
Condições climáticas como ferramenta de planejamento agrícola e urbano, o caso do município de Rio Verde, Goiás

Climatic conditions as tools for agricultural and urban planning: the case of Rio Verde, Goiás, Brazil

Patrícia Alves Leão de Castro¹, Gilmar Oliveira Santos²

RESUMO: O conhecimento das condições climáticas de uma região propicia ao planejamento agrícola e urbano melhorias na tomada das decisões das atividades relacionadas aos setores, de maneira a reduzir os riscos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização climática do município de Rio Verde, Goiás, como instrumento de auxílio ao planejamento agrícola e urbano. Utilizou dados da estação meteorológica convencional principal de Rio Verde disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia de 1972 a 2017. O município se caracterizou com temperatura do ar de $23,6 \pm 6,0$ °C, umidade relativa do ar de $66,3 \pm 13,6\%$, velocidade do vento de $1,4 \pm 0,8$ m s⁻¹, radiação solar de $17,3 \pm 4,7$ MJ m⁻² dia⁻¹ e brilho solar de $6,1 \pm 3,0$ h. O volume total de precipitação é de 1.611 ± 180 mm ano⁻¹, concentrando nos meses de novembro a março (76%), e agosto é o mês mais crítico. A evapotranspiração de referência é de $3,8 \pm 0,9$ mm dia⁻¹. O município possui seis meses com deficiência hídrica e seis meses chuvosos. A precipitação é um fator limitante à produção agrícola em função da má distribuição espacial e temporal. O uso de sistemas de irrigação, a conservação da palhada no solo e a utilização de plantas de coberturas entressafra consistem em algumas alternativas para amenizar os efeitos dos riscos climáticos. Na área urbana, a preocupação é com os casos de enchentes, queimadas e de doenças respiratórias e transmissíveis por mosquitos, em diferentes épocas do ano. A partir deste estudo, é possível definir melhores estratégias de iniciativa pública e/ou privada para planejamento das atividades e projetos agrícolas e ambientais mais eficazes.

Palavras-chave: Agricultura. Meteorologia. Radiação solar. Temperatura do ar. Umidade do ar.

ABSTRACT: Data on the climatic conditions of a region provide improvements in decision-making for activities related to the sectors, for agricultural and urban planning, to reduce risks. Current paper undertakes the climatic characterization of the municipality of Rio Verde GO Brazil, as a tool for agricultural and urban planning. Data were retrieved from the main conventional weather station in Rio Verde provided by the National Institute of Meteorology between 1972 and 2017. The municipality's characteristics comprised air temperature at 23.6 ± 6.0 °C, relative humidity at $66.3 \pm 13.6\%$, wind speed at 1.4 ± 0.8 m s⁻¹, solar radiation at 17.3 ± 4.7 MJ m⁻² day⁻¹ and solar brightness at 6.1 ± 3.0 h. Total precipitation volume is $1,611 \pm 180$ mm/year⁻¹, with concentrations during November to March (76%). August is the most critical month. The reference evapotranspiration is 3.8 ± 0.9 mm day⁻¹. The municipality is characterized by six months with water deficiency and six rainy months. Precipitation is a limiting factor to agricultural production due to poor spatial and temporal distribution. The use of irrigation systems, the conservation of straw on the ground and the use of off-season cover plants are alternatives that mitigate the effects of climatic risks. Concern in the urban region lies with floods, fires and respiratory diseases, transmissible by mosquitoes, at different times of the year. Current study may define better strategies for public and/or private initiative in planning more effective agricultural and environmental activities and projects.

Keywords: Agriculture. Air humidity. Air temperature. Meteorology. Solar radiation.

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PPG) da Universidade de Rio Verde (UniRV), Rio Verde (GO), Brasil.

² Docente permanente do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PPG) da Universidade de Rio Verde (UniRV), Rio Verde (GO), Brasil.

Autor correspondente:
Gilmar Oliveira Santos: gilmar@unirv.edu.br

Recebido em: 22/01/2020
Aceito em: 04/09/2020

INTRODUÇÃO

O município carece de um estudo climatológico atualizado e específico, que subsidie estratégias de planejamento na área agrícola e urbana. Atualmente, os dados climatológicos disponíveis na literatura para o município de Rio Verde se baseiam em Goiás (2006) e Goiás (2009), que abordam dados climáticos no período 1961-1990, e Cardoso *et al.* (2014) no período de 1989-1998, o que justifica uma atualização das informações climatológicas.

Os elementos meteorológicos são variáveis ao longo do tempo. Por isso, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) estabelece que essa compreensão seja baseada por meio de médias climatológicas para períodos de no mínimo trinta anos de observação, assegurando os efeitos adversos de anos atípicos.

Segundo Pohlmann e Lazzari (2018) a temperatura do ar é um exemplo, e isso se dá pela influência com distância dos corpos hídricos, radiação incidente local, relevo, ventos predominantes e correntes oceânicas. De acordo com Santos e Fisch (2016) e Silveira *et al.* (2016) há um cenário futuro para aumento da precipitação e da temperatura do ar (3,6 °C) e, conseqüentemente, perdas econômicas equivalentes a 3% devido aos impactos das mudanças climáticas globais. Para Guimarães e Igari (2019) a agropecuária poderá ser o setor mais afetado pelas alterações climáticas, com projeção de queda de produção de 2,5 a 4,5%.

Existe uma demanda crescente por informações locais da radiação solar para aplicações em simulações de crescimento de plantas (planejamento agropecuário), sistemas alternativos de produção de energia, conservação de alimentos, construções e ambiência e modelos de transferência solo-vegetação-atmosfera (SOUZA; ESCOPEBEDO, 2013).

Embora a temperatura do ar e o brilho solar sejam fatores limitantes para o desenvolvimento vegetal, do ponto de vista quantitativo e qualitativo, a radiação solar é essencial para o desenvolvimento e o crescimento vegetal, realizado pelos processos fotomorfogenéticos e fotossintéticos (SILVA *et al.*, 2016).

A fonte de energia da fotossíntese e da evapotranspiração é a radiação solar, que é originada pela radiação direta, que não interatuou com a atmosfera; e a radiação difusa, que interagiu e foi remetida, nos dias nublados, por exemplo, toda a radiação global é difusa (MONTEIRO, 2009).

O município de Rio Verde, Sudoeste do Estado de Goiás, é o maior produtor de grãos do Estado (PRADO; SANTOS, 2017). As condições edafoclimáticas e os manejos culturais adotados durante o ciclo das culturas têm contribuído para o aumento da produtividade.

A atualização na caracterização climática da região auxiliará ainda na criação de um zoneamento agrícola para diversas culturas, norteador ações de planejamento na produção agrícola, possibilitando maior rentabilidade dos cultivos (MATOS *et al.*, 2015). Diante do

exposto, fazem-se necessários novos estudos climáticos para o município de Rio Verde devido às mudanças climáticas que têm ocorrido nas últimas décadas.

Segundo Castro e Nogueira (2019) as ações de mitigação global são primordiais para a prevenção de danos econômicos e para prevenção de danos irreversíveis ao meio ambiente. Caso nada seja feito, uma das formas de adaptação para o setor agrícola é o desenvolvimento de culturas resistentes às secas e diversificação da produção agrícola para reduzir riscos climáticos.

