Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E SUA INFLUÊNCIA NAS CULTURAS DA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E EXTREMO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL

Distribution of weather elements and its influence on crops in the north region of Rio Grande do Sul state and the extreme west of the Santa Catarina state, Brazil

Distribución de los elementos meteorológicos y su influencia en las culturas en la región norte del estado de Rio Grande del Sul y el extremo oeste del estado de Santa Catarina, Brasil

Braulio Otomar Caron
Federal University of Santa Maria – Frederico Westphalen Campus
otomarcaron@yahoo.com.br

Claiton Nardini
Federal University of Paraná
claitonardini@gmail.com

Alexandre Behling
Federal University of Paraná
alexandre.behling@yahoo.com.br

Denise Schmidt
Federal University of Santa Maria – Frederico Westphalen Campus
denise@ufsm.br

Abstract: Knowledge on the behavior of the meteorological elements of a region is of great importance for decision making, especially in agricultural cultivation, as they will directly influence the growth and development of crops. Therefore, the objective of this work was to know the distribution of meteorological elements by the nonparametric Kernel distribution and to analyze their influence on the cultivation of crops. The study was conducted using data obtained from the Automatic Weather Station A854-Frederico Westphalen. The station is located in the municipality of Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brazil. The meteorological elements used in the study were the incident global solar radiation, rainfall and average air temperature. The data were organized as overall, per year and per month. Nonparametric kernel density estimation method was used. The application of nonparametric Kernel density estimation method to the

meteorological elements allowed us to observe the distribution over the 10 years of record overall, in the year and in the month. Furthermore, the distribution made it possible to identify the highest peaks that are related to higher densities. The observation of 10 years of records of solar radiation, rainfall and air temperature data from the weather station by the nonparametric Kernel distribution method gives an indication of how the elements are presenting themselves in the period. Despite specific restrictions, the weather/climate is suitable for the cultivation of species that have been used in the region, following their zoning.

Keywords: Weather data. Growing plants. Agricultural zoning.

Resumo: O conhecimento do comportamento dos elementos meteorológicos de uma região é de grande importância para a tomada de decisões, principalmente no cultivo agrícola, pois influenciarão diretamente no crescimento e desenvolvimento das lavouras. Portanto, o objetivo deste trabalho foi conhecer a distribuição dos elementos meteorológicos pela distribuição não paramétrica de Kernel e analisar sua influência no cultivo de culturas. O estudo foi realizado com dados obtidos da Estação Meteorológica Automática A854-Frederico Westphalen. A estação está localizada no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. Os elementos meteorológicos utilizados no estudo foram a radiação solar global incidente, precipitação e temperatura média do ar. Os dados foram organizados em geral, por ano e por mês. Foi utilizado o método não paramétrico de estimativa da densidade do kernel. A aplicação do método não paramétrico de estimativa de densidade Kernel aos elementos meteorológicos permitiu observar a distribuição ao longo dos 10 anos de registo globalmente, no ano e no mês. Além disso, a distribuição possibilitou identificar os picos mais altos que estão relacionados a densidades mais altas. A observação de 10 anos de registros de dados de radiação solar, precipitação e temperatura do ar da estação meteorológica pelo método não paramétrico de distribuição de Kernel dá uma indicação de como os elementos estão se apresentando no período. Apesar de restrições específicas, o clima/tempo é adequado para o cultivo de espécies que vêm sendo utilizadas na região, seguindo seu zoneamento.

Palavras-chave: Dados meteorológicos. Crescimento de plantas. Zoneamento agrícola.

Resumen: El conocimiento del comportamiento de los elementos meteorológicos en una región es de gran importancia para la toma de decisiones, especialmente en el cultivo agrícola, ya que influirán directamente en el crecimiento y desarrollo vegetal. Así, el objetivo del trabajo fue conocer la distribución de elementos meteorológicos por la distribución no paramétrica de Kernel y analizar su influencia en el cultivo. El estudio se realizó con datos obtenidos de la Estación Meteorológica Automática A854-Frederico Westphalen. La estación está ubicada en la ciudad de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. Los elementos meteorológicos utilizados en el estudio fueron la radiación solar global incidente, la precipitación y la temperatura media del aire. Los datos se organizaron en general, por año y por mes. Se utilizó el método no paramétrico de estimación de la densidad de grano. La aplicación del método no paramétrico de estimación de densidad Kernel a los elementos meteorológicos permitió observar la distribución a lo largo de los 10 años de registro, en el año y en el mes. Además, la distribución permitió identificar los picos más altos que se relacionan con densidades más altas. La observación de 10 años de registros de datos de radiación solar, precipitación y temperatura del aire de la estación meteorológica mediante el método no paramétrico de distribución de Kernel da una indicación de cómo se comportan los elementos en el período. A pesar de restricciones específicas, el clima es propicio para el cultivo de especies que han sido utilizadas en la región, siguiendo su zonificación.

Palabras clave: Datos climatológicos. Crecimiento vegetal. Zonificación agroclimática.

Submetido em: 16/03/2023
Aceito para publicação em: 09/02/2024
Publicado em: 29/02/2024

1. INTRODUÇÃO

O clima é um fator essencial na tomada de decisões na agricultura, construção civil, transportes e principalmente na configuração da vegetação nativa, distribuição da fauna e nos fluxos de rios. Todos esses pontos são de extrema importância para funcionalidade da economia e vida na terra (MARTÍN, 1999). Desta forma, existem estações meteorológicas convencionais ou automáticas, ou remotamente por intermédio de sensores orbitais presentes em todas as regiões para a geração dos dados meteorológicos (LUCAS et al. 2014; CAMERA et al. 2014; VIANNA et al. 2017).

A recomendação da densidade de cada estação meteorológica é que seja num raio de 9.000 km² por estações em locais costais e 5.750 km² por estação em áreas planas e levemente onduladas e de 2.500 km² por estação em regiões montanhosas (WMO, 1994). No entanto, no Brasil a densidade das estações meteorológicas é muita baixa, apresentando locais que não conseguem abranger toda sua área territorial (HAMADA et al. 2008; ALVARES et al. 2013). A estação meteorológica do município de Frederico Westphalen está localizada na extensão da Universidade Federal de Santa Maria, que encontra-se em funcionamento desde 13 de dezembro de 2007. A estação meteorológica automática A854-Frederico Westphalen auxilia em atividades civis construção, estudos na região e no zoneamento de culturas agrícolas e florestais.

Os bancos de dados meteorológicos são planejados para receber, armazenar, processar e disponibilizar informações dos elementos meteorológicos (radiação solar, precipitação, temperatura do ar) (VIANNA et al. 2017). Esses elementos permitem elaborar zoneamentos de áreas potenciais para a agricultura, analisar área sujeitas a riscos climáticos (SANTOS E MARTINS, 2016) e realizar estudos climáticos (VIANNA et al. 2017). Considera-se que a variabilidade meteorológica entre e dentro dos anos tem efeitos diretos e indiretos na disponibilidade de recursos naturais como por exemplo radiação solar, água e nutrientes para as plantas, impactando diretamente no crescimento e desenvolvimento do vegetal (BINKLEY et al. 2004).

Os elementos meteorológicos críticos associados a produção agrícola segundo Hoogenboom et al. (2000), são a precipitação, a temperatura do ar e a radiação solar. A influência desses elementos na planta é potencializada quando dois deles atuam

simultaneamente. A temperatura do ar e a radiação solar são elementos cruciais para realização da fotossíntese, contribuindo no desenvolvimento fisiológico, no controle térmico na planta e na produção de fotoassimilados destinados ao acúmulo de biomassa, além de influenciar nos processos de evapotranspiração dos vegetais (SILVA et al. 2021).

