v7.n8.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO FEIJÃO-COMUM E DO FEIJÃO-CAUPI PARA AS TRÊS SAFRAS AGRÍCOLAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

AGROCLIMATIC ZONING OF COMMON BEAN AND COWPEA FOR THE THREE CROPPING SEASONS IN THE STATE OF MINAS GERAIS, BRAZIL

ZONIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL FRIJOL COMÚN Y DEL FRIJOL CAUPÍ PARA LAS TRES ÉPOCAS DE CULTIVO EN EL ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Lucas Carvalho Paiva[1], Edeilton Borges dos Santos[1], Antonia Mirian Nogueira de Moura Guerra[2], Lívia de Souza Gomes Pereira[3], Rayka Kristian Alves Santos[4], Odair Lacerda Lemos[5]

https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8677

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) destacam-se entre as principais leguminosas cultivadas no Brasil, apresentando elevada importância econômica e social. Entretanto, a variabilidade climática exerce influência direta sobre o potencial produtivo dessas culturas, tornando o zoneamento agroclimático uma ferramenta estratégica para o planejamento agrícola. O objetivo deste trabalho foi elaborar o zoneamento agroclimático do feijão-comum e do feijão-caupi para o estado de Minas Gerais, considerando as três safras agrícolas. Foram utilizados dados de temperatura média do ar e precipitação provenientes de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), espacializados por meio da interpolação pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW). Os critérios de aptidão foram definidos com base em revisão da literatura especializada e integrados por classificação cruzada utilizando ferramentas do GRASS GIS. Os resultados evidenciaram um gradiente térmico caracterizado por temperaturas mais elevadas no Norte e menores no Sul de Minas Gerais, enquanto a precipitação apresentou forte sazonalidade, com elevados acumulados na primeira safra e redução expressiva na terceira. O feijão-comum apresentou maior aptidão nas regiões Centro-Sul durante a primeira safra, enquanto o feijão-caupi destacou-se nas regiões Norte e Noroeste. A partir da segunda safra observou-se aumento da dependência de irrigação, intensificada na terceira safra devido à baixa disponibilidade hídrica. Os resultados demonstram que as diferenças climáticas entre regiões e épocas de cultivo influenciam diretamente a aptidão das espécies, evidenciando o potencial do zoneamento agroclimático como ferramenta de apoio ao planejamento da produção de feijão em Minas Gerais.

PALAVRAS-CHAVE: Aptidão agroclimática. *Phaseolus vulgaris*. *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT

Common bean (Phaseolus vulgaris L.) and cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.) are among the most important grain legumes cultivated in Brazil, playing a significant economic, social, and nutritional role. However, climatic variability directly influences the productive potential of these crops, making agroclimatic zoning an important tool for agricultural planning. This study aimed to develop agroclimatic zoning maps for common bean and cowpea in the state of Minas Gerais, Brazil, considering the three annual cropping seasons.

[1] Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB. Vitória da Conquista, BA.
[2] Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia, UFV. Professora de Agronomia da Universidade Federal do Oeste da Bahia. Barra, BA.
[3] Estudante de Agronomia pela Universidade Federal do Oeste da Bahia, UFOB. Barra, BA.
[4] Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia, UESB. Professora de Agronomia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, BA.
[5] Doutor em Agronomia (UNESP), Docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Mean air temperature and precipitation data were obtained from meteorological stations of the Brazilian National Institute of Meteorology (INMET) and spatialized using the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method. Suitability criteria were established based on a comprehensive literature review and integrated through cross-classification using the r.cross tool of the GRASS GIS environment. The results revealed a well-defined thermal gradient, with higher temperatures in northern Minas Gerais and milder conditions in the southern region, while precipitation exhibited marked seasonality, with high rainfall during the first growing season and a substantial reduction during the third season. Common bean showed greater suitability in the central and southern regions during the first season, whereas cowpea presented higher suitability in the northern and northwestern regions of the state. From the second growing season onward, irrigation requirements increased considerably, becoming essential during the third season due to reduced water availability. The results demonstrate that regional climatic variability strongly influences crop suitability and highlight the complementary agroclimatic potential of common bean and cowpea, supporting agricultural planning and decision-making in Minas Gerais.

KEYWORDS: *Agroclimatic suitability. Phaseolus vulgaris. Vigna unguiculata.*

RESUMEN
El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) y el frijol caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.) se encuentran entre las principales leguminosas cultivadas en Brasil y poseen gran importancia económica y social. Sin embargo, la variabilidad climática influye directamente en su potencial productivo, convirtiendo el zonamiento agroclimático en una herramienta estratégica para la planificación agrícola. El objetivo de este estudio fue elaborar el zonamiento agroclimático del frijol común y del frijol caupí para el estado de Minas Gerais, considerando las tres épocas de cultivo. Se utilizaron datos de temperatura media del aire y precipitación del Instituto Nacional de Meteorología (INMET), interpolados mediante el método Inverse Distance Weighting (IDW). Los criterios de aptitud fueron definidos con base en la literatura científica e integrados mediante clasificación cruzada con la herramienta GRASS GIS. Los resultados evidenciaron un gradiente térmico, con temperaturas más elevadas en el norte y más bajas en el sur, mientras que la precipitación presentó marcada estacionalidad, con mayores acumulados en la primera época de cultivo y reducción en la tercera. El frijol común presentó mayor aptitud en las regiones centro y sur durante la primera época de cultivo, mientras que el frijol caupí mostró mejores condiciones en las regiones norte y noroeste. Desde la segunda época aumentó la necesidad de riego, intensificándose en la tercera debido a la menor disponibilidad hídrica. Los resultados demuestran que la variabilidad climática influye directamente en la aptitud de ambas especies y destacan el potencial del zonamiento agroclimático como herramienta para la planificación agrícola en Minas Gerais.

PALABRAS CLAVE*: Aptitud agroclimática. Phaseolus vulgaris. Vigna unguiculata.*

INTRODUÇÃO

O feijão ocupa posição de destaque na agricultura brasileira por sua importância econômica, social e nutricional, sendo uma das principais fontes de proteína vegetal, fibras, vitaminas e minerais. Além de constituir um alimento tradicional da dieta brasileira, a cultura desempenha papel estratégico na segurança alimentar e na geração de renda, sendo cultivada em praticamente todas as regiões do país e sob diferentes sistemas de produção (Coelho *et al.*,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2025). Essa ampla distribuição geográfica reflete sua elevada relevância para a agricultura nacional, que se mantém entre as maiores produtoras mundiais da cultura (CONAB, 2025; Vieira *et al*., 2021).

Entre as espécies de maior importância econômica destacam-se o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). O feijão-comum apresenta maior participação no mercado interno, atendendo às diferentes preferências regionais quanto ao tipo e à coloração dos grãos. O feijão-caupi, tradicionalmente cultivado nas regiões Norte e Nordeste, vem ampliando sua participação em outras áreas do país devido à elevada rusticidade, maior tolerância ao déficit hídrico e capacidade de adaptação a ambientes com menor fertilidade do solo (Silva *et al*., 2024; Franco *et al*., 2025). As diferenças fisiológicas e adaptativas entre essas espécies ampliam as possibilidades de cultivo em distintos ambientes e épocas de semeadura, tornando indispensável o conhecimento das condições climáticas mais favoráveis ao seu desenvolvimento (Nagel *et al*., 2020; Nascimento *et al*., 2023).

O desempenho produtivo dessas culturas está diretamente relacionado às condições ambientais durante o ciclo de desenvolvimento, especialmente à temperatura do ar e à disponibilidade hídrica. A temperatura influencia processos fisiológicos como germinação, crescimento vegetativo, florescimento, fecundação e enchimento de grãos, enquanto a precipitação determina a disponibilidade de água para o desenvolvimento das plantas e para a manutenção dos processos metabólicos (Rose *et al*., 2023; Franco *et al*., 2025). Dessa forma, condições térmicas e hídricas inadequadas podem comprometer o crescimento, reduzir o pegamento de vagens e limitar o potencial produtivo, tornando essas variáveis fundamentais para a caracterização da aptidão agroclimática das regiões produtoras (Papathanasiou, *et al*., 2022; Santos; Cogo; Aragão, 2023).