A caracterização climática de Rio Verde (1972-2017) irá propiciar à sociedade local conhecer melhor o clima da região, assim como, compreender os extremos quando os mesmos ocorrem. As informações auxiliarão ainda no planejamento e na tomada de decisão ao setor público e privado, urbano e rural e em diversas áreas do conhecimento que envolva dados meteorológicos. Assim, o objetivo deste trabalho, foi realizar a caracterização climática do município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento agrícola e urbano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no município de Rio Verde, região do Sudoeste Goiano, entre as coordenadas 17°16'S e 51°42'W e 18°09'S e 50°22'W. Os dados meteorológicos foram obtidos da Estação Meteorológica Convencional de Rio Verde (OMM: 83470; Figura 1) que está localizada na coordenada 17°48'S e 50°55'W a 774,62 m de altitude, no campus da Universidade de Rio Verde (UniRV) em parceria com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os elementos meteorológicos foram fornecidos pelo INMET do período de 1972 a 2017 com exceção dos anos de 1975, 1978, 1979 e de 1991 a 1996, que não foram contabilizados por indisponibilidade de dados, compreendendo assim 37 anos.

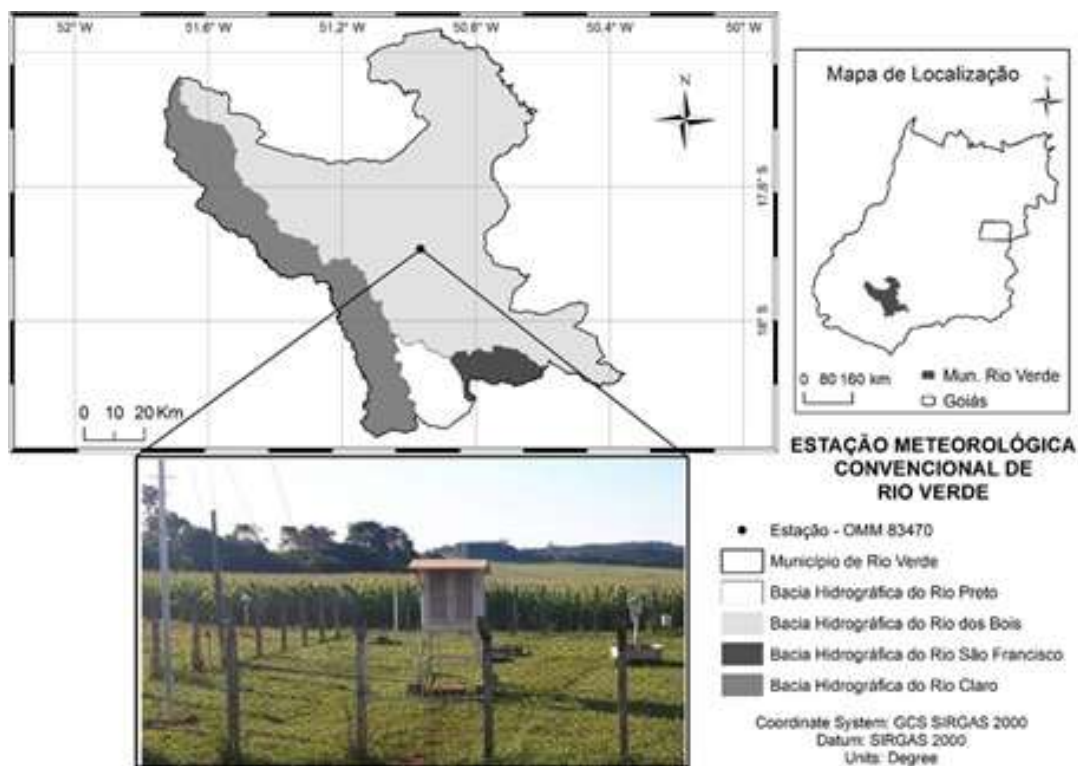


Figura 1. Localização da estação meteorológica convencional de Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

Foram coletados e disponibilizados dados de: temperatura mínima, média e máxima do ar por meio do termômetro líquido de vidro com precisão de 0,1 °C; umidade relativa média do ar por meio do psicrômetro com precisão de 3%; velocidade do vento a 10 m de altura e posteriormente convertida para 2 m de altura (Equação 1) por meio do anemômetro de caneca com precisão de 3%; brilho solar por meio do heliógrafo com precisão de 0,1 h e precipitação através do pluviômetro tipo *Ville de Paris* em aço inox com precisão de 0,1 mm. A interpretação dos resultados foi através da frequência de ocorrência de gráficos de boxplot.

$$U_2 = V \frac{4,87}{\ln(67,8 \cdot Z - 5,42)} \quad \text{Eq. 1}$$

U_2 = Velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1});

V = Velocidade do vento a altura diferente de 2 (m s^{-1});

Z = Altura do sensor de velocidade do vento (m).

A radiação solar (Equação 2) e a evapotranspiração de referência pelo modelo de Penman-Monteith (Equação 3) foram estimadas de acordo com Allen *et al.* (1998).

$$R_s = 0,25 + \left[0,5 \cdot \left(\frac{n}{N} \right) \cdot R_a \right] \quad \text{Eq. 2}$$

R_s = Radiação solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

n = Brilho solar (h);

N = Insolação (h);

R_a = Radiação extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{(T_{\text{méd}} + 273)} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad \text{Eq. 3}$$

ET_o = Evapotranspiração potencial ou de referência (mm dia^{-1});

Δ = Inclinação da curva de pressão de saturação de vapor ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$);

R_n = Radiação líquida ($\text{MJm}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

G = Fluxo de calor do solo ($\text{MJm}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

γ = Gama ou constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$);

$T_{\text{méd}}$ = Temperatura média ($^\circ\text{C}$);

U_2 = Velocidade do vento a 2 m de altura do solo (m s^{-1});

e_s = Pressão de saturação de vapor média (kPa);

e_a = Pressão de saturação no ponto de orvalho (kPa).

O balanço hídrico climatológico normal foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) conforme apresentado por Pereira *et al.* (2002), considerando a capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TEMPERATURA DO AR

A média de temperatura máxima, mínima e média do ar anual para o município de Rio Verde foi de $29,6 \pm 2,2$ $^\circ\text{C}$, $17,7 \pm 2,3$ $^\circ\text{C}$ e $23,6 \pm 6,0$ $^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 2).

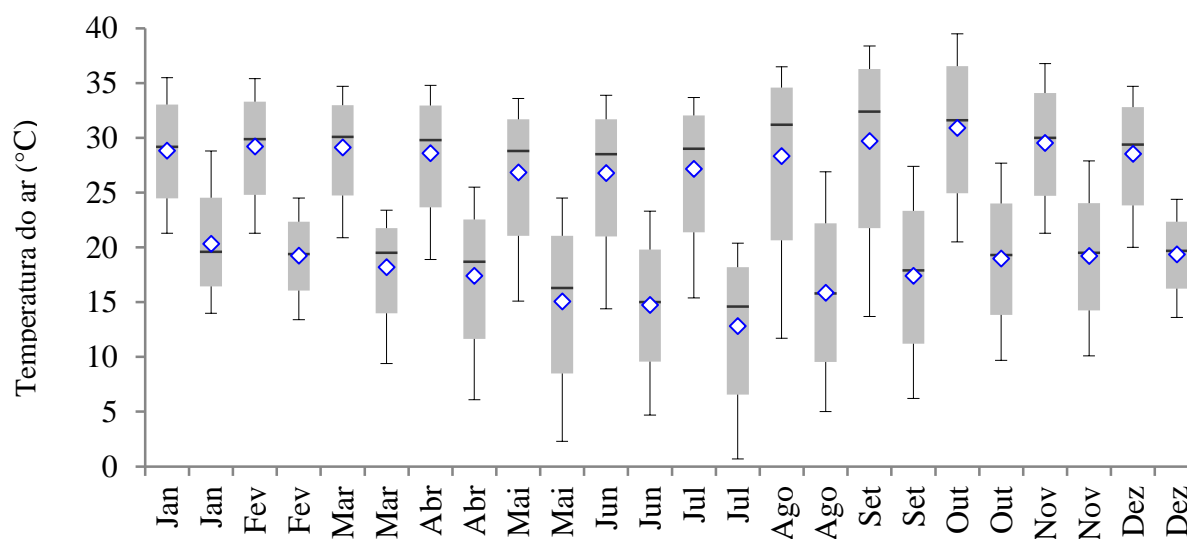


Figura 2. Temperatura do ar máxima e mínima mensal, respectivamente, ao longo do ano para o município de Rio Verde, Goiás.