A precipitação é considerada um elemento modificador, que indiretamente afeta muitos processos de crescimento e desenvolvimento planta. O estresse das plantas influenciado pelas baixas precipitações é resultado de uma combinação de fatores, como evapotranspiração potencial, umidade do solo na zona de enraizamento, distribuição das raízes, tamanho do dossel e outros fatores (GONÇALVES et al. 2017). Em muitos casos, a resposta ao estresse hídrico pode afetar diferentemente as plantas durante o crescimento vegetativo e reprodutivo. A células vegetais quando impostas ao déficit hídrico ficam desidratadas afetando adversamente vários processos fisiológicos básicos, como redução na assimilação de carbono por meio dos estômatos e afetando diretamente os processos fotossintéticos e produção de biomassa (TAIZ et al. 2017).

A variação das condições climáticas pode sofrer alterações ao longo do ano e do dia, sobretudo em relação à radiação solar bem como a alternância de períodos quentes e frios que influenciam na fenologia das plantas (BERGAMASCHI, 2007). Por isso, para os agricultores se beneficiem das condições climáticas, as informações devem ser apresentadas num formato de resultados em uma escala relevante para suas decisões (BAETHGEN et al. 2009). Desta forma, segundo Apipattanavis et al. (2010), se torna necessário demonstrar informações climáticas bruta em distribuições de resultados relevantes para o manejo e cultivo agrícola. Assim, o trabalho buscou utilizar a distribuição não paramétrica de Kernel, nos elementos meteorológicos (radiação solar global incidente, precipitação pluviométrica e temperatura do ar) registrados pela estação automática localizada no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul no período de 2008 a 2017, visto que os mesmos possuem uma distribuição distinta entre si. Portanto, o objetivo trabalho foi conhecer a distribuição dos elementos meteorológicos pela distribuição não paramétrica de Kernel e analisar a influência deles no cultivo das culturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização

O trabalho foi elaborado a partir de dados obtidos na Estação Meteorológica Automática (EMA) A854-Frederico Westphalen do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 1). A estação está localizada no campus da Universidade Federal de Santa Maria no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil sob as coordenadas geográficas 27º 23’ 44”S e 53º 25’ 46”O. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado por uma temperatura média do ar de 19,1 ºC, variando de 0 a 38 ºC e uma precipitação média anual acumulada de 2.040 mm (ALVARES et al. 2013).

Figura 1 - Estação meteorológica automática de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil (a), painel central de armazenamento denominado, *Datalogger* (b), Piranômetro e pluviômetro basculante (c) e o local onde está localizado o sensor que registra a temperatura do ar (d).



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2. Elementos meteorológicos

Os elementos meteorológicos utilizados para o estudo foram a radiação solar global incidente, precipitação e temperatura média do ar, registradas pela estação meteorológica automática no período de 2008 a 2017, totalizando dez anos de registro (Figura 1a).

A radiação solar global incidente foi registrada por um Piranômetro, que está instalado próximo à torre da estação a uma altura de 1,5 m (Figura 1b). No mesmo local existe um pluviômetro, que mede a precipitação em milímetros (Figura 1c). A temperatura média do ar é registrada por um sensor que está localizado dentro de uma proteção metálica fixada na torre principal da estação a uma altura de 3 m, conforme Figura 1d.

Esses sensores e medidor necessitam de uma energia para realizar o registro, a mesma é proveniente de uma placa fotovoltaica também presente na estação. O registro é realizado a cada hora, totalizando 24 valores diário. Os dados registrados são armazenados no painel central presente na estação, denominado *Datalogger*, também é através dele que comanda a transmissão dos dados via satélite para o site do Instituto Nacional de Meteorologia.

O download dos dados foi realizado no site de INMET, na tabela de dados das estações. No caso do trabalho em questão foi usado os dados da Estação Meteorológica Automática A854-Frederico Westphalen (https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A854). O intervalo no momento de realizar a pesquisa e o download não deve exceder seis meses. Desta forma, ao longo dos 10 anos de registro dos elementos meteorológicos, todo mês era realizado o download desses dados. A pasta gerada pelo download é no formato Excel.csv. Para organização dos mesmos foi alterado para formato Excel.csv.

Os dados foram organizados de três diferentes conjuntos:

i. **Geral:** todos os valores de cada elemento foram registrados durante os 10 anos visando avaliar a distribuição de forma geral;

ii. **Por ano:** cada elemento foi analisado no ano e possibilidade de avaliar se a distribuição entre os anos;

iii. **Por mês:** os dados são analisados por mês, possibilitando avaliar a distribuição nos meses mais frios como mais quente do ano e as características do tempo durante os 12 meses.

2.3. Estimação da densidade de Kernel – KDE

A estimativa de densidade não paramétrica é uma importante ferramenta na análise estatística. Foi utilizado a estimativa da densidade de Kernel que é um método não paramétrico de estimar funções de densidades, para observar as distribuições dos elementos meteorológicos em questão ao longo dos 10 anos. Dado um conjunto de observações *X1, X2 X3, ..., Xn* (X podendo ser uma escala ou vetor) o estimador de Kernel é dado pela seguinte equação:

(1)

$$\hat{f}(x)=\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{x - X1}{h}\right)$$

Onde: h é a largura da banda, X1, X2 X3, ..., Xn são independentes e idênticos e distribuídas de forma idêntica de uma variável aleatória e K é a função de Kernel (Kernel Gaussiana) proposto por Silverman (1986).

A largura da banda (h) parâmetro que define a suavidade da função da densidade estimada do Kernel foi otimizado usando o método mais conhecido entre os existentes a regra prática Silverman (1986), que se refere a uma família de distribuições e, é dada por:

(2)

$$h_{0}x=1.06\cdot \sigma x \cdot n^{-1/5}$$

Onde: σx é o desvio padrão dos valores de x nos locais de presença.

A largura da banda de um Kernel é determinada pelo tamanho da suavização aplicado a um padrão de ponto. Para uma largura de banda muito pequena pode suavizar os padrões dos pontos, entretanto largura de banda maiores pode acarretar no efeito oposto. Desta forma, os algoritmos, são normalmente usados a encontrar larguras de banda ideias (DOWNS e HORNER, 2012). A vantagem da regra prática de Silverman (1986), é de fornecer um método prático de seleção de largura de banda.

2.4. Processamento de dados

Os dados foram analisados a partir da Linguagem de programação Julia versão 1.5. Na linguagem foi utilizando os pacotes DataFrames.jl responsável pela manipulação e tabulação dos dados, Distributions.jl ajudando na distribuição probabilística, KernelDensity.jl utilizado

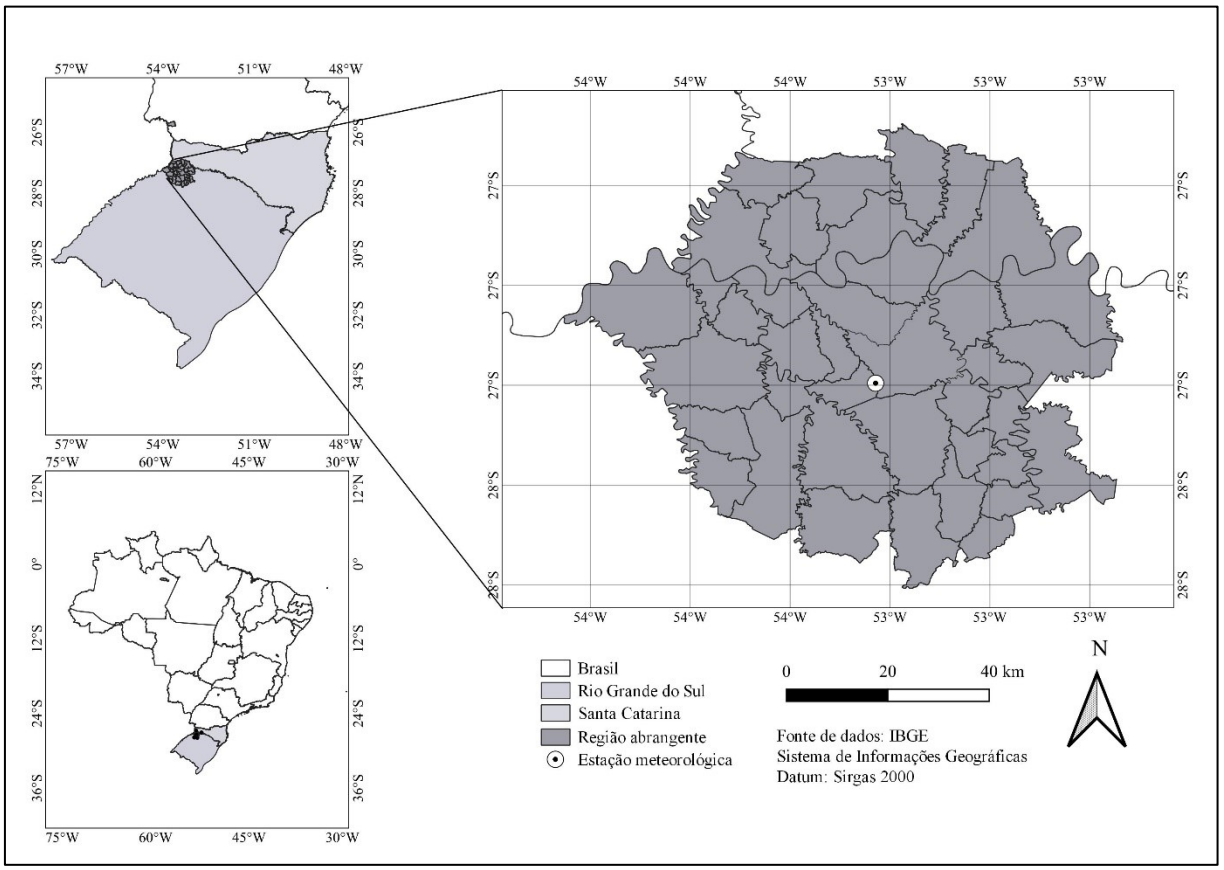
para realizar a estimativa de densidade do Kernel não paramétrica e o pacote PyPlot.jl para a realização da plotagem dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Área de cobertura da estação meteorológica