No Brasil, a possibilidade de cultivo do feijão em três épocas distintas do ano amplia a flexibilidade dos sistemas de produção e contribui para o abastecimento contínuo do mercado. Entretanto, as condições climáticas variam expressivamente entre essas safras, fazendo com que uma mesma região possa apresentar elevada aptidão em determinado período do ano e limitações importantes em outro (Fogaça; Castro; Barbosa, 2023). Essa variabilidade evidencia a necessidade de ferramentas capazes de identificar a distribuição espacial das condições climáticas mais favoráveis ao cultivo das diferentes espécies de feijão (Franco *et al*., 2025; Quiloango-Chimarro *et al*., 2025). Apesar da importância econômica dessas culturas, ainda são escassos estudos que avaliem, de forma integrada, a aptidão agroclimática do feijão-comum e do feijão-caupi considerando as três safras agrícolas no estado de Minas Gerais.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O estado se destaca entre os principais produtores nacionais de feijão e apresenta elevada diversidade ambiental, decorrente das variações de relevo, altitude e regimes pluviométricos (Carneiro; Paula Júnior; Borém, 2025). Essa heterogeneidade resulta em variabilidade espacial das condições térmicas e hídricas, influenciando diretamente o desempenho das culturas e a viabilidade de cultivo ao longo das diferentes safras (Santos, 2019; Silva; Coca, 2024). Nesse contexto, o zoneamento agroclimático constitui uma importante ferramenta para integrar informações climáticas e espaciais, permitindo identificar áreas com diferentes níveis de aptidão ao cultivo; subsidiar o planejamento agrícola, a definição de épocas de cultivo e a adoção de estratégias de manejo compatíveis com as características de cada região (Wollmann; Galvani, 2013; Silva *et al*., 2018; Marques *et al*., 2022).

Diante desse contexto, objetivou-se elaborar o zoneamento agroclimático das culturas do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) para o estado de Minas Gerais, considerando as três safras anuais, com base na espacialização das condições térmicas e pluviométricas, visando identificar áreas com diferentes níveis de aptidão agroclimática para o cultivo de ambas as espécies.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado no estado de Minas Gerais, localizado na região Sudeste do Brasil, com área aproximada de 586.520 km² e ampla diversidade de condições ambientais, resultante das variações de relevo, altitude e clima, que influenciam a distribuição espacial da temperatura e da precipitação ao longo do território.

O relevo é caracterizado pela presença de planalto e serras, com altitudes que podem ultrapassar 2.800 metros, o que favorece a ocorrência de diferentes condições térmicas entre as regiões. Segundo a classificação climática de Köppen, predominam os tipos Aw (tropical com inverno seco), Cwa (subtropical de altitude com inverno seco e verão quente) e Cwb (subtropical de altitude com verão ameno), além de ocorrências pontuais de outros tipos climáticos em áreas de transição (Sá Júnior *et al*., 2012; Alvares *et al*., 2013).

Essa elevada variabilidade climática, associada à distribuição sazonal das chuvas, torna Minas Gerais uma das unidades federativas mais representativas para estudos de aptidão agroclimática, permitindo a ocorrência de diferentes ambientes favoráveis ao cultivo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao longo das três safras agrícolas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Base de dados climáticos

Foram utilizados dados históricos de temperatura média do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm) provenientes das Normais Climatológicas do Brasil referentes ao período de 1981 a 2010, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018). Esse período de 30 anos constitui a normal climatológica oficial recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para a caracterização das condições climáticas médias de uma região, sendo amplamente utilizado em estudos agroclimáticos. Para a obtenção das informações climáticas foram utilizadas 65 estações meteorológicas convencionais distribuídas ao longo do estado de Minas Gerais (Figura 1).

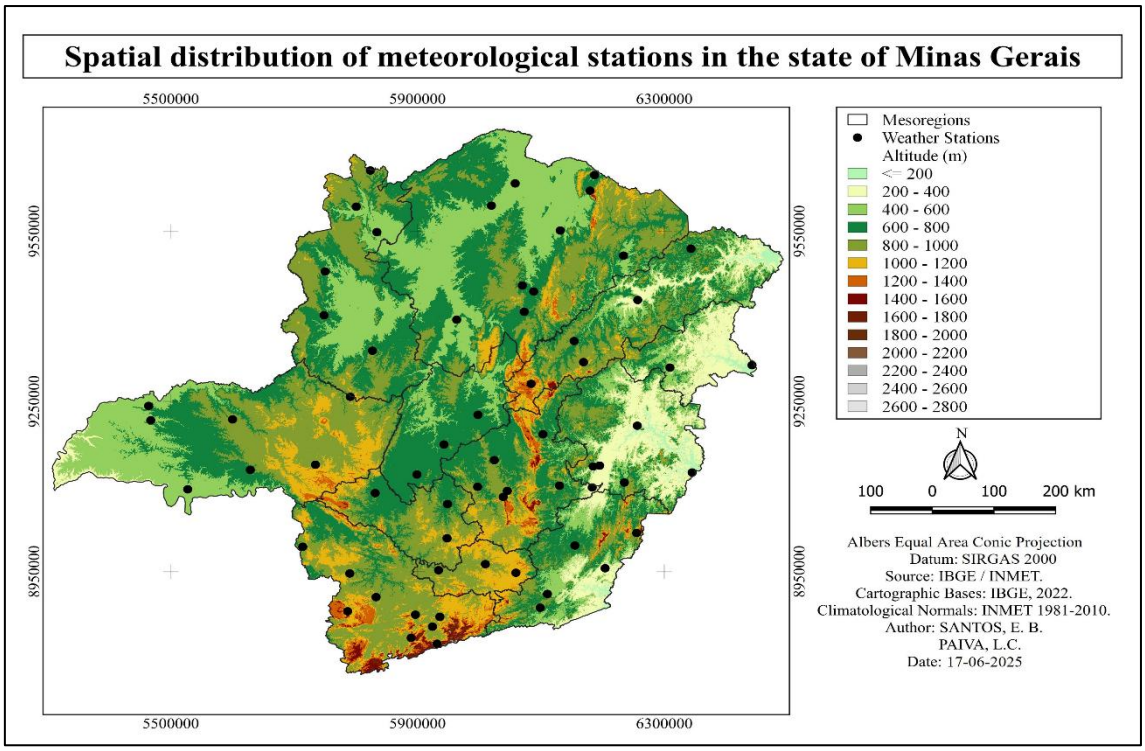


Figura 1. Distribuição espacial das estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) utilizadas na elaboração do zoneamento agroclimático do feijão-comum e do feijão-caupi no estado de Minas Gerais

A distribuição espacial dessas estações permitiu representar a variabilidade climática existente no território estadual, contemplando regiões com diferentes condições de altitude, relevo e regimes pluviométricos. As variáveis climáticas foram organizadas de acordo com as três épocas tradicionais de cultivo do feijão em Minas Gerais. A primeira safra foi representada pelos meses de outubro a janeiro, a segunda safra pelos meses de fevereiro a maio e a terceira

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

safra pelos meses de junho a setembro. Para cada estação meteorológica foram obtidas as temperaturas médias e os totais médios de precipitação correspondentes a cada período, os quais constituíram a base para a elaboração dos mapas climáticos de cada safra.

