

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Lana Bruna de Oliveira Engers

**FREQUÊNCIA DE OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS
MICROMETEOROLÓGICAS EM DOSÉIS DE CANOLA**

Santa Maria, RS, Brasil
2023

Lana Bruna de Oliveira Engers

**FREQUÊNCIA DE OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS
EM DOSÉIS DE CANOLA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

Orientador: Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, RS, Brasil.
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Engers, Lana Bruna de Oliveira
FREQUÊNCIA DE OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS
MICROMETEOROLÓGICAS EM DOSÉIS DE CANOLA / Lana Bruna de
Oliveira Engers.- 2023.
63 p.; 30 cm

Orientador: Alessandro Dal'Col Lúcio
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. Brassica napus L. 2. Análise descritiva 3.
Agrupamento Hierárquico 4. Micrometeorologia I. Lúcio,
Alessandro Dal'Col II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, LANA BRUNA DE OLIVEIRA ENGERS, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Lana Bruna de Oliveira Engers

**FREQUÊNCIA DE OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS
EM DOSÉIS DE CANOLA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

Aprovado em 23 de Outubro de 2023.

Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr, UFSM
(Presidente/Orientador)

Sidinei Zwick Radons, Dr, UFFS

Arno Bernardo Heldwein, Dr, UFSM

Mateus Possebon Bortoluzzi, Dr, UPF

Astor Henrique Nied, Dr, UFSM

Santa Maria, RS. Brasil.
2023

Dedico este trabalho à **DEUS** e a minha família, que fizeram do meu sonho, realidade, me proporcionando forças e coragem para que superaste os obstáculos impostos e concretizaste esta conquista. Graças a vocês eu não fraquejei!

AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha é vencida sozinha!

À Deus meu agradecimento maior, por ser meu guia e nunca ter me abandonado, até mesmo em momentos difíceis em que não havia mais esperanças me concedeu forças.

Aos meus pais Miria e Jandir, aos meus irmãos Alan e Jara, e a minha sobrinha Alícia por todo apoio, compreensão e suporte.

Ao meu namorado Roger pelo amor, carinho e compreensão nos momentos em que mais precisei. A pessoa que compartilho a vida, os sonhos e agora mais esta conquista.

Ao professor Alessandro Dal'Col Lúcio pelo acolhimento, ensinamentos e orientação neste trabalho, qual não mediu esforços.

Ao professor Sidinei Radons pelos ensinamentos, incentivos e orientação desde o início da minha vida acadêmica, és um dos grandes responsáveis pela profissional qual me tornei! És uma inspiração pra mim.

Ao professor Astor Nied, ao professor Arno Bernardo Heldwein, ao Doutor Paulo Schaefer e a EMBRAPA, pela disponibilidade dos dados micrometeorológicos usados neste trabalho. E aos demais membros da banca avaliadora pelas contribuições.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Centro de Ciências Rurais, ao Departamento de Fitotecnia e aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia quais proporcionaram condições e contribuíram de forma significativa para minha formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

A todos os colegas e amigos do grupo de pesquisa em experimentação agrícola, pelo auxílio, troca e amizade, tornando este período mais acalentador.

A todos aqueles que, embora não mencionados, sabem que contribuíram em alguma etapa desta fase.

Muito obrigada!

“O fruto de um trabalho de amor atinge sua plenitude na colheita, e esta chega sempre no seu tempo certo” (Autor desconhecido).

RESUMO

FREQUÊNCIA DE OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS EM DOSÉIS DE CANOLA

AUTORA: Lana Bruna de Oliveira Engers
ORIENTADOR: Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as variáveis micrometeorológicas mensuradas em ensaios com canola e identificar a frequência mínima de observação para as mesmas. Os experimentos foram conduzidos na UFSM, com a cv. Diamond nos anos 2018 e 2019, sob o delineamento experimental de blocos ao acaso, em um bifatorial 2x4, sendo os tratamentos constituídos pela interação de duas drenagens superficiais de solo (com e sem) com quatro espaçamentos entre as linhas de semeadura (0,17; 0,34; 0,51 e 0,68 m). Foram mensurados a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada, a eficiência da interceptação da RFA, o saldo de radiação, a temperatura do ar, umidade relativa do ar e a velocidade do vento e armazenadas em intervalos de leitura a cada 30 segundos. Os bancos de dados foram compostos apenas com os dias que apresentaram 2880 observações diárias. Denominado de Banco de dados 1, composto por dias com e sem precipitação pluvial e denominado Banco de dados 2, composto apenas com dias sem precipitação pluvial. A partir da mensuração foi simulado 27 diferentes frequências de observações para cada variável micrometeorológica realizada as análises descritivas, testado os pressupostos do modelo e identificada a frequência mínima de observação pelo Método Hierárquico Aglomerativo do vizinho mais distante, para os dois bancos de dados. As análises estatísticas foram realizadas no software R adotando o nível de 5% de probabilidade de erro. Verificou-se que as frequências simuladas seguem o padrão da frequência 1, em que as observações são de 30 em 30 segundos, com exceção da frequência 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas). Em ambos bancos de dados, a pressão parcial de vapor d'água é maior no estrato superior do dossel de canola, assim como a temperatura do ar. A RFA interceptada possui o mesmo perfil indiferente dos fatores utilizados e a eficiência de interceptação de RFA é maior nos espaçamentos intermediários (0,34m e 0,51m). Já o saldo de radiação maior foi encontrado no banco de dados 2, em que foi removido dias com registro de precipitação e a velocidade do vento maior no estrato superior do dossel e no banco de dados 1, em que levou em consideração todos os dias de observações. Para ambos bancos de dados, com a formação de 14 clusters, a frequência mínima identificada é de observação pontuais de 8 em 8 horas, a partir das 0h.

Palavras-Chave: *Brassica napus* L. Análise descritiva. Agrupamento Hierárquico. Micrometeorologia.

ABSTRACT

FREQUENCY OF OBSERVATION OF MICROMETEOROLOGICAL VARIABLES IN CANOLA CANOPY

AUTHOR: Lana Bruna de Oliveira Engers

ADVISOR: Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

The purpose of this work was to characterize the micrometeorological variables measured in canola tests and identify the minimum frequency of observation of them. The experiments were conducted at UFSM, with cv. Diamante in the years 2018 and 2019, under the experimental design of randomized blocks, in a 2x4 bifactorial, with the treatments consisting of the interaction of two surface soil drainages (with and without) with four spacings between the sowing lines (0.17; 0.34, 0.51 and 0.68 m), with four repetitions. Photosynthetically active radiation (PAR), PAR interception efficiency, radiation balance, air temperature, relative air humidity and wind speed were measured and stored at reading intervals every 30 seconds. The databases were composed only of days that presented 2,880 daily observations. Named Database 1, created by days with and without rain and named Database 2, composed only of days without rain. From the measurement, 27 dissimilar frequencies of observations were simulated for each micrometeorological variable, descriptive analyzes were carried out, the model assumptions were tested and the minimum observation frequency was identified using the Hierarchical Agglomerative Method of the furthest neighbor, for the two databases. Statistical analyzes were carried out using the R software, adopting an error probability level of 5%. It was found that the simulated frequencies follow the pattern of frequency 1, in which checks are every 30 seconds, with the exception of frequencies 24 (punctual observations once a day, at 0 o'clock) and 26 (punctual observations once a day, at 12pm). In both databases, the partial pressure of water vapor is higher in the upper stratum of the canola canopy, as is the air temperature. The intercepted RFA has the same profile regardless of the factors used and the RFA interception efficiency is greater at intermediate spacings (0.34m and 0.51m). The highest radiation balance was found in database 2, where days with recorded precipitation and highest wind speeds in the upper stratum of the canopy were removed, and in database 1, which took into account all days of comments. For both databases, with the formation of 14 clusters, the minimum frequency identified is occasional observations every 8 hours, starting at midnight. The partial pressure of water vapor is greater in the upper stratum of the canola canopy, as are the air temperature and wind speed. The intercepted RFA has the same profile regardless of the factors used and the RFA interception efficiency is greater at intermediate spacings (0.34m and 0.51m). The highest radiation balance was found in database 2, from which days with recorded precipitation were removed. For both databases, with the formation of 14 clusters, the minimum frequency represented is exact observations every 8 hours, at 0 hours.

Keywords: *Brassica napus L.* Descriptive analysis. Hierarchical Grouping. Micrometeorology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 - Distribuição de frequência da pressão parcial de vapor d'água (KPa) de ensaios de canola, gerado a partir do banco de dados 1 e 2 respectivamente, mensurada no estrato inferior do dossel e com o uso de drenagem superficial de solo (a) (e), no estrato superior do dossel com o uso de drenagem superficial de solo (b) (f), no estrato inferior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (c) (g), no estrato superior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (d)(h), nos distintos espaçamentos. 24
- Figura 2: Distribuição de frequência da RFA interceptada pelo dossel das plantas (RFAi) (g MJ^{-1}) e da eficiência de interceptação da RFA (ϵ_i) ensaios de canola, gerados a partir do banco de dados 1, mensuradas nos fatores com o uso de drenagem superficial de solo (a) (b) e sem uso de drenagem superficial de solo (c) (d), e gerado a partir do banco de dados 2, mensuradas nos fatores com o uso de drenagem superficial de solo (e) (f) e sem uso de drenagem superficial de solo (g) (h), nos distintos espaçamentos..... 27
- Figura 3 - Distribuição de frequência gerada a partir do banco de dados 1 (a) e do banco de dados 2 (b), do saldo de radiação (R_n) (W m^2) de ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo e no espaçamento 0,34 m. 30
- Figura 4 - Distribuição de frequência da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) de ensaios de canola, gerado a partir do banco de dados 1 e 2 respectivamente, mensurada no estrato inferior do dossel e com o uso de drenagem superficial de solo (a) (e), no estrato superior do dossel com o uso de drenagem superficial de solo (b) (f), no estrato inferior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (c) (g), no estrato superior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (d)(h), nos distintos espaçamentos..... 32
- Figura 5 - Distribuição de frequência gerada a partir do banco de dados 1 (a) e do banco de dados 2 (b), da velocidade do vento (m s^{-1}) de ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo, no espaçamento 0,34 m para o estrato superior e inferior do dossel. 34

CAPÍTULO II

- Figura 1 - Dendograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 1, com fator com o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17 m (a), 0,34 m (b), 0,51 m (c) e 0,68 m (d)..... 48
- Figura 2 - Dendograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 1, com fator sem o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17m (a), 0,34m (b), 0,51m (c) e 0,68m (d)..... 49

Figura 3 - Dendograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 2, com fator com o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17 m (a), 0,34 m (b), 0,51 m (c) e 0,68 m (d)..... 50

Figura 4 - Dendograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 2, com fator sem o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17 m (a), 0,34 m (b), 0,51 m (c) e 0,68m (d)..... 51

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1, da pressão parcial de vapor d'água (KPa) de ensaios de canola, mensurados nos fatores de drenagem superficial do solo e nos distintos espaçamentos, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).....	22
Tabela 2 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1, de RFA interceptada pelo dossel das plantas (RFA _i) (g MJ ⁻¹) e da eficiência de interceptação da RFA (ε _i) de ensaios de canola, mensuradas nos fatores de drenagem superficial do solo nos distintos espaçamentos, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).....	26
Tabela 3 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1 e 2, do saldo de radiação (R _n) (W m ²) em ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo e no espaçamento 0,34m, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).....	29
Tabela 4 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1, da temperatura do ar (°C) de ensaios de canola, mensurados em fatores de drenagem superficial do solo nos distintos espaçamentos e estratos do dossel, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).....	30
Tabela 5 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1 e do banco de dados 2 da velocidade do vento (m s ⁻¹) de ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo e no espaçamento 0,34m, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).....	33

CAPÍTULO II

Tabela 1 – <i>p-valor</i> do teste t de Student para análise da média entre os 14 grupos, à 5% de nível de significância.....	53
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2. REFERÊNCIAS.....	15
3. CAPÍTULO I - PERFIL DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS EM ENSAIOS DE CANOLA	17
3.1. INTRODUÇÃO	18
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.2.1. Caracterização da Área de Estudo e Delineamento Experimental.....	21
3.2.2. Avaliações Micrometeorológicas	22
3.2.3. Análises Estatísticas	22
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3.4. CONCLUSÕES	34
3.5. REFERÊNCIAS.....	35
4. CAPÍTULO II – MENSURAÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS EM DOSSÊIS AGRÍCOLAS: FREQUÊNCIAS MÍNIMAS DE OBSERVAÇÕES.....	40
4.1. INTRODUÇÃO	42
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	43
4.2.1. Caracterização da Área de Estudo e Delineamento Experimental.....	43
4.2.2. Avaliações Micrometeorológicas.....	44
4.2.3. Análises Estatísticas	45
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.4. CONCLUSÃO	53
4.5. REFERÊNCIAS.....	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
APÊNDICE A- ANÁLISE DESCRITIVA PARA O BANCO DE DADOS 2 DA PRESSÃO PARCIAL DO VAPOR D'ÁGUA	60

APÊNDICE B- ANÁLISE DESCRITIVA PARA O BANCO DE DADOS 2 DA RFA INTERCEPTADA PELO DOSSEL DAS PLANTAS E DA EFICIÊNCIA DE INTERCEPTAÇÃO DA RFA	61
APÊNDICE C - ANÁLISE DESCRITIVA PARA O BANCO DE DADOS 2 DA TEMPERATURA DO AR.....	62

1. INTRODUÇÃO GERAL

A canola (*Brassica napus* L. var oleífera) é uma oleaginosa transgênica pertencente à família das Brassicaceae e ao gênero das Brassicas, proveniente do melhoramento genético da colza (*Brassica napus* e *Brassica campestris*), no qual houve a diminuição dos teores de ácido erúxico e de glucosinolatos de suas sementes (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2023). Atualmente, está dentre as oleaginosas mais produzidas no mundo, ficando atrás da palma (*Elaeis Guineensis*) e da soja (*Glycine max*) (USDA, 2023).