O município se caracterizou na primavera, verão, outono e inverno com temperatura do ar média de $24,7 \pm 5,5$ °C, $24,4 \pm 5,1$ °C, $22,4 \pm 6,0$ °C e $23,1 \pm 7,3$ °C, respectivamente. O inverno foi a estação que apresentou maior variação da temperatura devido ao efeito continentalidade. Na média histórica (1972 a 2017), a temperatura média do ar foi inferior a 25 °C, dentro dos padrões apresentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que considera como temperatura ideal para o conforto térmico de 23 a 26 °C.

O aumento das temperaturas do ar na primavera e verão ocorre devido à elevação da incidência de radiação solar no Hemisfério Sul ocasionado pelo alinhamento do Trópico de Capricórnio ($23^{\circ}27'S$) com o centro do sistema solar que acontece aproximadamente no dia 21 de dezembro. Esse movimento é conhecido como solstício de verão.

O período de três meses que antecede e sucede a data referida acontece gradativamente o aumento e a redução de incidência solar em municípios localizados no Hemisfério Sul.

A temperatura máxima do ar já registrada em Rio Verde foi de 40,1 °C no dia 04 de outubro de 2020 e a temperatura mínima foi de 0,7 °C registrada no dia 18 de julho de 2000. A redução da temperatura no outono e inverno é ocasionada pela redução da intensidade de radiação solar incidente no Hemisfério Sul. Aproximadamente no dia 21 de junho, o Trópico de Câncer ($23^{\circ}27'$) está alinhado ao centro do sistema solar, ocasionando menor incidência de radiação solar nos municípios localizados no Hemisfério Sul e, conseqüentemente, menores temperaturas. Esse movimento é conhecido como solstício de inverno.

A variação da temperatura do ar média diária é superior a 10 °C, o que pode propiciar o desenvolvimento de doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como as virais e bacterianas, aos seres humanos, e a proliferação de insetos.

As condições meteorológicas de temperatura do ar no município de Rio Verde são favoráveis para o desenvolvimento das culturas de safra e entressafra (MONTEIRO, 2009), como soja, milho, feijão, algodão e girassol (20 a 30 °C) e culturas perenes, como a banana (15 a 35 °C), o citros (25 a 30 °C) e as forrageiras (25 a 35 °C), desde que cultivadas dentro do zoneamento agrícola de riscos climáticos.

3.2 UMIDADE RELATIVA DO AR

A umidade relativa do ar média anual para o município de Rio Verde, é de $66,3 \pm 13,6\%$, porém, no período de estiagem, pode reduzir a $\approx 8\%$, no inverno. A umidade relativa do ar é decrescente de janeiro a agosto (Figura 3) em consequência da redução gradativa do volume de precipitação e aumento da radiação solar direta (céu limpo) nesse período.

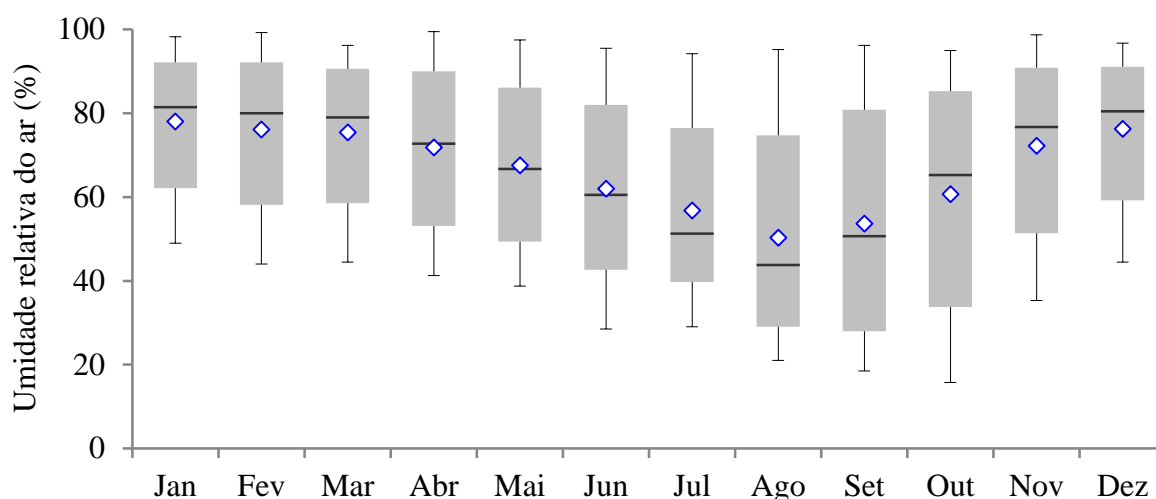


Figura 3. Umidade relativa do ar ao longo do ano para o município de Rio Verde, Goiás.

Os valores médios de umidade relativa do ar na primavera, verão, outono e inverno são de $78,8 \pm 10,8\%$, $67,5 \pm 11,9\%$, $50,8 \pm 10,1\%$ e $72,3 \pm 7,2\%$, respectivamente. O aumento médio da umidade relativa do ar ocorre com a retomada do período chuvoso que se inicia no mês de setembro, sendo crescente até o mês de janeiro e se mantendo até março. Há registros de umidade relativa do ar abaixo de 10% em dias aleatórios nos meses de julho, agosto e setembro.

Devido às baixas temperaturas médias ($< 17,7\text{ }^\circ\text{C}$), e alta umidade relativa do ar ($\approx 50\%$) e a redução da precipitação ($< 10\text{ mm mês}^{-1}$), no final do outono e início do inverno, ocorre a formação mais intensa do orvalho, porém, nesse mesmo período há um crescente número de casos de queimadas em toda a região, de forma a se intensificar no mês de agosto.

Na área agrícola, as principais doenças de plantas (*Colletotrichum lindemuthianum* - Antracnose, *Cercosporazeae-maydis* - Cercosporiose, *Phakopsorapa chuyrhizi* - Ferrugem asiática, *Isariopsis griseola* - Mancha angular) estão relacionadas também à baixa temperatura ($< 25\text{ }^\circ\text{C}$) e à elevada umidade relativa do ar ($> 90\%$), sendo comum a ocorrência de culturas cultivadas na primavera-verão. A umidade do ar é um dos elementos fundamentais para a distribuição geográfica de plantas e fungos, interferindo no crescimento, reprodução e dispersão, tanto do patógeno quanto do hospedeiro.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) valores de umidade abaixo de 40% já se tornam preocupantes e podem acarretar problemas à saúde pública, sendo 60% o valor ideal. Valores acima de 70% podem gerar desconforto pela dificuldade de suar. A umidade possui influência negativa e positiva na saúde (CRUZ *et al.*, 2016), que quando baixa ($< 30\%$) promove prejuízos e quando mais amena (50-60%) assume papel terapêutico.