A estação meteorológica abrange um raio que pode abranger 39 municípios das regiões norte do estado do Rio Grande do Sul e extremo oeste do estado de Santa Catarina, servindo de apoio para a tomada de decisões, principalmente na produção agrícola dessas regiões (Figura 2).

Figura 2 - Localização dos municípios abrangidos pela estação meteorológica Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

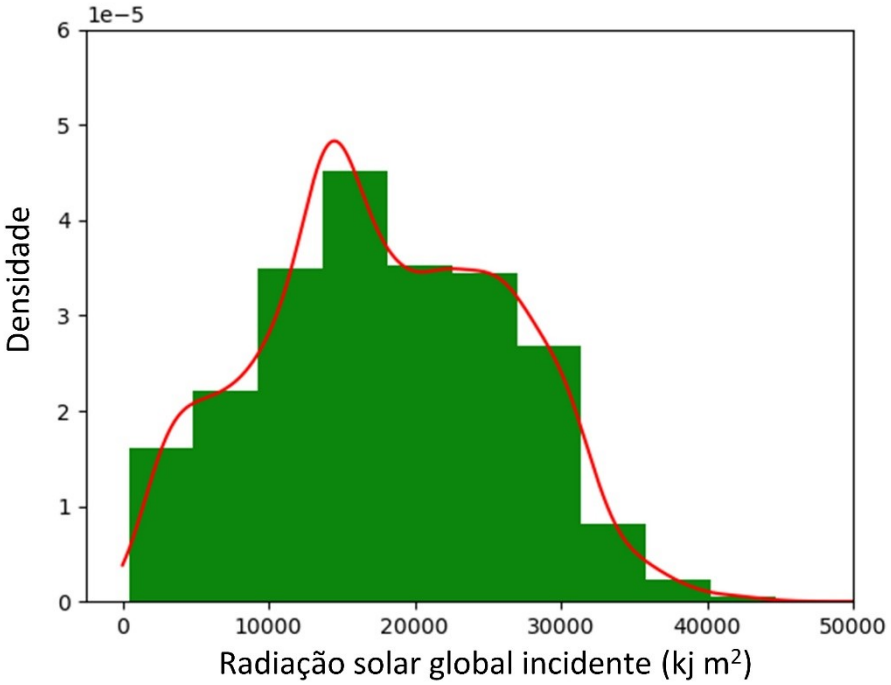
As estações meteorológicas mais próximas da estação de Frederico Westphalen são dos municípios de Palmeira das Missões e Santo Augusto no estado do Rio Grande do Sul que

apresentam uma distância de 59,3 e 62,1 km respectivamente e no estado de Santa Catarina são dos municípios de São Miguel do Oeste e Chapecó que apresentam uma distância de 69,1 e 85,8 km respectivamente para a estação de Frederico Westphalen, sendo considerada essa distância em linha reta. Considerando que todas apresentam uma distância superior a 50 km a estação meteorológica de Frederico Westphalen é de grande importância para região, pois ela está localizada num grande polo agrícola e seus registros se tornam fundamentais no manejo das culturas.

3.2. Radiação solar

Os valores de radiação solar diário no período de 10 anos pelo ajuste da estimativa de densidade de Kernel (KDE) apresentaram uma distribuição assimétrica positiva. O pico com maior densidade foi registrado próximo dos 18.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1}, ocorrendo outros picos menores concentrados em 27.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1} e 5.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1}. Esses valores de radiação solar variaram de 450 KJ.m^{-2}.dia^{-1} a 45.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1} (Figure 3).

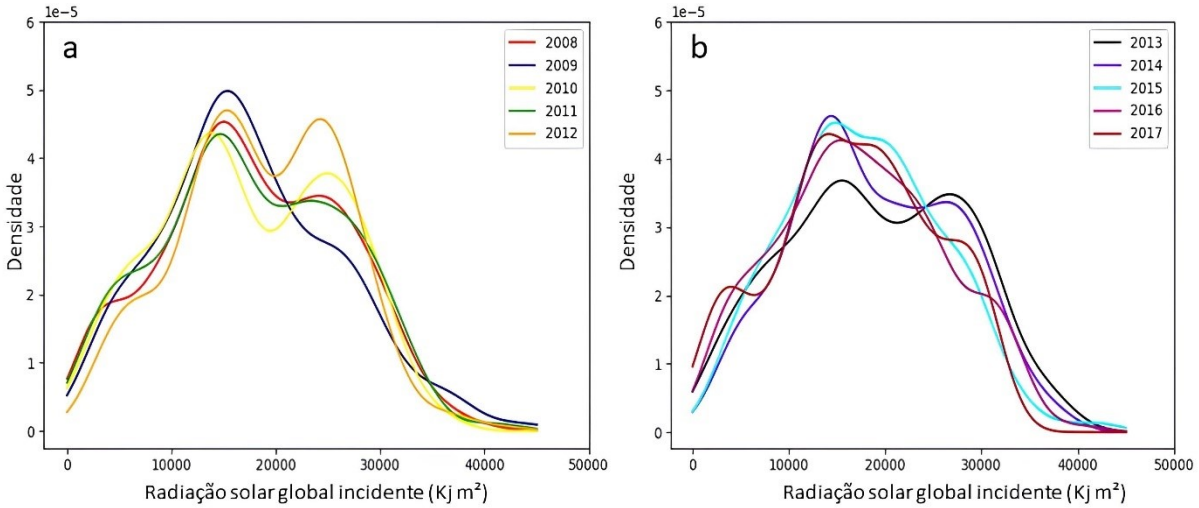
Figura 3 - Radiação solar global incidente registrado entre os anos de 2008 a 2017, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel.



Fonte: Elaborado pelos autores.