Sua principal destinação é a produção de óleo para a alimentação humana, para a alimentação animal com seus subprodutos e a produção de bioenergia para o biodiesel (DE MORI et al., 2014). A cultura é uma espécie importante e promissora, pois oferece diversas vantagens ao produtor, principalmente como uma alternativa na produção de grãos no período do inverno nas condições do sul do Brasil (KRÜGER et al., 2011).

A canola tem grande importância na rotação de culturas, pois auxilia na quebra de ciclos de doenças, pragas e plantas daninhas e na ciclagem de nutrientes. Na otimização de terras, máquinas e recursos humanos, além de gerar retorno econômico ao produtor (ANGUS et al., 2015; BRANDLER, 2019; GULARTE et al., 2020; TOMM et al., 2009).

No Brasil, a produção da canola está concentrada no Paraná e, principalmente, no Rio Grande do Sul, no qual o cultivo foi pioneiro no país na década de 80 (GULARTE et al., 2020). Na safra de 2023 a área semeada foi de 52 mil ha com a produção de 92,6 mil ton e a cada ano que se passa a tendência é aumentar (CONAB, 2023). No Rio Grande do Sul a produtividade em 2022 aumentou 24% da safra anterior, chegando a 1,747 ton ha (CONAB, 2023). Esse aumento nos últimos anos deve-se, em parte, à melhoria das variedades, sendo mais resistentes a doenças, e também aos aperfeiçoamentos no manejo (HEGEWALD et al., 2018).

As culturas agrícolas durante seu ciclo são submetidas às condições meteorológicas consideradas favoráveis ou desfavoráveis ao cultivo, influenciando assim tanto no processo de crescimento quanto desenvolvimento da planta e refletindo na produtividade final. Para que uma cultura expresse seu máximo potencial produtivo é necessário que ocorra interação positiva entre planta-solo-atmosfera. Uma vez que, o tipo de cobertura do solo, o arranjo espacial das plantas adotado, vai influenciar no microclima no espaço tridimensional das plantas, modificando a interceptação da radiação solar, os fluxos convectivos, a pressão do vapor da água no ar, a duração do molhamento foliar e a temperatura do ar (DALMAGO et al, 2015).

Segundo Tesfahuney et al. (2013), as três medições vitais em estudos micrometeorológicos nas copas das culturas são a pressão de vapor d'água, as temperaturas

potenciais virtuais e a velocidade do vento. Entretanto, para a compreensão básica dos perfis das variáveis micrometeorológicas e suas relações dentro da superfície da copa há a necessidade de medições micrometeorológicas intensivas e contínuas e com atenção adequada dada à alta precisão e confiabilidade (MONTEITH; UNSWORTH, 1990).

Diante a isso, este trabalho teve por objetivo caracterizar os bancos de dados de pressão parcial de vapor, temperatura do ar, saldo de radiação, velocidade do vento, eficiência de interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) e eficiência de interceptação de RFA por meio análises descritivas e de distribuições de frequências para a frequência de observação mensurada. Além disso, identificar a frequência mínima de observação das variáveis micrometeorológicas mensuradas em ensaios com canola.

2. REFERÊNCIAS

ANGUS, J. F. et al. Break crops and rotations for wheat. **Crop and Pasture Science**. 2015; 66: 523-552.

BRANDLER, D. **Interferência e nível de dano econômico de plantas daninhas na cultura da canola**. 2019. 77 p. (Dissertação de mestrado em ciência e tecnologia ambiental). Programa de pós-graduação em ciência e tecnologia ambiental - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2019.

CANOLA COUNCIL OF CANADA, **The History of Canola**, p. 1, 2021 Disponível em:<<http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/the-history-of-canola/>>.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Décimo primeiro levantamento, junho 2023– safra 2022.: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2023. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br>>.

DALMAGO, G. A. et al. **Potencial de aplicação da Agrometeorologia em agricultura de precisão para a produção de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015.

DE MORI, C. et al. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. 149. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 36 p.

GULARTE, J. A. et al. Produção e mercado de sementes de canola no Brasil. **Applied Research e Agrotechnology**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2020.

HEGEWALD, H; et al. Impacts of break crops and crop rotations on oilseed rape productivity: A review. **European Journal of Agronomy**, v. 101, p. 63–77, 2018.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Arranjo de plantas na expressão dos componentes de produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 1448-1453, 2011.

MONTEITH, J. L; UNSWORTH, M. H. **Princípios de Física Ambiental**, 2ª ed.; Edward Arnold: Sevenoaks, Reino Unido, 1990.

TESFUHUNEY, W.A. et al. Perfis de vapor de água, temperatura e vento na copa do milho sob coleta de água da chuva no campo com faixas de escoamento largas e estreitas. **Atmosfera**. 2013; 4(4):428-444 2013.

TOMM, G. O. et al. Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul. 113. ed. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**. p. 1-39, dez, 2009. (Documentos online). ISSN 1518-6512

USDA- **United States Department of Agriculture**. 2023. Disponível em: <<https://www.usda.gov>>.

3. CAPÍTULO I - PERFIL DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS EM ENSAIOS DE CANOLA

RESUMO

O objetivo do trabalho foi caracterizar os bancos de dados por meio de diferentes frequências de observação das variáveis micrometeorológicas mensuradas em ensaios de canola e de distribuições de frequências. Os experimentos foram conduzidos na UFSM, com a cv. Diamond nos anos 2018 e 2019, sob o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema bifatorial 2x4, sendo os tratamentos constituídos pela interação de duas drenagens superficiais de solo (com e sem) com quatro espaçamentos entre as linhas de semeadura (0,17; 0,34; 0,51 e 0,68 m). Foram mensurados a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada, eficiência da interceptação da RFA, o saldo de radiação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e a velocidade do vento, armazenadas em intervalos de leitura a cada 30 segundos. Os bancos de dados foram compostos apenas com os dias que apresentaram 2880 observações diárias. Denominado de Banco de dados 1, composto por dias com e sem precipitação pluvial e denominado Banco de dados 2, composto apenas com dias sem precipitação pluvial. A partir da mensuração foi simulada 27 frequências de observações para cada variável micrometeorológica, realizada as análises descritivas, com as estimativas da média aritmética, da moda, da mediana, do desvio padrão, dos valores máximo e mínimo, e testado os pressupostos através do teste de Lilliefors e do teste de Levene. E realizada a distribuição de frequência para as variáveis do banco de dados 1. As análises estatísticas foram realizadas no software R adotando o nível de 5% de probabilidade de erro. Como resultado verificou-se que as frequências seguem o perfil de variação da frequência 1, em que as observações são de 30 em 30 segundos, com exceção da frequência 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) que reflete as condições do período noturno e a frequência 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas) reflete as condições exclusiva do período diurno. Observou que para ambos bancos de dados, o perfil da pressão parcial de vapor d'água é maior no estrato superior do dossel de plantas indiferente do uso da drenagem superficial do solo, assim como a temperatura do ar e a velocidade do vento. A RFA interceptada possui o mesmo perfil indiferente dos fatores utilizados e a eficiência de interceptação de RFA é maior nos espaçamentos intermediários (0,34m e 0,51m). Já o saldo de radiação maior foi encontrado no banco de dados 2, em que foi removido dias com registro de precipitação e a velocidade do vento maior no estrato superior do dossel e no banco de dados 1, em que levou em consideração todos os dias de observações.

Palavras-chave: estatística descritiva. micrometeorologia. *Brassica napus*.

PROFILE OF MICROMETEOROLOGICAL VARIABLES IN CANOLA TESTS

ABSTRACT

The objective of the work was to particularize the databases through different analysis frequencies of micrometeorological variables measured in canola tests and frequency distributions. The experiments were conducted at UFSM, with cv. Diamante in the years 2018 and 2019, under the experimental design of randomized blocks, in a 2x4 bifactorial scheme, with the treatments consisting of the interaction of two surface soil drainages (with and without) with four spacings between the sowing lines (0.17; 0.34; 0.51 and 0.68 m), with four repetitions. Photosynthetically active radiation (PAR), PAR interception efficiency, radiation balance, air temperature, relative air humidity and wind speed were measured, accumulated in reading intervals every 30 seconds. The databases were made up only of days that presented 2,880 daily observations. Named Database 1, made up of days with and without rain and called Database 2, made up only of days without rain. From the measurement, 27 frequencies of observations were simulated for each micrometeorological variable, descriptive analyzes were carried out with estimates of the arithmetic mean mode median standard deviation maximum and minimum values and the assumptions were tested using the Lilliefors test and Levene's test. Frequency distribution was performed for the variables in database 1. Statistical analyzes were performed in the R software, adopting a 5% error probability level. As a result, it was found that the frequencies follow the variation profile of frequency 1, in which observations are every 30 seconds, with the exception of frequency 24 (punctual observations once a day, at 0 o'clock) which reflects the conditions of the night period and frequency 26 (punctual observations once a day, at 12 noon) expresses the exclusive conditions of the daytime period. It was observed that for both databases the water vapor partial pressure profile is higher in the upper stratum of the plant canopy regardless of the use of surface soil drainage, as well as air temperature and wind speed. The intercepted PAR has the same profile regardless of the applied factors and the PAR interception efficiency is greater at intermediate spacings (0.34m and 0.51m). The greatest radiation balance was detected in database 2, where the days with recorded precipitation and highest wind speeds in the upper stratum of the canopy were removed, and in database 1, which took into account all days of comments.

Keywords: descriptive statistics. micrometeorology. Brassica napus.

3.1. INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas, a população mundial vem crescendo de forma acelerada e, assim, aumentando a demanda por alimentos e intensificando o uso dos recursos naturais e de áreas agrícolas já utilizadas. Na região Sul do Brasil, no período do inverno há áreas que permanecem ociosas, em sistema de pousio ou então apenas com plantas de cobertura, principalmente devido à problemas periódicos de excesso hídrico do solo, qual é considerado um entrave para o crescimento e desenvolvimento das plantas (TARTAGLIA et al., 2018; FONTOURA JÚNIOR et al., 2020; PARFITT et al., 2020).

Neste contexto, a cultura da canola torna-se uma importante opção à diversificação de culturas neste período invernal, em rotação com o trigo (HAMMAC et al., 2017). Além de gerar produção de grãos, a cultura é uma das poucas oleaginosas cultivadas neste período, assim podendo garantir renda ao produtor (DE MORI et al., 2019). Ainda, seu uso auxilia na diminuição da incidência de doenças, especialmente causadas por fungos (HANSEN et al., 2019), também interfere na emergência, crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas, devido ao seu potencial alelopático (RIZZARDI et al., 2008) e auxilia na descompactação do solo devido a presença da sua raiz pivotante (CONCENÇO et al., 2020; GOULART et al., 2020).

A produtividade da canola possui influência tanto das condições meteorológicas quanto das condições de manejo e ainda dependente das respostas produtivas relacionadas aos genótipos. A alta sensibilidade aos fatores abióticos uma das principais características da cultura em todas as regiões produtoras, mas principalmente no Brasil em que o material genético é importado (KRÜGER et al., 2011). Esses fatores correspondem a cerca de 70% a 85% da variabilidade da produtividade da cultura (ESCOBAR et al., 2011; DALMAGO et al., 2018).

As adversas condições meteorológicas afetam diretamente as características morfológicas e fenológicas da canola (DALMAGO et al., 2013; ROSA et al., 2020). Dentre os elementos meteorológicos que mais afetam a produtividade da cultura destacam-se a temperatura do ar, a radiação solar e a precipitação pluvial (SANCHES et al., 2014; KRÜGER et al., 2017; DRECCER et al., 2018; NABLOUSSI et al., 2019; POKHAREL et al. 2020).