3.3 VELOCIDADE DO VENTO

A velocidade do vento média anual no município é de $1,4 \pm 0,8\text{ ms}^{-1}$, com variação média de calmaria ($< 1,8\text{ m s}^{-1}$) a brisa amena ($1,8\text{ a }3,3\text{ m s}^{-1}$). Nos períodos mais quentes

(primavera e verão) há moderado aumento médio da velocidade do vento (Figura 4) devido aos aquecimentos localizados que resultam em precipitação na região.

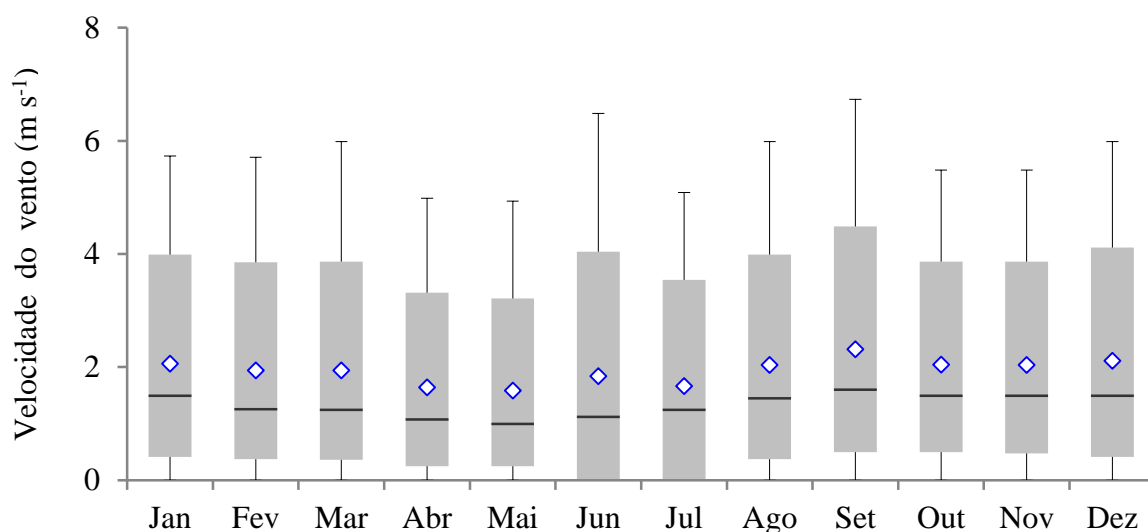


Figura 4. Velocidade do vento ao longo do ano para o município de Rio Verde, Goiás.

Os valores médios de velocidade do vento na primavera, verão, outono e inverno são de $1,7 \pm 0,8 \text{ m s}^{-1}$, $1,4 \pm 0,7 \text{ m s}^{-1}$, $1,1 \pm 0,7 \text{ m s}^{-1}$ e $1,4 \pm 0,7 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente. A predominância dos ventos nos períodos mais quentes (primavera e verão) está em função da variação temporal de um dia. Devido ao efeito continentalidade, em condições normais, pode ocorrer excesso de calor ao longo do dia, com precipitações à tarde ou à noite, seguidas de brusca queda de temperatura do ar, podendo chegar a $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, em casos extremos.

Os ventos também são influenciados pela variação da pressão atmosférica e pelas diferentes densidades dos mesmos. Ventos mais frios tendem a ser mais densos, enquanto ventos mais quentes tendem a ser menos densos. Essa troca de densidade, propicia o movimento dos ventos de forma descendente para os ventos mais frios e movimentos ascendentes para o ar mais quente. Nos meses de junho e julho há maior ocorrência de parte do dia sem vento em relação aos demais.

Em ambientes urbanos, o vento torna-se agente de desconforto aos habitantes, pois altera o vestuário e influencia a forma como o saldo de radiação é empregado nos diferentes processos associados à incidência de radiação solar, de tal forma a modificar os mecanismos de troca de calor do corpo com o ambiente (GLOBO *et al.*, 2017). A queda de árvores e objetos em função do ganho de velocidade em áreas descampadas ou até mesmo pela formação de redemoinhos são comuns na primavera e no verão, período de maior ocorrência de troca de temperatura e umidade na atmosfera, principalmente quando ocorrem as primeiras precipitações.

Nas plantas, sua influência negativa ou positiva é dependente de sua velocidade (MONTEIRO, 2009). Em velocidades baixas a moderadas ($2 \text{ a } 8 \text{ m s}^{-1}$), o vento auxilia a renovar o suprimento de dióxido de carbono (CO_2) e na preservação da transpiração das plantas;

já em velocidades intensas ($> 8 \text{ m s}^{-1}$), o vento é responsável pela elevação da transpiração das plantas, ocasionando o fechamento dos estômatos, a diminuição das folhas e da área foliar, assim pode ocasionar a queda súbita da fotossíntese ou até danos mecânicos, como acamamento de algumas plantas, quebra de galhos e troncos e queda das folhas (PEREIRA *et al.*, 2002).

3.4 RADIAÇÃO E BRILHO SOLAR

Houve comportamento heterogêneo em relação à radiação solar e ao brilho solar, exceto para o mês de julho, novembro, dezembro e janeiro (Figura 5). Esse fato pode ser explicado devido ao heliógrafo não discriminar as nuvens por seu grau de opacidade, o que interfere na radiação solar, em dias nebulosos em que há um grande aumento da dispersão dos pontos entre o brilho solar e a radiação solar quantificado em uma mesma amplitude de valores. A radiação solar média diária para o município de Rio Verde é de $17,3 \pm 3,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e o brilho solar de $6,1 \pm 3,0 \text{ h}$.

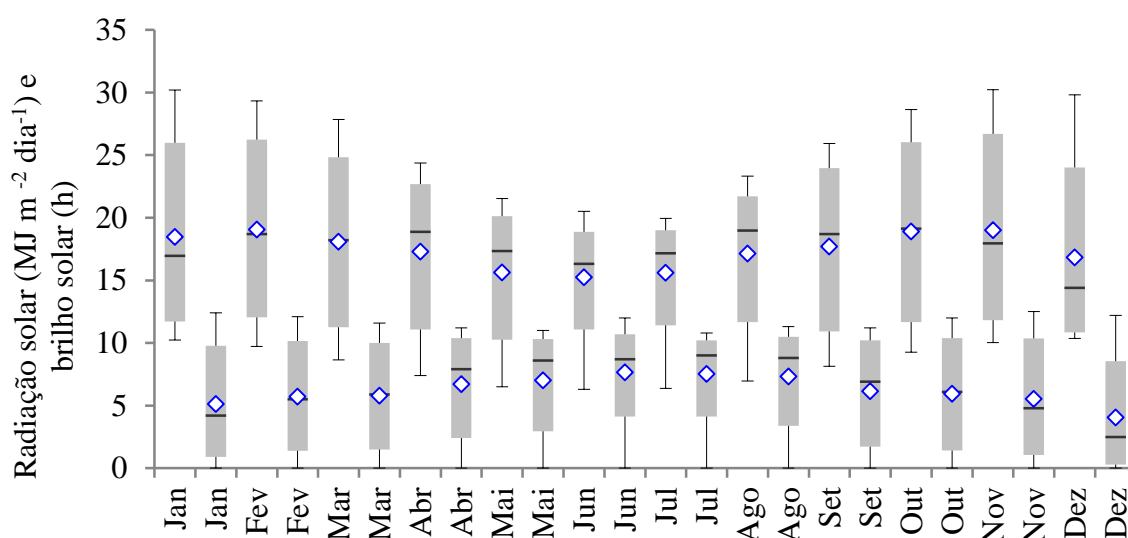


Figura 5. Radiação solar e brilho solar mensal, respectivamente, ao longo do ano para o município de Rio Verde, Goiás.

