

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
ILTON ESPINDULA NAVES JUNIOR

ESTUDO DE CASO SOBRE O ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO  
PARA O CULTIVO DO MILHO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MINAS GERAIS

Monte Carmelo  
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
ILTON ESPINDULA NAVES JUNIOR

ESTUDO DE CASO SOBRE O ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO  
PARA O CULTIVO DO MILHO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MINAS GERAIS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Odair José Marques

Monte Carmelo  
2023

ILTON ESPINDULA NAVES JUNIOR

ESTUDO DE CASO SOBRE O ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO PARA  
O CULTIVO DO MILHO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MINAS GERAIS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de  
Agronomia da Universidade Federal de  
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como  
requisito necessário para a obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 13 de junho de 2023

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Odair José Marques  
Orientador

---

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Osvaldo Rettore Neto  
Membro da Banca

Monte Carmelo  
2023

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
1 INTRODUÇÃO .....	7
2 JUSTIFICATIVA .....	9
3 OBJETIVO (S) .....	11
4 REVISÃO DE LITERATURA .....	12
4.1 Época de semeadura .....	12
4.2 Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) .....	13
4.3 Riscos Climáticos .....	14
4.3.1 Risco de déficit hídrico .....	14
4.4 Fatores climáticos para atender a cultura do milho .....	15
4.4.1 Precipitação pluvial.....	15
4.4.2 Temperatura .....	17
4.4.3 Irradiância solar.....	18
4.4.4 Umidade relativa do ar.....	20
4.4.5 Vento .....	20
4.4.6 Índice de satisfação da necessidade de água.....	21
5 MATERIAL E MÉTODOS .....	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	27
6.1 Dados climáticos do município de Uberlândia - MG .....	27
a) Precipitação pluvial.....	27
b) Temperatura.....	30
c) Umidade Relativa do Ar .....	31
d) Radiação Solar .....	32
6.2 Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o município de Uberlândia - MG....	33
6.2.1 ZARC para primeira safra.....	36
6.2.2 ZARC para segunda safra .....	39

6.3 Balanço hídrico .....	41
6.4 Redução hídrica dos últimos seis anos .....	43
6.5 Simulações de épocas de semeadura .....	46
7 CONCLUSÃO .....	50
8 REFERÊNCIAS.....	51

## RESUMO

O milho é uma cultura agrícola que faz parte da alimentação da humanidade, de forma direta ou indireta, tendo grande relevância na agricultura brasileira. Dado a isso, torna-se primordial entender o desenvolvimento da cultura nos diversos ambiente de produção. Além de compreender os fatores climáticos envolvidos no seu cultivo. Nesse contexto, seguir orientações sobre a época semeadura definida pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para todos os municípios brasileiros é fundamental para aumentar as chances de sucesso nas lavouras. Assim, realizou-se um estudo de caso para avaliação do grau de coerência da janela de semeadura proposta no ZARC/MAPA para o cultivo de milho no município de Uberlândia. A partir do histórico de dados obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA), foi possível processar gráficos de precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar. Além disso a partir do método de Thornthwaite se obteve o balanço hídrico evidenciando períodos prolongados de déficit hídrico. A partir dos dados verificados, sugere-se o encurtamento da janela de semeadura para ambas as safras, iniciando a primeira safra de verão no 32º decêndio e a segunda safra no 36º, finalizando ambas o quanto antes dentro do limite do primeiro decêndio de fevereiro.

## PALAVRAS-CHAVE

Palavras-Chave: *Zea mays* L.; ZARC; climatologia; época de semeadura; fenologia; balanço hídrico.

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays L.*) tem múltiplas aplicações, podendo ser fonte para a nutrição animal e humana, além disso o milho é a segunda cultura estratégica para o agronegócio brasileiro, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial, atrás dos Estados Unidos da América e da China. A produção nacional na safra 2021/2022 foi de 118 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2022).

Em setembro de 2021, Minas Gerais é um dos principais estados produtores de milho no Brasil, ocupando a terceira posição no ranking dos estados brasileiros em termos de produção de milho (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2021). Os dois principais estados produtores de milho nesse ano foram Mato Grosso e Paraná, que tradicionalmente têm se destacado na produção de grãos, incluindo o milho.

Sendo assim, a cultura do milho desempenha um papel estratégico na economia, segurança alimentar, exportação, agricultura familiar e sustentabilidade na região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais. Essa cultura é uma importante fonte de renda, emprego e alimentos, além de contribuir para o desenvolvimento econômico e social da região (GARCIA, 2006).

O milho é uma cultura típica para cultivo na estação chuvosa (primavera/verão), no entanto, no Brasil predomina o cultivo do milho na segunda safra (safrinha), durante o verão/outono, podendo se estender até o início do inverno em algumas regiões (MAPA, 2023).

A cultura do milho é altamente responsiva ao ambiente climático, sobretudo em relação à temperatura e a precipitação pluvial. Desse modo, em vista de que cada região possui especificidades climáticas, há muita variação nos ambientes que influenciam o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho.

Assim, como a resposta produtiva da cultura do milho está ligada diretamente aos estímulos ambientais, é fundamental que a implantação da cultura se dê em épocas que permitam o desenvolvimento da cultura diante dos melhores cenários ambientais. Nesse contexto, a observação das épocas delimitadas no zoneamento agrícola de risco climático

(ZARC) se torna de suma importância para o atendimento às exigências climáticas da cultura do milho. O ZARC é estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para cada município brasileiro e leva em consideração as médias históricas de precipitação pluvial, a textura do solo, o ciclo da cultivar e o índice de satisfação da necessidade de água da cultura de acordo com sua fase de desenvolvimento fenológico.



## 2. JUSTIFICATIVA

O estudo do ambiente de produção traz como benefício o posicionamento mais adequado das culturas agrícolas nas estações de cultivo, quando os fatores climáticos são mais favoráveis à obtenção das respostas biológicas almejadas agrônômica e economicamente. Assim, se faz relevante o conhecimento climático de uma determinada região de modo que haja o melhor aproveitamento dos fatores climáticos pelas plantas (OLIVEIRA, 2008).

A cultura do milho é influenciada por todos os fatores climáticos em maior ou menor grau. Entre esses fatores, a temperatura afeta diretamente o metabolismo básico das plantas e seu efeito é claramente refletido no crescimento e desenvolvimento da cultura em campo (MINUZZI, 2015).

Um fator climático importante para a cultura do milho é a água. Em condições naturais a disponibilização de água para as plantas é realizada por precipitação pluvial e pela capacidade que o solo tem de armazená-la, disponibilizando-a ao longo do tempo. O déficit hídrico na cultura do milho prejudica aspectos relacionados direta e indiretamente com a produção das plantas, ocasionando redução da expansão foliar, restringindo a fotossíntese, modificando o metabolismo e a partição de fotoassimilados para os diversos tecidos vegetais (KUNZ et al., 2007).

Portanto, o estabelecimento de épocas de semeaduras mais favoráveis ao cultivo agrícola tem como base o conhecimento de fatores climáticos e das características edáficas de cada região, além do ciclo biológico das cultivares. Para tanto, o MAPA estabelece anualmente portarias com o ZARC para cada cultura agrícola e cada município brasileiro. Desse modo, o ZARC tornou-se imprescindível para identificar e mapear as regiões com ambientes mais favoráveis aos cultivos agrícolas, sobretudo os de sequeiro.

No entanto, devido o ZARC conter informações generalizadas para cada município, a assertividade na escolha da melhor época de semeadura ainda é altamente dependente das condições climáticas, principalmente da ocorrência de precipitação pluvial. Por isso, os estudos

das séries históricas de dados meteorológicos indicaram o quão acurado são as recomendações de épocas de semeadura para a cultura do milho no município de Uberlândia.

### **3. OBJETIVOS**

Realizar um estudo de caso para avaliação do grau de coerência da janela de semeadura proposta no ZARC/MAPA para o cultivo de milho no município de Uberlândia.

## 4. REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1. Época de semeadura da cultura do milho

A escolha da época de semeadura leva em considerações diversos fatores, tanto ambientais, como precipitação pluvial, disponibilidade hídrica do solo, radiação solar e temperatura, quanto características das cultivares, como adaptação, necessidade térmica e ciclo (PEREIRA FILHO et al., 2016). Considerando a adaptabilidade e necessidades climáticas da cultura do milho, frente às adversidades meteorológicas, em condições de estresse hídrico e em temperaturas subótimas há a redução da assimilação de carbono, da taxa fotossintética, do desenvolvimento de área foliar e, conseqüentemente, queda da produtividade (MOTA, 1987).

O déficit hídrico de apenas 20% em fases críticas como o florescimento e formação dos grãos pode acarretar a redução da metade da produção de grãos, sendo primordial a disponibilidade hídrica adequada nesses estágios, uma vez que durante todo o seu ciclo, o milho necessita de ao menos 450 mm de precipitação (DOORENBOS et al., 1986). Por isso, dentre os diversos riscos envolvidos na escolha da época de semeadura do milho, o principal é a falta de água em períodos críticos da cultura, que podem resultar em intensas perdas de produtividade (SILVA, 2010).

Na maior parte do Brasil, são praticadas duas épocas de plantio, a primeira safra, também denominada como safra de verão, e segunda safra ou safrinha. A primeira safra é realizada em todos os estados brasileiros, coincidindo com o período chuvoso, ao final de agosto no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, entre outubro e novembro no Paraná, Sudeste e Centro-Oeste em janeiro na região Norte (MAPA, 2023).

Por sua vez, a segunda safra é semeada logo após a colheita da primeira, geralmente variando entre janeiro e março, sendo comum após a soja, nas Regiões centro-oeste e nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. No entanto, a segunda safra apresenta condições

desfavoráveis para a produção de milho, apesar disso a prática tem sido aprimorada ano a ano, o que tem levado ao aumento de produção devido à expansão de áreas cultivadas (PEREIRA FILHO et al., 2016).

Na segunda safra, os produtores tendem a utilizar menos recursos no cultivo, pois devidos aos riscos de baixas temperaturas, geadas, menor incidência solar e poucas chuvas, que reduzem a capacidade de expressar o potencial produtivo da cultura do milho (SOARES, 2010). Quando realizado o plantio em época adequada, há maiores chances de altos rendimentos, pois é possível minimizar os efeitos das condições adversas para cultura do milho, uma vez que se objetiva escapar de tais condições com o estabelecimento da lavoura com probabilidades de riscos mínimos em cada estação de cultivo (safra de verão ou safrinha), sendo fundamental a observação da ZARC (MARQUES et al. 2014; 2015; FRANCO et al. 2016; 2018).

#### **4.2. Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)**

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveram o ZARC para diversas culturas agrícolas em todo o território nacional.

Regido pelo Decreto Nº 9.841/2019 o ZARC é um instrumento de gestão de riscos e de política agrícola, que visa minimizar os riscos da agricultura brasileira com relação à localidade e aos fenômenos climáticos, identificando as melhores épocas de plantio para diversas culturas, em diferentes solos e ciclos de cultivares através de metodologias validadas pela EMBRAPA, devendo os produtores observar às recomendações, condicionando o fornecimento de crédito e seguro rural por agentes financeiros e seguradores à observância do ZARC (MAPA, 2021).

### 4.3. Riscos climáticos

#### 4.3.1. Risco de déficit hídrico

A disponibilidade de água em um ambiente é variada de acordo com a região geográfica, bioma, altitude, classe textural do solo e manejo. Para as plantas a forma de aproveitamento da água precipitada varia conforme a capacidade de retenção hídrica do solo. Sendo assim, as características físicas do solo, como textura, densidade e porosidade, bem como, a presença de matéria orgânica e o manejo da camada arável são determinantes para regular essa disponibilidade.