Os dados meteorológicos foram submetidos a procedimentos de controle de qualidade para identificação de possíveis inconsistências e valores discrepantes, por meio da avaliação da coerência estatística e da consistência espacial entre estações meteorológicas vizinhas, conforme recomendações amplamente empregadas na literatura para validação de dados climatológicos (Graybeal *et al*., 2004; Taylor; Loescher, 2013; WMO, 2017). Não foram identificadas inconsistências capazes de comprometer as análises realizadas, não sendo necessária a exclusão ou substituição de registros climáticos.

Espacialização das variáveis climáticas

A espacialização das variáveis climáticas foi realizada em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software QGIS versão 3.44.10. Inicialmente, os dados de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica correspondentes às três safras agrícolas foram organizados em formato vetorial, contendo a localização geográfica das 65 estações meteorológicas e seus respectivos valores climáticos. Todas as etapas de processamento espacial foram conduzidas no sistema de referência SIRGAS 2000.

As superfícies contínuas de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica foram obtidas por meio do método de interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW), adotando potência igual a 2. O raio de busca foi mantido na configuração padrão do algoritmo, permitindo seu ajuste automático em função da distribuição espacial das estações meteorológicas. A escolha do método IDW fundamentou-se em sua ampla aplicação em estudos de espacialização de variáveis climáticas e na sua eficiência para representar gradientes espaciais quando há distribuição representativa dos pontos amostrais.

Após a interpolação, as superfícies *raster* de temperatura e precipitação foram recortadas utilizando o limite territorial do estado de Minas Gerais, resultando em seis mapas climáticos, correspondentes às variáveis de temperatura média do ar e precipitação para cada uma das três safras agrícolas. Esses mapas constituíram a base para a etapa de classificação da aptidão agroclimática e elaboração do zoneamento das culturas do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Critérios de aptidão agroclimática

Os critérios utilizados para a classificação da aptidão agroclimática do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) foram estabelecidos a partir de uma revisão da literatura especializada, contemplando estudos de ecofisiologia, adaptação climática, exigências hídricas e zoneamento agroclimático das duas culturas. Considerando a variabilidade dos valores reportados entre os diferentes trabalhos, foram adotadas faixas de temperatura e precipitação que representam o consenso observado entre as principais referências nacionais e internacionais, priorizando valores amplamente aceitos para o desenvolvimento das culturas em condições de campo (Ehlers; Hall, 1997; Ehlers; Hall, 1998; Hall, 2012; Beebe *et al*., 2013; Francisco *et al*., 2016; Fenner *et al*., 2017; Barros *et al*., 2020; Barros *et al*., 2021; Heinemann *et al*., 2022; Barros *et al*., 2023; Coelho *et al*., 2023; Rose *et al*., 2023; Silva *et al*., 2024; Carneiro; Paula Júnior; Borém, 2025)

A classificação da aptidão foi realizada de forma independente para as variáveis temperatura média do ar e precipitação acumulada, considerando três classes de aptidão: apta, quando as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento da cultura; restrita, quando as condições podem limitar parcialmente o crescimento e a produtividade, mas ainda permitem o cultivo mediante manejo adequado; e inapta, quando as condições climáticas são consideradas limitantes ao desenvolvimento da cultura. Os intervalos adotados para cada variável e espécie encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios de aptidão agroclimática utilizados para classificação das áreas quanto ao cultivo do feijão-comum e do feijão-caupi

Feijão comum			
Variável	**Apta**	**Restrita**	**Inapta**
Temperatura média (ºC)	15 – 27	10 – 15 e 27 – 30	< 10 e >30
Precipitação acumulada (mm)	350 – 500	300 – 350	< 300 e > 800
Feijão caupi			
Variável	**Apta**	**Restrita**	**Inapta**
Temperatura média (ºC)	20 – 30	18 – 20 e 30 – 35	< 18 e > 35
Precipitação acumulada (mm)	300 – 500	200 – 300	< 200 e > 600

As classes de aptidão definidas para temperatura e precipitação foram posteriormente integradas para obtenção da aptidão agroclimática final de cada cultura. A classificação final foi baseada no princípio do fator mais restritivo, de modo que a ocorrência de limitação em qualquer uma das variáveis climáticas determinou a classe final de aptidão da área. Assim, regiões que

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

apresentaram simultaneamente temperatura e precipitação dentro das faixas consideradas adequadas foram classificadas como aptas, enquanto áreas com restrição em uma das variáveis foram enquadradas como restritas ou aptas sob irrigação complementar, conforme a natureza da limitação observada. Áreas cujos valores de temperatura ou precipitação se enquadraram na classe inapta foram classificadas como inadequadas ao cultivo da respectiva cultura.

Elaboração do zoneamento agroclimático

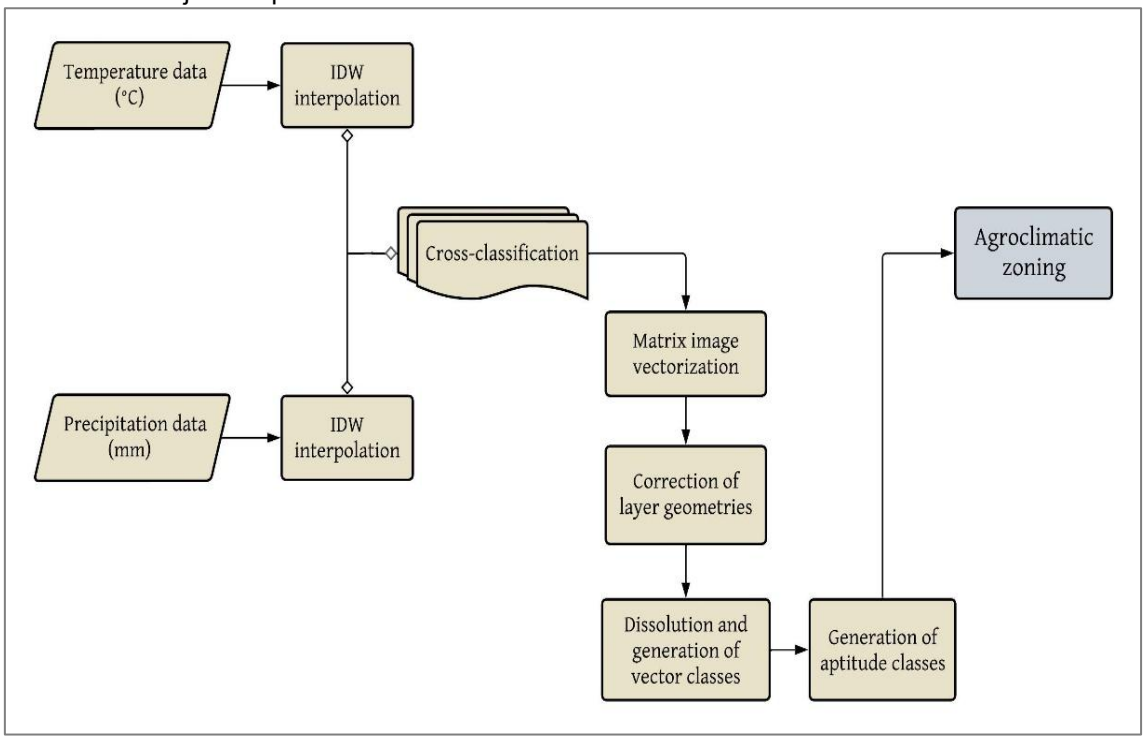
As superfícies *raster* de temperatura média do ar e precipitação acumulada foram inicialmente reclassificadas de acordo com os critérios de aptidão estabelecidos para cada cultura (Figura 2), originando mapas temáticos individuais contendo as classes apta, restrita e inapta para cada variável climática.