Os valores médios de radiação solar e brilho solar na primavera, verão, outono e inverno foram de $17,3 \pm 4,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, $18,1 \pm 4,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, $16,6 \pm 3,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $17,1 \pm 3,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $4,1 \pm 3,0 \text{ h}$, $5,3 \pm 2,9 \text{ h}$, $6,9 \pm 2,7 \text{ h}$, $7,3 \pm 2,4 \text{ h}$, respectivamente.

Mesmo em dias de céu limpo, causado pela diminuição do período chuvoso, houve redução gradativa da radiação durante o outono e o aumento durante o inverno. Isso ocorre devido ao movimento de translação da Terra (solstício e equinócio) que reduz ou aumenta a intensidade de radiação sobre a superfície terrestre devido ao distanciamento da Terra em relação ao solo (periélio ou afélio).

Na primavera e verão, a ocorrência de dias nublados inibe o crescimento médio da intensidade de radiação solar na região devido à dispersão da mesma pelas nuvens. Nessa época,

há a predominância da radiação difusa, porém as poucas horas de brilho solar são suficientes para manter os níveis de radiação solar próximo de $17,7 \pm 4,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

A radiação é homogênea em superfícies urbanas e rurais, porém, o ganho de calor é maior na urbana por absorver a radiação solar, já na superfície rural, com maior incidência de área verde, a radiação é minimizada pela temperatura do ar amena e aumento da umidade pelo processo de evapotranspiração, impedindo a radiação, em sua maior parte, de atingir o solo e consequentemente causar o aquecimento localizado, conforme apresentado por Pohlmann e Lazzari (2018).

A quantificação de calor na cidade é intensificada com as construções prediais que aumentam a área que recebe o brilho solar, aquecendo, propiciando um ganho e conservação da temperatura por horas.

O brilho solar apresenta crescimento gradativo do mês de janeiro a julho, consequentemente, redução do volume médio mensal de precipitação e ao contrário ocorre de julho a dezembro. Nesse período, ocorre a redução de nuvens devido ao período de estiagem e, consequentemente, dias com céu limpo que propicia mais horas de brilho solar.

Do verão ao outono, há o aumento de dias de céu limpo, no entanto, o distanciamento da Terra em relação ao Sol reduz a intensidade da radiação e sendo o inverso no inverno ao verão. Segundo Monteiro (2009) a redução do número de horas de brilho solar, que ocorre de forma natural, acarreta o retardamento do crescimento vegetal e pode resultar, de modo geral, na produção de frutos menores e de má qualidade.

Culturas de metabolismo C_4 são mais dependentes do brilho e de radiação solar, assim como a soja e o milho, principais culturas cultivadas no município. Demais culturas, como por exemplo o algodão, são neutras em relação ao brilho solar, sendo que o seu desenvolvimento é determinado pela temperatura.

3.5 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

No município de Rio Verde há precipitação (P) média anual de $1.611 \pm 180 \text{ mm}$. O volume máximo e mínimo já registrado no município foi de 2.230 mm no ano de 2000 e 1.168 mm no ano de 1999, respectivamente. Do precipitado médio, $1.240 \pm 170 \text{ mm ano}^{-1}$ (77%) concentra-se de novembro a março (Figura 6).

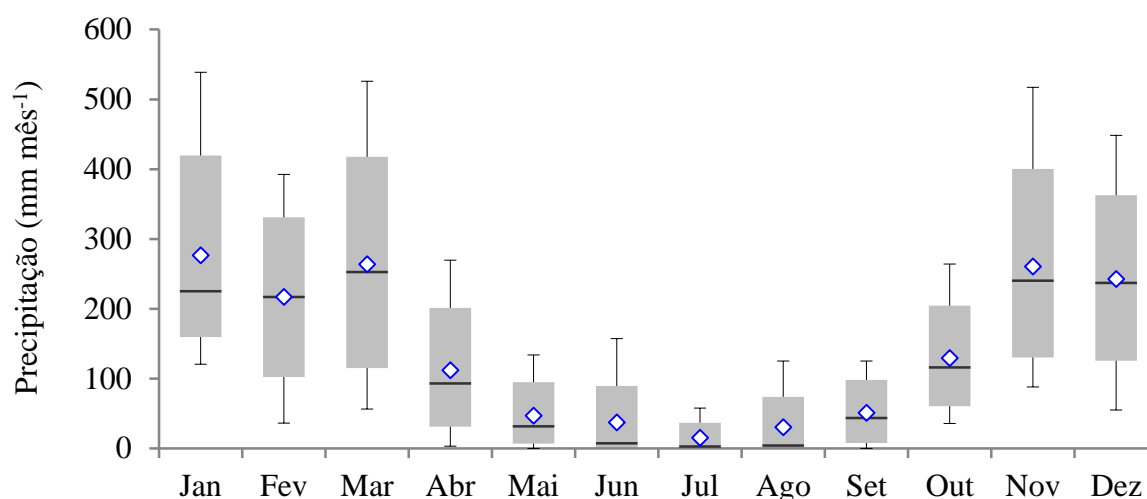


Figura 6. Precipitação pluviométrica mensal ao longo do ano para o município de Rio Verde, Goiás.

O verão é a estação do ano mais chuvosa, com $900,6 \pm 147,2$ mm (55,9%) do total anual. O outono é a estação do ano com volume de precipitação médio decrescente, sendo o inverno a estação mais crítica. A retomada das precipitações acontece com maior frequência no início da primavera.

Historicamente, o mês mais seco do ano é julho, com volume médio de precipitação de $9,9 \pm 11,4$ mm. O município de Rio Verde se caracteriza com 93 ± 25 dias sem precipitação. É válido ressaltar que se considera precipitação quando o volume coletado é superior a 10 mm, volume suficiente para assegurar as perdas (evaporação, interceptação e molhamento do solo) e chegar até o sistema radicular.

O início do período de estiagem é variável entre os dias de 24/05 a 17/06 e se finda entre os dias 23/08 a 11/10 com a retomada das precipitações. Os intervalos extremos de dias sem precipitação variam de 42 a 153 dias, sendo o ano mais crítico analisado de 2008 com 153 dias sem precipitação, tendo início em 03/05 e se estendendo até 02/10.

O aumento no número de dias consecutivos sem precipitação tem comprometido o cultivo de safra e safrinha em alguns anos. O início das precipitações tem ocorrido na segunda quinzena de outubro e interrompida na primeira quinzena do mês de abril. Os casos de veranicos estão associados ao desmatamento, poluição atmosférica, incêndios florestais e fenômenos adversos do clima.

Com o término do inverno e a chegada da primavera ocorre a troca de massas de ar (frio/quente) propiciando o crescimento gradativo da transferência de água para a atmosfera que resulta na formação de nuvens e retomada gradativa do período de precipitações na região.

Para os dias com precipitação, houve elevação dos índices de umidade e diminuição da temperatura devido à inibição da radiação solar pelas nuvens e a intensificação da evapotranspiração ocasionada pelo aumento da precipitação e a diminuição da pressão atmosférica que interfere nas entradas de massa de ar.