A temperatura do ar juntamente com o fotoperíodo são as variáveis que determinam o desenvolvimento e os subperíodos da canola. Há uma relação linear negativa entre a temperatura do ar e a duração dos subperíodos (LUZ et al., 2012), pois em temperaturas do ar

abaixo de 5,0 °C ocorre cessamento parcial ou total do desenvolvimento da planta (PASINATO et al., 2014). Ainda, temperaturas muito baixas estão associadas a ocorrências de geadas, a qual coincidindo na fase de reprodutiva da cultura, pode ocasionar perdas da produtividade pela redução do número de siliquas por planta e de grãos por síliqua (KOVALESKI, et al., 2019).

De acordo Sharafizadeh et al. (2012), condições em que há temperaturas mais altas durante o período vegetativo e mais amenas no reprodutivo, favorecem a absorção de radiação solar e de unidades térmicas pela planta. E dessa forma ocasiona no aumento na altura e no número de ramos e folhas e conseqüentemente na produção.

Sendo assim, a radiação solar é outra variável meteorológica importante para a canola, qual também afeta os processos de crescimento, desenvolvimento e reprodução. Visto que é a energia química, transformada pelo processo da fotossíntese, fundamental para os processos de alongação de haste, ramificações, expansão foliar, florescimento e enchimento de grãos (CASAROLI et al., 2007; KRÜGER et al., 2011). A disponibilidade da radiação solar para a fotossíntese está relacionada com a interceptação da mesma. Na cultura da canola, diferente das demais, durante o período vegetativo a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa é realizada pelas folhas, porém a partir do início do período reprodutivo, as hastes, flores e as siliquas contribuem nesse processo (NIED, 2013; FOCHESSATTO et al., 2016).

Entretanto, essa interceptação depende da arquitetura da copa e da dimensão do sistema fotoassimilador (FAVARIN et al., 2002). Na cultura da canola, para ter uma interceptação de aproximadamente 90% da radiação solar global incidente é necessário um índice de área foliar próximo a 4 (EDWARDS; HERTEL, 2011). As folhas com as maiores dimensões são emergidas próximo ao início do florescimento, sendo este período em que ocorre o máximo índice de área foliar, o qual pode variar de 3 a 6 (NANDA et al. 1995; EDWARDS e HERTEL, 2011).

Com a modificação do arranjo de plantas, aumentando-se a densidade de plantas, pode ocorrer a redução da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas folhas do estrato inferior. Há redução na energia transmitida chega às folhas mais baixas, alterando a fotossíntese do dossel e gerando maior senescência foliar (CHAVARRIA et al., 2011; LIU et al., 2016). Portanto, o manejo do arranjo espacial de plantas adotado possui uma forte influência na interceptação (KRÜGER et al., 2011).

A disponibilidade hídrica adequada é essencial para os processos metabólicos. Desta forma, tanto o excesso quanto o déficit hídrico prejudicam o desenvolvimento das plantas. O período mais sensível para a cultura da canola é no início do período do florescimento até o

enchimento de grãos (DOGAN et al., 2011), sendo que a ocorrência de déficit hídrico nesta fase pode interferir no número de siliquas por planta, grãos por siliquas, peso de grãos e também teor de óleo (SINAKI et al., 2007). Já quando submetidas ao excesso, cessam o crescimento radicular e, posteriormente, o da parte aérea (ZOU et al., 2014).

Além destas variáveis meteorológicas a umidade relativa do ar, em conjunto com a temperatura do ar, está associada às trocas gasosas e energéticas, como a evapotranspiração e o molhamento foliar (DALMAGO et al., 2015). A presença e a duração do molhamento foliar são afetadas pelo vento, sendo que a duração deste processo está inversamente relacionada à renovação do ar ao redor das folhas, assim removendo mais rapidamente a umidade nela presente (DURIGON; VAN LIER, 2013).

Ainda, ventos fortes associados com populações excessivas de plantas, podem contribuir para o acamamento de plantas, visto que a canola já é sensível a este problema. Dessa forma, acaba restringindo a entrada de radiação solar, ocasionando um ambiente mais úmido no interior do dossel, propiciando o desenvolvimento de doenças, além de dificultar o procedimento de colheita (LOURENÇO; PALMA, 2006) e do vento interferir na polinização influenciando na produção de siliquas (GULARTE et al., 2020).

Perante ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar as variáveis micrometeorológicas mensuradas em ensaios de canola através de diferentes frequências de observação, distribuições de frequências e diferentes bancos de dados.

3.2.MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1.Caracterização da Área de Estudo e Delineamento Experimental

Os experimentos à campo foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada na Depressão Central do Rio Grande do Sul (29° 43' 23" S; 53° 43' 15" O; 95 m). O solo é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico (SANTOS et al., 2018) com perfil gleissólico, no qual em períodos chuvosos apresenta a elevação do lençol freático, atingindo períodos de saturação hídrica superficial do solo. A classificação climática da região é do tipo Cfa, subtropical úmido (ALVARES et al., 2013).

As semeaduras com a cultivar Diamond ocorreram em 29 de maio de 2018 e 06 de junho de 2019, de forma manual. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, bifatorial 2 × 4, sendo os tratamentos: duas drenagens superficiais de solo (com e sem) e quatro espaçamentos entre as linhas de semeadura (0,17; 0,34; 0,51 e 0,68 m), com quatro repetições.

As unidades experimentais foram dimensionadas de 10,0 x 8,5 m, sendo a área útil constituída por 6,0 m de comprimento na direção das linhas de semeadura e de 6,0 m de largura.

O número de linhas por unidade experimental variou conforme o espaçamento adotado, no entanto, respeitando o estande final de 40 plantas m⁻². Para a execução do fator com drenagem superficial do solo foi utilizado uma valetadeira rotativa para a abertura dos sulcos ao contorno das unidades experimentais, sendo estes com profundidade de 0,25 m.

3.2.2. Avaliações Micrometeorológicas

3.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos testes de aderência à normalidade e de homogeneidade das variâncias verificou-se que a maioria das frequências das variáveis em estudo não atenderam esse pressuposto, cerca de 89% do banco de dados 1 e 85% do banco de dados 2. O espaçamento que mais atendeu essa condição foi o 0,51m e a frequência 22, em que foram realizadas observações pontuais de 12 em 12 horas, a partir das 0h.

As análises descritivas para as variáveis micrometeorológicas são apresentadas apenas para o banco de dados 1, quando os valores obtidos no banco de dados 2 foram semelhantes. E em relação as frequências de observação, são apresentadas apenas a frequência 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas), visto que as demais frequências tiveram resultados semelhantes a frequência 1.

Na Tabela 1 é apresentada a análise descritiva da pressão parcial de vapor para o banco de dados 1, já que os resultados foram, semelhantes ao banco de dados 2 (Apêndice A). Ao analisar a frequência 1 (Tabela 1) foi possível verificar que independentemente do uso ou não de drenagem superficial do solo, a pressão parcial de vapor foi maior quando mensuradas no estrato superior do dossel de plantas, semelhante é observado na frequência 26. Entretanto, essa condição não corrobora com o descrito na literatura e verificado por Tazzo (2005) na cultura da batata, em que a pressão parcial de vapor é maior nos níveis inferiores ou dentro do dossel vegetativo.

Tabela 1 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1, da pressão parcial de vapor d'água (KPa) de ensaios de canola, mensurados nos fatores de drenagem superficial do solo e nos distintos espaçamentos, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24

(observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

Frequência	Espaçamento	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min
		Com drenagem superficial do solo				Com drenagem superficial do solo							
		Estrato Inferior				Estrato Superior							
1	0.17	1.81	0.64	1.73	1.83	5.66	0.71	1.88	0.85	1.73	1.70	6.57	0.54
	0.34	1.83	0.67	1.75	2.08	5.99	0.69	1.90	0.89	1.74	1.75	6.99	0.54
	0.51	1.67	0.59	1.63	1.88	5.09	0.61	1.86	0.82	1.73	1.71	6.63	0.56
	0.68	1.85	0.71	1.75	1.71	6.34	0.66	1.88	0.84	1.74	1.69	6.62	0.52
24	0.17	1.52	0.40	1.47	1.90	3.08	0.88	1.43	0.46	1.34	1.25	3.34	0.67
	0.34	1.52	0.41	1.46	1.94	3.16	0.85	1.42	0.46	1.34	1.25	3.45	0.66
	0.51	1.41	0.42	1.33	1.94	2.83	0.65	1.43	0.45	1.39	1.25	3.26	0.67
	0.68	1.50	0.43	1.45	1.98	3.22	0.81	1.43	0.45	1.38	1.25	3.29	0.69
26	0.17	2.33	0.72	2.20	2.36	4.46	1.26	2.70	0.95	2.49	1.92	5.30	1.19
	0.34	2.39	0.70	2.25	2.40	4.46	1.24	2.75	1.00	2.54	1.94	5.76	1.20
	0.51	2.12	0.57	2.04	2.40	3.98	1.17	2.59	0.89	2.45	1.84	5.20	1.19
	0.68	2.44	0.77	2.28	2.39	4.90	1.21	2.61	0.91	2.44	1.86	5.17	1.17
		Sem drenagem superficial do solo				Sem drenagem superficial do solo							
		Estrato Inferior				Estrato Superior							
1	0.17	1.73	0.84	1.51	1.07	7.46	0.67	2.12	1.10	1.86	1.69	8.24	0.55
	0.34	2.03	0.87	1.85	3.60	7.34	0.69	2.05	1.02	1.83	3.21	8.99	0.52
	0.51	2.10	0.99	1.88	1.73	8.15	0.69	2.11	1.08	1.86	1.69	8.36	0.56
	0.68	2.08	0.95	1.88	3.68	8.31	0.69	2.10	1.06	1.86	1.71	12.75	0.55
24	0.17	1.39	0.44	1.34	1.11	3.28	0.73	1.58	0.54	1.52	2.24	3.77	0.66
	0.34	1.64	0.49	1.61	1.96	3.56	0.78	1.59	0.55	1.57	2.22	3.93	0.67
	0.51	1.63	0.49	1.60	1.93	3.63	0.80	1.59	0.55	1.55	2.22	3.97	0.68
	0.68	1.63	0.48	1.59	2.00	3.53	0.78	1.60	0.55	1.55	2.23	3.89	0.68
26	0.17	2.35	1.11	2.07	1.31	6.40	0.85	3.10	1.32	2.74	2.64	7.24	1.23
	0.34	2.69	1.01	2.40	2.56	6.39	1.28	2.85	1.25	2.49	2.62	6.78	1.23
	0.51	2.87	1.13	2.59	2.51	6.95	1.27	3.00	1.27	2.63	2.63	7.03	1.23
	0.68	2.79	1.06	2.56	2.57	6.55	1.24	2.91	1.24	2.60	2.65	6.78	1.23

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Em relação, ao uso do fator de drenagem superficial do solo, observou-se que a pressão parcial de vapor foi maior quando não utilizada essa prática. Essa condição está associada a presença de água no solo, qual é característico dos solos de terras baixas devido a elevação do lençol freático, quando a superfície do solo está úmida, torna-se fonte de vapor d'água do ar e dessa forma próximo a superfície do solo e no meio do dossel a temperatura do ponto de orvalho é maior (TAZZO, 2005).

No entanto, a pressão parcial de vapor d'água no ar é influenciado pela permeabilidade do dossel ao fluxo de ar, pela presença e velocidade do vento. Com essas condições há incremento do transporte vertical e horizontal das moléculas constituintes do ar e dessa forma

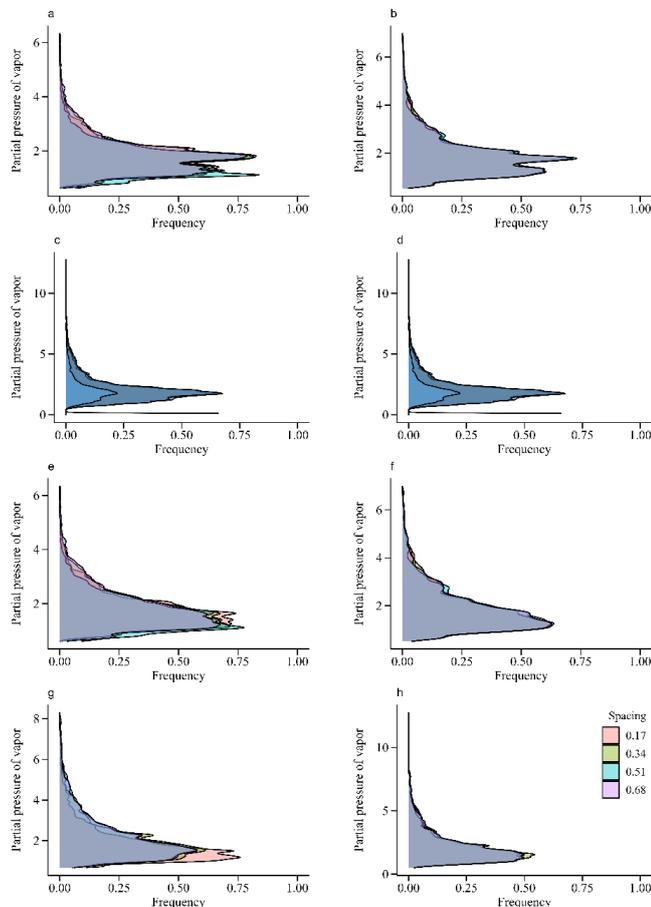
tanto a pressão parcial do vapor d'água quanto a temperatura do ar apresentam constantes oscilações no dossel (HELDWEIN, 1993). Como pode ser observado na frequência 1, no espaçamento 0,68m há menor densidade de plantas, ou seja, maior permeabilidade no dossel os valores de máxima foram as maiores e os valores de mínima foram as menores.