Quanto maior a superfície específica do solo (relação entre área e tamanho da partícula), maior será a quantidade de água a ser armazenada, como exemplo dos solos argilosos. Por outro lado, os solos arenosos são os que menos retém água, pois possuem partículas maiores (KLEIN; LIBARDI, 2002). Isso também determina a estruturação do solo, que está relacionada com os arranjos das partículas sólidas e a formação da porosidade. Em solos adensados a porosidade tende a diminuir, principalmente a microporosidade, limitando a capacidade de retenção de água (KLEIN et al., 2010). Portanto, um solo bem estruturado é quando há poros disponíveis, não muito denso para haver espaços com destino a armazenagem de ar e água.

Para isso, o uso de práticas de manejo do solo, cobertura do solo, aumento do teor de matéria orgânica e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo apresentam impactos positivos nos cultivos agrícolas. Um exemplo disso é o uso da palhada em cobertura, que pode prolongar armazenamento da água, uma vez que reduz a incidência solar na superfície do solo, mantendo a temperatura do solo estável e reduzindo, por consequência, a perda de água por evaporação, além de aumentar a matéria orgânica no solo (KUNZ et al., 2007).

A matéria orgânica no solo atua como uma espécie “esponja”, que aumenta a capacidade de armazenagem de água, pois melhora a estrutura das partículas do solo (PRATA,1999). Desse

modo, a matéria orgânica é um fator importante na disponibilidade hídrica, pois diminui a evapotranspiração, minimiza a amplitude térmica e conserva a umidade do solo devido a sua alta capacidade de retenção (BUDZIAK, 2004).

Diante disso, o ZARC determina épocas de escape dos riscos de déficit hídrico, porém, tais riscos podem ser amenizados se as estratégias de manejo do ambiente considerarem elementos mitigadores, como a matéria orgânica nos cultivos de sequeiro. A falta de água é um dos principais fatores de perdas de rendimento das culturas agrícolas, sobretudo sob cultivo de sequeiro.

Para se ter melhoria nos rendimentos dos cultivos agrícolas em sequeiro, deve-se seguir as orientações de épocas aptas ao cultivo para determinada região no ZARC. Mesmo nas melhores condições há um risco mínimo de 20% envolvido, ou seja, as chances de sucesso são 8 em 10. O ZARC também prevê épocas de cultivo mais arriscadas, podendo apresentar riscos de 30% e 40%, no entanto, o produtor deve estar ciente que a probabilidade de perda aumenta consideravelmente nessas faixas (BRASIL, 2021).

#### **4.4. Fatores climáticos para atender a cultura do milho**

##### *4.4.1. Precipitação pluvial*

A produtividade do milho é altamente dependente do regime pluviométrico, condicionada à frequência e intensidade das chuvas, dentre outros elementos climáticos, sendo a época coincidente com o período chuvoso, a recomendada para o cultivo, enquanto anos com estiagem trazem prejuízos para o rendimento das culturas agrícolas (FERREIRA, 2017).

Durante o desenvolvimento dos processos fisiológicos do milho, a água é vital para a existência das plantas. Portanto, a precipitação pluvial na cultura do milho, pode variar com uma

demanda de 400 a 700 mm durante todo ciclo biológico, ademais, o milho pode ser inserido em regiões que possuem uma precipitação pluviométrica anual muito ampla de 450 a 2000 mm (CPTEC/INPE, 2023).

O milho possui várias fases fenológicas críticas, as fases de diferenciação floral e definição dos componentes iniciais de produção (estádios  $V_4$  a  $V_9$ ), de florescimento (estádios  $V_T$  a  $R_1$ ) e de formação e enchimento de grãos (estádios  $R_2$  a  $R_4$ ) são as etapas fundamentais em que a planta carece mais de água, de acordo com a escala fenológica de (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993). Em períodos de escassez hídrica coincidentes com essas fases fenológicas do milho, as plantas são submetidas à estresse hídrico, que prejudica primordialmente o rendimento agrícola (BERGONCI, 2000). Sendo assim, a ocorrência de chuvas regulares durante o ciclo fenológico da cultura favorece as altas produções.

Silva et al. (2008), em análise a variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do Médio Paranapanema - SP, concluiu que a irregularidade de chuvas durante as fases de polinização, florescimento, enchimento e maturação fisiológica dos grãos é motivo para menores rendimentos quando comparado com anos de regime pluviométrico regular.

A água disponível para as plantas normalmente é referida como a diferença entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), porém, a água compreendida entre a CC e a saturação, comumente denominada como não disponível, por ser frequentemente entendida como água que será drenada e perdida para camadas inferiores do solo pela gravidade (CANTELE, 2009).

De modo claro, o balanço hídrico é a capacidade de um solo armazenar água até atingir sua capacidade máxima, ou seja, capacidade de campo (CARVALHO, 2011). O balanço hídrico é utilizado principalmente em áreas irrigadas e em processos como zoneamento agroclimático e de classificações climáticas (FERREIRA et al., 2001).

Para determinar um balanço hídrico, há uma série de pontos a se avaliar, bem como o período, temperatura, precipitação, evapotranspiração, chuvas, disponibilidade hídrica atual, excesso hídrico climático e, por fim, o déficit hídrico climático (EMBRAPA 2001). De acordo com INMET (2022), para se calcular o balanço de água no solo é necessário identificar qual a



vegetação e o seu estágio fenológico, pois de acordo com o desenvolvimento, a demanda e a perda por transpiração podem ser variáveis.

#### 4.4.2. Temperatura

A temperatura pode variar de acordo com a altitude e a quantidade de radiação solar emitida. Em cada fase fenológica do milho, existem determinados limites de temperaturas que retardam ou antecipam seu crescimento e desenvolvimento (MARQUES, 2012).

Ao longo do tempo, a importância de quantificar o efeito da temperatura nas plantas, surgiram vários sistemas de unidades de calor, como por exemplo o GDD (*Growing Degree Day System*), esse sistema de graus dia para crescimento, proporcionou entender melhor como é a resposta do milho sob temperaturas extremas (DURÃES, 2002). Deste modo, a limitação do crescimento das plantas ocorre quando a temperatura do ambiente é inferior ao limite crítico mínimo de 10 °C e quando também excede os 42 °C. Sendo que, quando ocorre esses extremos a taxa de desenvolvimento foliar e crescimento da planta é nula (TOLLENAAR, 1977).

Quando há a formação dos grãos de milho, a temperatura extrema que mais afeta a composição de proteínas no grão é quando atinge 36 °C por aproximadamente 3 horas ou mais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Ademais, temperaturas noturnas elevadas auxiliam para a baixa produção dos grãos, pois está associado a antecipação da maturação e senescência do milho (DURÃES, 2002).

A temperatura para o milho, tem sua importância desde a fase de semente na semeadura até sua fase de maturação fisiológica dos grãos (estádio R<sub>6</sub>) (MARQUES, 2012). No solo, as condições favoráveis para o desenvolvimento da semente e crescimento da plântula, ocorre quando o solo se encontra entre 25 e 32 °C (NASCIMENTO, 2000).

Farooq et al. (2011) afirmaram que a temperatura ideal para uma germinação uniforme fica entre 25 e 28 °C. É nessa faixa de temperatura que ocorre a melhor absorção de água pelas

sementes, facilitando os processos bioquímicos da germinação e rompimento do pericarpo pela radícula (PEREIRA FILHO et al., 2016). Por sua vez, as temperaturas amenas na fase de formação de plântulas no milho podem afetar as funções fisiológicas, resultando em atraso e/ou mesmo interrupção da germinação (GUAN et al., 2009)

Após a emergência das plântulas, o milho necessita de temperaturas entre 25 e 30 °C durante o dia e entre 16 e 19 °C durante a noite para o crescimento e desenvolvimento adequados. Em noites quentes o ciclo da cultura é acelerado, enquanto em noites frias pode haver retardamento do metabolismo da planta, com menor acúmulo de matéria seca diária (MARQUES, 2012).

A escolha da época de semeadura é de extrema importância para o sucesso da produção, uma vez que nas fases de floração e enchimento de grãos, as temperaturas não podem divergir das faixas supracitadas (GONÇALVES et al., 2002). Além disso, a época de semeadura adequada para cada região favorece o escape dos riscos climáticos associados.

Miedema (1983) considerou que o desenvolvimento inicial da fase vegetativa é potencializado em ambiente com temperaturas entre 30 e 35 °C. Após a fase inicial, ainda em estágio vegetativo, plantas submetidas às temperaturas altas podem sofrer redução da atividade metabólica, o que pode acarretar a diminuição ou retardamento do crescimento e desenvolvimento (LANDAU, 2008).

Por sua vez, nos estádios fenológicos de pendoamento ( $V_T$ ) e espigamento ( $R_1$ ) do milho, temperaturas acima de 32 °C afetam a formação dos grãos de pólen, podendo resultar em redução da taxa de fecundação (MARQUES et al., 2012).

#### *4.4.3. Irradiância solar*

No milho, a irradiância solar pode ser intensificada devido a população de plantas, pois quando se tem um espaçamento entrelinhas muito alongado, dá-se espaço para os raios solares

penetrarem nas folhas, amplificando a temperatura da folha e suscitando um maior gasto de energia para sua respiração e perda de água para atmosfera (BERGONCI et al., 2000). Em contrapartida, no milho, a causa desse estresse ocasiona o enrolamento das folhas e por consequência, diminui a absorção da luz, mantendo a temperatura e umidade na folha, ou seja, é um mecanismo de mitigação da perda de água pelas plantas sob estresse hídrico nas horas mais quentes do dia (CARLESSO, 1997; MOULIA, 2000).

Para que haja um aproveitamento alto da energia radiante, a densidade populacional de plantas de milho precisa ser ajustada entre 40.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA,2000). Essa população se altera de acordo com a cultivar, o tipo de produção, a estação de cultivo e a localização da lavoura, sendo a faixa mais comum entre 60.000 e 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> para a produção de grãos.

No plantio direto, o milho se sobressai em relação ao preparo convencional, uma vez que a irradiação solar é exclusivamente para a cultura, realizando o “travamento” das plantas daninhas devido à redução da luz incidente sobre o baixeiro da cultura, e assim conseguindo desenvolvimento superior (KUNZ et al., 2004).

A irradiância solar não prejudica a cultura se houver disponibilidade de água, pois o milho dispõe de metabolismo do tipo C4, isto é, suporta alta incidência luminosa. Isso porque a cultura do milho apresenta alta eficiência na captação de luz e o ponto de saturação de luz nunca ou quase nunca é atingido nas condições brasileiras, mesmo em condições de alta irradiância solar, ou seja, não há danos aos complexos antena nos cloroplastos, portanto a fotossíntese não diminui e seu nível de produção de fotoassimilados (BERGAMASCHI et al., 2004).

Palácios et al. (2015) realizou um estudo para o milho diante duas médias de radiação solar instantânea no topo da atmosfera, em que a primeira 418 W m<sup>-2</sup> e a segunda 328 W m<sup>-2</sup>. As diferentes radiações observadas pelos autores não afetaram o desenvolvimento das plantas, porém na maior radiação a resposta produtiva foi maior.

#### 4.4.4. Umidade relativa do ar

Quando o milho atinge o estágio fenológico R<sub>1</sub> (período de florescimento feminino e da polinização/fecundação), a umidade relativa do ar (URA) necessita estar em torno de 65%, com temperatura variando entre 16 e 35 °C, para atender as condições favoráveis da cultura, (COSTA, 2017). No entanto, temperaturas muito altas (acima de 35 °C) com umidades relativas do ar abaixo de 60% podem promover a dessecação dos grãos de pólen, reduzindo a capacidade de fecundação, por consequência, resultando em perda de produtividade (MARQUES, 2012).

