasil, de forma a reduzir o risco de que as adversidades climáticas possam coincidir com as fases mais sensíveis da cultura, minimizando as perdas agrícolas.

Material e métodos

Para delimitar as áreas de risco e definição dos períodos de baixo risco para o cultivo do grão-de-bico tipo kabuli, no Brasil, foi utilizado um modelo agroclimático Serrazon, descrito em Baron et al. (1996). Por isso, parte-se do pressuposto de que não ocorrerão limitações quanto às outras práticas de cultivos, como a fertilidade do solo, incidências de plantas daninhas, pragas e doenças.

Bases de dados

A base de dados meteorológicas utilizadas no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) é composta por séries históricas obtidas a partir das redes de estações terrestres, meteorológicas e pluviométricas, convencionais e automáticas, do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), do sistema HidroWeb, operado pela Agência Nacional de Águas, e aquelas pertencentes ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/Inpe), além de redes estaduais, mantidas por instituições ou empresas públicas.

As séries de chuva reunidas e com períodos de dados a partir de 1980 passaram por teste de homogeneidade e análise de consistência que contemplam cerca de 3.500 séries de dados distribuídos em todo o território nacional.

Os dados de temperatura máxima e mínima do ar utilizados são os da base gerada por interpolação a partir de 735 estações meteorológicas, conforme descrito por Xavier et al. (2016).

Avaliação da disponibilidade hídrica

O modelo para cálculo do balanço hídrico utilizado no Zarc é o Systeme d'Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques (Sarra), descrito por Baron et al. (1996). Este modelo é usado na obtenção das necessidades hídricas e do Índice de Satisfação da Necessidade de Água para a cultura (Isna),

que é definido pela relação entre a evapotranspiração real da cultura (ET_r) e evapotranspiração da cultura (ET_c).

A avaliação da disponibilidade hídrica, como um fator de risco, levou em consideração as seguintes variáveis de entrada e resultados:

a) Precipitação pluvial.

Foram utilizadas séries de dados de chuva, preferencialmente, com 30 anos de dados. Somente em algumas regiões com escassez dessas séries de longa duração, foram usadas séries com um mínimo de 15 anos de dados diários, chegando à totalização de 3.500 séries pluviais.

b) Evapotranspiração de referência (ET_o).

Foram utilizadas médias decendiais da ET_o estimadas pelo método de Hargreaves e Samani (1985) previamente adaptado e recalibrado para as condições brasileiras (Monteiro et al., 2017).

c) Coeficiente de cultura (K_c).

Foram utilizados valores médios de K_c para períodos decendiais ajustados em função dos propostos no boletim da FAO - 56 (Allen et al., 1998), por Moreira (2020) e por Silva et al. (2021) e apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes de cultura (K_c) ao longo do ciclo da cultura.

Ciclo (dias)	Decêndios/ciclo da cultura												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Grupo I (110)	0,40	0,45	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,90	0,60	0,35	0,35		
Grupo II (130)	0,40	0,45	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90	0,90	0,60	0,35	0,35

Fonte: Allen et al. (1998); Silva et al. (2021); Moreira (2020); Carvalho et al. (2021).

d) Ciclo e duração das fases fenológicas.

Considerou-se que o ciclo do grão-de-bico tipo kabuli tem duração de 110 (Grupo I) a 130 dias (Grupo II) (Tabela 2).

Tabela 2. Ciclos médios e duração das fases da cultura do grão-de-bico utilizada na execução do zoneamento agrícola de riscos climáticos.

Grão-de-Bico	Total (dias)	Duração (dias)			
		Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV
Grupo I	110	15	30	40	25
Grupo II	130	15	40	50	25

Fase I: Estabelecimento, que inclui plantio e estabelecimento da planta no campo; Fase II: Crescimento Vegetativo; Fase III: floração e enchimento de vagens; Fase IV: maturação.

e) Água Disponível nos solos e Capacidade de Água Disponível para a cultura (CAD).