Posteriormente, os mapas reclassificados foram submetidos à classificação cruzada utilizando a ferramenta r.cross do módulo GRASS GIS (Neteler *et al*., 2012), integrada ao software QGIS. Essa ferramenta possibilita a combinação das categorias presentes em múltiplas camadas *raster*, gerando um novo mapa contendo todas as combinações possíveis entre as classes de temperatura e precipitação. As combinações obtidas foram então interpretadas de acordo com a matriz de decisão apresentada na Tabela 2, permitindo a obtenção das classes finais de aptidão agroclimática para o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Os mapas resultantes da classificação cruzada foram convertidos do formato *raster* para vetor, possibilitando a individualização das feições correspondentes às diferentes classes de aptidão. Em seguida, realizou-se a correção das geometrias das camadas vetoriais para eliminação de inconsistências topológicas, seguida da dissolução dos polígonos pertencentes à mesma classe de aptidão, resultando na geração dos mapas finais de zoneamento agroclimático para ambas as culturas e para as três safras agrícolas consideradas no estudo. O conjunto das etapas metodológicas empregadas na elaboração do zoneamento agroclimático encontra-se sintetizado na Figura 2.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 2. Fluxograma das etapas para elaboração do zoneamento agroclimático do feijão-comum e do feijão-caupi no estado de Minas Gerais



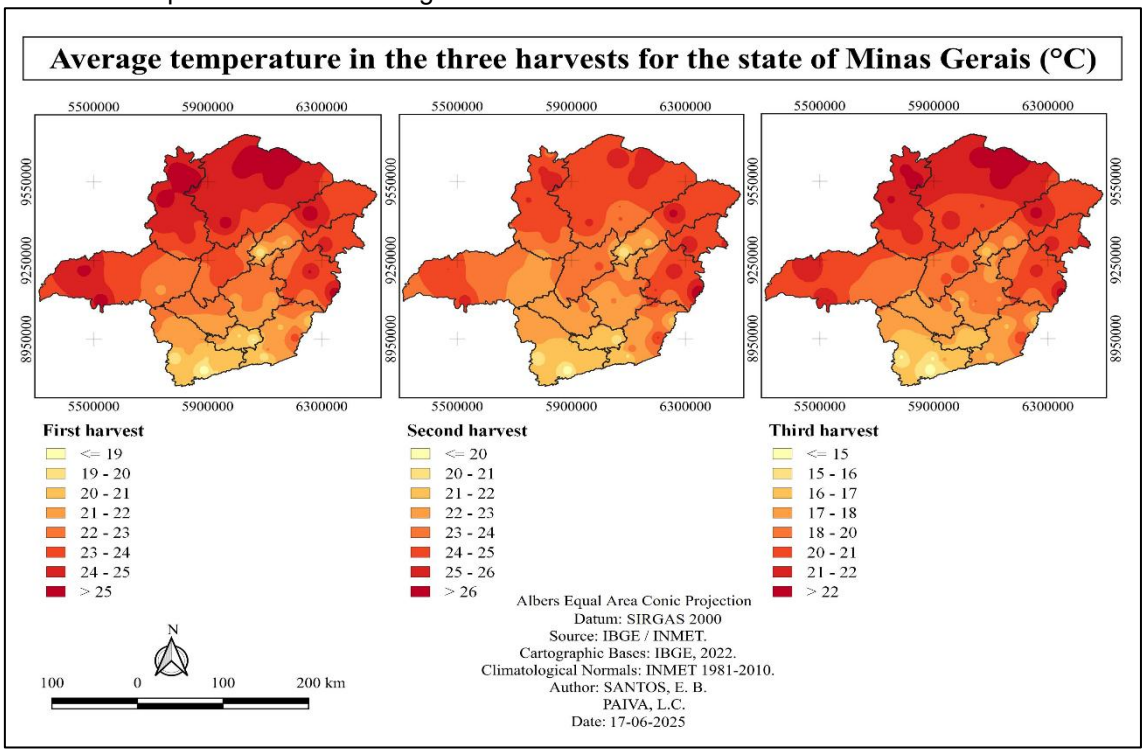
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição espacial da temperatura média

A distribuição espacial da temperatura média evidenciou um gradiente térmico bem definido no estado de Minas Gerais (Figura 3), caracterizado pelo aumento das temperaturas no sentido sul–norte. As menores temperaturas concentraram-se nas regiões Sul de Minas, Campos das Vertentes, Serra da Mantiqueira e porções mais elevadas da Zona da Mata, enquanto os maiores valores ocorreram no Norte, Noroeste e Vale do Jequitinhonha. Esse padrão espacial está diretamente relacionado à interação entre latitude e relevo, uma vez que a elevada amplitude altimétrica do estado exerce forte influência sobre o regime térmico regional, fazendo com que áreas serranas apresentem temperaturas significativamente inferiores às observadas nas regiões de menor altitude (Reboita *et al*., 2015; Santos *et al*., 2021).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 3. Distribuição espacial da temperatura média do ar nas três safras agrícolas consideradas para o zoneamento agroclimático no estado de Minas Gerais



Na primeira safra, observou-se predominância de temperaturas médias entre 20 e 24 °C na maior parte do estado, com valores superiores a 25 °C restritos às regiões mais setentrionais. Durante a segunda safra verificou-se aumento generalizado da temperatura média, especialmente no Norte, Noroeste e Vale do Jequitinhonha, onde foram registrados os maiores valores térmicos do período avaliado. Em contrapartida, a terceira safra apresentou redução expressiva das temperaturas nas regiões de maior altitude, ampliando o contraste térmico entre o sul e o norte do estado. Nesse período, extensas áreas do Sul de Minas registraram temperaturas próximas de 15 °C, enquanto o extremo norte permaneceu com médias superiores a 22 °C, refletindo a sazonalidade climática característica da região Sudeste (Alvares; Sentelhas; Stape, 2018).

O comportamento observado acompanha a climatologia do estado descrita por Reboita *et al*. (2015), que demonstraram que as diferenças térmicas em Minas Gerais resultam principalmente da combinação entre latitude e topografia, com as regiões serranas apresentando temperaturas amenas e o norte do estado caracterizando-se por condições tipicamente mais quentes (Ferreira *et al*., 2019; Oliveira; Mello; Marques, 2020). Essa distribuição espacial da

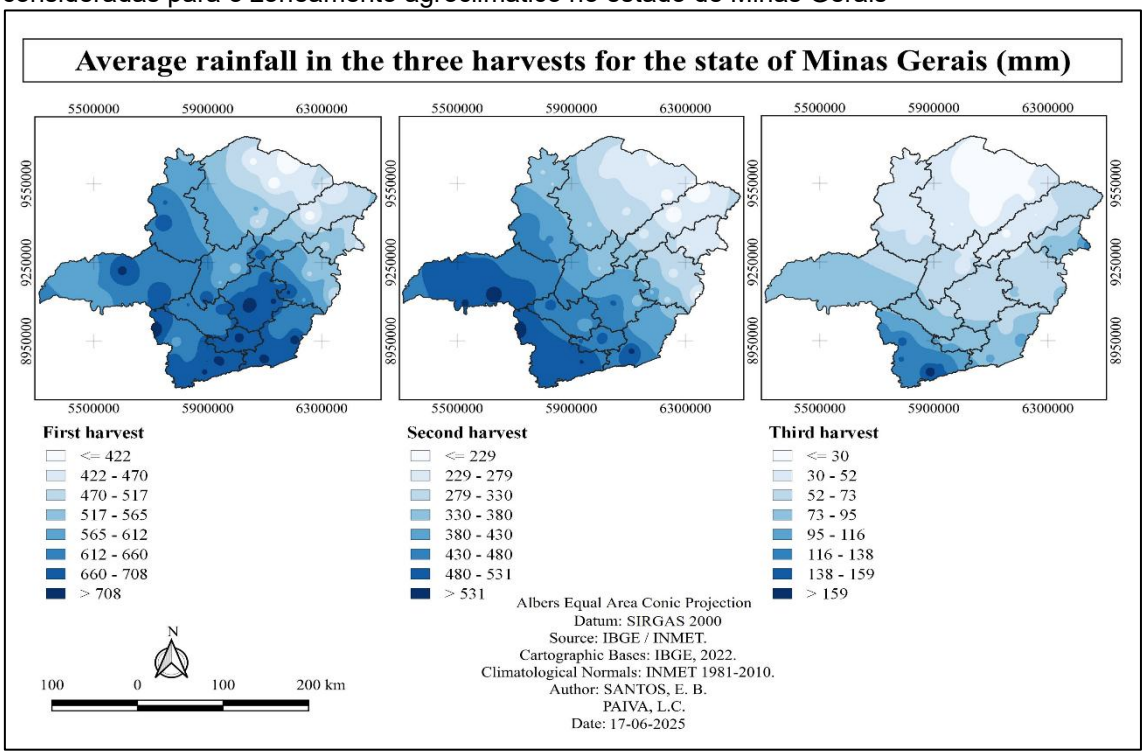
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