O grão de pólen possui aproximadamente 58% de umidade e a perda desta prejudica sua germinação e a formação do tubo polínico (MARQUES, 2012). Desse modo, lavouras de milho submetidas à umidade relativa do ar inferior à umidade presente nos grãos de pólen, estão sujeitas à maior taxa de infertilidade (CIRILO; ANDRADE, 1994).

#### 4.4.5. Vento

O vento, é um elemento natural que interfere no microclima de qualquer região, podendo ele ser benéfico ou maléfico (PEREIRA et al., 2007). O vento atua como regulador de térmico nas lavouras, pois a movimentação do ar em função dos bolsões de ar quente com baixa pressão, pode amenizar temperaturas elevadas dentro do dossel das culturas. Assim como os ventos frios ajudam a disseminar os efeitos das baixas temperaturas dentro da lavoura. Dessa forma, o vento pode ser ter efeitos positivos ou negativos em relação à regulação térmica nos cultivos agrícolas. Além desses efeitos, especificamente na cultura do milho, o vento é um elemento certamente positivo no que concerne à polinização, pois é o principal dispersor de grãos de pólen a partir do pendão, portanto, é essencial para o processo de fecundação cruzada, predominante na cultura (FEREIRA, 2007).

Por outro lado, o milho também é classificado como uma planta sensível ao vento, sujeito à disseminação de fitopatógenos, insetos-pragas e pelo risco de acamamento ou quebramento nas fases finais do enchimento de grãos (MAGALHÃES, 1993; EMBRAPA, 2000).

#### *4.4.6. Índice de satisfação da necessidade de água*

O índice de satisfação da necessidade de água da cultura do milho refere-se à avaliação do suprimento hídrico em relação às necessidades de água da planta para seu crescimento e desenvolvimento adequados.

De acordo com Assad et al. (1998), o índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), também conhecido como índice de penalização, é estabelecido pela relação entre a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). Esse índice varia de zero a um e representa a fração da quantidade de água consumida pela planta em relação à quantidade necessária para alcançar a máxima produtividade, sem restrição hídrica no solo.

Segundo Andrade et al (2017) a pesquisa realizada na cidade de Alvorada do Gurguéia – Piauí, o cultivo solteiro de milho obteve sua maior produtividade de grãos com INSA igual a 1 (aplicando 647,4mm de lâmina d'água), chegando à 5973,49 kg ha<sup>-1</sup>. A medida que se reduziu o ISNA para 0,469 (aplicando 564,5mm de lâmina d'água) diminui a produtividade de grãos para 1258,96 kg ha<sup>-1</sup>.

Já para milho consorciado com braquiária ISNA igual a 0,703 (aplicando 607,3mm de lâmina d' água) obteve produtividade de 4810,2 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de milho e de 14,4 Mg ha<sup>-1</sup> de massa verde de braquiária ruzizienses (ANDRADE et al., 2017).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado com base no ZARC do MAPA para o município de Uberlândia, no estado de Minas Gerais. A partir do ZARC foram identificados os períodos indicados para a semeadura do milho na primeira e na segunda safra.

Em seguida, foi realizada uma busca por estações climatológicas instaladas e ativas a mais de 10 anos no município. Foram encontradas a estação automática nº A507 (latitude: -18,91694443; longitude: -48,25555555; altitude: 874,77 m) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a estação nº 01948006 (Fazenda Letreiro; latitude: -18.9743; longitude: -48.1874 e altitude: 807m, Uberlândia – MG) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

A estação nº 01948006 utilizou o pluviômetro como forma de medição das chuvas possuindo um nível de consistência bruto. Já a estação A 507 os dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar a periodicidade da medição automática foi realizada horária.

Os dados meteorológicos das estações supracitadas foram compilados em planilhas do Microsoft Excel para obter médias históricas e acumuladas para posterior geração dos gráficos climáticos.

Dentre os fatores climáticos que atendem a cultura do milho, é necessário selecionar as informações de precipitação pluvial, evapotranspiração e armazenagem de água no solo para determinação do balanço hídrico. Os demais fatores estudados como a irradiância solar, umidade relativa do ar e temperatura são elementos que foram utilizados para simulação da evapotranspiração da cultura.

Diante das diversas metodologias existentes, o método de Thornthwaite com temperaturas médias abaixo de 26°C foi o escolhido para realização do balanço hídrico. Com base nos dados processados de precipitação pluvial e temperatura média diária foi calculada a evapotranspiração da cultura, onde as equações que representam o método de Thornthwaite estão descritas abaixo:

$$I = \sum(0,2 \times T_m)^{1,514}$$

Equação 1

Em que:

$T_m$ : é a temperatura média diária.

$I$ : é a somatória das temperaturas médias dos dias do ano.

$$\alpha = 0,49239 + (1,7912 \times 10^{-2} \times I) - (7,71 \times 10^{-5} \times I^2) + (6,75 \times 10^{-7} \times I^3)$$

Equação 2

Em que:

$\alpha$ : correspondem aos índices de calor da região

$$ETP_p = 16 \times \left( \frac{10 \times T_m}{I} \right)^\alpha$$

Equação 3

Em que:

$ETP_p$ : representa a evapotranspiração potencial padrão.

$$COR = \left( \frac{ND}{30} \right) \times \left( \frac{N}{12} \right)$$

Equação 4

Em que:

$COR$ : é o fator de correção;

$ND$ : é o número de dias do período;

$N$ : é o fotoperíodo médio mensal.

$$ETP = ETP_p \times COR$$

Equação 5

Em que:

ETP: é a evapotranspiração potencial corrigida.

Após encontrado a evapotranspiração potencial corrigida, utilizou-se um roteiro, adaptado de Pereira; Angelocci; Sentelhas (2002), para elaboração do Balanço Hídrico Climatológico.

**1º passo:** Determinou-se a CAD arbitrariamente. No caso, adotou-se um valor médio de 100 mm;

**2º passo:** Determinou-se a evapotranspiração potencial mensal pelo método de Thornthwaite, descrito acima;

**3º passo:** Preencheu-se com os dados de precipitação pluviométrica mensal;

**4º passo:** Obteve-se a diferença entre as colunas P e ETP, mantendo-se o sinal positivo (chuva em excesso) ou negativo (perda potencial de água do solo);

**5º passo:** Preencheu-se simultaneamente as colunas de nível de água no solo (N<sub>Ac</sub>) e água retida no solo na profundidade das raízes das plantas (ARM), iniciando-se no primeiro mês com valor negativo de (P-ETP), o qual representa o início da estação seca, após uma sequência de valores positivos.

Neste primeiro mês, o N<sub>Ac</sub> será igual a P-ETP. Com esse valor, calculou-se o valor da coluna ARM pela Equação:

$$ARM = CAD \times e^{(N_{Ac} / CAD)}$$

Equação 6

Nos casos em que o próximo mês também apresentou valor negativo de P-ETP, acumulou-se este com o valor do mês anterior, utilizando-se este valor para o cálculo de ARM.

Este procedimento foi adotado enquanto P-ETP foi negativo.

Quando apareceu um mês com P-ETP positivo, após uma sequência de P-ETP negativos, procedeu-se da seguinte forma:



Somou-se o valor positivo de P-ETP ao ARM do mês anterior, obtendo-se o ARM do mês em questão, o qual não devia ultrapassar o valor da CAD;

Com esse valor de ARM, obteve-se o valor de NAc do mês pela inversão da Equação, que resultou na equação:

$$N_{Ac} = CAD \times \ln x \left( \frac{ARM}{CAD} \right) \quad \text{Equação 7}$$

Após o preenchimento dessas duas colunas, prosseguiu-se com o preenchimento das demais, uma de cada vez;

**6º passo:** Determinou a alteração no armazenamento (ALT), através da diferença entre o ARM do mês em questão e o ARM do mês anterior. ALT positivo indica reposição, enquanto ALT negativo sugere a retirada de água do solo;

**7º passo:** Calculou-se a evapotranspiração real (ETR), sendo esta a que realmente ocorre em função da disponibilidade de água no solo, de acordo com as situações:

$$P - ETP \geq 0: ETR = ETP \quad \text{Equação 8}$$

$$ALT \leq 0: ETR = P + |ALT| \quad \text{Equação 9}$$

**8º passo:** Calculou-se a deficiência hídrica (DEF) no solo, empregando a Equação:

$$DEF = ETP - ETR \quad \text{Equação 10}$$

**9º passo:** Determinou-se o excedente hídrico (EXC), o qual representa a água perdida por percolação profunda e/ou escoamento superficial, conforme as situações:

$$ARM < CAD: EXC = 0 \quad \text{Equação 11}$$

$$ARM = CAD: EXC = (P - ETP) - ALT \quad \text{Equação 12}$$

**10º Passo:** A exatidão dos cálculos do balanço hídrico foi aferida pelas seguintes relações:

$$P = \Sigma ETP + \Sigma (P - ETP) \quad \text{Equação 13}$$

$$P = \Sigma ETR + \Sigma EXC \quad \text{Equação 14}$$

$$ETP = \Sigma ETR + \Sigma DEF \quad \text{Equação 15}$$

$$ALT = 0 \quad \text{Equação 16}$$

Após toda essa série de passo-a-passo obteve-se os gráficos de balanço hídrico climatológico por meio da seleção dos dados de deficiência hídrica no solo (DEF) e o excedente hídrico (EXC).

Por fim, foram realizadas simulações de épocas de semeadura de milho para a primeira e a segunda safra, baseadas nas portarias supracitadas do ZARC para o município de Uberlândia, utilizando como base as demandas térmicas da cultivar híbrida B2800 (VYHR) da Brevant Sementes, a fim de melhor visualizar o possível efeito do ambiente sobre o ciclo da cultura. Para isso, foram utilizados os valores de graus-dias médios para cada dia do ano, com base na série histórica obtida junto ao INMET.

O processo da análise dos dados para recomendação da nova janela de plantio foi definido a partir dos limites dos fatores que atendem a cultura do milho, bem como a precipitação; temperatura; radiação solar e umidade relativa do ar. Por fim, realizou-se também o balanço hídrico com objetivo de melhor visualização dos períodos de oferta hídrica.

## 6 RESULTADO E DISCUSSÕES

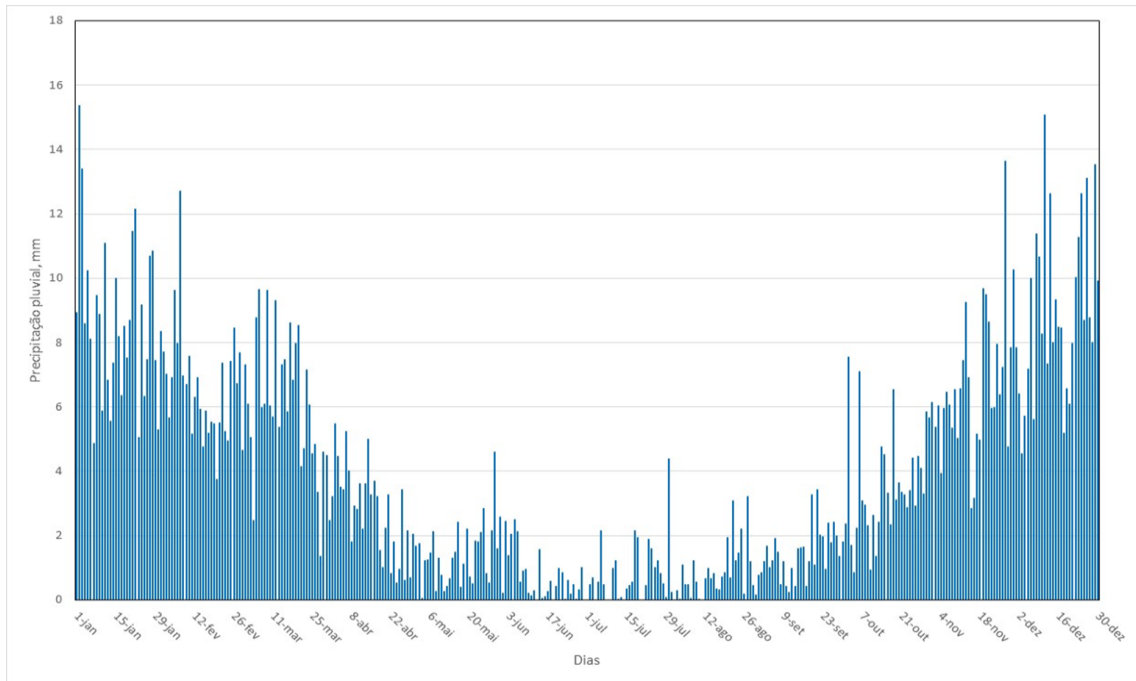
### 6.1. Dados climáticos do município de Uberlândia - MG

A série histórica de precipitação pluvial da ANA iniciou em 1974 e contém longo histórico de dados relativos à Estação nº 01948006, instalada na Fazenda Letreiro (latitude: -18.9743; longitude: -48.1874 e altitude: 807m), com os quais se analisou a precipitação média geral e por décadas até 2021.