Nos períodos de escassez hídrica, a seca leva as plantas ao fechamento dos estômatos, fixando menos dióxido de carbono, o que afeta a fotossíntese de forma negativa e, nos períodos

chuvosos, o excesso de água reduz a oxigenação dos solos, diminuindo a absorção de água e nutrientes e a atividade radicular das plantas, ambos os períodos levam à diminuição da produtividade das culturas (MONTEIRO, 2009).

Em todo o período avaliado, houve o registro de apenas 8 dias com volume de precipitação acima dos 100 mm, sendo os mais críticos 12/03/2000 (137,2 mm), 17/12/2000 (133,6 mm) e 05/02/2017 (129,1 mm). Precipitações intensas associadas à impermeabilidade do solo e à poluição causam problemas drásticos à saúde humana e à sociedade, sendo mais frequente a proliferação de doenças, com dengue, e demais vetores e enchentes.

A cultura da soja é cultivada no mesmo período de maior volume de precipitação na região. Quando a precipitação ocorre de forma bem distribuída há um ganho de produtividade, entretanto, quando ocorre concentração do volume precipitado, causando alagamento do solo, pode ocorrer redução da fixação biológica de nitrogênio, com reflexos na qualidade dos grãos e na produtividade (MONTEIRO, 2009). Quando ocorre precipitação na colheita, dificulta o tráfego de máquinas e impede que os grãos atinjam a umidade ideal do ponto de colheita, causando redução da produtividade.

A cultura do milho é cultivada no município de Rio Verde como safrinha, com concentração do plantio nos meses de fevereiro e março (período chuvoso). Parte das culturas entressafra (sorgo e feijão, principalmente) é cultivada no município e são de ciclos curtos ou cultivadas sob sistemas de irrigação. Baixos volumes de precipitação, inferior a evapotranspiração da cultura, restringe o desenvolvimento das culturas, afetando diretamente o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das mesmas e, conseqüentemente, menor produtividade.

3.6 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

A evapotranspiração de referência (ET_o) média para o município de Rio Verde é de 3,8 ± 0,9 mm dia⁻¹ variando os valores médios de 2,9 mm dia⁻¹ no mês de junho a 4,5 mm dia⁻¹ no mês de outubro (Figura 7). As datas correspondem aos meses de menor e maior intensidade de radiação solar na atmosfera, parâmetros que correspondem a 80% da influência da evapotranspiração de água para a atmosfera.

Os valores médios de evapotranspiração de referência na primavera, verão, outono e inverno são de 4,0 ± 1,0 mm dia⁻¹, 3,8 ± 0,9 mm dia⁻¹, 3,4 ± 0,7 mm dia⁻¹ e 4,0 ± 1,0 mm dia⁻¹, respectivamente.

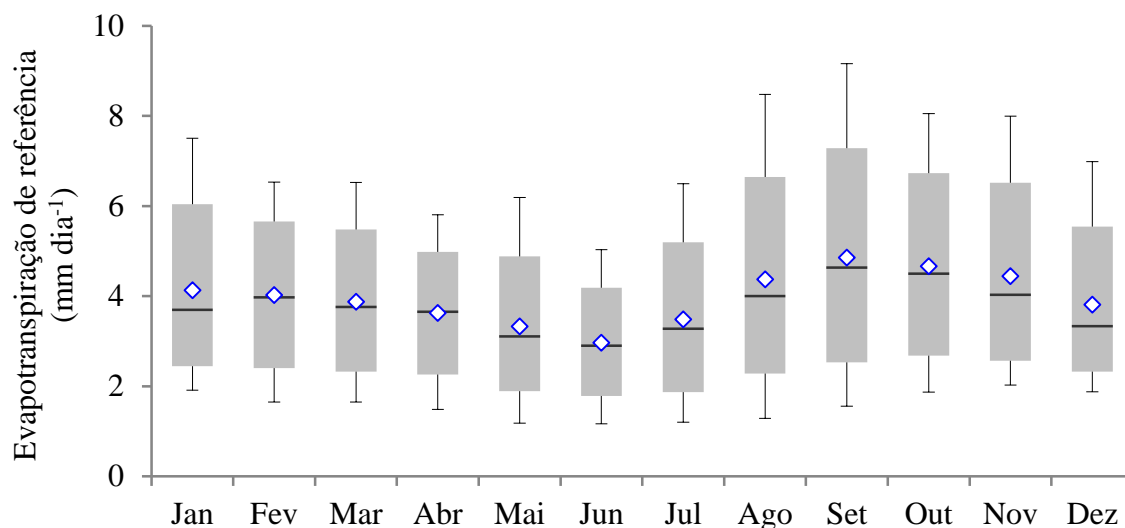


Figura 7. Evapotranspiração de referência mensal ao longo do ano para o município de Rio Verde, Goiás.

Cruz *et al.* (2017), comparando métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para o município de Rio Verde, observaram que para o período de 2005 a 2015, pelo método padrão Penman-Monteith, foi de 3,6 mm dia⁻¹.

A crescente demanda de água, associada às restrições dos recursos hídricos, desperdício, escassez e os conflitos entre usos e usuários, requerem um planejamento eficiente e aprimorado do uso da água (SOUZA *et al.*, 2013). A maior parte do desperdício da água é pela falta de gestão na irrigação, uso no qual há o maior consumo hídrico.

A estimativa da evapotranspiração máxima do cultivo (ET_m) é indispensável para determinar a lâmina de água a ser aplicada, sem comprometer os incrementos da produtividade agrícola, otimizando o uso dos recursos hídricos, da energia elétrica e dos equipamentos necessários (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Segundo Castro *et al.* (2019), com a gestão da água na agricultura, a disponibilidade hídrica pode ser aumentada nos corpos hídricos, caracterizando-se como uma ferramenta para a gestão da água com o uso racional dos recursos hídricos.

A ET_m é determinada pelo produto entre o coeficiente de cultivo (K_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o). Os valores de K_c variam em função do estágio de desenvolvimento da cultura e das condições edafoclimáticas da região. Para a soja é comum variar de 0,39 a 1,28 e para o milho de 0,5 a 1,2, por exemplo.

3.7 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NORMAL

O município se caracterizou com período seco (ET_o > P), de abril a outubro, e chuvoso (ET_o < P), de novembro a março. Na região, há deficiência hídrica de 319 mm ano⁻¹ (Figura 8), concentrando-se nos meses de maio a outubro, sendo agosto o mês mais crítico (104 mm). Contudo, há excedente hídrico médio anual de 543 mm entre os meses de novembro a março, sendo mais intenso no mês de dezembro (146 mm) e março (144 mm) (Figura 8). A reposição

de água no solo, após a estiagem, ocorre em novembro, sendo necessários em média 24 dias para o seu total preenchimento.