O zoneamento de risco climático para o Brasil contempla como aptos ao cultivo, os solos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3, com as seguintes características:

- Solos Tipo 1: Solos de textura arenosa, com teor mínimo de 10% de argila e menor do que 15% ou com teor de argila igual ou maior do que 15%, nos quais a diferença entre o percentual de areia e o percentual de argila seja maior ou igual a 50%.

- Solos Tipo 2: Solos de textura média, com teor mínimo de 15% de argila e menor do que 35%, nos quais a diferença entre o percentual de areia e o percentual de argila seja menor do que 50%.
- Solos Tipo 3: Solos de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35%.

A Capacidade de Armazenamento de Água Disponível (CAD) para a cultura foi estimada com base na profundidade efetiva do sistema radicular (Ze) e a Água Disponível (AD) dos solos tipo 1, tipo 2 e tipo 3 (Tabela 3). Considerou-se a Ze como 0,45m (Marouelli; Braga, 2016).

Tabela 3. Capacidade de Armazenamento de Água Disponível (CAD) para a cultura do grão-de-bico nos solos tipo 1, tipo 2 e tipo 3.

Profundidade efetiva do sistema radicular (Ze) considerada (cm)	CAD (mm)		
	Solo Tipo 1	Solo Tipo 2	Solo Tipo 3
45	31,5	49,5	67,5

CAD: capacidade de água disponível.

Estas informações foram incorporadas ao modelo de balanço hídrico para a realização das simulações necessárias para identificação dos períodos favoráveis para o plantio. Foram realizadas simulações para 36 decêndios de plantio, espaçados de 10 dias, para os meses de janeiro a dezembro.

f) Índice de Satisfação das Necessidades de Água (Isna).

As simulações forneceram os valores médios do Isna para cada data de plantio. O modelo estimou Isna, definidos como sendo a fração existente entre evapotranspiração real (ETr) e a evapotranspiração da cultura (ETc) para cada fase de interesse da cultura e para cada estação pluvial.

Procedeu-se a análise das séries de resultados anuais para a verificação da frequência de ocorrência de anos safra com valores de Isna abaixo do limite crítico para a cultura, em cada fase de interesse (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de Isna críticos considerados em cada uma das fases de interesse do ciclo e fases com impacto considerado não relevante (NR) para o resultado final.

Condição de cultivo	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV
Sequeiro Isna \geq	0,60	0,45	0,55	NA
Irrigado Isna \geq	NA	NA	NA	NA

Fase I: Estabelecimento, que inclui plantio e estabelecimento da planta no campo; Fase II: Crescimento Vegetativo; Fase III: floração e enchimento de vagens; Fase IV: maturação.

NA – não se aplica para essa fase.

O evento adverso fica caracterizado quando o Isna de uma determinada safra fica abaixo do limite crítico. Posteriormente, os valores de Isna correspondentes aos percentis de 20%, 30% e 40% de risco foram georreferenciados por meio da latitude e longitude e, com a utilização de um sistema de informações geográficas (SIG), foram especializados por meio de um estimador espacial geostatístico (krigagem ordinária) para a determinação dos mapas temáticos de risco climático.

Avaliação de condições térmicas

- a) Avaliação de riscos térmicos, geada, temperaturas baixas ou elevadas.

Em condições frias, o risco de baixas temperaturas do ar e geadas é estimado pela análise da frequência de ocorrência de temperaturas do ar menores que o limiar de dano com base na temperatura do ar em abrigo meteorológico. Para o grão-de-bico, o período mais sensível está na fase reprodutiva (florescimento e formação de vagens) onde a ocorrência deste evento adverso pode impactar a produção.

Em condições quentes, o risco é estimado pela análise da frequência de ocorrência de temperaturas do ar maiores que o limiar de dano no abrigo meteorológico. Para o grão-de-bico o período mais sensível também está na fase reprodutiva (florescimento e formação de vagens), onde a ocorrência deste evento adverso pode impactar a produção (Tabela 5).

Tabela 5. Condições de temperatura do ar para caracterização de evento adverso, limiar de dano e período sensível considerado na avaliação de risco.