Por sua vez, as séries históricas do INMET umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas e irradiância solar foram obtidas da Estação Automática nº A507 (latitude: -18,91694443; longitude: -48,25555555; altitude: 874,77 m) e apresentam dados a partir de 2003. Os dados do INMET apresentam falhas de leituras em alguns anos, principalmente nos primeiros anos de operação da estação, no entanto, mesmo assim, considerou-se um longo histórico de dados que foram o suficiente para este trabalho.

#### *a) Precipitação pluvial*

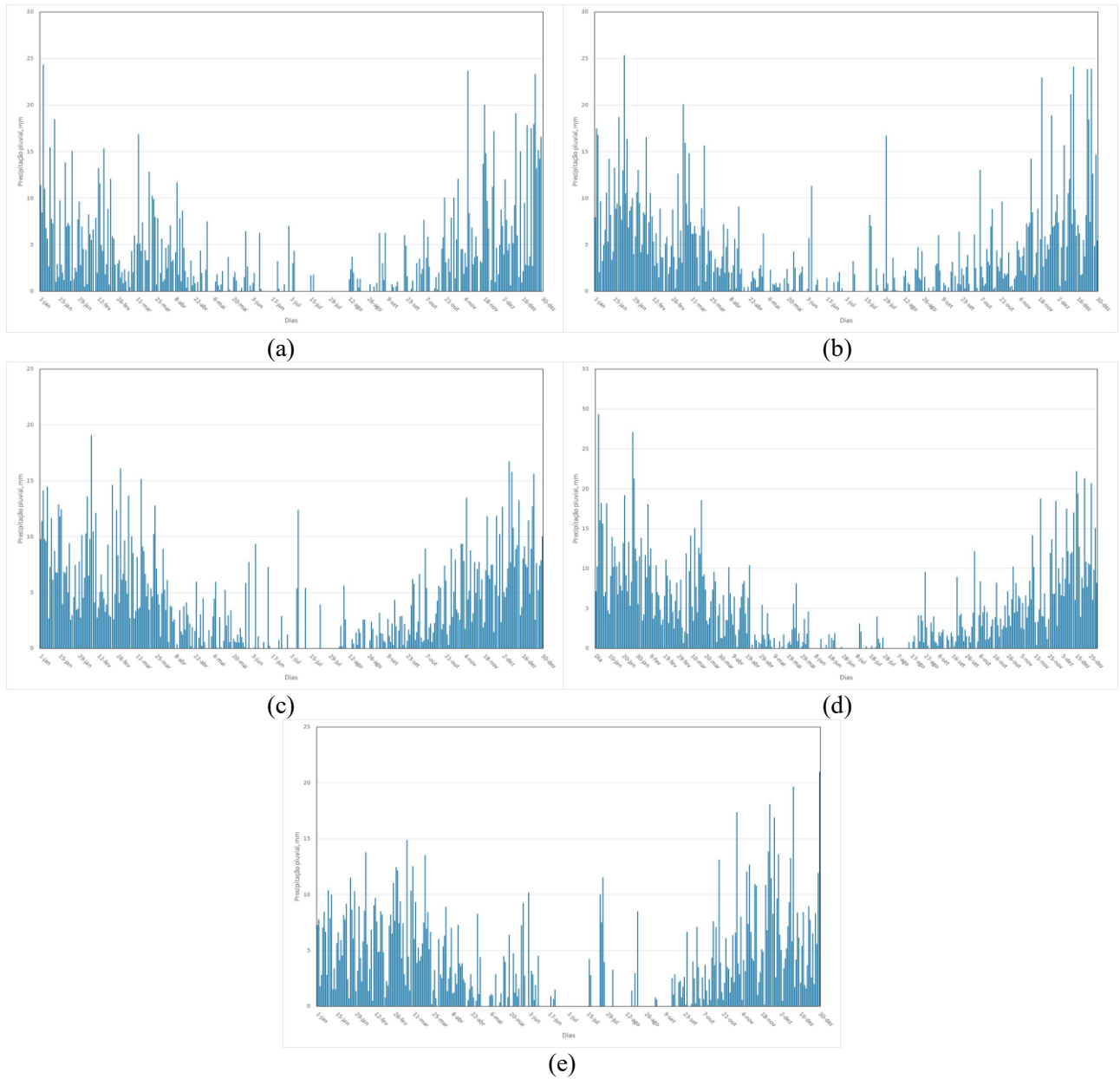
O município de Uberlândia registrou precipitações pluviais expressivas entre os meses de outubro a março, na média de 48 anos, com predominância de médias diárias entre 4 e 8 mm (Figura 1). Tal fato, sugere que os cultivos de verão são favorecidos e que, aparentemente, não há problemas de déficit hídrico no período.



**FIGURA 1.** Precipitação pluvial média diária entre 1974 a 2021 em Uberlândia – MG.

Fonte: ANA, Estação n° 01948006 (Fazenda Letreiro; latitude: -18.9743; longitude: -48.1874 e altitude: 807m, Uberlândia – MG).

A fim de observar as variações nas médias de precipitação pluvial diária optou-se por analisar os dados compilados por décadas (Figura 2). Assim, os dados estão separados entre 1974 a 1979, 1980 a 1989, 1990 a 1999, 2000 a 2009 e 2010 a 2021. Há uma leve redução nas médias diárias de precipitação pluvial entre os meses de dezembro e março, principalmente entre 2010 e 2021. Obviamente, apenas os dados de precipitação pluvial não são suficientes para indicar restrição à época de semeadura.

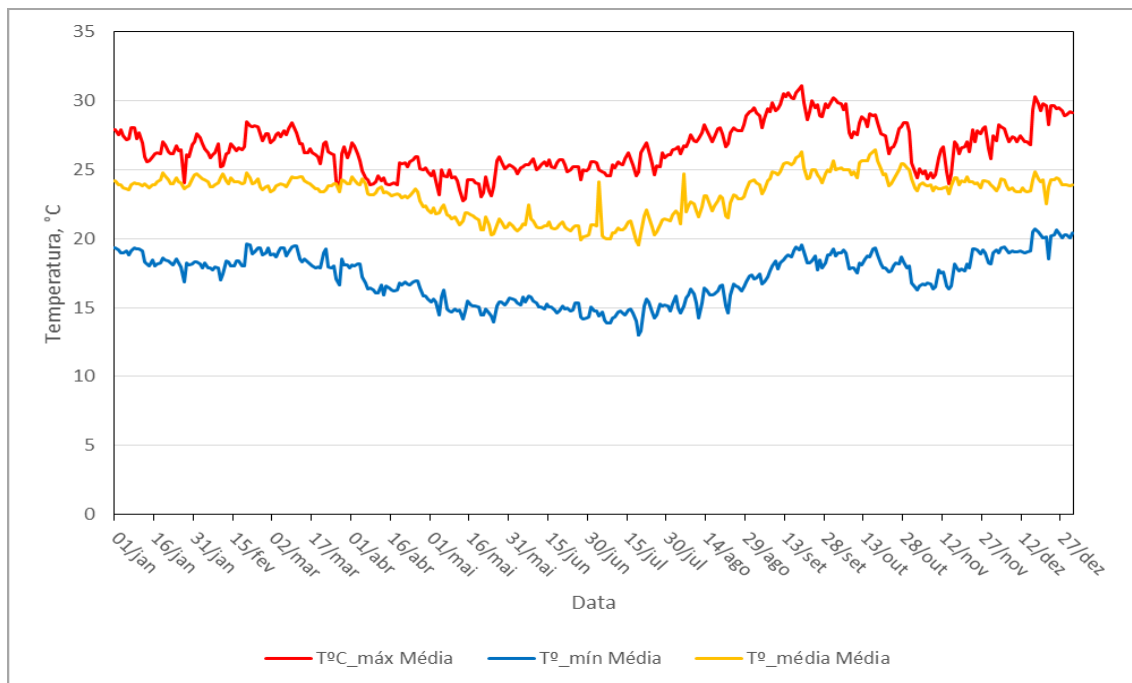


**FIGURA 2.** Precipitação pluviométrica média diária em Uberlândia – MG: (a) entre 1974 a 1979, (b) entre 1980 a 1989, (c) entre 1990 a 1999, (d) entre 2000 a 2009, (e) entre 2010 a 2021.

Fonte: ANA, Estação n° 01948006 (Fazenda Letreiro; latitude: -18.9743; longitude: -48.1874 e altitude: 807m, Uberlândia – MG).

*b) Temperatura*

As médias de temperaturas do município de Uberlândia – MG se mostram dentro das faixas consideradas adequadas ao crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (Figura 3), de acordo com Miedema (1983); Ritchie, Hanway, Benson (1993); Nascimento (2000); Marques (2012). Observou-se que as temperaturas são mais elevadas entre os meses de setembro e outubro e mais baixas entre os meses de abril e junho. No entanto, em tese, é possível o cultivo do milho ao longo de todo o ano com base nas médias de temperaturas observadas na Figura 3, caso as outras exigências ambientais da cultura do milho sejam satisfeitas.

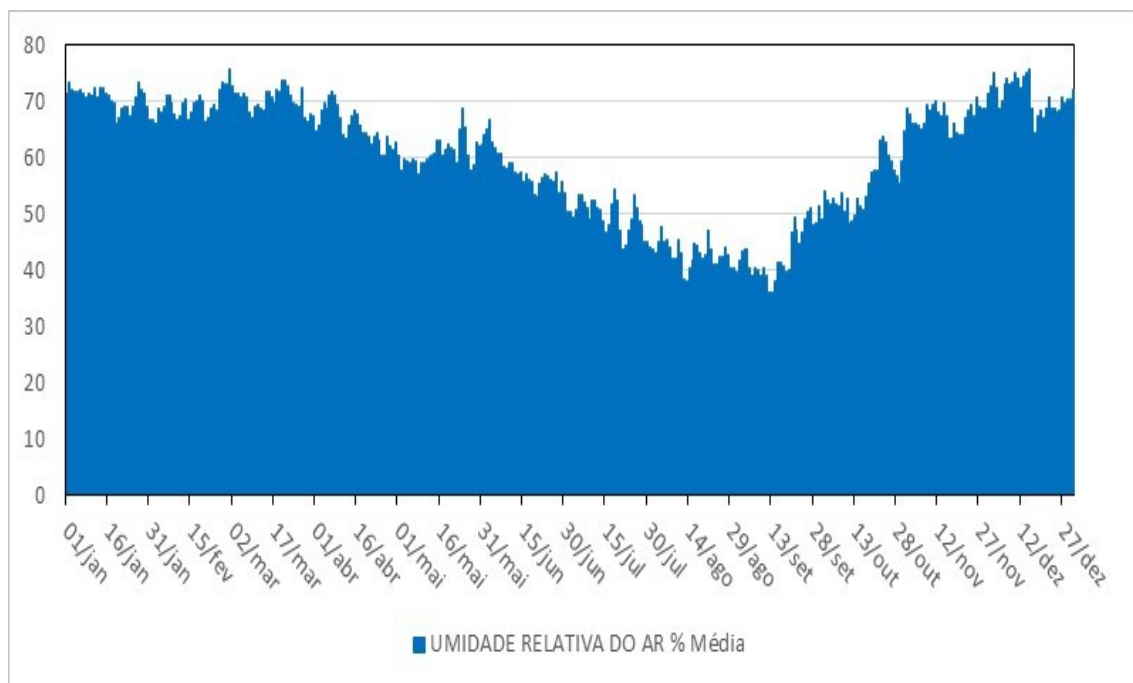


**FIGURA 3.** Temperatura média absoluta diária (°C) entre 2003 a 2021 em Uberlândia –MG.

Fonte: INMET, Estação Automática nº A507 (latitude: -18,91694443; longitude: -48,25555555; altitude: 874,77 m).