temperatura constitui o principal fator responsável pela diferenciação do potencial agroclimático entre o feijão-comum e o feijão-caupi, enquanto as regiões de temperaturas amenas tendem a favorecer o cultivo do feijão-comum, as áreas mais quentes, predominantes no Norte e Noroeste do estado, apresentam condições mais favoráveis ao desenvolvimento do feijão-caupi (Carneiro; Paula Júnior; Borém, 2025).

Distribuição espacial da precipitação

A distribuição espacial da precipitação evidenciou forte sazonalidade entre as três safras avaliadas, com maiores acumulados na primeira safra, redução na segunda e expressiva limitação hídrica na terceira safra (Figura 4). Esse comportamento é característico do regime climático predominante em Minas Gerais, no qual as chuvas concentram-se entre a primavera e o verão, enquanto o outono e o inverno são marcados por um período seco bem definido (Reboita *et al*., 2015).

Figura 4. Distribuição espacial da precipitação acumulada nas três safras agrícolas consideradas para o zoneamento agroclimático no estado de Minas Gerais



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Na primeira safra, os maiores acumulados de precipitação concentraram-se no Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, Centro-Oeste e parte do Sul de Minas, onde foram registrados valores superiores a 600 mm. Em contrapartida, as menores precipitações ocorreram principalmente no Norte de Minas, Vale do Jequitinhonha e parte do Vale do Mucuri. Apesar dessas diferenças regionais, a disponibilidade hídrica mostrou-se elevada em praticamente todo o estado, proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas em sistema de sequeiro (Heinemann; Stone, 2015; Santos *et al*., 2025).

Na segunda safra, verificou-se redução dos acumulados pluviométricos em todo o estado, mantendo-se, entretanto, um gradiente espacial semelhante ao observado na primeira safra. As regiões do Triângulo Mineiro, Oeste e Sul de Minas continuaram apresentando maiores volumes de precipitação, enquanto o Norte e o Nordeste permaneceram como as áreas de menor disponibilidade hídrica. A terceira safra apresentou a menor disponibilidade hídrica entre os períodos avaliados, com grande parte de Minas Gerais registrando precipitações inferiores a 100 mm. Mesmo as regiões tradicionalmente mais úmidas do estado registraram redução expressiva das chuvas em relação às safras anteriores, evidenciando a influência do período seco sobre a distribuição espacial da precipitação (Figura 4).

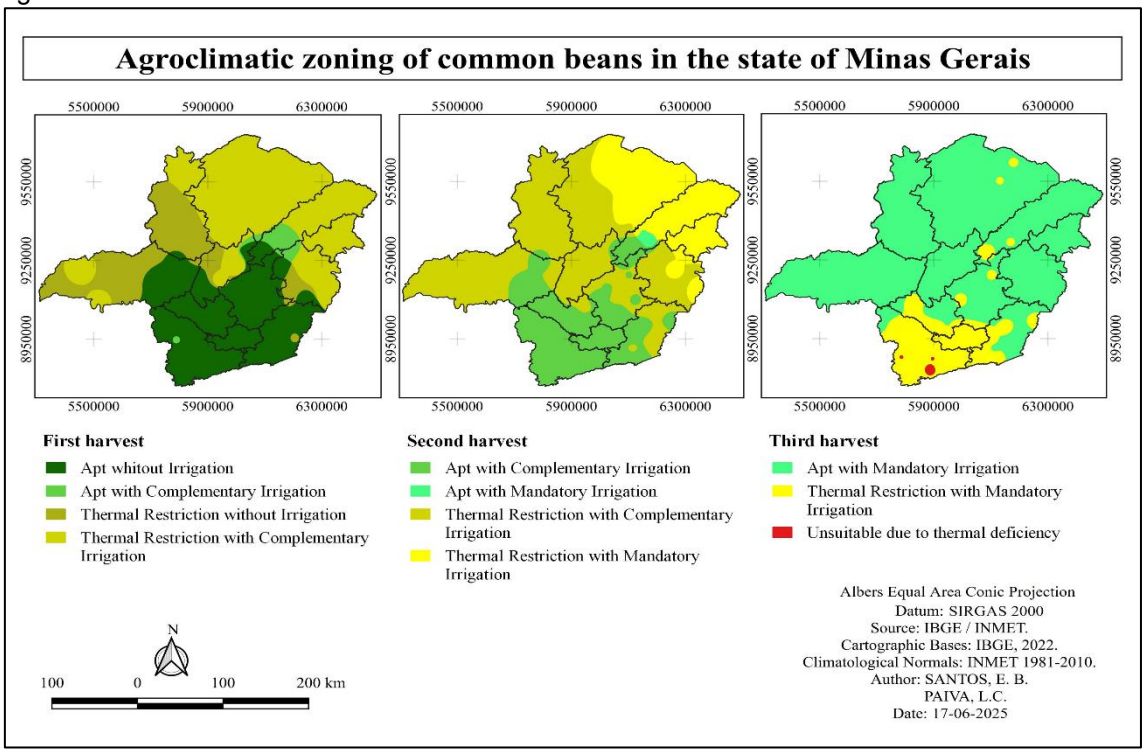
Embora o feijão-comum e o feijão-caupi apresentem diferenças quanto à tolerância ao déficit hídrico, ambas as espécies dependem de adequada disponibilidade de água para expressar seu potencial produtivo. A precipitação observada na primeira safra atende, de forma geral, às exigências hídricas reportadas para as duas culturas, enquanto a redução progressiva dos acumulados pluviométricos na segunda e, principalmente, na terceira safra aumenta significativamente a probabilidade de deficiência hídrica durante o ciclo, tornando a irrigação complementar uma prática determinante para manutenção da produtividade (Sousa *et al*., 2022; Carneiro; Paula Júnior; Borém, 2025).

Zoneamento Agroclimático para o feijão comum

O zoneamento agroclimático do feijão-comum evidenciou grande variação espacial da aptidão entre as três safras agrícolas avaliadas, refletindo a interação entre as condições térmicas e a disponibilidade hídrica no estado de Minas Gerais (Figura 5). De maneira geral, observou-se redução gradual das áreas aptas ao cultivo em regime de sequeiro da primeira para a terceira safra, acompanhada pelo aumento da necessidade de irrigação e pela intensificação das restrições térmicas em regiões de maior altitude. Esses resultados demonstram que a aptidão da cultura varia não apenas em função da localização geográfica, mas também da época de cultivo.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 5. Zoneamento agroclimático do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) para as três safras agrícolas no estado de Minas Gerais



Na primeira safra, predominou a classe apta sem irrigação em grande parte do Centro-Sul de Minas Gerais, abrangendo o Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, Centro-Oeste, Sul de Minas e parte da Zona da Mata. Nessas regiões, a combinação entre temperaturas médias compreendidas na faixa considerada ideal para a cultura e precipitação suficiente durante o ciclo favoreceu o cultivo em regime de sequeiro. Em contrapartida, o Norte de Minas, o Vale do Jequitinhonha e parte do Vale do Mucuri apresentaram predominância de áreas com restrição térmica, indicando que, embora a disponibilidade hídrica seja suficiente durante esse período, as temperaturas mais elevadas representam o principal fator limitante ao cultivo do feijão-comum. Esse comportamento é coerente com a exigência da cultura por temperaturas moderadas durante o ciclo, sendo temperaturas elevadas associadas à redução do pegamento de flores, da formação de vagens e da produtividade (Beebe *et al.*, 2013; Heinemann *et al.*, 2022; Coelho *et al.*, 2023; Rose *et al.*, 2023).