Risco	Limiar de dano (Abrigo meteorológico)	Fase sensível considerada	Período e duração aproximada
Geadas	$\leq 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Período reprodutivo (floração e enchimento de vagens)	- do 5° ao 8° decêndio (ciclo de 110 dias) e de 6° ao 9° decêndio (ciclo de 130 dias), duração de aproximadamente 40 dias.
Temperatura mínima	$\leq 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Período da germinação até início da maturação das vagens (grãos)	- do 1° ao 9° decêndio (ciclo de 110 dias) e do 1° ao 11° decêndio (ciclo de 130 dias), duração de aproximadamente 90 dias a 110 dias.
Temperatura máxima	$\geq 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Período reprodutivo (floração e enchimento de vagens)	- do 5° ao 8° decêndio (ciclo de 110 dias) e do 6° ao 9° decêndio (ciclo de 130 dias), duração de aproximadamente 40 dias.

b) Avaliação de critério auxiliar, condições térmicas insuficientes ou desfavoráveis e fotoperíodo

Condições muito frias ou muito quentes podem ocorrer em regiões ou em uma época específica do ano, de forma que inviabilizam um crescimento e o desenvolvimento satisfatórios (Tabela 5). Nestes casos, mesmo sem a ocorrência de um evento adverso típico, que seria contabilizado na estimativa de risco, essas situações são caracterizadas como condição térmica insuficiente e que também inviabilizam a produção da cultura. O fotoperíodo não foi considerado uma vez que, para as cultivares cadastradas no Registro Nacional de cultivares-RNC do Mapa, não se encontrou informações sobre resposta ao fotoperíodo para as condições climáticas do Brasil.

Condições de regime pluviométrico e excesso hídrico

a) Avaliação de riscos de excesso de chuva ou excesso hídrico

Risco dado pela análise da frequência de ocorrência de um determinado número de dias com chuva por decêndio durante um certo período de interesse (10, 20 ou 30 dias), compatível com o período sensível da cultura. O evento adverso também pode ser caracterizado quando o total de chuva acumulado num determinado período de interesse é maior que um limite considerado crítico ou causador de danos (Tabela 6).

O evento adverso também pode ser caracterizado com excesso hídrico através do Isna. Quando este índice permanece muito elevado por determinado período de tempo, indica condições de chuva recorrente e alta umidade no solo e no dossel da cultura.

Normalmente o período de maior sensibilidade da cultura ao excesso de chuvas ou excesso hídrico ocorre no final do ciclo, quando já existem grãos ou frutos formados. Algumas culturas também podem ser particularmente sensíveis no período de florescimento.

Os danos provocados pelo excesso de chuvas são, normalmente, indiretos, com perda de qualidade dos grãos, frutos, fibras e/ou pela ocorrência de doenças.

Tabela 6. Condições de precipitação pluvial elevada para caracterização de evento adverso, limiar de dano e período sensível considerado na avaliação de risco.

Risco	Limiar de dano (abrigo meteorológico)	Fase sensível considerada	Período e duração aproximada
Excesso de chuvas	≥ 100 mm	Período de maturação (secagem vagens)	- do 10º ao 11º decêndio (ciclo de 110 dias) e do 12º ao 13º (ciclo de 130 dias) – duração média de 20 dias.

Critérios de avaliação de risco

As datas de plantio e municípios favoráveis para o cultivo do grão-de-bico em sistemas de sequeiro e irrigado foram classificadas de acordo com o nível de risco climático de 20%, 30% ou 40% em função dos seguintes critérios:

Critérios para avaliação de riscos:

- O risco de deficiência hídrica severa ao não atingir o limite mínimo do índice de satisfação das necessidades de água (Isna) que deve ser igual ou superior a 0,60 na fase I; 0,45 na fase II; 0,55 na fase III em cultivo de sequeiro, para cultivo irrigado não se faz necessário estes limites (Tabela 4).
- O risco de ocorrência de geadas por meio da probabilidade de ocorrência de valores de temperaturas mínimas do ar menores ou igual a 4 °C observadas no abrigo meteorológico, no estágio de floração e enchimento de vagens, tanto para os sistemas de cultivos de sequeiro e irrigado (Tabela 5).
- O risco de ocorrência de temperaturas do ar muito altas (≥ 35 °C) durante o período reprodutivo (fases de florescimento e enchimento das vagens), com possibilidade de provocar abortamento de flores e frutos, por meio da probabilidade de ocorrência de valores de temperaturas máxima do ar superiores ou igual a 35 °C, observadas no abrigo meteorológico, tanto para sistemas de cultivo em sequeiro como o irrigado (Tabela 5).
- O risco de ocorrência de excesso de chuvas na colheita, por meio da probabilidade de ocorrência de valores de precipitações pluviométricas maiores ou iguais a 100 mm, no estágio de maturação, ou seja, nos últimos dois decêndios (20 dias), tanto para cultivos em sequeiro como irrigado.

Critérios auxiliares:

- Adicionalmente, para definição de condições adequadas ao desenvolvimento normal da cultura, foram consideradas de alto risco as regiões e decêndios com temperatura mínima média do ar abaixo de 12 °C observadas no abrigo meteorológico, da germinação até

início da maturação das vagens (grãos), tanto para o sistema em cultivo de sequeiro como irrigado (Tabela 7).

Cuidados e recomendações para a redução de riscos

- a) Os resultados do Zarc são gerados considerando um manejo agrônômico adequado para o bom desenvolvimento, crescimento e produtividade da cultura, compatíveis com as condições de cada localidade. Falhas ou deficiências de manejo de diversos tipos, desde a fertilidade do solo até o manejo de pragas e doenças ou escolha de cultivares inadequadas para o ambiente edafoclimático, podem resultar em perdas graves de produtividade ou agravar perdas geradas por eventos meteorológicos adversos. Portanto, é indispensável: utilizar tecnologias de produção adequadas e eficientes para a condição edafoclimática local, tanto no controle fitossanitário (plantas daninhas, de pragas e de doenças), quanto na adoção de práticas de manejo e conservação de solos.
- b) As épocas de cultivo de cada município indicadas pelo Zarc não são prorrogáveis ou antecipáveis em nenhuma hipótese. A implantação da lavoura fora dos períodos indicados está sujeita a maiores riscos, e conseqüentemente elevada probabilidade de perdas.
- c) O cultivo não é indicado em áreas com solos que apresentam profundidade inferior a 0,5 m para culturas anuais no caso do grão-de-bico. Também não é indicado o cultivo em solos de várzeas inundadas com baixa capacidade de drenagem, ou ainda, muito pedregosos, isto é, solos nos quais calhaus e matações ocupem mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno.
- d) Não são indicadas para o cultivo as áreas que não atendam às determinações da Legislação Ambiental vigente, do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) ou do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) dos Estados.
- e) As lavouras irrigadas não estão restritas aos períodos de plantio indicados nas Portarias para sequeiro, cabendo ao interessado observar as indicações: 1) do Zarc específico para a cultura irrigada; 2) da Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater) oficial para as condições locais de cada agroecossistema.
- f) Ficam indicadas no Zarc as cultivares registradas no Sistema de Zoneamento de Risco Climático (Sizarc) da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária (SPA/Mapa), atendidas as indicações das regiões de adaptação, em conformidade com as recomendações dos obtentores/detentores (mantenedores) vegetais no Brasil. Informações específicas sobre as cultivares indicadas devem ser obtidas junto aos respectivos obtentores/mantenedores.
- g) Devem ser utilizadas no plantio sementes produzidas em conformidade com a legislação brasileira sobre sementes (Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, e Decreto nº 5.153, de 23 de agosto de 2004).

Resultados

O cultivo do grão-de-bico poderá ser realizado praticamente em todas as áreas hoje agricultáveis do Brasil, principalmente, em área de Cerrado. Tendo limitações na região Sul e em Mato Grosso

do Sul, devido, principalmente, às geadas e excesso de chuvas na colheita. Em grande parte do Cerrado a limitação é dada pelo déficit hídrico em boa parte do ano. Porém, o grão-de-bico irrigado diminui o risco, prolongando o período de cultivo na região. Já na região Nordeste e em parte do Centro-Oeste, além da limitação devido à deficiência hídrica, há o problema das altas temperaturas do ar registradas durante o ano.