*c) Umidade Relativa do Ar*

Observou-se que a URA média acima de 60% ocorre entre o terceiro decêndio de outubro e o terceiro decêndio de maio (Figura 4). Portanto, não havendo outras intempéries, dentro desse período seria viável o cultivo do milho, considerando que a polinização ocorra entre esses limites, a fim de evitar perdas por inviabilidade dos grãos de pólen.



**FIGURA 4.** Umidade relativa do ar (%) média diária entre 2003 a 2015, em Uberlândia – MG.  
 Fonte: INMET, Estação Automática nº A507 (latitude: -18,91694443; longitude: -48,25555555; altitude: 874,77 m).

A URA tem aplicabilidade em diversos pontos nos cultivos agrícolas, como a evapotranspiração e a atividade fotossintética (MARQUES, 2012), bem como alguns manejos, como na irrigação (SOARES, 2010). Especificamente na fase de polinização, a URA interfere diretamente na viabilidade dos grãos de pólen do milho, pois os grãos de pólen possuem aproximadamente 58% de umidade e diante de URA inferiores à 60% aumentam os riscos de

perda da capacidade germinativa e da formação do tubo polínico (TOLLENAAR, 1977; MARQUES, 2012). Desse modo, lavouras de milho submetidas à URA inferiores à 60% estão sujeitas à maior taxa de infertilidade, com redução dos componentes de produção, como o número de grãos por espiga, tamanho dos grãos e massa de 1.000 grãos, conseqüente redução de produtividade (MARQUES et al., 2014; 2015; FRANCO et al., 2016; 2018).

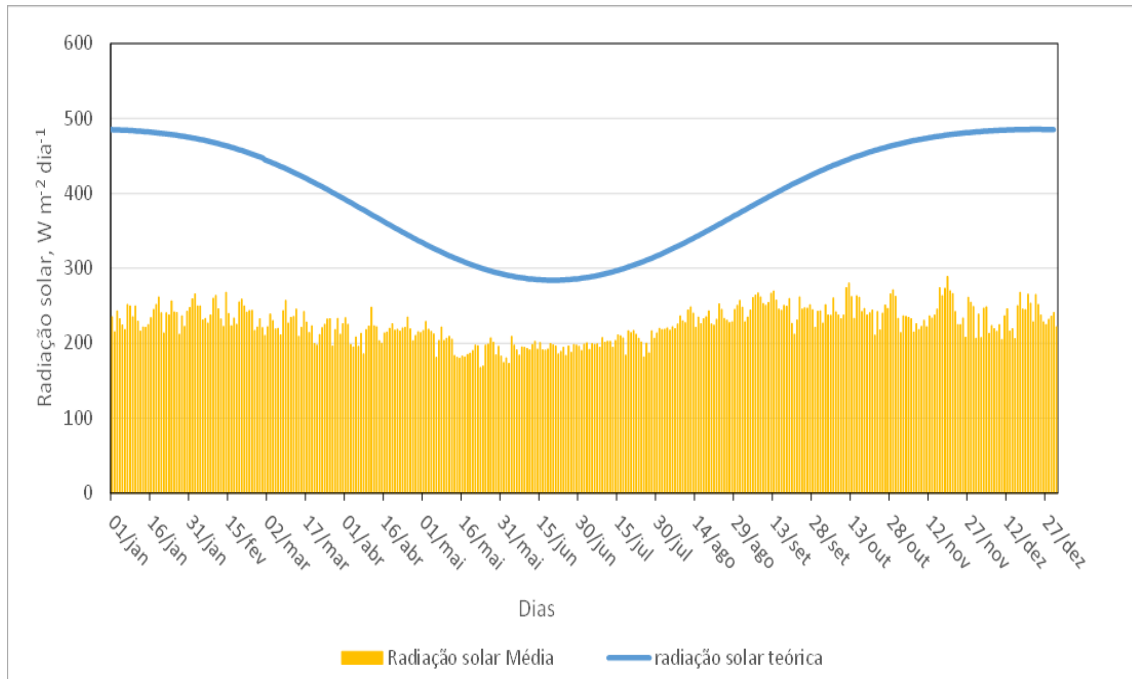
#### *d) Radiação solar*

A radiação solar que incide na atmosfera terrestre tem grande efeito no regime térmico do ar e grande importância na matriz energética dos processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nas plantas (MARQUES, 2012)

O município de Uberlândia - MG apresenta incidência de radiação solar entre 200 a 270 W m<sup>-2</sup> durante todo o ano (Figura 5), o que condiciona taxas fotossintéticas satisfatórias para a cultura do milho crescer e desenvolver (PALÁCIOS et al., 2015), ou seja, a radiação solar incidente é favorável para o cultivo do milho durante o ano inteiro. Além disso, quando o milho não se encontra em estado de déficit hídrico, é uma cultura que tem alta capacidade de absorção da radiação fotossinteticamente ativa (MARQUES, 2012)

Um fator incontrolável na radiação solar é a nebulosidade pois pode prejudicar a duração de irradiância solar incidida na folha, o que causa divergências nos processos fisiológicos e biológicos do milho (EARL e DAVIS, 2003).





**FIGURA 5.** Radiação solar média diária entre 2003 a 2021 ( $\text{W m}^{-2}$ ).

Fonte: INMET, Estação Automática nº A507 (latitude: -18,91694443; longitude: -48,25555555; altitude: 874,77 m).

Conforme a Figura 5, existem duas radiações solar média diária, onde a linha contínua representa a radiação no topo da atmosfera e as barras a radiação solar incidida no solo. Quando se calcula a radiação solar no topo da atmosfera, as médias são maiores pois não há nebulosidade para obstruindo a luz, diferente da incidida no solo onde há intervenções das nuvens no caminho da radiação, gerando então valores menores (PALÁCIOS et al., 2015).

## 6.2. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o município de Uberlândia - MG

Pela grande extensão do Brasil, existem diversas épocas de semeadura para diferentes regiões/município, de acordo com cada clima e cada ambiente local. De maneira geral, durante o período chuvoso, o cultivo da primeira safra na região Sul pode se iniciar no final de agosto,

desde que as temperaturas permitam. Na região Nordeste a semeadura é considerada tardia, podendo iniciarem janeiro, por fim na região Sudeste e Centro-oeste, a semeadura ocorre a partir do final de outubro (CUNHA, 2001).

Sendo assim, o zoneamento possui como objetivo identificar cada município de todos estados brasileiros, apontando quais as melhores épocas de semeadura em diferentes texturas de solos (arenoso, médio e argiloso), ciclos de cultivares (precoce, médio e tardia) e apontando os diferentes riscos climáticos de 20, 30 e 40% (MAPA, 2022).

Quando se menciona um risco de 20% nas portarias do ZARC, significa que há uma probabilidade de 20% de ocorrerem adversidades climáticas que podem afetar negativamente a produção agrícola em determinada região durante o período recomendado de plantio. Esses riscos podem incluir eventos como secas, geadas, excesso de chuvas, déficit hídrico, entre outros, que podem impactar negativamente o desenvolvimento e a produtividade (MAPA, 2023). Para riscos com maior porcentagem seguem o mesmo comentário diminuindo ainda mais as chances de acerto.

As portarias são emitidas anualmente pelo MAPA. E no ano agrícola 2022/2023 para a cultura do milho no município de Uberlândia foi estabelecido as seguintes portarias:

- Portaria SPA/MAPA nº 184 de 23/05/2022 - Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do milho 1ª safra no estado de Minas Gerais, ano-safra 2022/2023;
- Portaria SPA/MAPA nº 340, de 23/09/2022- Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do milho 2ª safra para o estado de Minas Gerais, ano safra 2022/2023;
- Portaria SPA/MAPA nº 203, DE 23/05/2022 - Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura de milho consorciado com braquiária 1ª safra no estado de Minas Gerais, ano-safra 2022/2023;
- Portaria SPA/MAPA nº 353, DE 26/09/2022- Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do milho consorciado com braquiária 2ª safra para o estado de Minas Gerais, ano safra 2022/2023.

Todas as portarias apresentam o Quadro 1, com a divisão do ano civil em decêndios, para facilitar a visualização e evitar confusões. Desse modo, o ano apresenta 36 decêndios, considerando três decêndios por mês. Ressalta-se que o terceiro decêndio do mês apresenta variação conforme o número total de dias do mês, incluindo o mês de fevereiro que apresenta menos de 30 dias e um dia a mais em anos bissextos.

**QUADRO 1.** Períodos decendiais de semeadura

Meses	Janeiro			Fevereiro			Março		
Períodos	1	2	3*	4	5	6	7	8	9
Datas	1° a 10	11 a 20	21 a 31	1° a 10	11 a 20	21 a 28(29)	1° a 10	11 a 20	21 a 31
Meses	Abril			Maio			Junho		
Períodos	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datas	1° a 10	11 a 20	21 a 30	1° a 10	11 a 20	21 a 31	1° a 10	11 a 20	21 a 30
Meses	Julho			Agosto			Setembro		
Períodos	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Datas	1° a 10	11 a 20	21 a 31	1° a 10	11 a 20	21 a 31	1° a 10	11 a 20	21 a 30
Meses	Outubro			Novembro			Dezembro		
Períodos	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Datas	1° a 10	11 a 20	21 a 31	1° a 10	11 a 20	21 a 30	1° a 10	11 a 20	21 a 31

Legenda: \*O terceiro decêndio varia conforme o mês, inclusive no mês de fevereiro em anos bissextos.

Fonte: MAPA.

Em relação as cultivares, o MAPA as divide em três grupos, sendo o primeiro com ciclo médio de 100 dias, o segundo de 120 dias e o terceiro de 140 dias, representando ciclo precoce, médio e tardio, respectivamente (Quadro 2).

**QUADRO 2.** Duração média dos ciclos das cultivares de milho e de duração das fases fenológicas para cada grupo de maturação

Grupos de maturação	Ciclo médio (Dias)	Varição de ciclo considerada (Dias)	Fase I (Dias)	Fase II (Dias)	Fase III (Dias)	Fase IV (Dias)
<b>Grupo I</b>	100	< 110	15	35	30	20
<b>Grupo II</b>	120	110 a 130	15	45	40	20
<b>Grupo III</b>	140	>130	15	55	50	20

Legenda: Fase I - Germinação/Emergência; Fase II - Crescimento/Desenvolvimento; Fase III - Florescimento/Enchimento de Grãos e Fase IV - Maturação.

FONTE: MAPA.