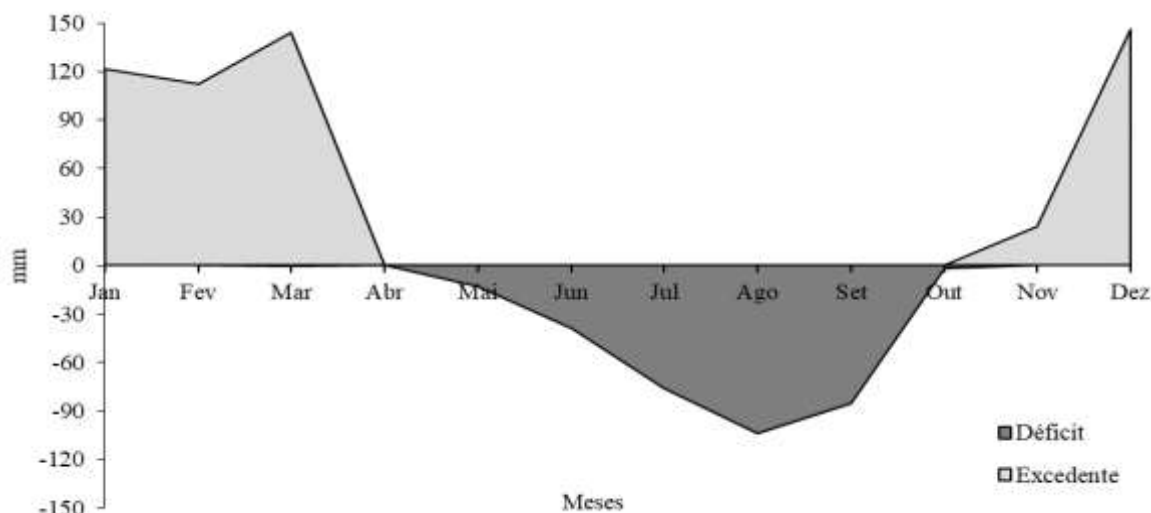


Figura 8. Balanço hídrico climatológico normal para o município de Rio Verde, Goiás, no período de 1972 a 2017.

No período prolongado de deficiência hídrica (abril a outubro) há uma alta demanda de água pelas plantas ($4,5 \text{ mm dia}^{-1}$) e precipitações reduzidas ($< 10 \text{ mm mês}^{-1}$), assim torna-se necessário o uso de técnicas e práticas de manejo para assegurar a disponibilidade hídrica e atender as necessidades das culturas.

Resultados semelhantes em relação à contabilização de água no solo foram obtidos por Lopes Sobrinho *et al.* (2020) avaliando o mesmo município, no período de 2004 a 2018, com período de estiagem entre os meses de maio e setembro, onde foi observada deficiência hídrica total anual de 217 mm ano^{-1} . O excedente hídrico foi de 607 mm ano^{-1} e os meses de outubro e novembro foram marcados como período de reposição de água no solo. O excedente hídrico ocorreu, historicamente, a partir do dia 20/11. Rocha *et al.* (2018), avaliando a caracterização da variabilidade climática no município de Diamantino, Mato Grosso, região Centro-Oeste, no período de 1987 a 2017, também verificaram que se caracterizou com precipitações de outubro a março ($\approx 82\%$) e volume total anual de 1.791 mm .

Além do manejo na área agrícola, no período de estiagem, são necessárias campanhas de conscientização do uso racional da água no início do período de estiagem a fim de assegurar para que não ocorra o racionamento, uma vez que na região há conflito pelo uso e qualidade da água (SANTOS *et al.*, 2019a; SANTOS *et al.*, 2019b).

3.8 ESTAÇÕES DO ANO

Na primavera e verão há intensidade de calor, associado aos altos índices de umidade do ar que favorece na formação das precipitações, período este caracterizado como chuvoso ($P > ETo$) na região. A ocorrência de massas de ar polar nessa época causa precipitações de forte

intensidade, descargas elétricas, rajadas de ventos e granizos. Nessa época, a ocorrência de nuvens causa a redução do brilho solar.

Logo no início do outono já ocorre as primeiras incursões de massas polares, porém somente ganham forças no inverno, o que caracteriza a redução da temperatura e umidade relativa do ar, principalmente no mês de julho e agosto, respectivamente. Nessa época, a ocorrência de orvalho e geada é mais intensa e o volume pluviométrico é reduzido.

3.9 PLANEJAMENTO AGRÍCOLA

O planejamento agrícola de uma propriedade deve envolver todas as atividades do setor, todavia, muitas vezes, essas são dependentes das condições climáticas. Segundo Paulo Sentelhas (ESALQ) o clima de uma região pode afetar até 50% da produção, sendo 23% do manejo do solo, 13% da planta e 14% do manejo.

O planejamento é variável em função de cada característica da propriedade, ou seja, os fatores meteorológicos influenciam diretamente nos elementos, conforme alguns exemplos de planejamento em função do clima para o cultivo da cultura da soja: o preparo do solo e a data de plantio é em função da precipitação; a escolha da cultivar é em função das condições climáticas; o controle fitossanitário é em função da umidade, temperatura e o vento; a colheita depende do teor de umidade do grão e das condições de água no solo.

A irrigação, por exemplo, é uma tecnologia que deve ser utilizada pelos produtores como forma de assegurar a produtividade e conseguir fazer de 3 a 4 safras por ano, já que, além do período de estiagem, eles são prejudicados com a irregularidade das precipitações durante todo o ano. Quando segue o plantio de sequeiro, há a espera da estabilidade das precipitações, adiando o plantio da safra, prejudicando a fase final da entressafra, além de deixar o solo ocioso em parte do ano (maio a setembro).

O uso de equipamentos com maior eficiência na aplicação de defensivos agrícola é outra particularidade, visto que coincide com o período chuvoso e maior velocidade do vento, o que eleva a umidade foliar e a desuniformidade de aplicação, reduzindo a eficiência do produto.

Além do planejamento estabelecido pelo administrador rural, deve-se levar em conta o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC). O ZARC da produtividade é uma forma de instrumento para políticas agrícolas e gestão de riscos na agricultura, que propicia a minimização dos riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos que afetam as culturas em diferentes formas de manejo e localização geográfica (MAPA, 2019).

Utilizando as culturas da soja e do milho como exemplo, em anos agrícolas que há estiagem prolongada, principalmente em anos de *El Niño*, se eleva a margem de insucesso nas primeiras semanas do mês de outubro para a cultura da soja - cultivo de sequeiro. Para o cultivo de milho na mesma época, não há restrição devido a menor demanda de água do mesmo em relação à soja nas fases iniciais.

O cultivo de milho de 2ª safra a partir do 2º decêndio do mês de janeiro possui elevado risco (> 40%) quando utilizada cultivar de ciclo médio ou tardio. Regiões com solo de textura argilosa tendem a reduzir o risco climático, porém, devem respeitar o ZARC.

3.10 PLANEJAMENTO URBANO

As atividades urbanas devem ser planejadas e executadas durante todo o ano, em consequência de envolver atividades e campanhas de conscientização. Existem atividades na área urbana que devem ser concentradas em algumas épocas, como no período de estiagem: recapeamento da manta asfáltica, prevenção e imunização contra a gripe, priorizar reformas e construções civis nesse período, evitar e combater queimadas, intensificar atividades preventivas e curativas em relação a problemas respiratórios; assim como as atividades que devem ser executadas no período chuvoso: eliminação do mosquito *Aedes Aegypti*, limpeza dos canais de drenagem urbana e lotes, executar atividades de reflorestamento, bem como outras diversas atividades.

Além das atividades citadas, o município deve estabelecer providências quanto às ilhas de calor. Existe uma grande variação de temperatura em áreas homogêneas, entretanto, com variação na intensidade de radiação solar; dessa maneira, forma as ilhas de calor nos grandes centros devido à baixa concentração de áreas verdes. Essa variação de temperatura poderá ser maior ainda se comparada a área urbanizada com não urbanizada.