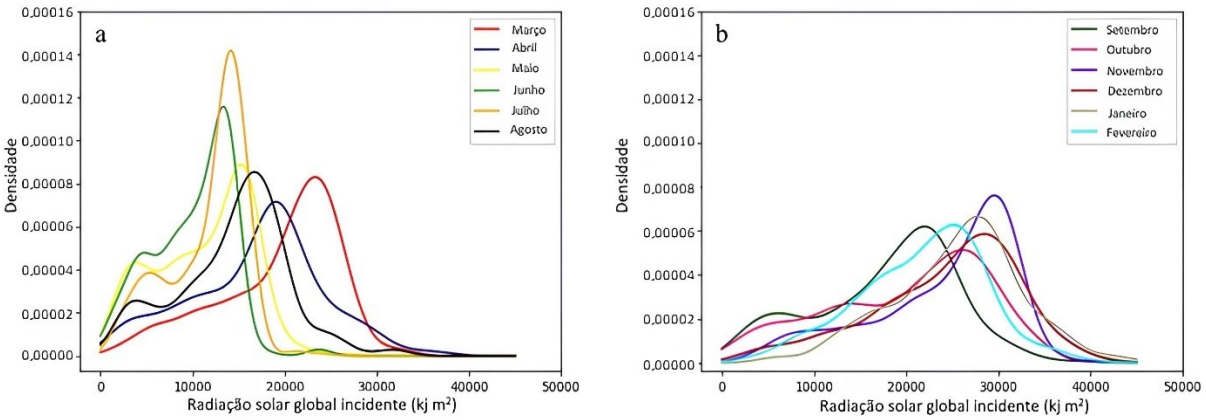
O número de picos encontrados quando os dados são apresentados como um todo pode estar relacionado às diferenças na incidência de radiação solar ao longo de cada ano (Figura 4) e cada mês (Figura 5).

Figura 4 - Radiação solar global incidente por ano registrado no período de dez anos, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel. Entre 2008-2012 (a) e 2013-2017 (b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5 - Radiação solar global incidente por mês registrado entre os anos de 2008 a 2017, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel. Entre março a agosto (a) e setembro a fevereiro (b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante os anos, os dados também tenderam a mesma distribuição, ou seja, de forma assimétrica positiva. Todos os anos excetos 2009 e 2015 apresentaram uma bimodalidade bem definida, com grandes picos de densidade, o primeiro ocorrendo entorno de 13.000 KJ.m-

^{2}.dia^{-1} e o segundo pico nos anos de 2008, 2010, 2011 e 2012 em torno de 25.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1} e para os anos de 2013, 2014, 2016 e 2017 perto dos 29.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1}. O ano de maior incidência de radiação solar foi 2013 registrando uma média anual de 19.104,06 KJ.m^{-2}.dia^{-1}, por outro lado 2017 registrou a menor incidência de radiação solar anual sendo de 16.946,83 KJ.m^{-2}.dia^{-1} (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descritiva da radiação solar global incidente por ano registrados no período de dez anos.

Anos	Radiação solar global incidente (KJ m². dia^{-1})			Largura de banda
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	
2008	17.763,86	8.533,70	48,04	0,84
2009	17.482,05	8.521,30	48,74	1,42
2010	17.495,78	8.432,53	48,20	1,64
2011	17.735,68	8.698,08	49,04	1,71
2012	18.562,71	7.750,94	41,76	1,60
2013	19.104,06	9.197,39	48,14	2,47
2014	18.947,43	8.400,48	44,34	1,55
2015	17.850,61	8.020,69	44,93	3,59
2016	17.604,24	8.572,94	48,70	1,49
2017	16.946,83	8.235,34	48,60	1,38

Fonte: Elaborado pelos autores.

A radiação solar global incidente nos meses é observada que, meses predominantes das estações outono e inverno (Figure 5b) ainda prevalece uma distribuição assimétrica positiva com a maior densidade dos picos ocorrendo entre 13.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1} a 23.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1}. Nos meses de junho, julho e agosto ocorreu um segundo pico próximo de 5.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1}. Nos meses predominantes as estações do ano primavera e verão a distribuição dos dados tenderam para uma assimetria negativa, ocorrendo picos de maior densidade entre 22.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1} e 29.000 KJ.m^{-2}.dia^{-1}, registrando a maior incidência de radiação solar em janeiro com uma média de 25.512,13 KJ.m^{-2}.dia^{-1} mensal e junho sendo o mês com menor valor, registrando uma média de 10.035,39 KJ.m^{-2}.dia^{-1} (Tabela 2).

Tabela 2 - Estatística descritiva da radiação solar global incidente por mês, registrados entre os anos de 2008 a 2017.

Meses	Radiação solar global incidente (KJ m². dia^{-1})			Largura de banda
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	
Janeiro	25.512,13	7.032,12	27,56	1,81
Fevereiro	21.724,32	6.836,00	31,47	1,79
Março	19.460,25	6.463,51	33,21	1,18
Abril	16.977,58	7.229,78	42,58	1,20
Maio	11.269,71	5.224,14	46,36	0,81
Junho	10.035,40	4.297,50	42,82	0,59
Julho	11.656,05	4.218,75	36,19	0,66
Agosto	14.395,45	5.994,41	41,64	0,99
Setembro	17.822,96	7.678,06	43,08	0,56
Outubro	20.062,47	8.779,38	43,76	1,44
Novembro	24.019,11	7.742,93	32,24	0,69
Dezembro	24.213,63	7.982,16	32,97	1,89

Fonte: Elaborado pelos autores.

As distribuições da radiação solar no período estudado trazem a possibilidade de conhecer as variações que as mesmas têm ao longo do tempo e de acordo com as estações do ano. Os valores registrados estão dentro da faixa ideal para as culturas agrícola e florestais, e que este elemento meteorológico não é limitante para a exploração dos sistemas agrícolas de abrangência dos dados.

Entre as culturas mais cultivadas no município de Frederico Westphalen e região se tem o milho (*Zea mays*), soja (*Glycine max*) e trigo (*Triticum aestivum* L.,) e como uma cultura perene mais frequente o eucalipto (*Eucalyptus* spp.). Entre essas culturas somente o milho apresenta metabolismo C_4, que produz uma alta concentração de CO_2, suprindo suas atividades e eliminando a fotorrespiração possibilitando que o milho seja mais eficiente na captação de radiação solar. Ao contrário do milho a soja, o trigo e o eucalipto apresentam metabolismo C_3 que ao contrário das C_4 são menos eficientes na captação de radiação solar, desta forma, necessitam de maior disponibilidade da mesma. Contudo, todas essas culturas conseguem ser cultivadas nesse local, pois não ocorre um déficit de radiação extremo, mesmo no inverno que apresenta com mais frequência dias nublados.

Segundo Monteiro (2009), para o cultivo do eucalipto deve se ter cuidado em locais

com relevo ondulado, onde certa parte do dia, as encostas faces do plantio podem não apresentar incidência de radiação solar direta, podendo vir ocasionar na produtividade do plantio. Larcher (2003), também cita que nas encostas de montanhas pode diminuir em até 60% da radiação incidência, quando se posicionam na direção norte-sul consequentemente diminuindo a hora de luz direta.

O cultivo de plantas em ambientes protegidos também merece atenção, pois a incidência de radiação solar é menor que o exterior em função da refletância e absortância do material de cobertura (plástico). Segundo Buriol et al. (1995); Frisina e Escobedo (1999); Beckmann et al. (2006) a transmitância do plástico é em média de 77%, já outros autores como, Reis et al. 2012 encontrou transmitância entorno de 62%, porém para a região nordeste do país. Nesses ambientes, ocorre grande produção de hortaliças e mudas florestais. Para essas plantas a incidência de radiação solar disponível diária é tomado como referência de 8.400 $KJ.m^{-2}.dia^{-1}$ (FAO 1990). Para o mês de junho que ocorre a menor incidência de radiação solar (10.035,39 $KJ.m^{-2}.dia^{-1}$) e realizar a correção de transmissividade do plástico presente é obtido um valor médio diário de 7.727,26 $KJ.m^{-2}.dia^{-1}$, abaixo do limite trófico das plantas.