Na segunda safra, observou-se redução das áreas classificadas como aptas em regime de sequeiro e expansão das classes que requerem irrigação complementar ou obrigatória. Esse comportamento reflete principalmente a diminuição da precipitação observada entre fevereiro e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

maio, enquanto as condições térmicas permaneceram adequadas em grande parte do estado. Assim, a disponibilidade hídrica passou a exercer maior influência sobre a aptidão da cultura, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste de Minas Gerais. Embora o feijão-comum apresente relativa plasticidade quanto às condições de cultivo, o déficit hídrico durante o florescimento e o enchimento de grãos está entre os fatores que mais comprometem seu rendimento, tornando a irrigação uma importante estratégia para estabilizar a produção (Sánchez-Reinoso *et al*., 2018; Barros *et al*., 2020; Prado-Garcia *et al*., 2025).

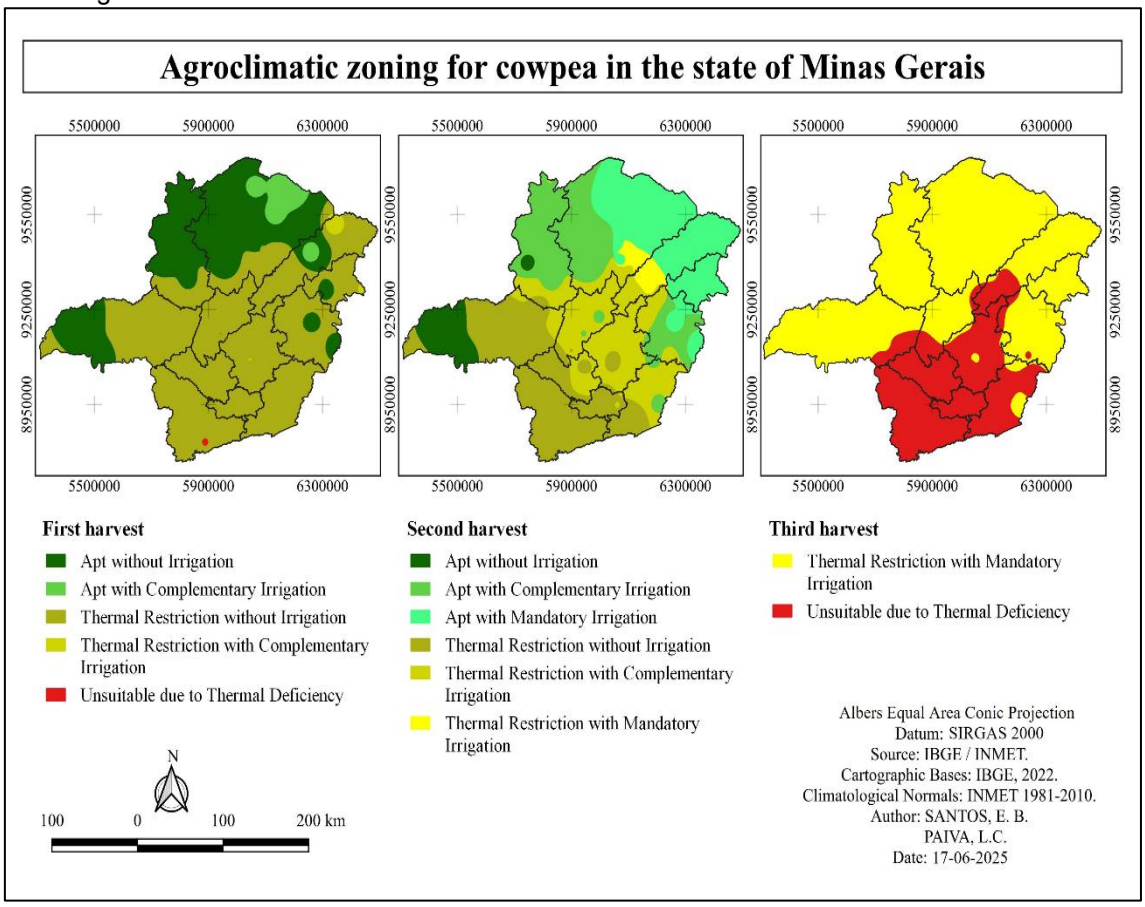
Na terceira safra, a irrigação tornou-se praticamente indispensável em quase todo o estado, evidenciando que a limitação hídrica constitui o principal fator restritivo ao cultivo nesse período. Entretanto, nas regiões Sul de Minas, Campos das Vertentes e Serra da Mantiqueira, caracterizadas por maiores altitudes, a redução das temperaturas passou a atuar com a deficiência hídrica, originando áreas com restrição térmica associada à necessidade de irrigação obrigatória (Prado-Garcia *et al*., 2025). Além disso, pequenas áreas foram classificadas como inaptas por deficiência térmica, indicando que as temperaturas observadas durante a terceira safra ficaram abaixo da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da cultura (Barros *et al*., 2021; Coelho *et al*., 2023).

Zoneamento agroclimático do feijão-caupi

O zoneamento agroclimático do feijão-caupi apresentou comportamento distinto daquele observado para o feijão-comum, evidenciando a influência das diferenças fisiológicas e ecológicas entre as duas espécies sobre a aptidão climática em Minas Gerais (Figura 6). De maneira geral, as maiores áreas aptas concentraram-se nas regiões Norte e Noroeste do estado durante a primeira e segunda safras, enquanto a terceira safra apresentou acentuada redução da aptidão em praticamente todo o território mineiro por consequência das temperaturas inferiores às exigidas pela cultura.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 6. Zoneamento agroclimático do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) para as três safras agrícolas no estado de Minas Gerais



Na primeira safra, predominou a classe apta sem irrigação nas regiões Norte, Noroeste e parte do Triângulo Mineiro, onde a combinação entre temperaturas elevadas e precipitação suficiente proporcionou condições favoráveis ao cultivo em regime de sequeiro. Em contrapartida, grande parte do Centro-Sul de Minas Gerais foi classificada com restrição térmica, indicando que as temperaturas amenas dessas regiões se encontram abaixo da faixa considerada ideal para o desenvolvimento do feijão-caupi. Esses resultados refletem a adaptação da cultura a ambientes tropicais, nos quais temperaturas elevadas favorecem o crescimento vegetativo, a floração e o enchimento de grãos (Reboita *et al*., 2015; Barros *et al*., 2023; Silva *et al*., 2024).

Na segunda safra, manteve-se elevada aptidão nas regiões Norte e Noroeste, embora parte dessas áreas tenha passado a requerer irrigação complementar ou obrigatória em razão da redução da precipitação observada nesse período. Esse comportamento demonstra que,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

apesar da reconhecida tolerância do feijão-caupi ao déficit hídrico quando comparado ao feijão-comum, a adequada disponibilidade de água continua sendo determinante para a obtenção de elevados níveis de produtividade, principalmente durante os estádios reprodutivos (Sousa *et al*., 2022; Santos *et al*., 2025).

Na terceira safra, observou-se expressiva redução da aptidão agroclimática, com predominância de áreas classificadas como inaptas por deficiência térmica em grande parte do estado. Mesmo nas regiões onde a irrigação poderia suprir a limitação hídrica, as temperaturas registradas durante esse período permaneceram abaixo da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da cultura, tornando a restrição térmica o principal fator limitante ao cultivo. Embora o feijão-caupi seja amplamente reconhecido por sua elevada adaptação a ambientes quentes e relativamente secos, seu desempenho é significativamente comprometido quando submetido a temperaturas inferiores às exigidas para o crescimento e desenvolvimento, restringindo sua aptidão durante a terceira safra em Minas Gerais (Barros *et al*., 2020; Franco *et al*., 2025).