O estudo permitiu delimitar as áreas e identificar os períodos de menor risco climático para a semeadura da cultura do grão-de-bico no Brasil. Os resultados são apresentados nas tabelas de classes de risco (20%, 30% e 40%) por município, tipo de solo, ciclo e decêndio do ano, disponibilizados pelo Mapa, Departamento de Gestão de Riscos (Deger) em:

1) No painel de indicadores:

<http://indicadores.agricultura.gov.br/Zarc/>;

2) Nas Portarias de Zarc por estado em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/portarias>

3) No aplicativo: Zarc Plantio Certo (Android e IOS)

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALI, M.; KUMAR, S. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) research in India: accomplishments and future strategies. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. v. 75, p.125-133, 2005.
- BARON, C.; CLOPES, A.; PEREZ, P.; MULLER, B.; MARAUX, F. **Manuels d'utilisation de: SARRAMET, SARRABIL et SARRAZON**. Montpellier: CIRAD. 1996.
- BERGER, J. D.; TURNER, N. C.; SIDDIQUE, K. H. M.; KNIGHTS, E. J.; BRINSMEAD, R. B.; MOCK, I.; EDMONDSON, C.; KHAN, T. N. Genotype by environment studies across Australia reveal the importance of phenology for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. **Australian Journal Of Agricultural Research**, v. 55, p. 1071-1084, 2004.
- BRAGA, N. R.; VIEIRA, R. F.; RAMOS, J. A. de O. A cultura do grão-de-bico. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 174, p. 47-52, 1992.
- CARVALHO, S. I. C. de; BIANCHETTI, L. de B.; SILVA, P. P. da; NASCIMENTO, W. M. **Fenologia do grão-de-bico tipo Kabuli**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2021. 24p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado técnico, 133). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231333/1/COT-133-final1.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2023.
- CHATURVEDI, S.; MISHRA, D.; VYAS, P.; MISHRA, N. Breeding for cold tolerance in chickpea. **Trends in Biosciences**, v.2, p. 1-4, 2009.
- CUBERO, J. I. Morphology of chickpea. In: SAXENA, M. C.; SINGH, K. B. (ed.). **The chickpea**. Wallingford: CABI, 1987. p. 35-66.
- ELLIS, R. H.; COVELL, S.; ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes: II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 37, p. 1503-1515, 1986.
- FAOSTAT. (Food & Agriculture Organization). 2019. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em 10 de agosto de 2021.
- GAUR P. M.; TRIPATHI S.; GOWDA C. L. L.; RANGA RAO G. V.; SHARMA H. C.; PANDE S.; SHARMA, M. **Chickpea Seed Production Manual**. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 2010, 28 p. http://www.icrisat.org/TropicalLegumesII/pdfs/ChickpeaManual_full.pdf