Cabe aqui uma ressalva, sabendo que a duração do ciclo do milho é fortemente influenciada pelo acúmulo de energia térmica, é preciso separar a duração cronológica do ciclo das plantas (tempo) do ciclo baseado em exigência térmica das cultivares (GDD) usada para classificação das cultivares. Tal fato, incide sobre o efeito pronunciado da temperatura sobre a duração temporal do ciclo das plantas em função da época de semeadura, podendo encurtar ou alongar a depender da estação de cultivo (MARQUES et al., 2014; 2015).

### 6.2.1. ZARC para 1ª safra

Em ambas as portarias de 1º safra, a janela temporal para semeadura do milho proposta pelo MAPA pouco difere para os grupos de maturação, conforme visualizados nos Quadros 3 e 4.

A Portaria SPA/MAPA nº 184 de 23/05/2022 para milho solteiro de ambos os ciclos, apresenta época de semeadura entre os decêndios 30º ao 36º para solos arenosos (solo 1) e entre 29º ao 36º para solos de textura média (solo 2) e argiloso (solo 3), independente do grupo de maturação da cultivar (Quadro 3).

**QUADRO 3.** Épocas de semeadura do milho para diferentes grupos de cultivares, solos e riscos da Portaria SPA/MAPA nº 184 de 23/05/2022

Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo I								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
30 a 36	29		29 a 36		28	29 a 36		28
Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo II								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
30 a 36	29		29 a 36	28		29 a 36		28
Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo III								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
30 a 36	29		29 a 36		28	29 a 36		28

Legenda: Grupo I (ciclo <110 dias), Grupo II (ciclo entre 110 e 130 dias), Grupo III (ciclo >130 dias). Solo 1 (textura arenosa), Solo 2 (textura média), Solo 3 (textura argilosa/muito argilosa). Risco de 20% (80% de chances no acerto da frequência do ISNA – índice de satisfação da necessidade de água pela cultura durante o ciclo da cultura), Risco de 30% (70% de chances no acerto do ISNA), Risco de 40% (60% de chances no acerto do ISNA).

FONTE: MAPA (Portaria SPA/MAPA nº 184 de 23/05/2022).

No caso do milho consorciado com braquiária, a época de semeadura na 1ª safra estabelecida pela Portaria SPA/MAPA nº 203 de 23/05/2022 não difere muito da Portaria nº 184, quando se considera o risco de 20% (Quadro 4), pois como observado a janela de decêndio se mantém entre 30 a 36° para ambos os solos e cultivares. Já para os riscos de 30% se inicia a janela um decêndio anterior (decêndio 29) para todos os tipos de solos e cultivares. Por fim, com 40% de risco se inicia no decêndio 28° para solos médio e argiloso, para ambas cultivares (Quadro 4).

**QUADRO 4.** Períodos de semeaduras do milho para diferentes grupos de cultivares, solos e riscos da Portaria SPA/MAPA nº 203 de 23/05/2022

Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo I								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
30 a 36		29	30 a 36	29	28	30 a 36	29	28
Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo II								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
30 a 36	29		30 a 36	29	28	29 a 36		28
Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo III								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
30 a 36	29		30 a 36	29	28	29 a 36		28

Legenda: Grupo I (ciclo <110 dias), Grupo II (ciclo entre 110 e 130 dias), Grupo III (ciclo >130 dias). Solo 1 (textura arenosa), Solo 2 (textura média), Solo 3 (textura argilosa/muito argilosa). Risco de 20% (80% de chances no acerto da frequência do ISNA – índice de satisfação da necessidade de água pela cultura durante o ciclo da cultura), Risco de 30% (70% de chances no acerto do ISNA), Risco de 40% (60% de chances no acerto do ISNA).

FONTE: MAPA (Portaria SPA/MAPA nº 203 de 23/05/2022).

O início da época de semeadura, possui apresenta fatores ambientais mais favoráveis, como temperaturas mais amenas, sem noites frias e precipitação pluvial no inicial e crescente, conseqüentemente, o atraso da semeadura de milho promoverá o crescimento e desenvolvimento da cultura em condições ambientais menos favoráveis, como temperaturas noturnas elevadas e veranicos, com elevada probabilidade de perda na produtividade (MARQUES, 2012). O autor observou redução de 50 kg ha<sup>-1</sup> para cada dia de atraso nas semeaduras de milho pipoca em Maringá – PR durante a safra de verão, ou seja, as melhores condições de cultivo do milho pipoca foram observadas nas semeaduras precoces (no cedo). Os resultados obtidos por Marques (2012) foram também observados por Franco et al. (2018) com milho doce.

### 6.2.2. ZARC para 2ª safra

No caso do cultivo do milho consorciado com braquiária, a Portaria SPA/MAPA nº 353 de 26/09/2022 mostra que a época de semeadura com risco de 20%, ambos ciclos (precoce e médio) e as três texturas de solo se iniciam no decêndio 36 e encerra a janela das cultivares precoces nos decêndios 3, 4 e 5 para solos de textura arenosa, média e argilosa, respectivamente. Já para cultivares de ciclo médio o fechamento da janela fica em torno dos decêndios 2 e 3 (Quadro 5). Nos casos em que se assume riscos maiores de 30% e 40% a janela se estende até os decêndios 3, 4, 5 e 6, porém não aconselhável, devido ao aumento da probabilidade de déficit hídrico para a cultura, independente da textura do solo e do ciclo da cultivar.

**QUADRO 5.** Períodos de semeaduras do milho para diferentes grupos de cultivares, solos e riscos da Portaria SPA/MAPA nº 353 de 26/09/2022

Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo I								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
36 a 3	4		36 a 4		5	36 a 5		6
Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo II								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
36 a 2		3	36 a 3			36 a 3	4	

Legenda: Grupo I (ciclo <110 dias), Grupo II (ciclo entre 110 a 130 dias), Grupo III (ciclo >130 dias). Solo 1 (textura arenosa), Solo 2 (textura média), Solo 3 (textura argilosa/muito argilosa). Risco de 20% (80% de chances no acerto da frequência do ISNA – índice de satisfação da necessidade de água pela cultura durante o ciclo da cultura), Risco de 30% (70% de chances no acerto do ISNA), Risco de 40% (60% de chances no acerto do ISNA).  
 FONTE: MAPA (Portaria SPA/MAPA nº 353 de 26/09/2022).

Por sua vez, na Portaria SPA/MAPE nº 340 de 23/09/2022 para milho solteiro na 2ª safra o MAPA estabelece para cultivares precoces o período de 36º ao 4º decêndio para solos arenosos e de 36º ao 5º para solos de textura média e argilosa, considerando-se um risco de 20%. Já no risco de 30% para o solo argiloso se mantém o mesmo decêndio do risco de 20%. E no solo arenoso um decêndio de atraso. Já nos riscos de 40% não há informação estabelecida devido altos riscos.

**QUADRO 6.** Períodos de semeaduras do milho para diferentes grupos de cultivares, solos e riscos da Portaria SPA/MAPA nº 340 de 23/09/2022

Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo I								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
36 a 4	4		36 a 5			36 a 5	6	
Períodos de Semeaduras de cultivares para o Grupo II								
Solo 1			Solo 2			Solo 3		
Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%	Risco 20%	Risco 30%	Risco 40%
36 a 2	3		36 a 3		4	36 a 4		5

Legenda: Grupo I (ciclo <110 dias), Grupo II (ciclo entre 110 e 130 dias), Grupo III (ciclo >130 dias). Solo 1 (textura arenosa), Solo 2 (textura média), Solo 3 (textura argilosa/muito argilosa). Risco de 20% (80% de chances no acerto da frequência do ISNA – índice de satisfação da necessidade de água pela cultura durante o ciclo da cultura), Risco de 30% (70% de chances no acerto do ISNA), Risco de 40% (60% de chances no acerto do ISNA).

FONTE: MAPA (Portaria SPA/MAPA nº 184 de 23/05/2022).

Em relação as cultivares, ambas as portarias mostram apenas os grupos I (precoce) e II (médio) de maturação de cultivares (Quadro 2), ou seja, as cultivares de ciclo tardio não são recomendadas para cultivo na segunda safra, independente da circunstância, pois o risco associado é elevado. Com base nos dados pluviométricos levantados de 1974 aos dias atuais (Figura 1), levando em conta o ZARC estabelecido pelo MAPA para o município de Uberlândia para a segunda safra, só é possível realizar a semeadura entre os decêndios 36º e 2º, e mesmo assim utilizando cultivares precoces, devido ao elevado risco de escassez hídrica a partir do final de março.

Em casos de semeadura após o 3º decêndio de janeiro, tanto o milho consorciado com braquiária quanto o milho solteiro podem sofrer estresse hídrico, tanto na fase vegetativa, quanto reprodutiva, o que resultará em redução da produtividade.

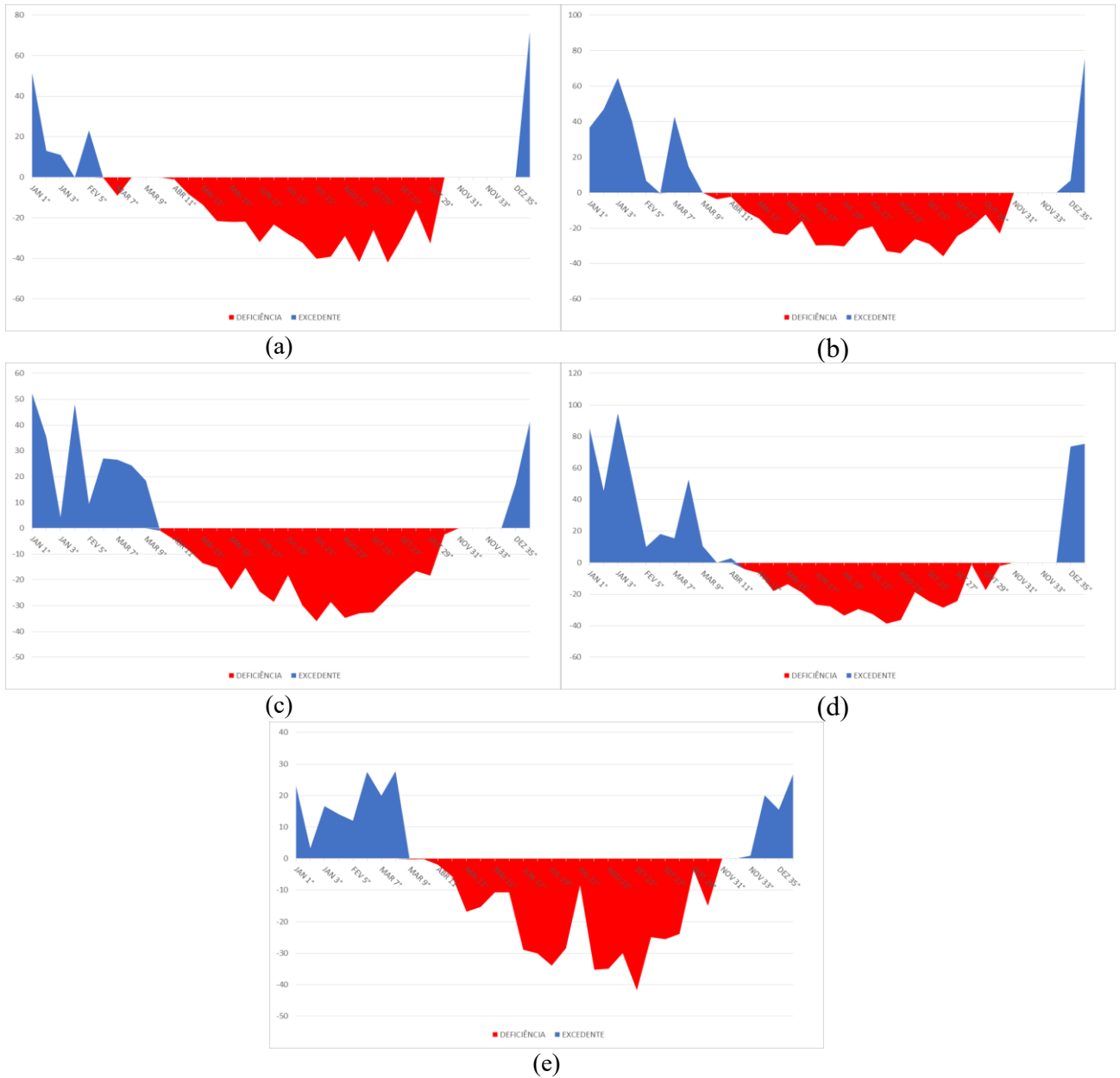
Considerando que o milho pendoa, em média, entre 55 e 65 dias após a semeadura, ou seja, se encontra na fase de fecundação, a cultura necessita de URA acima de 60% para não inviabilizar o grão de pólen. E quando se a semeadura for realizada do 3º decêndio de janeiro em diante, a umidade do ar apresenta reduzida e tornando inferior dos 60%UR no mês de abril em diante (Figura 4), ocorrendo perdas significativas na produção.