Ao observar as estimativas da frequência 24 (Tabela 1), em que a observação foi realizada pontual no período noturno (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) em ambos fatores de drenagem superficial do solo, observa-se que no estrato inferior a pressão parcial de vapor foi maior que no estrato superior. Esta condição ocorre, principalmente com o início da formação de orvalho, pois ocorre condensação do vapor d'água do ar sobre as folhas da cultura, como verificado por Maass et al. (2005) no cultivo de batata. Já, em relação as estimativas da frequência 26 (Tabela 1), em que a observação foi realizada pontual no período diurno (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas, foi verificado uma condição contrária a do período noturno, corroborando com o encontrado por Tazzo (2005) no cultivo da batata, em que os gradientes são maiores no período diurno.

Os dados mensurados da pressão parcial de vapor são apresentados através dos gráficos das distribuições de frequências na Figura 1. De maneira geral pode-se observar que as maiores frequências foram registradas próximas à 2 KPa. A maior frequência registrada no espaçamento 0,17m foi observado na mensuração no estrato inferior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (Figura 1g). Já para o espaçamento 0,34m a maior frequência foi na mensuração no estrato superior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (Figura 1h). Ainda, para o espaçamento 0,51m foi na mensuração no estrato inferior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (Figura 1a e 1e). E no espaçamento 0,68m foram registradas nas demais mensurações (Figura 1b, 1c, 1d e 1f).

Figura 1 - Distribuição de frequência da pressão parcial de vapor d'água (KPa) de ensaios de canola, gerado a partir do banco de dados 1 e 2 respectivamente, mensurada no estrato inferior do dossel e com o uso de drenagem superficial de solo (a) (e), no estrato superior do dossel com o uso de drenagem superficial de solo (b) (f), no estrato inferior do dossel e sem o uso de

drenagem superficial de solo (c) (g), no estrato superior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (d)(h), nos distintos espaçamentos.



A análise descritiva para a eficiência de interceptação da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) (ϵ_i) e da RFA interceptada pelo dossel das plantas (RFA_i) ($g MJ^{-1}$) para o banco de dados 1 é apresentado na Tabela 2 (banco de dados 2 – Apêndice B). Ao observar as estimativas de média para a RFA_i para a frequência 1, verificou-se que não houve diferença em relação ao uso de drenagem superficial do solo e nem nos distintos espaçamentos.

Entretanto, a interceptação de RFA está diretamente relacionada com o arranjo de plantas através do

extensão de radiação solar. Pois, em maiores densidades de plantas na linha de semeadura, pouca RFA chega ao estrato inferior do dossel (LIU et al., 2016) sendo condicionada pela distribuição da área foliar (KUNZ et al., 2007). Segundo Schaefer (2021) ao aumentar o espaçamento entre linhas de cultivo há um incremento no índice de área foliar no cultivo da canola.

Na cultura da canola, durante a fase vegetativa, as folhas interceptam grande parte da RFA, mas após o início do estágio reprodutivo, as siliquis, as flores e as hastes, contribuem

significativamente na interceptação da RFA e na produção de fotoassimilados (FOCHESATTO et al., 2016). Schaefer (2021) em seu estudo observou que há uma maior capacidade de interceptação de RFA ao reduzir os espaçamentos entre as linhas de semeadura no cultivo da canola, e essa condição pode ser verificada nas estimativas de valores máximos na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1, de RFA interceptada pelo dossel das plantas (RFA_i) (g MJ⁻¹) e da eficiência de interceptação da RFA (ϵ_i) de ensaios de canola, mensuradas nos fatores de drenagem superficial do solo nos distintos espaçamentos, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

Frequência	Espaçamento	ϵ_i						ϵ_i					
		Méd	DP	Med	Mo	Máx	Mín	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Mín
		Com drenagem superficial do solo						Sem drenagem superficial do solo					
1	0.17	0.468	0.406	0.596	0.000	1.000	0.000	0.489	0.345	0.625	0.000	1.000	0.000
	0.34	0.611	0.352	0.771	0.000	1.000	0.000	0.476	0.350	0.522	0.000	1.000	0.000
	0.51	0.611	0.349	0.756	0.000	1.000	0.000	0.541	0.365	0.662	0.000	1.000	0.000
	0.68	0.555	0.347	0.666	0.000	1.000	0.000	0.384	0.322	0.409	0.000	1.000	0.000
24	0.17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.178	0.000	0.000	1.000	0.000
	0.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.127	0.000	0.000	1.000	0.000
	0.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.183	0.000	0.000	1.000	0.000
	0.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.143	0.000	0.000	1.000	0.000
26	0.17	0.526	0.366	0.645	0.000	0.977	0.000	0.477	0.280	0.569	0.000	1.000	0.000
	0.34	0.655	0.274	0.758	0.000	1.000	0.000	0.501	0.298	0.578	0.000	1.000	0.000
	0.51	0.639	0.267	0.710	0.000	1.000	0.000	0.577	0.321	0.700	0.000	1.000	0.000
	0.68	0.575	0.279	0.695	0.000	0.915	0.000	0.340	0.244	0.374	0.000	0.765	0.000
		RFA _i						RFA _i					
		Com drenagem superficial do solo						Sem drenagem superficial do solo					
1	0.17	0.002	0.002	0.000	0.000	0.017	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.052	0.000
	0.34	0.002	0.002	0.001	0.000	0.010	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.047	0.000
	0.51	0.002	0.003	0.001	0.000	0.038	0.000	0.003	0.005	0.001	0.000	0.046	0.000
	0.68	0.002	0.002	0.001	0.000	0.010	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.039	0.000
24	0.17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.51	0.000	0.001	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.17	0.003	0.003	0.003	0.000	0.009	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.009	0.000
	0.34	0.004	0.003	0.004	0.000	0.009	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.010	0.000
	0.51	0.004	0.003	0.004	0.000	0.024	0.000	0.005	0.007	0.003	0.000	0.045	0.000
	0.68	0.003	0.002	0.003	0.000	0.009	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.009	0.000

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Quanto a eficiência de interceptação da RFA (ϵ_i) (Tabela 2), observa-se que houve diferença nas estimativas da frequência 1, tanto em relação ao uso de drenagem superficial do solo quanto em relação aos espaçamentos adotados.

Observa-se que há maior ϵ_i quando se utilizou a drenagem superficial do solo. Essa condição é atrelada a essa prática, devido aumentar a aeração solo, qual interfere diretamente na área foliar da cultura. E dessa forma, favorecer a relação fonte e dreno e melhorar a eficiência do uso da RFA e consequentemente a capacidade produtiva (KRÜGER et al., 2011; PETTER

et al., 2016; TAIZ et al., 2017; WOLLMER et al., 2018; LIU et al., 2020). Ainda, sendo que a não utilização da drenagem superficial do solo, interfere na capacidade de emissão de novas estruturas, longevidade do IAF, assimilação de compostos de reserva e seu metabolismo (KRÜGER et al., 2011; BARRERA-ROJAS et al., 2020).

Mesmo ocorrendo essa diferença no uso da drenagem superficial do solo é possível verificar que ambos, com e sem o uso de drenagem, atingiram a máxima eficiência de interceptação de RFA pelo dossel (100%). Visto que, esses dados compreendem ao longo do ciclo da canola e segundo Nied et al. (2014), esse valor de eficiência ocorre durante o período reprodutivo da canola.

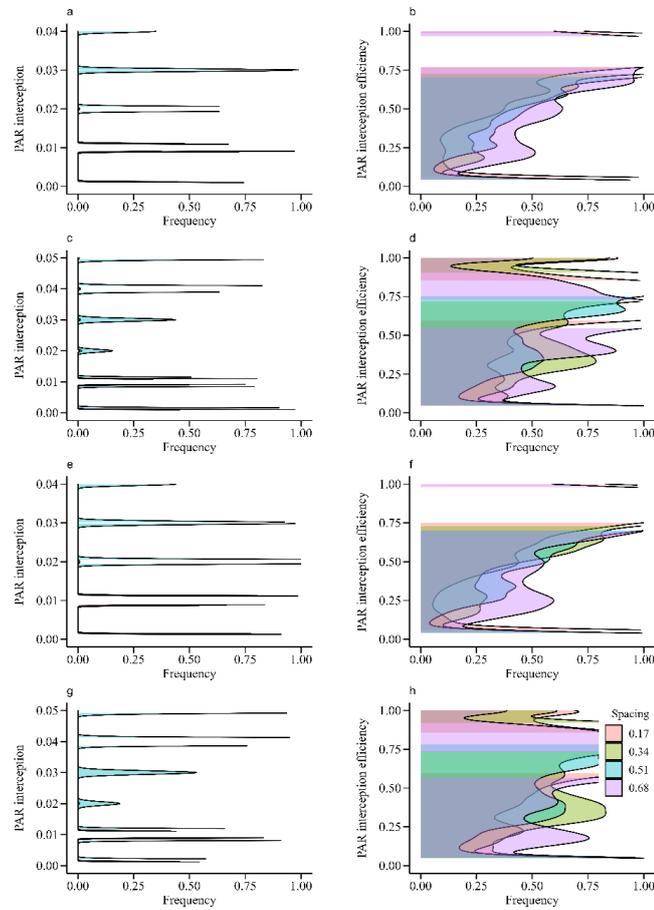
Em relação aos distintos espaçamentos, observa-se que os espaçamentos intermediários (0,34m e 0,51m) foram os quais apresentaram as maiores estimativas, principalmente devido a menor competição intraespecífica, corroborando com Dalmago et al. (2018) em que observaram ϵ_i de 93,0% em canola submetida ao espaçamento 0,34 m e 40 plantas m^{-2} . Condição associada a canola emitir novos ramos, aos quais estarão dispostos novas folhas, novo florescimento e emissão de novas siliquas (PLOSCHUK et al., 2018).

Tanto para a RFA_i quanto para a ϵ_i , as estimativas da frequência 24 (Tabela 2) são zeradas devido as mensurações serem realizadas no período noturno (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) em que não há disponibilidade de radiação solar. E da frequência 26 são maiores devido serem realizadas pontuais ao meio-dia (às 12 horas) no horário em que há maior incidência de radiação solar.

Na Figura 2, estes elementos são apresentados através das distribuições de frequências. Pode-se observar que para ambos bancos de dados, há uma grande variabilidade de RFA_i e ϵ_i , visto que os dados compreendem mensurações ao longo do ciclo da cultura e sabe-se que há variabilidade nos valores. Entretanto, o valor máximo de interceptação de RFA foi de 0,05 $g M^{-1}$.

Figura 2: Distribuição de frequência da RFA interceptada pelo dossel das plantas (RFA_i) ($g MJ^{-1}$) e da eficiência de interceptação da RFA (ϵ_i) ensaios de canola, gerados a partir do banco de dados 1, mensuradas no fatores com o uso de drenagem superficial de solo (a) (b) e sem uso de drenagem superficial de solo (c) (d), e gerado a partir do banco de dados 2, mensuradas nos

fatores com o uso de drenagem superficial de solo (e) (f) e sem uso de drenagem superficial de solo (g) (h), nos distintos espaçamentos.



Na tabela 3 é apresentada a análise descritiva para o saldo de radiação (R_n) ($W m^2$) tanto para o banco de dados 1 quanto para o banco de dados 2, visto que houve diferença nas estimativas. Na frequência 1, em que as observações foram registradas a cada 30 segundos, observa-se que a estimativa de média para o banco de dados 1, qual utilizou-se todos os dias de observação inclusive os dias em que foi registrada precipitação, foi de apenas $6,26 (W m^2)$. Diferentemente da estimativa para o banco de dados 2, em que foi utilizado somente dias sem registro de precipitação, sendo a média de $43,63 (W m^2)$.

A estimativa do banco de dados 1, ou seja, menor R_n , pode estar atrelado a variabilidade dos dados, visto que há constantes oscilações no dossel, principalmente pelo estágio fenológico que se encontra a cultura, já que o albedo varia em função da área foliar, do arranjo de plantas e tipo e umidade do solo além da velocidade do vento e do ângulo solar (PILAU et al., 2011). Como também pela presença e o tipo de nuvens, já que as mesmas tem grande influência no balanço de curtas, já que as restringem a radiação solar (Kejna et al., 2021). E no banco de

dados 2, como foi excluído os dias em ocorreu precipitação, há um menor desvio padrão dos dados (518,58 W m²).