- GRDC (Grains Research and Development Corporation). **Chickpea – Environmental issues**. Grow notes, 14. 46 p., 2018. https://grdc.com.au/___data/assets/pdf_file/0029/369452/GrowNote-Chickpea-West-14-Environment.pdf
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A., Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.
- HAWTHORNE, W. Managing pulses to minimize frost damage. Pulse Australia South-Central, (08) 8764 7455, 2007. Obtido em 10/11/2021. http://www.pulseaus.com.au/storage/app/media/crops/2007_APB-Pulses-frost.pdf
- JHA, U. C.; CHATURVEDI, S. K.; BOHRA, A.; BASU, P. S.; KHAN, M. S.; BARH, D. Abiotic stresses, constraints and improvement strategies in chickpea. **Plant Breeding**, v. 133, p. 163-178, 2014. DOI: 10.1111/pbr.12150.
- KUMAR, S.; SINGH, M. **25 Years of pulses research at IIPR**. Kanpur: Indian Institute of Pulses Research, 2009. 211 p.
- MARQUELLI, W. A.; BRAGA, M. B. **Método prático do tato-aparência do solo para manejo de irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2016. 20 p. (Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 146). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150605/1/CT-146-2.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.
- MEHTA, G.; VERMA, P. K.; RAVI, M. Correlation studies in chickpea grown under rainfed and irrigated conditions in northern plains of India. **Journal of Agroecology and Natural Resource Management**, v. 2, n. 5, p. 388-390, 2015.
- MOHAMMED, A.; TANA, T.; SINGH, P.; MOLLA, A.; SEID, A. Identifying best crop management practices for chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Northeastern Ethiopia under climate change condition. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 68-77, 2017. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.08.022.
- MONTEIRO, J. E. B. A.; CUADRA, S. V.; OLIVEIRA, A. F.; NAKAI, A. M.; MACIEL, R. J. S. Estimativa da evapotranspiração diária baseada apenas em temperatura. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 227-236, 2017.
- MOREIRA, E. G. S. **Grão-de-bico cultivado sob condições de manejo em sequeiro e irrigado**. 2020. 82 f. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Goiás, Ipameri.
- MURUIKI, R.; KIMURTO, P.; VANDEZ, V.; GANGARAO, R.; SILIM, S.; SIAMBI, M. Effect of drought stress on yield performance of parental chickpea genotypes in semi-arid tropics. **Journal of Life Sciences**, v. 12, n. 3, p. 159-168, 2018. DOI:10.17265/1934-7391/2018.03.006
- NASCIMENTO, W. M. **Hortaliças leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 232.
- SAJJA, S. B.; SAMINENI, S.; GAUR, P. M. Botany of chickpea. In: VARSHNEY, R. K.; THUDI, M.; MUEHLBAUER, F. (ed.). **The chickpea genome**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. p. 13-24. DOI: 10.1007/978-3-319-66117-9
- SUMMERFIELD, R.; HADLEY, P.; ROBERTS, E.; MINCHIN, F.; RAWSTHORNE, S. Sensitivity of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) to hot temperatures during the reproductive period. **Experimental Agriculture**, v. 20, p. 77-93, 1984.
- SHARMA, P.; SHEKHON, H.S. Cold tolerance studies in chickpea (*Cicer arietinum*). In: INTERNATIONAL FOOD LEGUME RESEARCH CONFERENCE, 4., New Delhi, India. 2005. **Consultative Group on International Agricultural Research**, 2005.
- SHARMA, R. D. **Algumas informações sobre a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1984. 20 p. (Embrapa-CPAC. Circular técnica, 18). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/99690/1/cirtec-18.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2023.
- SINGH, S.; SINGH, I.; KAPOOR, K.; GAUR, P. M.; CHATURVEDI, S. K.; SINGH, N. P.; SANDHU, J. S. Chickpea. In: SINGH, M.; BISHT, I. S.; DUTTA, M. (ed.). **Broadening the genetic base of grain legumes**. New Delhi: Springer, 2014. p. 51-74. DOI: 10.1007/978-81-322-2023-7_3
- SILVA, K. F.; MORAES, D. H. M.; MESQUITA, M.; OLIVEIRA, H. F. E.; NASCIMENTO, W. M.; BATTISTI, R.; FLORES, R. A. Water requirement and crop coefficient of three chickpea cultivars for the edaphoclimatic conditions of the Brazilian savannah biome. **Irrigation Science**, v. 39, p. 607-616, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00737-z>
- XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4518>
- ZHANG, H.; PALA, M.; OWEIS, T.; HARRIS, H. Water use and water-use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 51, n. 2, p. 295-304, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1071/AR99059>
- WANG, J.; GAN, Y. T.; CLARKE, F.; McDONALD, C. L. Response of chickpea yield to high temperature stress during reproductive development. **Crop Science**, v. 46, p. 2171-2178, 2006.

Embrapa

Hortaliças

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL

UNIÃO E RECONSTRUÇÃO