Os demais fatores como a radiação solar e temperatura se mostraram adequados às exigências da cultura para o período proposto pelo MAPA no ZARC para o município de Uberlândia – MG

### **6.3. Balanço hídrico**

Estabeleceu-se o balanço hídrico do município de Uberlândia pelo método de Thornthwaite e seguindo o roteiro proposto por Pereira; Angelocci; Sentelhas (2002). Dessa foi possível gerar os gráficos da Figura 6 subdivididos em décadas.



**FIGURA 6.** Balanço hídrico: (a) entre 1974 a 1979, (b) entre 1980 a 1989, (c) entre 1990 a 1999, (d) entre 2000 a 2009, (e) entre 2010 a 2021.

Fonte: Dados retirados no INMET, Estação Automática nº A507 (latitude: -18,91694443; longitude: -48,25555555; altitude: 874,77 m) e processados no MS-Excel.

O conhecimento do balanço hídrico permite melhor visualização dos períodos de oferta hídrica para as plantas e os períodos de escassez, incluindo suas durações. Assim é possível inferir com base na disponibilidade hídrica as melhores épocas de semeadura. No entanto, essa informação não deve ser utilizada de forma isolada, pois como já descrito há outros fatores ambientais que também influenciam fortemente na época de semeadura (MARQUES et al., 2014; 2015).

Conforme as décadas de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010, podemos visualizar que mesmo estando no período de chuvas, há a ocorrência frequente de veranicos em que a quantidade de evapotranspiração potencial se torna superior a quantidade precipitada no solo. Isso pode promover o encurtamento na janela temporal de semeadura do milho, pois a quantidade de água armazenada pode não ser suficiente para o desenvolvimento da planta.

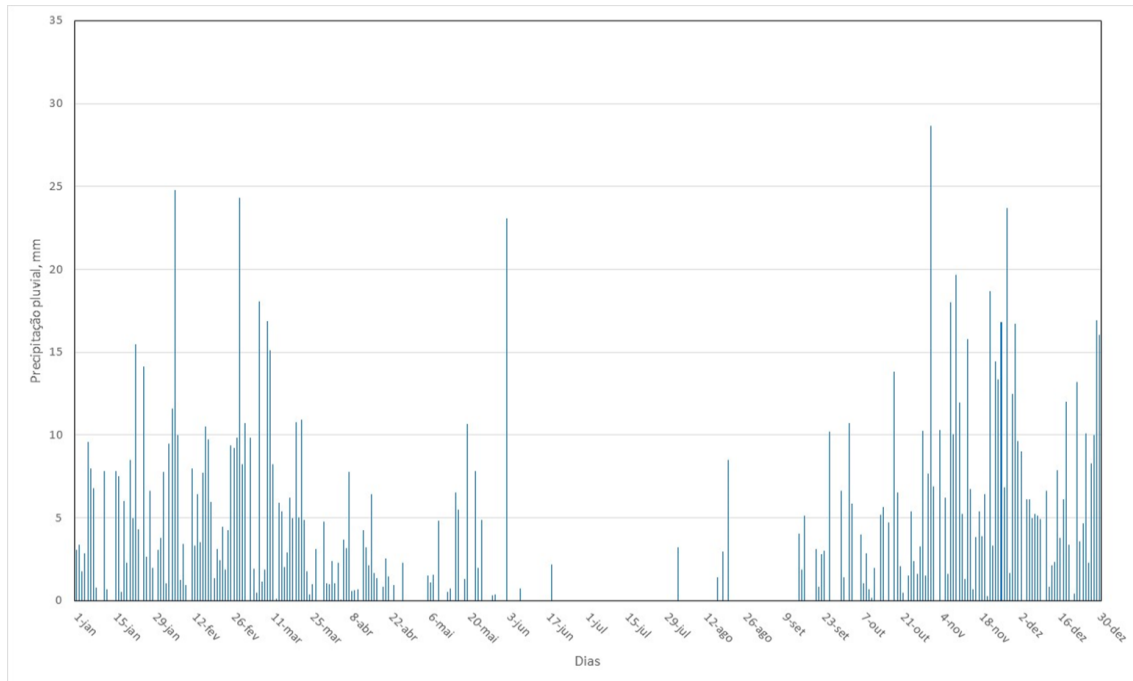
Diante disso, sugere-se iniciar a semeadura no segundo decêndio de novembro (decêndio 32) e terminar no segundo decêndio de dezembro (decêndio 35). Assim, a restrição hídrica para a cultura será menor, considerando obviamente que as demais exigências da cultura sejam satisfeitas e com risco assumido de 20%.

Por sua vez, na segunda safra, considerando o balanço hídrico de cada década (Figura 6), sugere-se a semeadura do milho entre os decêndios 36 e 3, ou seja, do terceiro decêndio de dezembro ao terceiro decêndio de janeiro, com risco assumido de 20%. Todavia, para ambas as estações de cultivo, lavouras semeadas na abertura da janela temporal apresentam melhor desempenho, pois são supridas de forma mais efetiva pelos fatores ambientais favoráveis, os quais declinam gradativamente ao longo do ciclo de cultivo.

#### **6.4. Redução hídrica dos últimos seis anos**

Pode-se visualizar um período prolongado de estiagem a partir de abril até setembro em todas as décadas analisadas (Figura 2), com ênfase a partir de 2015 em diante (Figura 7), período

em que houve evidente redução da precipitação pluvial, sobretudo entre os meses de março e setembro. Tal fato, evidencia um estreitamento das janelas temporais para realizar a semeadura da 1ª safra, sob risco de inviabilizar a semeadura da 2ª safra numa mesma área.



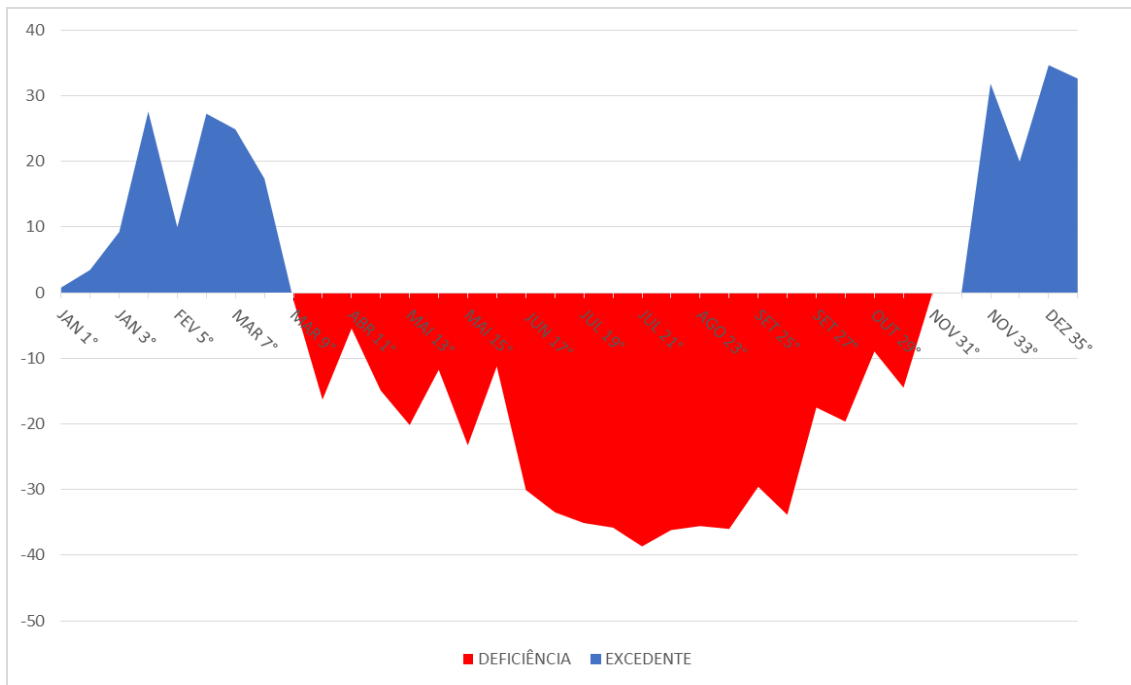
**FIGURA 7.** Precipitação pluvial média diária entre 2015 a 2021 em Uberlândia – MG.

Fonte: ANA, Estação n° 01948006 (Fazenda Letreiro; latitude: -18.9743; longitude: -48.1874 e altitude: 807m, Uberlândia – MG).

As médias de precipitação pluvial apresentadas nas Figuras 1 e 2 se mostram favoráveis ao cultivo do milho nos períodos recomendados pelo MAPA nas Portarias n° 184 e 203. Todavia, nos últimos anos observou-se redução das precipitações, conforme mostra a Figura 7. Essa informação coloca dúvida se, de fato, as épocas de semeadura para a 1ª safra poderão ser mantidas como estão, uma vez que situações de déficit hídricos poderão se manifestar ao longo do cultivo em campo.

Em relação as décadas de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010 (Figura 2) havia a possibilidade de estender a semeadura de verão até o 1º decêndio de janeiro, contudo, a partir de 2015 em

diante (Figura 7), a redução na precipitação nos meses de janeiro, fevereiro e março se tornaram restritivas ao cultivo do milho em semeaduras tardias na 1ª safra.



**FIGURA 8.** Precipitação pluviométrica média diária entre 2015 a 2021 em Uberlândia – MG.

Fonte: ANA, Estação n° 01948006 (Fazenda Letreiro; latitude: -18.9743; longitude: -48.1874 e altitude: 807m, Uberlândia – MG).

Nos últimos seis anos avaliados (Figura 8), nota-se um histórico de disponibilidade hídrica preocupante, pluviosidade onde em determinados períodos, a quantidade de evapotranspiração potencial diária do solo é maior do que a precipitação, ou seja, a capacidade de armazenagem de água do solo se diminuiu. Além disso, a volta das águas no início de novembro não se faz iniciar o plantio, pois o solo possui histórico de perdas na armazenagem que se acumulam desde março, sem reposição satisfatória das precipitações que ocorrem durante a fase de déficit hídrico.

### 6.5. Simulações de épocas de semeadura

Considerando os dados de temperaturas entre 2003 e 2021, realizou-se simulações de épocas de semeadura para ambas as safras, considerando a cultivar B2800 VYHR (Brevant Sementes). Após as datas de semeadura, adotou-se o tempo fixo de 5 (cinco) dias para emergência das plântulas, em sequência procedeu-se foi executado os somatórios dos graus dias, sendo 826 °C a necessidade térmica exigida pela cultivar para atingir o estágio de florescimento pleno ( $V_T/R_1$ ) e 1582 °C para atingir o estágio de maturidade fisiológica ( $R_6$ ).