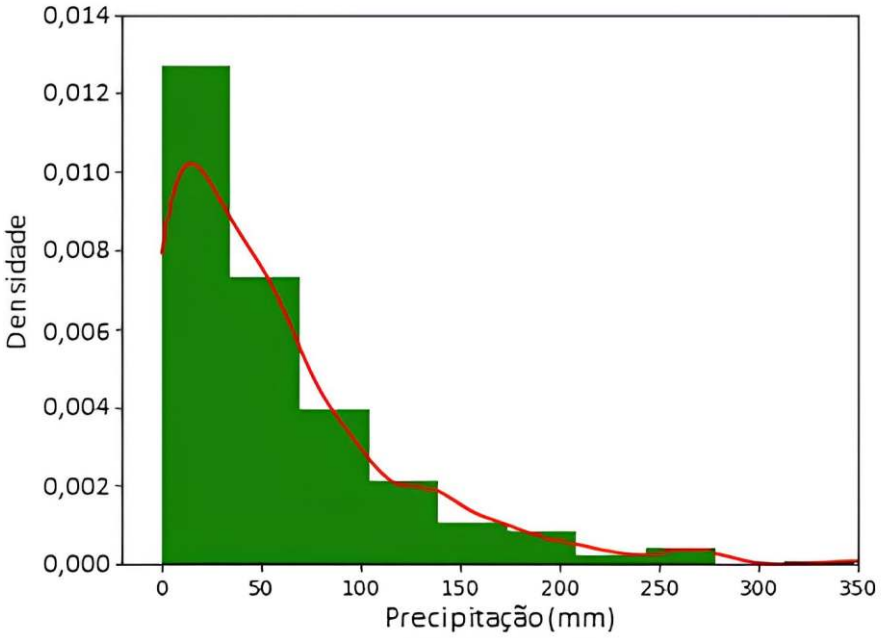
Buriol et al. (2005), avaliando a disponibilidade de radiação solar para hortaliças cultivadas em ambiente protegida no estado do Rio Grande do Sul, encontraram valores menores de radiação solar no mês de junho, através de dados coletados na estação de Iraí localizada próximo a Frederico Westphalen e pertencente a mesma região de estudo. Os autores destacam no trabalho que cultivos no Rio Grande do Sul se concentram em dois períodos. O primeiro, a floração devem ocorrer até final de maio para que a colheita ocorre até junho. O segundo cultivo pode ser iniciado em julho, para a frutificação ocorrer após a níveis de incidência de radiação solar baixa do limite trófico (8.400 $KJ.m^{-2}.dia^{-1}$). No entanto, a exigência de radiação solar varia conforme de espécie e cultivares.

3.3. Precipitação

A precipitação através do KDE durante o período de 10 anos, apresentou uma distribuição exponencial negativa (Figure 6). Ao longo da distribuição pode-se observar que ocorreu três picos com diferentes densidades. O maior pico ocorreu próximo dos 20 mm, e os outros ocorreram em 140 mm e 270 mm consequentemente, a densidade do pico para

precipitação acumulada a cada 10 dias. De forma geral, a média de precipitação acumulado a cada dez dia foi de 5,80 mm variando entre 0 a 350 mm.

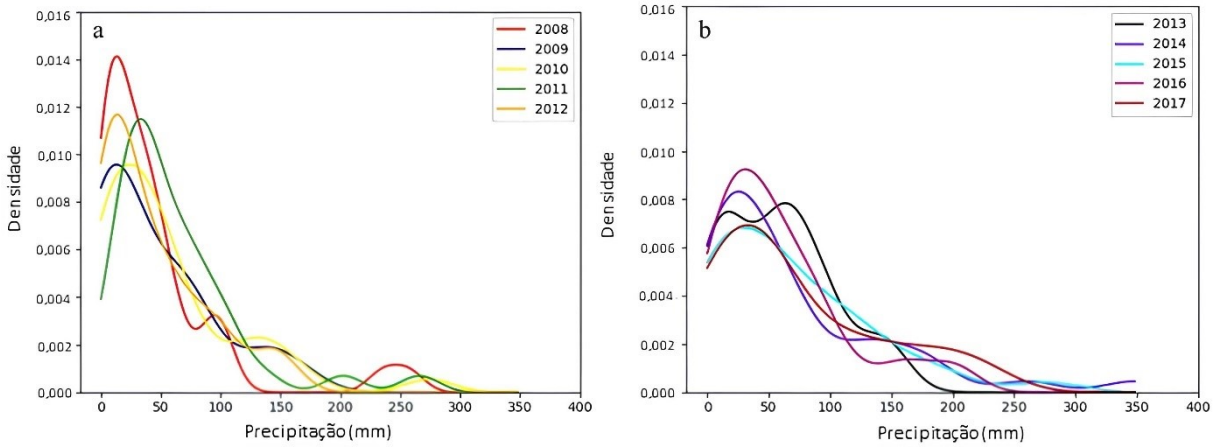
Figure 6 - Precipitação registrada, entre os anos de 2008 a 2017, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O comportamento exponencial negativo da distribuição da precipitação também foi encontrado quando observado ao longo de cada ano no acumulado de 10 dias (Figure 7). A maioria dos anos tiveram seu pico com maior densidade próximo aos 40 mm de precipitação exceto para os anos de 2008, 2009, 2012 e 2013 que o pico se concentrou entorno de 10 mm.

Figure 7 - Precipitação por ano registrada no período de dez anos, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel. Entre 2008-2012 (a) e 2013-2017 (b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Todos os anos as chuvas apresentaram uma bimodalidade distinta, especialmente em 2008, 2011 e 2013, que tiveram mais de um pico definido. Para 2008, foram encontrados em 40, 100 e 250 mm. Em 2011, o primeiro pico ficou próximo de 40 mm, além de um em torno de 200 mm e outro em aproximadamente 270 mm. Para o ano de 2013, os picos concentraram-se em 40 e 70 mm. Além disso, a média anual de precipitação considerando o acúmulo de dez dias foi de 2.103,16 mm, variando de 1.578,66 mm (2012) a 2.627,78 mm (2017), anos com menor e maior precipitação, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Estatística descritiva da precipitação acumulada a cada dez dias registrada no período de dez anos.

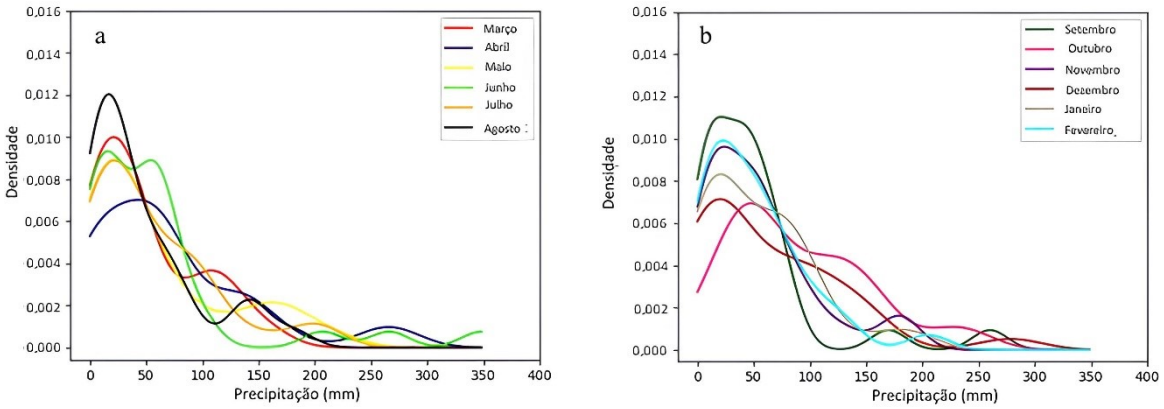
Anos	Precipitação (mm)			Largura de banda
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	
2008	44,23	9,35	25,27	8,48
2009	44,52	9,87	24,11	5,13
2010	54,96	9,91	34,85	18,78
2011	61,93	8,88	43,90	17,08
2012	43,25	7,34	28,36	9,92
2013	57,25	7,34	42,34	3,38
2014	70,89	13,08	44,34	2,93
2015	67,66	10,81	45,71	7,55
2016	59,52	8,86	41,53	22,82
2017	71,99	11,34	48,96	8,91

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando comparado os cincos primeiros anos de registro (Figure 7a) com os cinco últimos anos (Figure 7b), coincidentemente observa-se uma tendência de distribuição da precipitação nos anos observados. Entre os anos de 2008 a 2012 os picos mostram uma distribuição mais concentrada em uma faixa menor, ou seja, entre 10 a 150 mm. Já entre os anos de 2013 a 2017 a distribuição dos valores está concentrada entre 10 e 200 mm. A distribuição da precipitação com os eventos de El Niño e La Niña se correlacionam. Para os anos de 2008 e 2012, de acordo com NOAA (2022) predominou o El Niño e para os anos de 2015 até a metade de 2016 a predominância foi de La Niña.