Segundo Malhi et al. (2002) as mudanças de nebulosidade influenciam mais a variação da radiação solar, do que o que o ângulo solar ou a duração do dia. Strahler (2010), afirma que cerca de 80% da radiação solar pode ser refletida a presença das nuvens e dessa forma infere-se que há maior de radiação solar incidente em períodos de céu claro e menor incidência em dia de céu coberto por nuvens.

Tabela 3 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1 e 2, do saldo de radiação (Rn) (W m²) em ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo e no espaçamento 0,34m, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

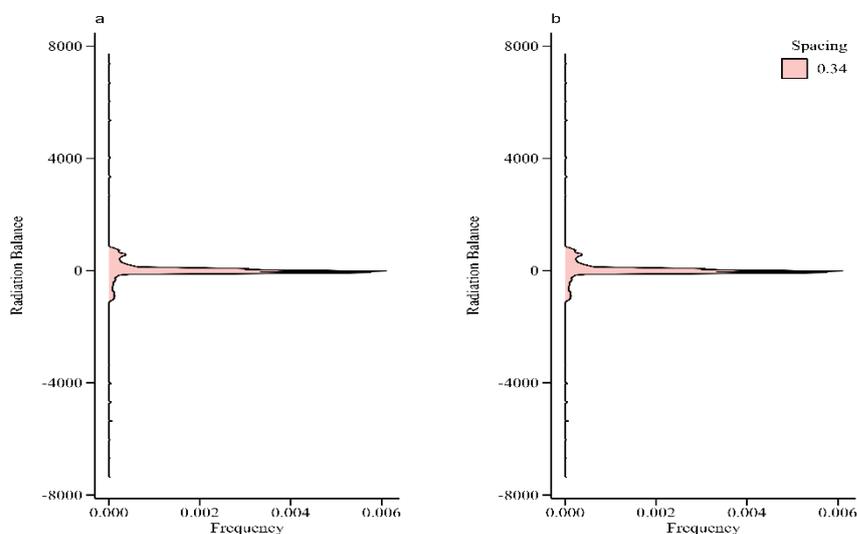
Frequência	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min
Banco de dados 1						
1	6.26	723.29	-10.37	10.72	7723	-7367
24	-242.11	1168.1	-33.06	-96.5	98.5	-7367
26	157.34	562.45	185.9	620.6	802	-1185
Banco de dados 2						
1	43.61	518.58	-16.76	10.72	7723	-7363
24	-37.47	66.29	-76.46	-96.5	98.5	-105
26	228.8	685.67	597.95	620.6	802	-1185

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

A frequência 24, em que as observações são pontuais 1 vez ao dia às 0 horas, corresponde ao Rn somente composto pelo balanço de longas, pois não há entrada de energia no sistema através do balanço de ondas curtas, por isso os valores são negativos. A estimativa da média proveniente do banco de dados 1 foi mais negativo (-242.11), diferente do esperado pois, a presença de nuvens age como uma barreira reemitindo a radiação de ondas longas em direção à superfície da Terra (Kejna et al., 2021), e assim tornando o Rn não tão negativo. E na frequência 26, em que as observações são pontuais 1 vez ao dia às 12 horas, como há maior entrada de energia do que saída no sistema, o Rn é positivo, observa-se que no banco de dados em que há menos presença de nuvens, devido a exclusão dos dias com precipitação, o Rn foi maior, 228,8 W m².

A Figura 3 apresenta a distribuição de frequência dos valores do saldo de radiação para bancos de dados 1 (Figura 3a) e banco de dados 2 (figura 3b), no qual é possível observar que mesmo com os distintos bancos de dados, a maior frequência dos dados foi próxima a zero.

Figura 3 - Distribuição de frequência gerada a partir do banco de dados 1 (a) e do banco de dados 2 (b), do saldo de radiação (Rn) (W m^2) de ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo e no espaçamento 0,34 m.



As estimativas da análise descritiva da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) geradas a partir do banco de dados 1 são apresentadas na Tabela 4 (banco de dados 2- Apêndice C). Para a frequência 1 (observações de 30 em 30 segundos), e a frequência 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas), observa-se que temperatura do ar foi maior quando mensurada no estrato superior do dossel da canola indiferente do uso de drenagem superficial do solo, pois no mesmo, há maior absorção de energia radiante pelas folhas e abaixo do topo do dossel há um decréscimo na temperatura do ar, devido ao sombreamento progressivo (MONTEITH; UNSWORTH, 1990).

Ainda de acordo com Loose et al. (2011), o perfil de temperatura do ar quando mensurada dentro do dossel, ou seja, no estrato inferior, é influenciada tanto pelo estágio de desenvolvimento da cultura, como também pela altura de plantas e índice de área foliar, pois interferem diretamente no balanço de energia. Resultado similar foram apresentados por Tesfahuney et al. (2013), na cultura do milho, onde verificaram que quanto mais próximo do solo, menor é a temperatura.

Ao observar os valores de mínima, independente do fator de drenagem superficial do solo e dos espaçamentos adotados, observa-se que no estrato superior foi aonde ocorreu o resfriamento mais acentuado, pois são as folhas superiores que trocam energia radiante de onda longa com a atmosfera (TAZZO et al., 2008). E nesse mesmo sentido observa-se que os resultados da frequência 24, em que as observações foram realizadas no período noturno, a temperatura foi menor no estrato superior.

Tabela 4 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1, da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) de ensaios de canola, mensurados em fatores de drenagem superficial do solo nos distintos

espaçamentos e estratos do dossel, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

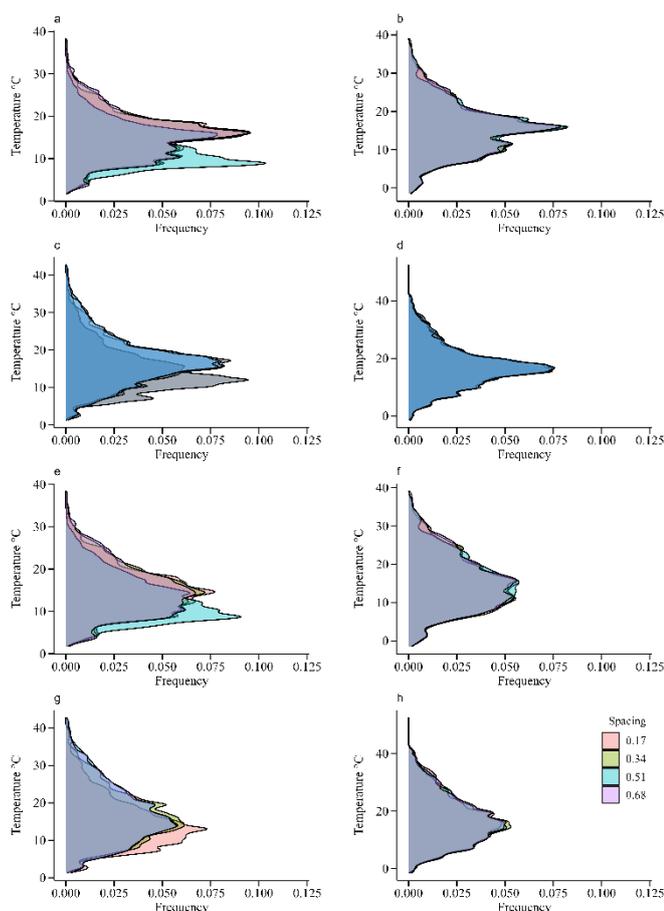
Frequência	Espaçamento	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min
		Com drenagem superficial do solo						Com drenagem superficial do solo					
		Estrato Inferior						Estrato Superior					
1	0.17	15.4	5.3	15.4	15	35.8	2.16	15.4	6.6	15.3	15	38.1	-1.5
	0.34	15.4	5.4	15.4	15	36.8	1.73	15.6	6.8	15.4	18	39.1	-1.4
	0.51	13.3	5.1	12.6	8.3	33.7	1.98	15.3	6.5	15.3	9.5	38.8	-1.3
	0.68	15.5	5.6	15.5	15	38.4	1.91	15.7	6.8	15.6	15	38.7	-1.2
24	0.17	12.9	4	12.8	17	25.1	5.06	11.6	4.8	11.3	10	26	1.27
	0.34	12.8	4.1	12.6	17	25.6	4.73	11.6	4.8	11.3	10	26.5	1.14
	0.51	10.9	3.5	10.2	17	18	5	11.7	4.7	12.1	10	25.8	1.43
	0.68	12.7	4.1	12.5	18	26.2	4.92	11.9	4.8	11.9	10	25.9	1.64
26	0.17	19.7	4.8	19.5	20	31.3	10.6	21.8	5.6	21.2	17	34.4	9.77
	0.34	20	4.7	19.4	21	31.2	10.3	22.2	5.7	21.7	18	35.3	10.1
	0.51	17.2	4.6	16.8	21	29.8	8.74	21.2	5.4	20.9	16	34.4	9.56
	0.68	20.3	4.9	19.8	21	33.3	10.2	21.8	5.6	21.5	17	34	9.98
		Sem drenagem superficial do solo						Sem drenagem superficial do solo					
		Estrato Inferior						Estrato Superior					
1	0.17	14.5	6.1	13.3	10	40.3	1.54	17.2	7.5	16.6	18	42.4	-1.4
	0.34	16.8	6.1	16.5	15	40	1.8	17	7.1	16.5	17	47	-0.6
	0.51	17.3	6.7	16.7	15	42.4	1.83	17.1	7.3	16.5	15	42.4	-1.1
	0.68	17.1	6.6	16.6	20	42.7	1.33	17.1	7.2	16.6	18	52.5	-1.2
24	0.17	11.7	4.1	11.5	12	25.7	3.43	13.2	5.2	13.3	20	28.3	1.09
	0.34	13.9	4.4	14.2	17	27.1	3.52	13.5	5.1	13.9	20	28.8	1.91
	0.51	13.9	4.5	14.1	17	27.6	4.11	13.3	5.1	13.6	20	28.8	1.51
	0.68	13.7	4.6	14	18	27.4	3.82	13.4	5.1	13.6	20	28.7	1.35
26	0.17	19.5	6.5	18.3	14	37.5	7.08	24.2	6.7	23.8	22	40	10.6
	0.34	21.8	5.6	21	22	37.4	10.5	22.9	6.6	21.6	22	38.7	10.6
	0.51	22.8	6	21.8	22	39.3	10.8	23.4	6.6	22.3	22	39.1	10.6
	0.68	22.5	5.8	21.8	22	38.2	10.1	23	6.4	22.1	22	38.6	10.5

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Quanto ao uso de drenagem superficial do solo, observa-se que a temperatura do ar foi menor quando o solo não foi drenado (Tabela 4). Condição esta contrária do esperado, já que quando o solo não possui restrição hídrica a energia é destinada principalmente ao fluxo de calor latente, a evapotranspiração, mas também é destinada ao aquecimento do ar e do solo, porém em menores proporções. Já com restrição hídrica, a energia que era destinada para o ao fluxo de calor latente, é destinada para aquecimento do ar e em menor fração para o solo. Na Figura 4 são apresentados os gráficos das distribuições de frequências para os valores da temperatura do ar. Em relação aos resultados provenientes do banco de dados 1, observa-se que

os dados possuem menor variabilidade, ou seja, as maiores frequências. De maneira geral, pode-se observar que as maiores frequências foram registradas entre 10 e 20 °C.

Figura 4 - Distribuição de frequência da temperatura do ar (°C) de ensaios de canola, gerado a partir do banco de dados 1 e 2 respectivamente, mensurada no estrato inferior do dossel e com o uso de drenagem superficial de solo (a) (e), no estrato superior do dossel com o uso de drenagem superficial de solo (b) (f), no estrato inferior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (c) (g), no estrato superior do dossel e sem o uso de drenagem superficial de solo (d)(h), nos distintos espaçamentos.



As estimativas relacionadas a velocidade do vento (m s^{-1}) são apresentadas na tabela 5 tanto para dados oriundos do banco 1 quanto do banco 2, já que apresentaram estimativas diferentes. Observa-se que indiferente da origem dos dados, a velocidade do vento foi menor quando mensurada no estrato inferior do dossel das plantas.

Geralmente a velocidade do ar é maior no estrato superior, visto que a permeabilidade do fluxo do ar é dependente das características do dossel e uma vegetação densa e arquitetura foliar elevada causa redução na velocidade, por formar uma barreira física na circulação livre dos ventos (BERGAMASCHI e BERGONCI, 2017). Em seu estudo Tesfuhuney et al. (2013),

também verificaram que quando mensurada a velocidade do vento na cultura do milho, a parte superior teve maior velocidade.