A comparação entre os zoneamentos agroclimáticos mostra que o feijão-comum e o feijão-caupi apresentam padrões distintos de aptidão no estado de Minas Gerais. Enquanto o feijão-comum concentrou as maiores áreas aptas nas regiões Centro-Sul do estado durante a primeira safra, o feijão-caupi apresentou maior potencial de cultivo nas regiões Norte e Noroeste, onde predominam temperaturas mais elevadas. Embora ambas tenham apresentado redução das áreas aptas ao longo das safras, os fatores responsáveis por essa diminuição diferiram entre as culturas. Para o feijão-comum, a redução da disponibilidade hídrica foi o principal fator limitante a partir da segunda safra, intensificando a necessidade de irrigação. Já para o feijão-caupi, além da limitação hídrica, a redução das temperaturas durante a terceira safra restringiu significativamente sua aptidão em grande parte do estado, evidenciando maior sensibilidade da cultura às condições térmicas desse período (Heinemann *et al*., 2022; Franco *et al*., 2025)

Sob a perspectiva do planejamento agrícola, os resultados evidenciam que a adoção de uma única espécie para todas as regiões e épocas de cultivo não representa a estratégia mais eficiente. A utilização do feijão-comum e do feijão-caupi de forma complementar, considerando as particularidades climáticas de cada região e safra, amplia as possibilidades de exploração agrícola e reduz a exposição da produção aos riscos climáticos (Carneiro; Paula Júnior; Borém, 2025). Além disso, a redução da disponibilidade hídrica ao longo do calendário agrícola reforça a importância da irrigação como estratégia para ampliar a estabilidade produtiva, sobretudo na segunda e terceira safras (Heinemann; Stone, 2015)

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Em conjunto, os resultados demonstram que o zoneamento agroclimático constitui uma ferramenta eficaz para subsidiar o planejamento da produção de feijão em Minas Gerais, permitindo direcionar a escolha da espécie e da época de semeadura de acordo com as condições climáticas de cada região. Dessa forma, o uso integrado dessas informações pode contribuir para a redução dos riscos climáticos, o uso mais eficiente dos recursos hídricos e o aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que a aptidão agroclimática do feijão-comum e do feijão-caupi em Minas Gerais é fortemente influenciada pela interação entre temperatura e precipitação, sendo a importância relativa de cada variável dependente da espécie e da época de cultivo. O feijão-comum apresentou maior aptidão nas regiões Centro-Sul do estado, especialmente durante a primeira safra, quando as condições térmicas e hídricas favoreceram o cultivo em regime de sequeiro. Por outro lado, o feijão-caupi destacou-se nas regiões Norte e Noroeste, evidenciando maior adaptação às temperaturas mais elevadas.

A análise comparativa dos zoneamentos evidencia que o feijão-comum e o feijão-caupi apresentam aptidões complementares em Minas Gerais, ampliando as possibilidades de planejamento agrícola em função das características climáticas de cada região e época de cultivo. Dessa forma, a escolha da espécie associada ao período de semeadura constitui uma estratégia importante para reduzir os riscos climáticos e aumentar a eficiência dos sistemas de produção.

O zoneamento agroclimático elaborado neste estudo representa uma ferramenta de apoio ao planejamento agrícola e à tomada de decisão por produtores, técnicos e instituições de pesquisa. Além de contribuir para a definição de áreas e épocas mais favoráveis ao cultivo, os resultados fornecem subsídios para o manejo racional da irrigação e para o desenvolvimento de estratégias de adaptação frente à variabilidade e às mudanças climáticas, favorecendo a sustentabilidade da produção de feijão no estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; SENTELHAS, P. C.; STAPE, J. L. Modeling monthly meteorological and agronomic frost days, based on minimum air temperature, in Center-Southern Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 134, n. 1, p. 177-191, 2018. https://doi.org/10.1007/s00704-017-2267-6

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

BARROS, J. R. A.; ANGELOTTI, F.; SANTOS, J. O.; SILVA, R. M.; DANTAS, B. F.; MELO, N. F. Optimal temperature for germination and seedling development of cowpea seeds. **Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas**, v. 14, n. 2, p. 231-239, 2020. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/10339

BARROS, J. R. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; SILVA, R. M.; RÊGO, M. T. C.; MELO, N. F.; CHAVES, A. R. M.; ANGELOTTI, F. Selection of cowpea cultivars for high temperature tolerance: physiological, biochemical and yield aspects. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 27, n.1, p. 29-38, 2021. https://doi.org/10.1007/s12298-020-00919-7

BARROS, J. R. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÕES, W. L.; MELO, N. F.; ANGELOTTI, F. Temperature: A major climatic determinant of cowpea production. **Acta Scientiarum**, v. 45, e56812, 2023. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.56812

BEEBE, S.; RAO, I. M.; BLAIR, M. W.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A. Phenotyping common beans for adaptation to drought. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 35, 2013. https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00035

CARNEIRO, J. E.; PAULA JÚNIOR, T.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2025. 313 p.

COELHO, A. P.; FARIA, R. T.; LEMOS, L. B.; PALARETTI, L. F.; LEAL, F. T.; MINGOTTE, F. L. C. The nutritional and technological quality of common bean is affected by water stress and cultivar. **Scientia Agricola**, v. 82, e20240016, 2025. https://doi.org/10.1590/1678-992X-2024-0016

COELHO, A. P.; FARIA, R. T.; LEMOS, L. B.; REIS, M. A. M.; FILA, V. A.; BERTINO, A. N. P. Irrigation management of common bean cultivars with contrasting growth habits. **Scientia Agricola**, v. 80, e20220038, 2023. http://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0038

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: Safra 2024/25 - 11º levantamento. Brasília: CONAB, v. 12, n. 11, p. 1-123, 2025.

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Cowpea (Vigna unguiculata L. Walp.). **Field Crops Research**, v. 53, n. 1, p. 187-204, 1997. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00031-2

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Heat tolerance of contrasting cowpea lines in short and long days. **Field Crops Research**, v. 55, n. 1, p. 11-21, 1998. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00055-5

FENNER, W.; DALLACORT, R.; DALCHIAVON, F. C.; SANTI, A.; SILVA, F. S.; BARBIERI, J. D. Zoning of water requirement satisfaction index for common bean in Mato Grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v. 21, n. 7, p. 476-480, 2017. http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n7p476-480

FERREIRA, H. R.; TRES, A.; TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; WENDLING, W. T.; BATISTA, A. C. Classificação climática para o estado de Minas Gerais segundo as zonas de vida de Holdridge.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Journal of Biotechnology and Biodiversity, v. 7, n. 2, p. 304-314, 2019. https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v7n2.ferreira

FOGAÇA, A. M.; CASTRO, A. G.; BARBOSA, E. A. A. Respostas fisiológicas e morfológicas de dois genótipos comuns de feijão ao estresse hídrico em diferentes estágios fenológicos. **Bioscience Journal**, v. 39, e39053, 2023. https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-59855

FRANCISCO, P. R. M.; BANDEIRA, M. M.; SANTOS, D.; PEREIRA, F. C.; GONÇALVES, J. L. G. Aptidão climática da cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, e44991, 2016. https://doi.org/10.5380/abclima.v19i0.44991

FRANCO, A. A. N.; OKUMURA, R. S.; ARANTES, L. P.; COGO, F. D.; PIMENTA, S.; MARIANO, D. C.; CARVALHO, A. J.; GONÇALVES, A. C. P.; SIQUEIRA, M. V. B. M. Agronomic Performance of Cowpea Cultivars During the Second Cropping Season in Southwest Minas Gerais, Brazil. **Agriculture**, v. 15, n. 19, p. 2055, 2025. https://doi.org/10.3390/agriculture15192055

GRAYBEAL, D. Y.; DEGAETANO, A. T.; EGGLESTON, K. L. Improved Quality Assurance for Historical Hourly Temperature and Humidity: Development and Application to Environmental Analysis. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 43, n. 11, p. 1722-1735, 2004. https://doi.org/10.1175/JAM2162.1

HALL, A. E. Phenotyping Cowpeas for Adaptation to Drought. **Frontiers in Physiology**, v. 3, n. 1, 2012. https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00155

HEINEMANN, A. B.; COSTA-NETO, G.; FRITSCHE-NETO, R.; MATTA, D. H.; 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, e108628, 2022. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108628

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F. Requirement of supplemental irrigation for dry season common bean in Goias. **Irriga**, Edição Especial, p. 57-66, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil: 1981–2010**. Brasília: INMET, 2018.