A distribuição dos dados de precipitação por mês apresentou forma exponencial (Figure 8), a mesma encontrada na precipitação considerando os 10 anos e por ano, exceto para o mês de outubro que apresentou uma distribuição assimétrica positiva, também foi o mês que registrou maior volume de precipitação, diferente de agosto que apresenta menor volume de precipitação (Tabela 4).

Figura 8 - Precipitação por mês registrada, entre os anos de 2008 a 2017, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel. Entre março a agosto (a) e setembro a fevereiro (b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 - Estatística descritiva para precipitação acumulada a cada dez dias considerando por mês registrada entre os anos de 2008 a 2017.

Meses	Precipitação (mm)			Largura de banda
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	
Janeiro	54,75	48,87	89,26	15,73
Fevereiro	50,61	46,21	91,31	19,80
Março	48,67	46,47	95,48	16,07
Abril	70,61	70,95	100,47	5,78
Maio	58,09	62,52	107,61	14,13
Junho	61,55	79,17	128,61	7,10
Julho	54,37	54,68	100,58	5,24
Agosto	45,57	48,98	107,50	13,32
Setembro	47,79	55,20	115,50	18,51
Outubro	89,32	60,89	68,17	15,01
Novembro	53,68	49,05	91,37	22,06
Dezembro	63,74	65,54	102,82	14,04

Fonte: Elaborado pelos autores.

A distribuição analisada nos meses, com acumulado a cada 10 dias, os picos com maior densidade também ficaram aproximadamente entre 10 a 50 mm. Todos apresentaram bimodalidade com picos bem definidos, em exceção dezembro que teve um único pico próximo de 20 mm. O mês de agosto indicou o pico com maior densidade, próximo a 10 mm acumulados semanais, por outro lado, os valores tendem apresentar melhor distribuição ao longo do mês.

As culturas de verão tendem a ser instaladas a partir do mês de agosto na região de estudo. Este mês foi o de menor precipitação no período estudado, mas nos meses de setembro e outubro ocorre uma manutenção das precipitações apresentando seus maiores picos em 40 e 50 mm e média de precipitação acumulada a cada 10 dias de 47,8 e 89,3 mm consequentemente, proporcionando um crescimento e desenvolvimento dentro do recomendado pelas culturas de verão cultivadas na região que apresentam uma necessidade hídrica de 600 a 700 mm durante todo seu ciclo (MONTEIRO, 2009).

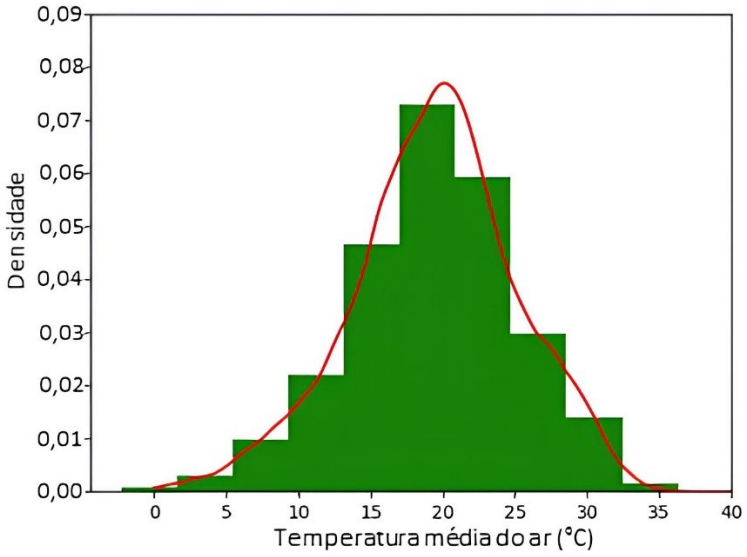
Estas informações devem vir acompanhada de um estudo do balanço hídrico da região, sobretudo quanto a variação de armazenamento de água no solo, bem como a retirada através da evapotranspiração das culturas e da recarga de água no solo que estão relacionadas

com a disponibilidade da mesma para as culturas. Na região, pelo tipo de solo predominante (Neossolo Litólico eutrofico típico profundo) (CUNHA, 2011), a capacidade de armazenamento de água (CAD) no solo está entre 100 e 150 mm. Logo precipitações entre 20 a 50 mm são bem desejadas para que ocorra infiltração da água no solo e a recarga do mesmo, considerando que o balanço hídrico do solo esteja positivo.

3.4. Temperatura do ar

Os valores de temperatura do ar média diária pelo método de KDE, ao longo dos anos tendeu a uma curva de distribuição normal (Figure 9). Ao longo dos 10 anos a temperatura teve variações de -2,3 a 36,3 °C, obtendo uma temperatura média geral de 19,4 °C. A mesma temperatura média registrada foi onde ocorreu o único pico de maior densidade dos dados.

Figura 9 - Temperatura média do ar registrada entre os anos de 2008 a 2017, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel.

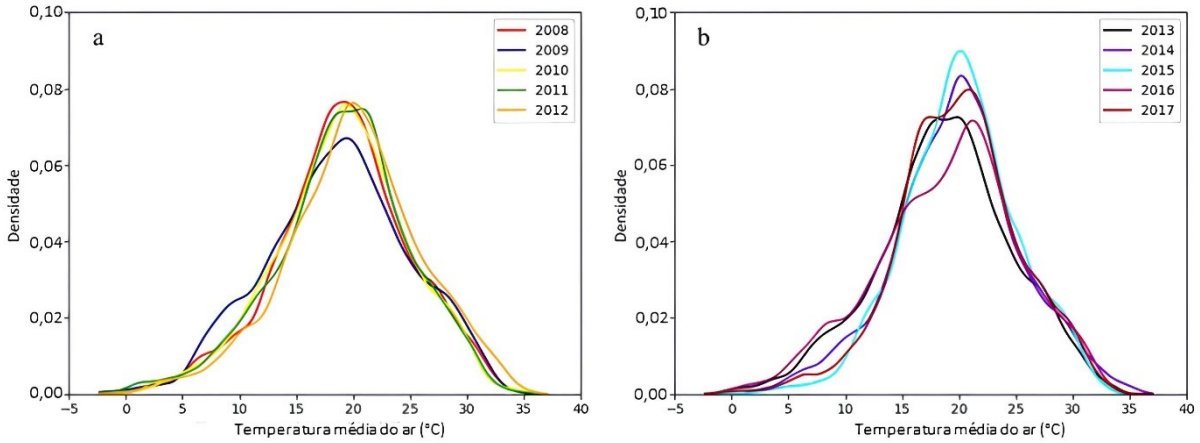


Fonte: Elaborado pelos autores.

A temperatura do ar média ao longo dos anos, teve a mesma tendência de distribuição de normalidade dos dados com exceção dos anos de 2016 e 2017 que tenderam a uma bimodalidade, ocorrendo dois picos próximos de 17 e 21 °C (Figura 10). Os demais anos apresentaram somente um pico com maior densidade na faixa de 18 a 22 °C. Essa diferença

de 5 °C na densidade do pico encontrada foi observado ao logo de cada ano. No entanto, a maior temperatura média foi de 19,5 °C registrada em 2015 e a menor de 17,9 °C para o ano de 2009 (Tabela 5).

Figura 10 - Temperatura média do ar por ano registrada no período de dez anos, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel. Entre 2008-2012 (a) e 2013-2017 (b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 5 - Estatística descritiva da temperatura média do ar por ano registrada no período de dez anos.