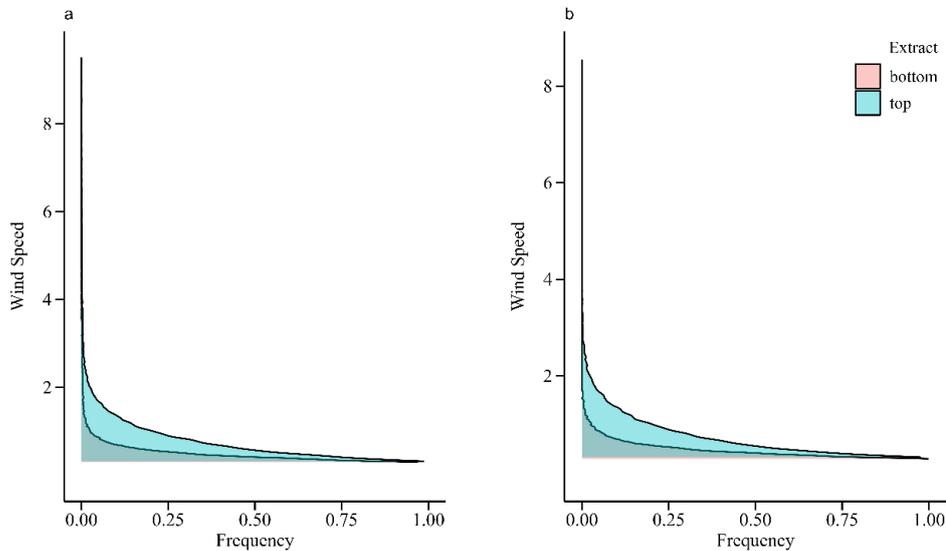
Tabela 5 - Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 1 e do banco de dados 2 da velocidade do vento (m s^{-1}) de ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo e no espaçamento 0,34m, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

Frequência	Estrato	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min
Banco de dados 1							
1	INF	0.19	0.24	0.12	0.04	6.16	0.00
	SUP	0.43	0.53	0.25	0.04	9.50	0.00
24	INF	0.14	0.16	0.08	0.03	0.91	0.01
	SUP	0.40	0.60	0.21	0.04	3.63	0.01
26	INF	0.24	0.23	0.18	0.08	1.09	0.02
	SUP	0.61	0.53	0.51	0.08	2.21	0.01
Banco de Dados 2							
1	INF	0.17	0.18	0.11	0.04	2.50	0.00
	SUP	0.39	0.44	0.23	0.04	8.53	0.00
24	INF	0.10	0.09	0.07	0.03	0.33	0.01
	SUP	0.25	0.26	0.16	0.04	1.03	0.01
26	INF	0.26	0.24	0.20	0.11	1.09	0.02
	SUP	0.69	0.58	0.52	0.06	2.21	0.06

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

Na figura 5 é apresentada a velocidade do vento através de distribuições de frequência para os dois bancos de dados. Pode-se observar com já mencionado a maior velocidade do vento no estrato superior, e a maior velocidade registrada no banco de dados 1. De maneira geral, as maiores frequências foram registradas abaixo de 2 m s^{-1} .

Figura 5 - Distribuição de frequência gerada a partir do banco de dados 1 (a) e do banco de dados 2 (b), da velocidade do vento (m s^{-1}) de ensaios de canola no fator com o uso de drenagem superficial do solo, no espaçamento 0,34 m para o estrato superior e inferior do dossel.



3.4.CONCLUSÕES

A frequência 24 caracteriza o perfil das variáveis micrometeorológicas no período noturno, pontualmente às 0 horas.

A frequência 26 caracteriza pontualmente o perfil das variáveis micrometeorológicas às 12 horas.

As demais frequências apresentam um padrão de resposta semelhante a frequência 1. Onde:

-A pressão parcial de vapor é maior no estrato superior do dossel de plantas e quando não utilizada a drenagem superficial do solo, nos ambos bancos de dados.

-A radiação fotossinteticamente interceptada possui perfil semelhante independente do uso das drenagens superficiais do solo e nos espaçamentos adotados, nos ambos bancos de dados.

-A eficiência de interceptação de radiação fotossinteticamente foi maior com o uso de drenagem superficial de solo e nos espaçamentos 0,34m e 0,51m, nos ambos bancos de dados.

-O saldo de radiação é maior em dias que não há presença de precipitação, ou seja, no banco de dados 2.

-A temperatura do ar é maior no estrato superior do dossel de plantas e quando não utilizada a drenagem superficial do solo, nos ambos bancos de dados.

- A velocidade do vento é maior no estrato superior do dossel, e no banco de dados 1, em que levou em consideração todos os dias de observações.

3.5. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARRERA-ROJAS, C. H. et al. MiR156-targeted SPL10 controls Arabidopsis root meristem activity and root-derived de novo shoot regeneration via cytokinin responses. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 3, p. 934-950, jan., 2020.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. **As Plantas e o Clima - Princípios e aplicações**. 1. ed. Guaíba: Agrolivros, 2017. 351 p.

CASAROLI, D. et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.

CHAVARRIA, G. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084- 2089, 2011.

CONCENÇO, G. et al. Semeadura direta de arroz em resteva de soja cultivada no sistema sulco-camalhão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13221- 13231, mar., 2020.

DALMAGO, G. A. et al. Use of solar radiation in the improvement of spring canola (*Brassica napus L.*, Brassicaceae) yield influenced by nitrogen topdressing fertilization. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p. 223-237, 2018.

DALMAGO, G. A. et al. **Potencial de aplicação da Agrometeorologia em agricultura de precisão para a produção de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116173/1/2014-LV-agriculturade-precisao-p331.pdf>>.

DALMAGO, G. A. et al. Filocrono e número de folhas de canola em diferentes condições ambientais. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 573-581, 2013.

DE MORI, C. et al. **Levantamento de tecnologias empregadas no cultivo de canola pelos produtores do Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais Embrapa Trigo - Passo Fundo**. Passo Fundo: [s.n.]. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/fale-conosco>>.

DOGAN, E. et al. Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. **Journal Agricultural Water Management**, v.98, p.1403-1408, 2011.

DRECCER, M. F. et al. Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 275-294, 2018.

DURIGON, A.; VAN LIER, Q. D. J. Duração do período de molhamento foliar: Medição e estimativa em feijão sob diferentes tratamentos hídricos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 200-207, 2013.

EDWARDS, J.; HERTEL, K. **Canola growth and development**. 2011. Disponível em: <<http://www.dpi.nsw.gov.au/aboutus/resources/bookshop/canolagrowthanddevelopment>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ESCOBAR, M. et al. Genotype x environment interaction in canola (*Brassica napus* L.) seed yield in Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 71, n. 2, p. 175-186, 2011.

FAVARIN, J. L.; et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues). R package version 1.2.2. 2021.

FOCHESATTO, E. et al. Interception of solar radiation by the productive structures of spring canola hybrids. **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p. 1790-1796, 2016.

FONTOURA JUNIOR, J. A. S. da et al. Simulação de diferentes arranjos de sistemas integrados em áreas de várzea. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63059-63077, aug., 2020.

GULARTE, J. A. et al. Produção e mercado de sementes de canola no Brasil. **Applied Research e Agrotechnology**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2020.

HAMMAC, W. et al. Water and temperature stresses impact canola (*Brassica napus* L.) fatty acid, protein, and yield over nitrogen and sulfur. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 48, p. 10429- 10438, Dec. 2017.

HANSEN, J. C. et al. Soil microbial biomass and fungi reduced with canola introduced into long-term monoculture wheat rotations. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, 1488, July 2019.

HELDWEIN, A. B. **Determinação do tempo de molhamento de dosséis por orvalho através de métodos micrometeorológicos e convencionais**. 1993. 206f. Tese (Doutorado). Universidade Técnica de Berlin. Berlin, 1993.

HELDWEIN, A.B.; KRZYSCH, G. Estimativa da temperatura e da pressão de vapor d'água do ar no topo de uma cultura de batata. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 101-105, 1999.

KEJNA, M. et al. The influence of cloudiness and atmospheric circulation on radiation balance and its components. **Theor Appl Climatol** 144, 823–838, 2021.

KOVALESKI, S. et al. Frost damage to canola (*Brassica napus* L.) during reproductive phase in a controlled environment. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, p. 397-407, dez. 2019.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Arranjo de plantas na expressão dos componentes de produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 1448-1453, 2011.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa por canola em distintas condições de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20., 2017, Juazeiro/CE. **Anais...** Juazeiro/CE: Embrapa Semiárido, 2017., p. 1-5.

KUNZ, J. H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LIU, M. et al. Properties of root water transport in canola (*Brassica napus*) subjected to waterlogging at the seedling, flowering and podding growth stages. **Plant Soil**, v. 454, p. 431–445, 2020.

LIU, T.; WANG, Z.; CAI, G. Canopy Apparent Photosynthetic Characteristics and Yield of Two Spike-Type Wheat Cultivars in Response to Row Spacing under High Plant Density. **PLoS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1-16, 2016.

LOOSE, L. H. et al. **Variação vertical da temperatura em dossel de girassol**. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari - ES.

LOURENÇO, M. E.; PALMA, P. M. **A cultura da colza: aspectos da técnica cultural**. Universidade de Évora. 2006

LUZ, G. et al. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 42, n. 9, p. 1549-1555, set. 2012.

MAASS, G. F. et al. **Início do molhamento foliar e a variação da temperatura do ponto de orvalho do ar de um cultivo de batata**. In: XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2005, Campinas -SP. Disponível em: < <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/1872.pdf> >.

MALHI, Y. et al. Energy and water dynamics of a central Amazonian rainforest. **Journal Geophysical Research Atmospheres**, v.107, n.D20, p. 1-17,2002.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2 Ed. New York, 1990. 291p.

NABLOUSSI, A. et al. Assessment of a set of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties under waterlogging stress at different plant growth stages. **Oilseeds and fats, Crops and Lipids**, v. 26, n. 36, p. 1-10, 2019.

NANDA, R. et al. Effect of sowing date on rates of leaf appearance, final leaf numbers and areas in *Brassica campestris*, *B. Juncea*, *B. Napus* and *B. Carinata*. **Field Crops Research**, v. 42, p. 125-134, 1995.

NIED, A. H. **Parâmetros bioclimáticos e resposta da canola ao ambiente físico**. 2013. 135f. Tese (Doutorado em que Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

PANDOLFO, C. **Parâmetros básicos para uso na modelagem do rendimento de matéria seca de alfafa (*Medicago sativa* L.)**. 1995. 128f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

PARFITT, J. M. B. et al. **Modelos para sistematização nas terras baixas do Rio Grande do Sul**. 498. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. 22 p. (Documentos: Embrapa Clima Temperado).

PASINATO, A. et al. Zoneamento agrícola de risco climático e épocas de semeadura. In: CULTIVO DE CANOLA. 3., 2014, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, Sistema de Produção, 2014. p. 1-10.

PETTER, F. A. et al. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75, n. 2, abrjun., 2016.

PILAU, F. G. et al. **Saldo de radiação e albedo de canola (*Brassica Napus* L.), submetida a diferentes espaçamentos entre linhas**. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari - ES. Disponível em: < <http://sbagro.org/files/biblioteca/2579.pdf>>.

PLOCHUK, R. A. et al. Waterlogging of winter crops at early stages: impacts on leaf physiology, growth and yield. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, n. 1863, p. 1-25, dez., 2018.

POKHAREL, M. et al. High night-time temperature during flowering and pod filling affects flower opening, yield and seed fatty acid composition in canola. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 206, n. 5, p. 579-596, 2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing, **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2023.

RIZZARDI, A. et al. Potencial alelopático de extratos aquosos de genótipos de canola sobre *Bidens pilosa*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 717-724, 2008.

ROSA, W. B. et al. Influência de época de semeadura nos subperíodos e desempenho agrônomico de híbridos de canola. **Brasilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65774-65788, Sept. 2020.

SANCHES, A. C. et al. Produtividade da canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.7, p.688-693, 2014.

SANTOS, H.G. dos et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed. **Rev. e Ampl.** Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SCHAEFER, P.E. **Manejo de canola em terras baixas: características do dossel, interceptação da radiação e produtividade de grãos**. 2021. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

SHARAFIZADEH, M. et al. Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity yield of canola hybrid seed (Hyola 401). **Advances in Environmental Biology**, v. 6, n. 7, p. 2184-2189, 2012.

SINAKI, J. M. et al. The effects of water deficit growth stages of canola (*Brassica napus* L.). **American-Eurasian Journal Agricultural & Environment Science**, [S.l.], v. 2, n. 4, p. 417-422, 2007.

STRAHLER, A. **Introducing Physical Geography**. 5. ed. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd, 2010.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 858p.

TARTAGLIA, F. DE L. et al. Water excess in different phenological stages of canola cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 45, p. 2563–2569, 8 nov. 2018.

TAZZO, I. F. **Variação de alguns elementos micrometeorológicos no dossel de plantas de batata**. 2005. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

TAZZO, I. F. et al. Variação vertical da temperatura do ar no dossel de plantas de batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 486- 492, 2008.

TETENS, O. Über einige meteorologische Begriffe. *Zeitschrift Geophysic*, Wurzburg, v. 6, p. 297-309, 1930.

THIMIJJAN, R.; HEINS, R. Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. **Hortic Sci**. 18. 818-822. 1983.