A ocorrência de precipitação em Rio Verde com intensidade superior a 20 mm h^{-1} causa elevação no nível dos mananciais que compreendem a área urbana, dificultando o trânsito de veículos e pessoas. A orientação é de se evitar regiões de baixa altitude quando houver a ocorrência desse fenômeno, que pode ser previsto e anunciado a partir dos meios de comunicação locais.

Com os impactos das mudanças climáticas relatadas por Guimarães e Igari (2019) irá elevar os valores dos seguros agrícolas e de alguns setores da área urbana, como sinistro por enchentes, devido à frequência ou intensificação da ocorrência e os efeitos citados na área urbana e rural, poderão se intensificar, caso nada seja feito, mesmo em escala local, sendo papel do setor público conscientizar, fiscalizar e autuar os infratores.

4 CONCLUSÕES

O comportamento médio dos elementos meteorológicos se caracterizou com temperatura média de $23,6 \pm 6,0 \text{ }^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar média de $66,3 \pm 13,6\%$, velocidade do vento de $1,4 \pm 0,8 \text{ m s}^{-1}$, radiação solar de $17,3 \pm 4,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e brilho solar de $6,1 \pm 3,0 \text{ h}$. O volume total médio de precipitação é de $1.611 \pm 180 \text{ mm ano}^{-1}$, concentrando nos meses de novembro a março (76%) e os demais meses apresentam redução de água no solo, sendo agosto o mês mais crítico. A evapotranspiração de referência média é de $3,8 \pm 0,9 \text{ mm dia}^{-1}$.

A região possui elementos climáticos favoráveis ao desenvolvimento de diversas culturas, entretanto, a precipitação é um fator limitante em função da má distribuição temporal. O uso de sistemas de irrigação, a conservação da palhada no solo e a utilização de plantas de coberturas entressafra podem ser alternativas para amenizar os efeitos dos riscos climáticos.

Na área urbana, os casos de enchentes são comuns entre os meses de janeiro a março, e os casos de dengue durante todo o ano. Campanhas de conscientização em relação a esses e outros assuntos, devem ocorrer durante todo o ano. Portanto, a partir deste estudo, é possível definir melhor as estratégias da iniciativa pública e/ou privada para melhor planejamento das atividades e projetos agrícolas e ambientais.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUSSO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geografia**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v8i16.1384>

CASTRO, J. D. B.; NOGUEIRA, J. M. Especificidades regionais e mudança climática: peculiaridades das emissões de CO₂ no Centro-Oeste do Brasil e suas consequências para política mitigatória e adaptativa. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 8, n. 1, p. 214-232, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i1.p214-232>

CASTRO, P. A. L.; SANTOS, G. O.; DINIZ, R. G. Models for estimating reference evapotranspiration in different periods in Rio Verde, Goiás, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 63-75, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p63>

CRUZ, D. M.; OHARA, D. G.; CASTRO, S. S.; JAMAMI, M. Internações Hospitalares, óbitos, custos com doenças respiratórias, e sua relação com alterações climáticas no município de São Carlos-SP, Brasil. **Medicina**, v. 49, n. 3, p. 248-257, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v49i3p248-257>

CRUZ, G. H. T.; SANTOS, L. C.; SILVA, S. M. C.; REIS, E. F. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Rio Verde - GO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1854-1861, 2017. <https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/636>

GLOBO, J. P. A.; ALVES, R. R.; SILVEIRA, T. S.; ONÇA, D. S.; MONTEIRO, L. M.; WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. A influência do vento regional na sensação térmica de pedestres em espaços urbanos abertos: estudo de caso do vento norte em Santa Maria - RS. **Revista RAEGA**, v. 40, p. 110-129, ago. 2017.

GOIÁS (ESTADO). **Secretaria de Indústria e Comércio**. Superintendência de Geologia e Mineração. Caracterização do Estado de Goiás. Por Silvano Carlos da Silva, Neiva Maria Pio de Santana, José Cardoso Pelegrini. Goiânia, 135p. 2006.

GOIÁS, UNIVERSIDADE FEDERAL. **Avaliação de impactos ambientais** - município de Rio Verde (GO). Relatório técnico parcial I: mapas temáticos de serviços e memoriais explicativos. Coordenadora Geral: Selma Simões de Castro. 91p. 2009.

GUIMARÃES, T. C.; IGARI, A. T. Mudanças do clima e seus impactos no seguro agrícola no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 1583-1604, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1583-1604>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Instrumentos meteorológicos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 dez. 2017.

LOPES SOBRINHO, O. P.; SANTOS, L. N. S. dos; SANTOS, G. O.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de Rio Verde, Goiás. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 19-33, 2020. <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/68692>

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**, 2019.

MATOS, R. M. de; MEDEIROS, R. M. de; FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, P. F. da; SANTOS, D. Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra - PB, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 183-192, 2015. <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/288>

MONTEIRO, J. E. B. A. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009.

OLIVEIRA, V. M. R.; DANTAS, G. F.; PALARETTI, L. F.; DALRI, A. B.; SANTOS, M. G.; FISCHER FILHO, A. Estimativa de evapotranspiração de referência na região de Rio Paranaíba - MG. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 790-798, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n4p790>

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia - fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002.

POHLMANN, V.; LAZZARI, M. Caracterização climática da região de Cachoeira do Sul (Rio Grande do Sul) quanto à temperatura do ar. **Revista Eletrônica Científica UERGS**, v. 4, n. 5, p. 643-650, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.45.643-650>

PRADO, F. S. do; SANTOS, G. O. **Expansão urbana em áreas de preservação permanente no município de Rio Verde, Goiás**. 2017. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade de Rio Verde, 2017.

ROCHA, A. A.; NOVAIS, J. W. Z.; SOUZA, R. D. de; SANTOS, A. R. de C. dos; ALEIXES, V. F. Caracterização da variabilidade climática em Diamantino/MT: Brasil no período de 1987 a 2017. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 69-80, 2018.

SANTOS, G. O.; RIBEIRO, R. de L.; PARREIRA, T. P.; SILVA, D. F. da; SILVA, K. A.; AZEREDO, C. F. Monitoramento da água em bacia hidrográfica com diferentes usos do solo no município de Rio Verde (GO). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 249-271, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n1p249-271>

SANTOS, G. O.; DÉA, T. K. G.; ABREU, L. D.; CABRAL, R. F.; THIESEN, A. C. de O.; CARVALHO, R.; DINIZ, R. G. Manejo da agricultura irrigada: orientações técnicas aos horticultores-feirantes. **Revista Conexão**, v. 15, n. 2, p. 193-198, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.5212/Rev.Conexao.v.15.i2.0010>

SANTOS, T. A.; FISCH, G. Temperatura e precipitação: futuros cenários para o município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 5, p. 1069-1087, 2016. DOI: 10.4136/ambi-agua.1896

SILVA, M. A. V.; FERREIRA, M. P.; ANDRADE, V. M. S.; COSTA, J. M. Influência das condições microclimáticas no crescimento do milho BR 106, cultivado sob sementeira direta. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 383-394, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15117>

SILVEIRA, C. S.; SOUZA FILHO, F. A.; MARTINS, E. S. P. R.; OLIVEIRA, J. L.; COSTA, A. C.; NOBREGA, M. T.; SOUZA, S. A.; SILVA, R. F. V. Mudanças climáticas na bacia do Rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, 2016. DOI: 10.21168/rbrh.v21n2.p416-428

SOUZA, A. P.; ESCOBEDO, J. F. Estimativas de radiação global incidente em superfícies inclinadas com base na razão de insolação. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 483-491, 2013. DOI: 10.5039/agraria.v8i3a1894

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955, 104p.