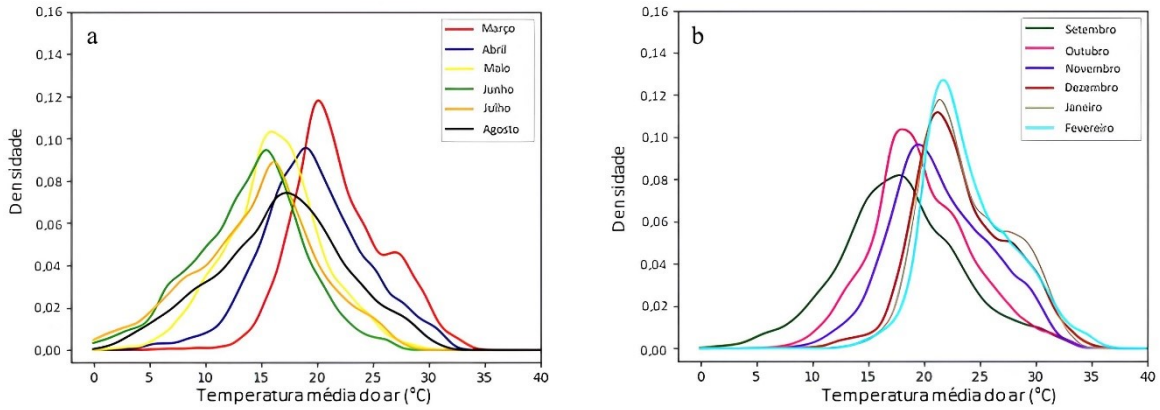
Anos	Temperatura média do ar (°C)			Largura de banda
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	
2008	19,16	5,80	30,27	0,78
2009	18,66	6,29	33,69	0,83
2010	19,05	5,78	30,34	0,88
2011	19,05	5,90	30,97	0,72
2012	20,02	6,00	29,98	0,81
2013	18,78	5,95	31,66	0,56
2014	19,84	5,60	28,23	0,51
2015	20,13	5,00	24,82	0,51
2016	18,98	6,30	33,20	0,53
2017	19,91	5,34	26,83	0,64

Fonte: Elaborado pelos autores.

A temperatura ao longo de cada mês é visível de observar a variação da mesma. Esse fato é considerado normal, pois com a ocorrência de estações bem definidas ao longo do ano

tendo meses mais quentes como mais frios, influência diretamente na temperatura média (Figura 11). A distribuição dos dados seguiu a mesma tendência da temperatura ao longo dos 10 anos e de cada ano, se aproximando de uma distribuição de normalidade, encontrando picos com maior densidade que variam de 15 a 23 °C.

Figura 11 - Temperatura média do ar por mês registrada entre os anos de 2008 a 2017, ajustados pela função de estimativa de densidade por Kernel. Entre março a agosto (a) e setembro a fevereiro (b).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os meses de março, dezembro e janeiro apresentaram uma bimodalidade pelo ajuste. Março teve seu pico com maior densidade próximo aos 21 °C e outro menor entorno de 27 °C. Para os meses de dezembro e janeiro o pico com maior densidade foi aproximadamente aos 23 °C e o segundo próximo de 29 °C.

A maior temperatura média do ar foi obtida no mês de janeiro com média de 23,7 °C considerado pico da estação verão e a menor para o mês de junho com uma temperatura média de 13,9 °C, mês que inicia a estação do inverno. (Tabela 6).

Tabela 6 - Estatística descritiva da temperatura média do ar por mês registrada entre os anos de 2008 a 2017.

Meses	Temperatura média do ar (°C)			Largura de banda
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	
Janeiro	23,74	3,89	16,38	0,47
Fevereiro	23,98	3,92	16,33	0,37
Março	21,95	4,15	18,89	0,33
Abril	19,60	4,74	24,20	0,47
Maio	16,19	4,35	26,87	0,49
Junho	13,91	4,92	35,36	0,32
Julho	14,57	5,55	38,06	0,49
Agosto	16,80	5,81	34,59	0,20
Setembro	17,90	5,40	30,15	0,79
Outubro	19,80	4,51	22,76	0,43
Novembro	21,50	4,48	20,82	0,69
Dezembro	23,31	4,17	17,91	0,56

Fonte: Elaborado pelos autores.

A temperatura é considerada um importante elemento meteorológico para levar em consideração na produção de plantas, pois é determinante na fenologia das espécies como é determinante na distribuição espaço e tempo. Para a cultura do milho estudos revelam que a temperatura ideal para o crescimento e desenvolvimento fica entre 24 ºC a 30 ºC (CRUZ et al. 2006). No entanto, tem uma temperatura base inferior e superior de 8 ºC e 40 ºC consequentemente, podendo variar do híbrido sendo de ciclo curto, médio ou tardio, proporcionando o cultivo no final do inverno e uma safrinha entre o verão-outono (MONTEIRO, 2009).

A soja tem melhor adaptação em ambientes com temperaturas que oscilam numa faixa de 20 ºC a 30 ºC, não sendo indicada para cultivo em ambientes com temperaturas menores ou iguais a 10ºC e temperaturas acimas de 40ºC (FARIAS et al. 2007; MONTEIRO, 2009), semelhante a cultura do milho. Com temperaturas acima de 40 °C a cultura da soja tem efeito nas taxas de crescimento, floração e consequentemente a retenção dos legumes. A cultura também necessita de temperaturas basal inferior de 10 ºC para induzir esses processos.

O trigo é cultivado em Frederico Westphalen nas estações de inverno e outono, pois

necessita de temperaturas mais amenas. Temperaturas elevadas no decorrer do ciclo de cultivo podem provocar redução no crescimento e desenvolvimento, principalmente no desenvolvimento do sistema radicular, emissão de perfilho, na floração e formação de espiguetas (PIMENTEL et al. 2015). A temperatura ótima para o cultivo do trigo está na faixa de 18 °C a 24 °C (STONE e NICOLAS, 1994). Porém atualmente com o melhoramento genético estão surgindo novas cultivares que se adaptam em região como o Centro-Oeste que apresenta temperaturas mais elevadas.

Para o eucalipto, cultura perene, temperaturas altas podem favorecer o cultivo. No inverno podem entrar em dormência somente se a temperatura média diária se apresentar abaixo de 10 ºC, considerado a temperatura basal inferior do Eucalipto. Tem como temperatura média ótima 25 °C e um limite basal superior de 36 °C (MONTEIRO, 2009). No entanto, tem espécies que são mais suscetíveis ao frio (*E. maculata*, *E. saligna*, *E. urophylla*), como outras que se aclimatam melhor (*E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. viminalis*) (FERREIRA, 1979).

Um dos principais cuidados que deve se ter no cultivo do eucalipto na região de Frederico Westphalen e em todo o Rio Grande do Sul é a ocorrência de geadas, principalmente na fase de mudas logo após o transplante a campo que ocorre meados de setembro. Nesta época, ocorrem formação de geadas chamadas tardias e/ou de primavera que podem vir comprometer não somente as mudas recém transplantadas, mas também árvores de pequeno porte com idade inferiores a dois anos (FLORES et al. 2009). Por outro lado, Elli et al. (2020), estudando os impactos das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto no Brasil realizando projeções futuras, constatou um aumento nas temperaturas médias. Importante informar que no sul do Brasil as temperaturas são mais amenas e esse aumento não afetaria a produtividade das florestas de eucalipto nessa região. No entanto, regiões com temperaturas mais elevadas esse aumento poderia ocasionar um estresse térmico.

A aplicação do método não paramétrico de Kernel nos elementos meteorológicos, permitiu observar a distribuição ao longo dos 10 anos de registro de forma geral, no ano e no mês. Além disso, a distribuição tornou possível a identificação dos maiores picos que estão relacionados a maiores densidades. Proporcionou auxiliar na identificação dos momentos corretos de semeadura, colheita e cuidados que os agricultores devem ter na hora do manejo das culturas.