WOLLMER, A. C. et al. Waterlogging events during stem elongation or flowering affect yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.) but not seed quality. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 204, n. 1, p. 165–174, 2018.

ZOU, X. et al. A comparison of screening methods to identify waterlogging tolerance in the field in *Brassica napus* L. during plant ontogeny. **Plos One**, v. 9, n. 3, p. 1-9, 2014.

4. CAPÍTULO II – MENSURAÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS EM DOSSÊIS DE CANOLA: FREQUÊNCIAS MÍNIMAS DE OBSERVAÇÕES

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi identificar a frequência mínima de observação de variáveis micrometeorológicas em ensaios com canola, para distintos espaçamentos entre linhas de semeadura, em solos com e sem a adoção do manejo de drenagem superficial, para dois bancos de dados distintos. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Santa Maria, com a cv. Diamond durante os anos 2018 e 2019. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema bifatorial 2x4, em que os tratamentos foram constituídos pela interação de duas drenagens superficiais de solo (com e sem) e quatro espaçamentos entre as linhas de semeadura (0,17; 0,34; 0,51 e 0,68 m), com quatro repetições. Foram mensuradas em intervalos de 30 segundos, a temperatura do ar, a velocidade do vento, o saldo de radiação, e estimada a RFA interceptada e a eficiência de interceptação da RFA. Os bancos de dados foram compostos apenas com os dias que apresentaram 2880 observações diárias. Denominado de Banco de dados 1, composto por dias com e sem precipitação pluvial e denominado Banco de dados 2, composto apenas com dias sem precipitação pluvial. A partir da mensuração foram simuladas 27 frequências de observações para cada variável micrometeorológica. A análise de agrupamento foi realizada através do Método Hierárquico Aglomerativo do vizinho mais distante, para os bancos de dados e para o fator drenagem superficial do solo. Com a formação dos grupos foi estimada a média aritmética em cada um dos grupos e aplicado o teste t na comparação das médias. As estatísticas foram realizadas no software R adotando o nível de 5% de probabilidade de erro. Com a formação de 14 grupos em cada dendrograma, a frequência mínima de observação identificada para as variáveis micrometeorológicas, para ambos bancos de dados e fatores, foi de observações pontuais realizadas de 8 em 8 horas, a partir das 0h.

Palavras-chave: análise de cluster. micrometeorologia. *Brassica napus*.

MICROMETEOROLOGICAL MEASUREMENTS IN AGRICULTURAL CANOPY: MINIMUM FREQUENCIES OF OBSERVATIONS

ABSTRACT

The objective of this work was to identify the minimum frequency of analysis of micrometeorological variables in canola tests, for different spacings between sowing lines, in soils with and without adherence to surface drainage management, for two different databases. The experiments were carried out at the Federal University of Santa Maria, with cv. Diamante during the years 2018 and 2019. An experimental design was used in randomized blocks, in a 2x4 bifactorial scheme, in which the treatments were constituted by the interaction of two surface soil drainages (with and without) and four spacings between the sowing lines (0.17; 0.34; 0.51 and 0.68 m), with four repetitions. Air temperature, wind speed, and radiation budget were measured at 30-second intervals, and intercepted PAR and PAR interception efficiency were estimated. The databases were composed only of days that presented 2,880 daily observations. Named Database 1, made up of days with and without rain and called Database 2, made up only of days without rain. From the measurement, 27 frequencies of observations were simulated for each micrometeorological variable. The cluster research was carried out using the Hierarchical Agglomerative Method of the furthest neighbor, for the databases and for the soil surface drainage factor. With the formation of the groups, the arithmetic mean was estimated in each group and the t test was applied to compare the means. Statistics were performed using the R software, adopting an error probability level of 5%. With the formation of 14 groups in each dendrogram, the minimum observation frequency identified for micrometeorological variables, both for databases and factors, was punctual observations carried out every 8 hours, at 0 hours.

Keywords: cluster analysis. micrometeorology. Brassica napus.

4.1.INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus L.*) é pertencente à família Brassicaceae e advém do melhoramento genético da colza. Está dentre as três oleaginosas mais produzidas no mundo, atrás da palma (*Elaeis Guineensis*) e da soja (*Glycine max*) (FAO, 2023). No Brasil, a subespécie cultivada é a oleífera a qual é destinada tanto para a produção de óleo comestível quanto de biodiesel (MENDONÇA et al., 2016).

Na região Sul do Brasil a cultura é promissora em virtude de ser uma alternativa à rotação de culturas no período do inverno, visto que existem poucas opções viáveis e rentáveis, tornando-se assim uma possibilidade de uso para o produtor (GARCIA et al., 2021) ao invés de deixar essas áreas ociosas. Ainda, a cultura é uma das poucas oleaginosas cultivadas neste período e, além de produzir grãos, agrega a possibilidade de produção de óleo em período distinto do cultivo da soja (KRÜGER et al., 2011; DE MORI et al., 2019).

Cerca de 4 milhões de hectares no estado do Rio Grande do Sul possuem solos de terras baixas, ou seja, solos em que há períodos de excesso hídrico devido a elevação do lençol freático, nos quais prevalece o cultivo de arroz (UHRY e SILVA, 2019; CONCENÇO et al., 2020; PARFITT et al., 2020) e no período de entressafra mantêm-se ociosos (FONTOURA JÚNIOR et al., 2020; PARFITT et al., 2020). Diante a isso, ao inserir o cultivo da canola nessas áreas, além de contribuir para a quebra do ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas, auxilia na ciclagem de nutrientes (CONCENÇO et al., 2020; GOULART et al., 2020).

Entretanto, é necessário a adoção de técnicas de manejo para contornar estes períodos de encharcamento do solo, como o uso de drenagem superficial dos solos, e/ou cultivo em camalhão, em virtude de a cultura não ser considerada resistente por diversos autores e ter o seu desenvolvimento interferido (FERREIRA et al., 2014; ROCHA, 2018; TARTAGLIA et al., 2018; GOULART et al., 2020). Também as condições meteorológicas ocorrentes durante o ciclo da cultura possuem relação direta com a produção (GULARTE et al., 2020). De acordo com Sanches et al. (2014) a precipitação pluvial, a temperatura do ar e a disponibilidade de radiação solar são os elementos meteorológicos que mais intervêm.

A radiação solar está associada diretamente aos processos de crescimento, desenvolvimento das plantas pelo processo da fotossíntese. Na canola há influência na alongação de haste e ramificações, na expansão foliar, no florescimento, no enchimento de grãos e no acúmulo de biomassa (CASAROLI et al., 2007; KRÜGER et al., 2011). Mas a eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelo dossel é dependente de

fatores como o fluxo de radiação solar incidente, o ângulo de incidência da radiação sobre as folhas, e também das características da planta, como a densidade de plantas, o arranjo espacial e o índice de área foliar (KRÜGER et al., 2011; KRÜGER et al., 2017; DALMAGO et al., 2018).

No período vegetativo da canola, a interceptação de RFA é realizada principalmente pelas folhas, mas a partir do início do período reprodutivo, as hastes, flores e também as síliquas contribuem nesse processo (FOCHESATTO et al., 2016; NIED, 2013). De acordo com Nied et al. (2014) neste período reprodutivo a cultura consegue alcançar cerca de 70 a 80% de eficiência de interceptação da radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) incidente. Em vista disso, manipular o arranjo plantas é uma alternativa para melhorar a interação entre o dossel e os recursos naturais: água e nutrientes, mas especialmente a radiação solar (KUNZ et al., 2007; KRÜGER et al., 2011; PERUZATTO et al., 2017).

Essas manipulações tem efeito direto sobre o desenvolvimento das plantas, bem como também na modificação das condições micrometeorológicas no espaço tridimensional do dossel das plantas (DALMAGO et al., 2015), assim sendo importante o monitoramento da sua variação ao longo do dia e ao longo do ciclo da cultura. No entanto, as coletas de dados meteorológicos geram banco de dados grandes, devido a frequência e número de variáveis coletadas de forma simultânea. Sendo assim, quando há o intuito de reduzir o banco de dados com o mínimo possível de perda de informação. Uma das formas de gerar essa redução e a utilização de técnicas multivariadas de análises estatísticas de dados, já que o princípio das análises é reunir informações com características semelhantes que possam refletir a forma que os dados são estruturados (SEMAAN et al., 2013).

Diante ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo identificar a frequência mínima de observação de variáveis micrometeorológicas em ensaios com canola, para distintos espaçamentos entre linhas de semeadura em solos com e sem a adoção do manejo de drenagem superficial, para dois bancos de dados distintos.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Caracterização da Área de Estudo e Delineamento Experimental

Os experimentos à campo foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada na Depressão Central do Rio Grande do Sul (29°43'23" S; 53° 43' 15" O; 95 m). O solo é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico Úmbrico (SANTOS et al., 2018) com perfil gleissólico, no qual em

períodos chuvosos apresenta a elevação do lençol freático, atingindo períodos de saturação hídrica superficial do solo. A classificação climática da região é do tipo Cfa, subtropical úmido (ALVARES et al., 2013).

As sementeiras com a cultivar Diamond, ocorreram em 29 de maio de 2018 e 06 de junho de 2019, de forma manual à uma profundidade de 0,02 m. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, bifatorial 2 X 4, sendo os tratamentos: duas drenagens superficiais de solo (com e sem) e quatro espaçamentos entre as linhas de sementeira (0,17; 0,34; 0,51 e 0,68 m), com quatro repetições. As unidades experimentais foram dimensionadas de 10,0 x 8,5 m, sendo a área útil constituída por 6,0 m de comprimento na direção das linhas de sementeira e de 6,0 m de largura.

O número de linhas por unidade experimental variou conforme o espaçamento adotado, no entanto, respeitando o estande final de 40 plantas m⁻². Para a execução do fator com drenagem superficial do solo foi utilizado uma valetadeira rotativa para a abertura dos sulcos ao contorno das unidades experimentais, sendo estes com profundidade de 0,25 m.

4.2.2. Avaliações Micrometeorológicas

As mensurações da temperatura do ar do bulbo seco (Ts, °C) e de bulbo úmido (Tw, °C) foram realizadas a partir de sensores de termopar do tipo T e acondicionados em um mini abrigo meteorológico. Estes sensores foram instalados desde o estágio fenológico da roseta até o momento da colheita da cultura, em apenas duas repetições de cada tratamento e em dois estratos diferentes no dossel vegetativo das plantas. No estrato inferior foi mantido à 0,10 m de altura do solo e no estrato superior compreendendo a última folha expandida da cultura, a cerca de 1,50 m de altura.

A partir dessa mensuração foram estimados (TETENS, 1930):

$$e_a = e_{s_{tw}} - \gamma (T_s - T_w) \quad (1)$$

$$e_{s_{tw}} = 0,61078 * 10^{((7,5 * T_w) / (237,3 + T_w))} \quad (2)$$

em que:

e_a é a pressão parcial de vapor (KPa);

$e_{s_{tw}}$ é a pressão de saturação de vapor do ar (KPa) da temperatura do ar do bulbo úmido;

γ é o coeficiente psicrométrico para psicrômetro não ventilado (0,666 kPa o C⁻¹).

As mensurações da velocidade do vento (m s⁻¹) foram realizadas a partir do sensor de modelo WindSonic1 (RS-232 9.6K baud) instalado desde o estágio fenológico da roseta até o

momento da colheita da cultura, em apenas uma repetição do espaçamento 0,34 m com drenagem superficial do solo e em dois estratos do dossel vegetativo das plantas.

As mensurações do saldo de radiação foram realizadas a partir de um saldo radiômetro da marca NR-LITE Net Radiometer, instalado apenas no tratamento com espaçamento de 0,34 m com drenagem superficial do solo. As mensurações da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram realizadas a partir de um conjunto de barras, cada uma contendo cinco fotocélulas de silício amorfo, ligados em paralelo (PANDOLFO, 1995) e espaçadas em 0,15 m entre si. Para a mensuração da RFA incidente (RFA_{inc}) as barras foram instaladas acima do dossel vegetativo de plantas em quatro repetições de cada tratamento e para a RFA transmitida (RFA_{tr}) foram instaladas dentro do dossel à 0,05 m de altura do solo em três repetições de cada tratamento.

As barras foram calibradas anteriormente a instalação do experimento com auxílio de dois sensores padrão com coeficientes conhecidos (modelo Quantum, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para a conversão da leitura de milivolts (mV) obtidas nos eletrodos de saída das barras artesanais, sendo todas instaladas no sentido transversalmente às linhas de semeadura.

Os dados de RFA foram convertidos de $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, segundo a metodologia proposta por Thimijan e Heins (1983) e adaptado por Nied (2013):

$$RFA = \Sigma \text{diário} ((RFA_m * t) / (4,596 * 1000000)) \quad (4)$$

em que:

1000000 é o fator de conversão de J para MJ;

4,596 é o fator para a conversão de μmol para J e

t é a fração de tempo entre duas leituras amostrais (RFA_m).