Na 1ª safra percebe-se que há pouca variação do ciclo entre o 30º decêndio (21 a 31/outubro) e 1º decêndio (1 a 10/janeiro), podendo inferir que para o município de Uberlândia – MG, a safra de verão é mais regular devido, provavelmente, à baixa oscilação de temperaturas no período de cultivo (Figura 9). Por sua vez, para 2ª safra, as variações no ciclo são mais evidentes, sobretudo nas semeaduras tardias, ou seja, aquelas fora da época recomendada no ZARC.

Simulações na primeira safra						
Decêndio	Semeadura	Ve	Florescimento	MF		Colheita
30º	21/out	5	58	112	132	07/mar
33º	25/nov	5	59	111	131	10/abr
34º	10/dez	5	58	111	131	25/abr
35º	20/dez	5	58	111	131	05/mai
36º	31/dez	5	57	112	132	17/mai
1º	10/jan	5	57	113	133	28/mai
Simulações na segunda safra						
Decêndio	Semeadura	Ve	Florescimento	MF		Colheita
1º	01/jan	5	57	112	132	18/mai
2º	10/jan	5	57	113	133	28/mai
3º	20/jan	5	57	116	136	10/jun
4º	31/jan	5	57	119	139	24/jun
5º	10/fev	5	58	122	142	07/jul
6º	20/fev	5	58	125	145	20/jul
7º	28/fev	5	60	129	149	01/ago
8º	10/mar	5	63	132	152	14/ago
9º	20/mar	5	65	134	154	26/ago
10º	31/mar	5	68	135	155	07/set

Legenda: Foi utilizado o Híbrido B2800 VYHR (Brevant Sementes): GDU florescimento = 826 °C e GDU maturidade fisiológica = 1582 °C

**Figura 9:** Simulações de duração de ciclo da cultivar B2800 VYHR em diferentes épocas de semeadura, considerando as temperaturas máximas e mínimas no período de 2003 a 2021, para o município de Uberlândia –MG.

Isso se deve ao fato que as temperaturas durante o cultivo de 2ª safra são mais baixas, principalmente entre o outono e o inverno, favorecendo o alongamento do ciclo (Figura 9). Todavia, considerando o déficit hídrico acentuado no mesmo período (Figura 8), possivelmente, poderá haver antecipação da maturidade fisiológica, mesmo que as plantas não tenham acumulado a necessidade térmica total (MARQUES, 2012). Quando as plantas de milho estão submetidas à estresse hídrico, alguns mecanismos mitigadores da situação são acionados, como diminuição da área vegetativa, seja por enrolamento, seja por senescência, resultando em aborto flores e até redução do enchimento de grãos (MARQUES et al., 2014; 2015; FRANCO et al., 2018). Marques (2012) observou que as plantas de milho anteciparam em até 26% a duração da fase reprodutiva, finalizando o ciclo das plantas de milho pipoca com a senescência precoce, independente de ter ou não atingido a exigência térmica para maturidade fisiológica.

Considerando apenas os dados de temperaturas do ano agrícola de 2020/2021, nota-se que a situação foi similar ao observado na Figura 9 (Figura 10), portanto, mantêm-se as considerações.



Simulações na primeira safra						
Semeadura	Ve	Florescimento		MF	Colheita	
30º	21/out	5	56	109	129	27/fev
33º	25/nov	5	57	113	133	06/abr
34º	10/dez	5	57	112	132	20/abr
35º	20/dez	5	57	112	132	30/abr
36º	31/dez	5	57	112	132	11/mai
1º	10/jan	5	59	114	134	24/mai
Simulações na segunda safra						
Semeadura	Ve	Florescimento		MF	Colheita	
1º	01/jan	5	57	112	132	13/mai
2º	10/jan	5	59	114	133	23/mai
3º	20/jan	5	59	116	136	05/jun
4º	31/jan	5	59	119	139	19/jun
5º	10/fev	5	59	120	140	30/jun
6º	20/fev	5	60	122	142	12/jul
7º	28/fev	5	59	129	149	27/jul
8º	10/mar	5	60	127	147	04/ago
9º	20/mar	5	62	132	152	19/ago
10º	31/mar	5	64	134	154	01/set

Legenda: Foi utilizado o Híbrido B2800 VYHR (Brevant Sementes): GDU florescimento = 826 C° e GDU maturidade fisiológica = 1582 C°

**Figura 10:** Simulações de duração de ciclo da cultivar B2800 VYHR em diferentes épocas de sementeira, considerando as temperaturas máximas e mínimas do ano agrícola de 2020/2021, para o município de Uberlândia –MG.

## CONCLUSÕES

Assim, com base em todas as informações climáticas compiladas neste trabalho, caso não ocorra fecundação durante o intervalo de junho a outubro a umidade relativa do ar atende a cultura do milho. Já as demais variáveis meteorológicas de temperatura e radiação solar são favoráveis para o desenvolvimento da cultura do milho durante todo ano. Diante disso, os gráficos de balanço hídrico evidenciam longo déficit principalmente entre os anos de 2015 a 2021 (Figura 8), portanto para ambas as safras, conclui-se que há a necessidade de encurtar a janela de semeadura tanto no início (deslocar para o 2º decêndio de novembro), quanto no final (limitar até o 2º decêndio de fevereiro) para o município de Uberlândia - MG. Portanto, sugere-se iniciar a semeadura do milho em 1ª safra no 32º decêndio (11/novembro) e finalizar a mesma o quanto antes. E iniciar a semeadura da 2ª safra no 36º decêndio (21/dezembro) e concluir até o 4º decêndio (10/fevereiro).

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE JUNIOR, A.S.; SILVA, J. L.; FERREIRA, J.O.P.; IRENE FILHO, J. Índice de satisfação da necessidade de água do consórcio milho-braquiária. **Revista da sociedade brasileira de agrometeorologia**. Alvorada do Gurguéia, Piauí. v.25, n.1, p.199-208, ago, 2017.
- ASSAD, E.D., SANO, E.E., BEZERRA, H.S. et al. Uso de modelos numéricos de terreno na espacialização de épocas de plantio. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas**. Aplicações na Agricultura. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa Cerrados, 1998. p.311-327.
- BERGAMASCHI, H. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.39, p.831-839, 2004.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.949-956, 2001.
- BERGONCI, J.I. et al. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 35, p. 1531-1540, 2000.
- BIUDES, M.S.; CARRILHO, S.B.P.; PALÁCIOS, R.S.; PRADO, M.J.; TOCANTINS, I. Determinação do saldo de radiação em plantação de milho com imagens LANDSAT-5 TM. Universidade Federal de Mato Grosso. **Boletim de geografia**. Maringá, v. 33, n. 1, p. 41-52, jan.-abr., 2015.
- BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**. v.27, n.3, 2004.
- CANTELE, E. F. Desempenho da cultura de milho em diferentes épocas de cultivo no sudoeste paulista. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, 2009.
- CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, Mar, 2011.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). **Dados Observacionais**. CPTEC/INPE.2023.
- CIRILO, A. G.; ANDRADE, F. H. Sowing date and maize productivity. I. Crop growth and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 1039-1043, 1994a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <www.conab.gov.br.> Acesso em: 19 ago. 2022.

COSTA, R. V. et al. Manejo de doenças na cultura do milho. In: KAPPES, C. (Ed.). **Boletim de pesquisa 2017/2018: soja, algodão, milho**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 274-309, 2017.

CUNHA, G.R.; ASSAD, E.D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.377-385, 2001.

DOORENBOS, J. et al. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1986. 212 p. (FAO. Riego y Drenaje, 33).

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Descrição dos estádios fenológicos e ecofisiologia. In: Produção de feijão. Guaíba: Agropecuária, p. 33-45, 2000.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, A.C. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. **Rev. Bras. de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.33-40, 2002.

EARL, H.J.; DAVIS, R.F. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.95. n.3, p.688-696, 2003.

FAROOQ, M. et al. The role of allelopathy in agricultural pest management. **Pest Management Science**, v. 67, n. 5, p. 493-506, 2001.

FRANCO, A.A.N. et al. Effect of sowing time on the growth and yield of sweet corn (*Zea mays L.*) cultivated during fall-winter period in Subtropical climate. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 831-841, 2016.

FRANCO, A.A.N. et al. Sowing Time of Sweet Corn in Summer Season in Northwestern Paraná, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 138, 2018.

FEREIRA, C.A. et al. Conservação e determinação da viabilidade de grão de pólen de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, p. 159-173, 2007.

FERREIRA, P. S. et al. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 113-134, jul./dez. 2017.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M.J.; DUARTE, J. O. Importância do milho em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.7-12, jul./ago, 2006.

- GONÇALVES, J.R.; FARONI, L.R.D.A.; GUEDES, R.N.C. *Pyrethoid-Acarophenax lacunatus* interaction in suppressing the beetle *Rhyzopertha dominica* on stored wheat. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 26, n.1, p. 231-242, 2002.
- GUAN, Y. et al. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Seed Science Center**, Crosschecked, v. 10, n. 6, p. 427-433, apr. 2009.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção Agropecuária, IBGE, 2021.
- KLEIN, V.A. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v.40, n.7, 2010.
- KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 857-67, 2002.
- KUNZ, Jefferson Horn; et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, 2007.
- LANDAU, E.C., SANS, L.M.A.; SANTANA, D.P. Cultivo do milho: clima e solo. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistemas de produção 2. ISSN 1679-012X. Versão eletrônica. 4ª edição. Set/2008.
- MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J.C. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: EMBRAPA, 1993. p. 85-95.
- MARQUES, O.J. Época de semeadura de milho pipoca sob irrigação suplementar no Noroeste do Paraná. Universidade Estadual de Maringá (Tese de Doutorado), 2012, 136p.
- MARQUES, O.J. et al. Sowing Time of Popcorn During the Summer Harvest Under Supplemental Irrigation in a Ferralic Nitisol and Subtropical Climate. **Australian Journal of Crop Science (Online)**, v. 9, p. 413-423, 2015.
- MARQUES, O.J. et al. Sowing time of popcorn under supplementary irrigation in the second season in Parana State, Brazil. **International Journal of Food, Agriculture and Environment (Online)**, v. 12, p. 640-647, 2014.
- MENDONÇA, J. C. et al. Determinação do coeficiente cultural (Kc) fo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, Rj. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 11, n. 5, 2007.

MIEDEMA, P. The effects of Jow temperature OD *Zea mays*. **Advances in Agronomy**, p. 93-128, 1983.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), Zoneamento Agrícola. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 15/6/2023.

MINUZZI, R. B.; LOPEZ, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, n. 8, 2015.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, ed. 7, p. 376, 1987.

NASCIMENTO, W. M. Temperatura X germinação. **Seed News**, Pelotas, v. 4, n. 4, p. 44-45, jul./ago, 2000.

OLIVEIRA, E.; PINTO, N.F.J.A.; FERNANDES, F.T. **Identificação e controle de doenças na cultura do milho** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, P.157, 2008.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 28 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 202).

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção de glifosato em solos. In: **Encontro Brasileiro sobre substâncias húmicas**, 3, Santa Maria-RS. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p.235-238, 1999.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J.J. BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**. V.133, n.15, p. 1-20, 1993.

SANTOS, W. O. et al. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 19, n.4, p. 559-572, outubro-dezembro, 2014.

SILVA, D.F. et al. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do Médio Paranapanema, SP. **Rev. Bras. de Climatologia**, n. 3 ano 4, p. 101-116, 2008.

SILVA, M. A. V. et al. Época de semeadura do milho para a região de Sete Lagoas, MG, baseada na probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos. **Revista Ceres**. Viçosa – SP, v.57, n.4,2010.

SOARES, F.C. Análise de viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays* L.). Universidade Federal de Santa Maria (**Dissertação de Mestrado**), 2010, 114p.

TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in maize: a review. **Maydica**, Bergamo, v. 22, p. 49-75, 1977.