MARQUES, C. S.; OLIVEIRA, T. É.; SANTOS, P. C. O.; OLIVEIRA JUNIOR, G. G.; SILVA, A. B.; FLORENTINO, L. A. Diagnóstico do Cadastro Ambiental Rural e zoneamento agrícola em Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. 1-9, 2022.

NAGEL, A. L.; NAGEL, P. L.; NAGEL, S. S. A.; SANTOS, C. M. G.; SILVA, J. A. S.; CAPRISTO, D. P.; OLIVEIRA, O. H. Desempenho agronômico de genótipos de feijão comum do grupo carioca no ecótono Cerrado-Pantanal. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-24, 2020.

NASCIMENTO, F. S. S.; SOUZA, G. N.; SANTOS, V. B.; REIS, S. S. O.; SOUZA, C. S.; PETERS, L. P.; SILVA, B. K. A. Estimativa da diversidade de variedades tradicionais de feijão-caupi do Acre com marcadores SSR. **Scientia Naturalis**, v. 5, n. 1, p. 287-302, 2023.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

NETELER, M.; BOWMAN, M. H.; LANDA, M.; METZ, M. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. **Environmental Modelling & Software**, v. 31, n. 1, p. 124-130, 2012. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.11.014

OLIVEIRA, A. S.; MELLO, C. R.; MARQUES, R. F. P. V. Temporal trends of climate indices associated with precipitation and air temperature in Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, n. 1, p. 499-520, 2020. https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.71770

PAPATHANASIOU, F.; NINOU, E.; MYLONAS, I.; BAXEVANOS, D.; PAPADOPOULOU, F.; AVDIKOS, I.; SISTANIS, I.; KOSKOSIDIS, A.; VLACHOSTERGIOS, D. N.; KARGIOTIDOU, A. The Evaluation of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Genotypes under Water Stress Based on Physiological and Agronomic Parameters. **Plants**, v. 11, n. 18, p. 2432, 2022. https://doi.org/10.3390/plants11182432

PRADO-GARCIA, A. A.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; MONTERO-TAVERA, V.; YÁNEZ-LÓPEZ, R.; RAMIREZ-PIMENTEL, J. G.; AGUIRRE-MANCILLA, C. L. Identification of Common Bean Genotypes Tolerant to the Combined Stress of Terminal Drought and High Temperature. **Agronomy**, v. 15, n. 7, p. 1624, 2025. https://doi.org/10.3390/agronomy15071624

QUILOANGO-CHIMARRO, C. A.; COELHO, R. D.; GUNDIM, A. S.; COSTA, J. O. Water use efficiency and yield response factor of common bean subjected to deficit irrigation strategies: a case study in Brazil. **Italian Journal of Agrometeorology**, v. 1, p. 43–50, 2025. https://doi.org/10.36253/ijam-2396

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, n. 1, p. 206-226, 2015. https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493

ROSE, T.; LOWE, C.; MIRET, J. A.; WALPOLE, H.; HALSEY, K.; VENTER, E.; URBAN, M. O.; BUENDIA, H. F.; KURUP, S.; HEUER, S. High Temperature Tolerance in a Novel, High-Quality Phaseolus vulgaris Breeding Line Is Due to Maintenance of Pollen Viability and Successful Germination on the Stigma. **Plants**, v. 12, n. 13, p. 2419, 2023. https://doi.org/10.3390/plants12132491

SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1, p. 1-7, 2012. https://doi.org/10.1007/s00704-011-0507-8

SÁNCHEZ-REINOSO, A. D.; LIGARRETO-MORENO, G. A.; RESTREPO-DÍAZ, H. Physiological and Biochemical Responses of Common Bush Bean to Drought. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, v. 46, n. 2, p. 393-401, 2018. https://doi.org/10.15835/nbha46210965

SANTOS, A. O. S.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUZA, H. A.; PEREIRA, L. S.; CASTRO JÚNIOR, W. L.; SOUZA, R. S. Optimal economic water regime for cowpea production. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 46, n. 6, p. 1917-1930, 2025. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2025v46n6p1917

SANTOS, H. F. Modernização da agricultura e dinâmica do agronegócio globalizado no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Geografia em Questão**, v. 12, n. 1, p. 9-36, 2019.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

SANTOS, M. P.; COGO, A. J. D.; ARAGÃO, F. J. L. Variabilities in water deficit tolerance among cowpea (Vigna unguiculata [L.] Walp.) genotypes. **South African Journal of Botany**, v. 163, n. 1, p. 552-560, 2023. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.015

SANTOS, P. A. B.; MONTI, C. A. U.; CARVALHO, L. G.; LACERDA, W. S.; SCHWERZ, F. Air temperature estimation techniques in Minas Gerais state, Brazil, Cwa and Cwb climate regions according to the Köppen-Geiger climate classification system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, e023920, 2021. http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202145023920

SILVA, J. A.; BARROS, J. R. A.; SILVA, E. G. F.; ROCHA, M. M.; ANGELOTTI, F. Cowpea: Prospecting for Heat-Tolerant Genotypes. **Agronomy**, v. 14, n. 9, p.1969, 2024. https://doi.org/10.3390/agronomy14091969

SILVA, M. B. O.; CARVALHO, A. J.; ROCHA, M. M.; BATISTA, P. S. C.; SANTOS JÚNIOR, P. V.; OLIVEIRA, S. M. Desempenho agronómico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1059-1066, 2018.

SILVA, R. P. S.; COCA, E. L. F. Quando o agronegócio se interessa pela produção de orgânicos: contradições do setor sucroenergético no Sul de Minas Gerais, Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 42, n. 1, p. 39-55, 2024.

SOUSA, D. P.; NUNES, H. G. G. C.; FERREIRA, D. P.; MOURA, V. B.; AVIZ, W. L. C.; SANTOS, H. C. A.; PINTO, J. V. N.; VIEIRA, I. C. O.; FERNANDES, G. S. T.; SOUZA, P. J. O. P. Performance of Cowpea under Different Water Regimes in Amazonian Conditions. **Horticulturae**, v. 8, n. 4, p. 335, 2022. https://doi.org/10.3390/horticulturae8040335

TAYLOR, J. R.; LOESCHER, H. W. Automated Quality Control Methods for Sensor Data: A Novel Observatory Approach. **Biogeosciences**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2013. https://doi.org/10.5194/bg-10-1-2013.

VIEIRA, M. O. C. S.; REIS, A. A.; FARIA, L. R.; RIBEIRO, K. D. Utilização de adubo fosfatado e inoculante à base de fungo micorrízico no cultivo do feijão. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 19, n. 1, p. 16-24, 2021.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade e Natureza**, v. 25, n. 1, 2013.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No**. 1203. Geneva, 2017.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals**. Geneva: World Meteorological Organization, 2017. https://library.wmo.int/idurl/4/55797

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.