Considerando as culturas mais cultivadas na região como, milho, soja, trigo e eucalipto, todas apresentam restrição quanto a temperatura. Porém, todas podem ser plantadas, pois a temperatura média geral, por ano e por mês está dentro da faixa aceitável para o cultivo, conforme a período de semeadura e colheita de cada espécie. Relacionado os elementos meteorológicos radiação solar incidente global e precipitação pluviométrica não apresentaram restrição para as culturas, apresentando valores recomendados dentro do método de distribuição não paramétrica de Kernel.

4. CONCLUSÃO

A menor incidência de radiação ocorreu no ano de 2017, consequentemente no mesmo ano foi registrado o maior volume de precipitação dentre os anos.

O mês com maior média de incidência radiação solar foi janeiro, o mesmo foi o que registrou maior temperatura média mensal.

Junho foi o mês que apresentou menor média de incidência da radiação solar, consequentemente foi o mês que apresentou a menor temperatura média mensal.

Os elementos meteorológicos avaliados entre os anos de 2008 a 2017 demostram que não são limitantes para o cultivo de diferentes espécies para região de abrangência da estação meteorológica. Porém, deve ter atenção com a cultivar e espécie a utilizar quanto o período de semeadura e plantio.

A observação dos dez anos de registros de dados de radiação solar, precipitação pluviométrica e temperatura do ar pela estação meteorológica de Frederico Westphalen pelo método de distribuição não paramétrica de Kernel dá um indicativo de como os elementos estão se apresentando no período. Apesar de restrições pontuais, o tempo/clima apresenta potencial para o cultivo das espécies que vem sendo utilizadas na mesma, seguindo o zoneamento para cada cultura.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and applied climatology,** v. 113, p. 407-427, 2013**.** DOI: https://doi.org/10.1007/s00704-012-0796-6.

APIPATTANAVIS, S.; BERT, F.; PODESTÁ, G.; RAJAGOPALAN, B. Linking weather generators and crop models for assessment of climate forecast outcomes. **Agricultural and forest meteorology**, v. 150, n. 2, p. 166-174, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.09.012.

BAETHGEN, W. E.; CARRIQUIRY, M.; ROPELEWSKI, C. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 90, n. 2, p. 179-184, 2009. DOI: https://doi.org/10.1175/2008BAMS2429.1.

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. D.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, p. 86-92, 2006. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100013.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: Rego, C., Negrelle, R.R.B.; Morelatto, L.P.C. Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. **Embrapa Florestas**, Colombo, pp 291-310, 2007. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/314067/1/EmbrapaFlorestas-2007-Fenologia.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; RYAN, M. G. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1-2, p. 5-16, 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.01.019.

BURIOL, G. A.; STRECK, N. A.; PETRY, C.; SCHNEIDER, F. M. Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, v. 25, p. 1-4, 1995. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-84781995000100001.

BURIOL, G. A.; LAGO, I.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ANDRIOLO, J. L. Disponibilidade de radiação solar para hortaliças cultivadas em ambiente protegido no período invernal no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 1, p. 21-26, 2005.

CAMERA, C.; BRUGGEMAN, A.; HADJINICOLAOU, P.; PASHIARDIS, S.; LANGE, M. A. Evaluation of interpolation techniques for the creation of gridded daily precipitation (1× 1 km^2); Cyprus, 1980–2010. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 119, n. 2, p. 693-712, 2014. DOI: https://doi.org/10.1002/2013JD020611.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; DE OLIVEIRA, M.F.; SANTANA, D.P. Manejo da cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica**, n. 87, p. 12, 2006. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/490419. Acesso em: 20 fev. 2023.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C.; KOESTER, E.; OLIVEIRA, L. D.; ALBA, J. M. F.; TERRES, V. C.; LOPES, R. T. Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS. **Embrapa. Pelotas, Brasil, Circular Técnica**, n. 116, p. 32, 2011. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/905019/estudos-de-solos-do-municipio-de-frederico-westphalen-rs. Acesso em: 10 fev. 2023.

DOWNS, J. A.; HORNER, M. W. Analysing infrequently sampled animal tracking data by incorporating generalized movement trajectories with kernel density estimation. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 36, n. 4, p. 302-310, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.12.001.

ELLI, E. F.; SENTELHAS, P. C.; BENDER, F. D. Impacts and uncertainties of climate change projections on Eucalyptus plantations productivity across Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 474, p. 118365, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118365.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Londrina: Embrapa soja, circular técnica**, n. 48. p. 10, 2007. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/470308. Acesso em: 10 fev. 2023.

FEE. **Fundação de economia e estatística**; Corede Médio Alto Uruguai. 2019. Disponível em: https://arquivofee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=M%E9dio+Alto+Uruguai. Acesso em: 26 mar. 2022.

FERREIRA, M. Escolha de espécies de eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, v. 47, p. 1-30, 1979. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr047.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGE, M. S. Zoneamento agroclimático do eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul- RS. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**. 87p, 2009. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/859587/1/13653.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

FRISINA, V. D. A.; ESCOBEDO, J. F. Radiation and energy balance of lettuce culture inside a polyethylene greenhouse. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1775-1786, 1999. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001000003.

GONÇALVES, J. L.; ALVARES, C. A.; ROCHA, J. H.; BRANDANI, C. B.; HAKAMADA, R. Eucalypt plantation management in regions with water stress. Southern Forests: a Journal of Forest Science, v. 79, n. 3, p. 169-183, 2017. DOI: https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1255415.

HAMADA, E., GHINI, R.; FERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ROSSI, P. Spatial and temporal variability of leaf wetness duration in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 26-31, 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000700006.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **Agricultural and forest meteorology**, v. 103, n. 1-2, p. 137-157, 2000. DOI: https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00108-8.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. ed, São Carlos Rima, 531 p, 2003.

LUCAS, T. P. B.; PLEC, D.; ABREU, M. L.; PARIZZI, M. G. Identificação de interpoladores adequados a dados de chuva a partir de parâmetros estatísticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 7-21, 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v13i0.31259.

MARTÍN, M. B. G. La relación clima-turismo: consideraciones básicas en los fundamentos teóricos y prácticos. **Investigaciones Geográficas (España)**, n. 21, p. 21-34, 1999. DOI: http://dx.doi.org/10.14198/INGEO1999.21.04.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos, o fator meteorológico na produção agrícola**. 1ª ed, INMET, Brasília, 530 p, 2009.

NOAA. ENSO: **Cold and warm episodes by season.** Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 23 mar. 2022.

PIMENTEL, A. J. B.; ROCHA, J. R. D. A. S. D. C.; SOUZA, M. A. D.; RIBEIRO, G.; SILVA, C. R.; OLIVEIRA, I. C. M. Characterization of heat tolerance in wheat cultivars and effects on production components. **Revista Ceres**, v. 62, p. 191-198, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/0034-737X201562020009.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L. D.; DE AZEVEDO, C. A.; LYRA, G. B.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; DE LIMA, V. L. Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 739-744, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700006.

SILVA, T. R. G.; DA COSTA, M. L. A.; FARIAS, L. R. A.; DOS SANTOS, M. A.; DE LIMA ROCHA, J. J.; SILVA, J. V. Fatores abióticos no crescimento e florescimento das plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e19710413817, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13817.

SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis**. Chapman and Hall, New York, 1986.

SANTOS, W. G. D.; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de política agrícola**, v. 25, n. 3, p. 73-94, 2016. Disponível em: https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1157. Acesso em: 10 out. 2022.

STONE, P. J.; NICOLAS, M. E. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. **Functional Plant Biology**, v. 21, n. 6, p. DOI: 887-900, 1994. https://doi.org/10.1071/PP9940887.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Artmed Editora, 888 p, 2017.

VIANNA, L. F. D. N.; PERIN, E. B.; RICCE, W. D. S.; MASSIGNAN, A. M.; PANDOLFO, C. Bancos de dados meteorológicos: Análise dos metadados das Estações Meteorológicas no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 53-64, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-778632120150119.

WMO. **Guide to Hydrological Practices: Data Acquisition and Processing, Analysis, Forecasting and Other Applications**. World meteorological organization. Geneva, Switzerland. 1994. Disponível em: https://www.innovativehydrology.com/WMO-No.168-1994.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.