Foi estimada a RFA interceptada e a eficiência de interceptação da RFA:

$$RFA_i = RFA_{inc} - RFA_{tr} \quad (5)$$

$$\epsilon_i = RFA_i / RFA_{inc} \quad (6)$$

em que:

RFA_{inc} é a RFA incidente sobre o dossel das plantas;

RFA_{tr} é a RFA transmitida pelo dossel das plantas e

RFA_i é a RFA interceptada pelo dossel das plantas.

Todos os sensores foram conectados a dataloggers CR1000 e Multiplexadores AM16/32 da marca Campbell Scientific®, com intervalos de leitura e armazenamento a cada 30 segundos.

4.2.3. Análises Estatísticas

Os bancos de dados foram compostos apenas com os dias que apresentaram 2880 observações diárias. Foram denominados de Banco de dados 1 aquele composto por dias com e sem precipitação pluvial e de Banco de dados 2 aquele composto apenas com dias sem precipitação pluvial, sendo descartado os dias em que ocorreu esse fenômeno de acordo com os registros obtidos na estação convencional pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do INMET, localizada na UFSM.

Foram simuladas 27 diferentes frequências de observação para cada variável micrometeorológica de cada banco de dados, a partir da frequência 1.

- 1) De 30 em 30 segundos;
- 2) De 1 em 1 minuto: observações pontuais;
- 3) De 1 em 1 minuto; média das 2 observações dos períodos de 30 segundos que compõem o minuto;
- 4) De 5 em 5 minutos: observações pontuais;
- 5) De 5 em 5 minutos: média das 10 observações dos períodos de 30 segundos que compõem os 5 minutos;
- 6) De 10 em 10 minutos: observações pontuais;
- 7) De 10 em 10 minutos: média das 20 observações dos períodos de 30 segundos que compõem os 10 minutos;
- 8) De 30 em 30 minutos: observações pontuais;
- 9) De 30 em 30 minutos: média das 60 observações dos períodos de 30 segundos que compõem os 30 minutos;
- 10) De 1 em 1 hora, a partir das 0h: observações pontuais;
- 11) De 1 em 1 hora, a partir das 0h: média das 120 observações dos períodos de 30 segundos que compõem a 1 hora;
- 12) De 2 em 2 horas a partir das 0h: observações pontuais;
- 13) De 2 em 2 horas a partir das 0h: média das 240 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 2 horas;
- 14) De 3 em 3 horas, a partir das 0h: observações pontuais;
- 15) De 3 em 3 horas, a partir das 0h: média das 360 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 3 horas;
- 16) De 4 em 4 horas, a partir das 0h: observações pontuais;
- 17) De 4 em 4 horas, a partir das 0h: média das 480 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 4 horas;

- 18) De 6 em 6 horas, a partir das 0h: observações pontuais;
- 19) De 6 em 6 horas, a partir das 0h: média das 720 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 6 horas;
- 20) De 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais;
- 21) De 8 em 8 horas, a partir das 0h: média das 960 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 8 horas;
- 22) De 12 em 12 horas, a partir das 0h: observações pontuais;
- 23) De 12 em 12 horas, a partir das 0h: média das 1440 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 12 horas;
- 24) 1 vez ao dia, às 0 horas: observações pontuais;
- 25) 1 vez ao dia, às 0 horas: média das 2880 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 24 horas anteriores;
- 26) 1 vez ao dia, às 12 horas: observações pontuais;
- 27) 1 vez ao dia, às 12 horas: média das 2880 observações dos períodos de 30 segundos que compõem as 24 horas anteriores;
- 28) Às 9, 15 e 21 horas, de acordo com os horários-padrões estipulados pelo INMET.

Para a análise de agrupamento foi adotado o Método Hierárquico Aglomerativo do vizinho mais distante, definindo-se a maior distância Euclidiana entre dois elementos. Para a formação dos grupos, foi definido a percentagem de 70% de parença e estimado a média aritmética de cada variável em cada um dos grupos formados e realizado o teste t na comparação das médias dos diferentes grupos. Os resultados da formação dos grupos foram apresentados em dendrogramas.

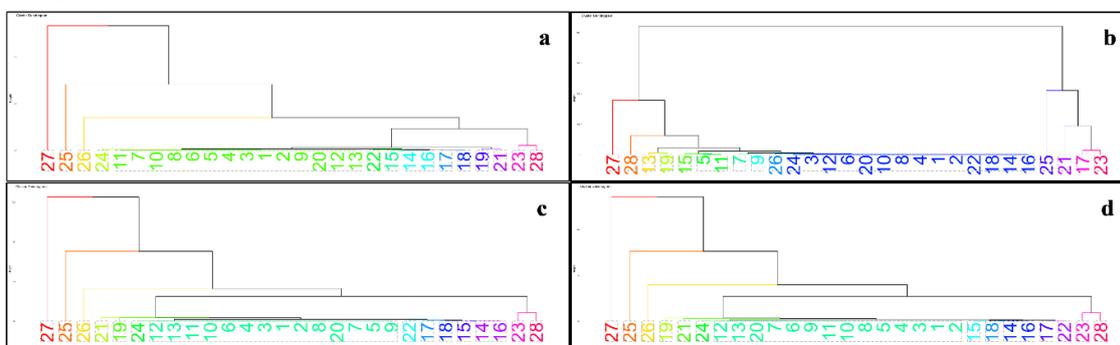
Em todas as análises estatísticas foi adotado o nível de 5% de probabilidade de erro e realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2023) com os pacotes *metan* (OLIVOTO e LÚCIO, 2020) e *cluster* (MAECHLER et al., 2022).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi definido 14 como o número de grupos (clusters) formados para cada dendrograma apresentado, já que de acordo com Batista et al. (2011) a escolha do número de grupos fica a critério do pesquisador. A figura 1 apresenta os dendrogramas dos diferentes espaçamentos adotados para o banco de dados 1 e com o uso do fator drenagem superficial do solo.

Ao analisar o dendrograma formado para o fator espaçamento 0,17m entre linhas de semeadura (Figura 1a), verifica-se que a frequência 1, a observação mínima utilizada (30 em 30 segundos) encontra-se no cluster 5, como ainda as frequências 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 20, as quais há similaridade entre si, pois segundo CRUZ e REGAZZI (1997) os grupos formados possuem homogeneidade dentro deles e heterogeneidade entre eles. Dessa forma, a frequência mínima de observação para o fator espaçamento 0,17m é a frequência 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais).

Figura 6 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 1, com fator com o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17 m (a), 0,34 m (b), 0,51 m (c) e 0,68 m (d).



Para o fator espaçamento 0,34m (Figura 1b), verifica-se que a frequência 1, encontra-se no cluster 10, como também as frequências 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24. Mesmo possuindo a similaridade entre as frequências no grupo, não seria ideal a utilização da frequência de observação 24 (1 vez ao dia, às 0 horas: observações pontuais) como mínima, visto que não representa a veracidade da condição meteorológica diária.

No período corresponde a observação da frequência 24, o saldo de radiação (Rn) que é a interação da radiação solar e da radiação de ondas longas entre a superfície terrestre e a atmosfera (HELDWEIN et al., 2012), tende ser negativo. As trocas energéticas são comandadas apenas pelo balanço das ondas longas, ou seja, pela energia emitida pela superfície e pela contraradiação, em razão de não haver fluxos de incidência sob a superfície (PEZZOPANE et al., 1995). Ainda, Pezzopane et al. (1995) afirmam que quanto mais negativo for o Rn, mais a superfície pode resfriar o ar adjacente e o solo, com o propósito de equilibrar o balanço energético.

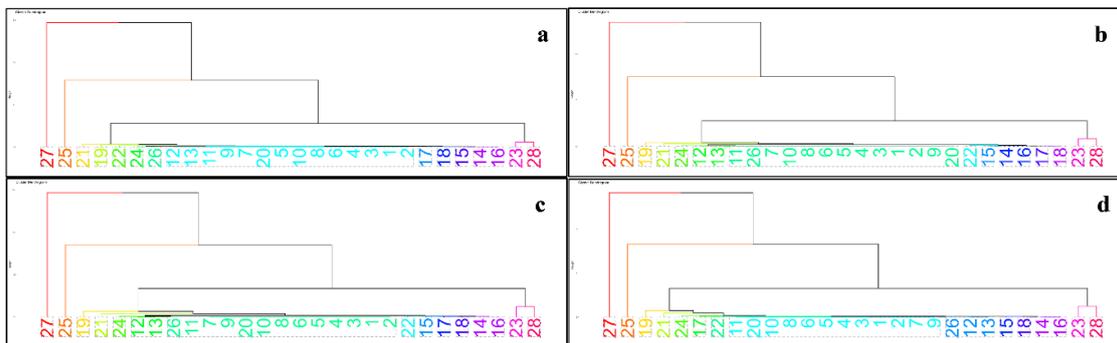
A radiação solar, além da temperatura do ar, são os elementos meteorológicos que mais influenciam nos processos de crescimento, desenvolvimento, reprodução das plantas e consequentemente na produtividade na cultura da canola (KRÜGER et al., 2011; SANCHES et

al., 2014). Assim, a frequência mínima de observação para o espaçamento 0,34m é a frequência 22 (observações 12 em 12 horas, a partir das 0h: observações pontuais).

Na Figura 1c e 1d, são apresentados os dendrogramas para os espaçamentos 0,51m e 0,68m, respectivamente. Para ambos, verificou que no cluster 7, além da frequência 1, pertence ao grupo as frequências 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 20, e, portanto, a frequência 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais) é a mínima a ser utilizada para os dois espaçamentos.

Os dendrogramas dos diferentes espaçamentos adotados para o banco de dados 1 mas sem o uso do fator drenagem superficial do solo são apresentados na Figura 2. No espaçamento 0,17m (Figura 2a) observa-se a frequência 1 no cluster 8, além das frequências 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 20. Desse modo, para este espaçamento a frequência 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais) é a mínima a ser utilizada.

Figura 7 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 1, com fator sem o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17m (a), 0,34m (b), 0,51m (c) e 0,68m (d).



Para ambos espaçamentos 0,34 e 0,51 m (Figura 2b e 2c), a frequência 1 localiza-se no cluster 7 juntamente com as demais frequências: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 20 e 26. A frequência mínima presente neste cluster é a 26 (1 vez ao dia, às 12 horas: observações pontuais), mas sabe-se que essa observação não representa de forma verídica a condição à campo, pois no período mensurado o saldo de radiação é somente positivo.

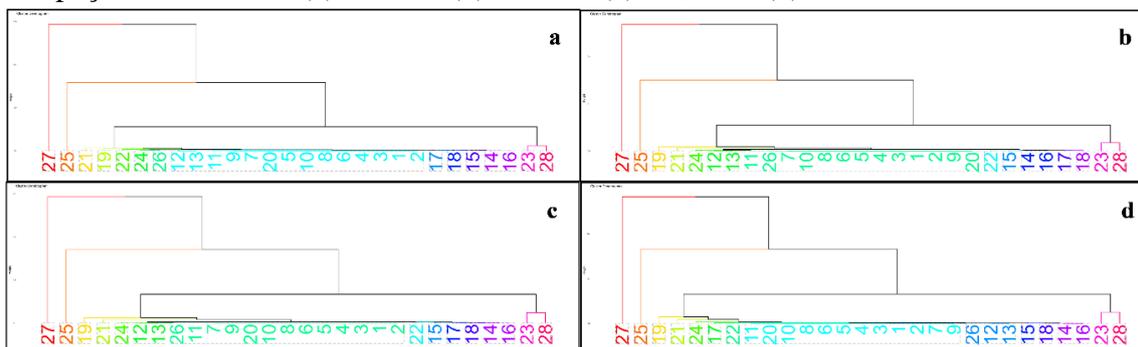
Dentro do dossel de plantas as condições meteorológicas apresentam variações temporais e espaciais (OKE, 2006) e apenas uma observação durante o dia pode comprometer os resultados visto que podem ocorrer falhas no armazenamento dos dados. Dias (2007) afirma que essas falhas são ocasionadas pela deterioração dos sensores por fatores ambientais ou então pelo desligamento dos equipamentos por falta de energia. Em virtude disso, a frequência

mínima a ser utilizada para os dois espaçamentos é a 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais).

No espaçamento 0,68 m (Figura 2d) as frequências 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 20 juntamente com a frequência 1 encontram-se no cluster 8. Portanto, para este espaçamento a frequência 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais) é a mínima a ser utilizada.

A Figura 3 apresenta os dendrogramas dos diferentes espaçamentos adotados para o banco de dados 2 com o uso do fator drenagem superficial do solo. Nos espaçamentos 0,17 m (Figura 3a), 0,51 m (Figura 3c) e 0,68 m (Figura 3d) observa-se que a frequência 1, além das frequências 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 20 encontra-se nos respectivos clusters 5, 7 e 7. Logo, para estes espaçamentos a frequência de observação mínima a ser utilizada é a 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais).

Figura 8 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 2, com fator com o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17 m (a), 0,34 m (b), 0,51 m (c) e 0,68 m (d).

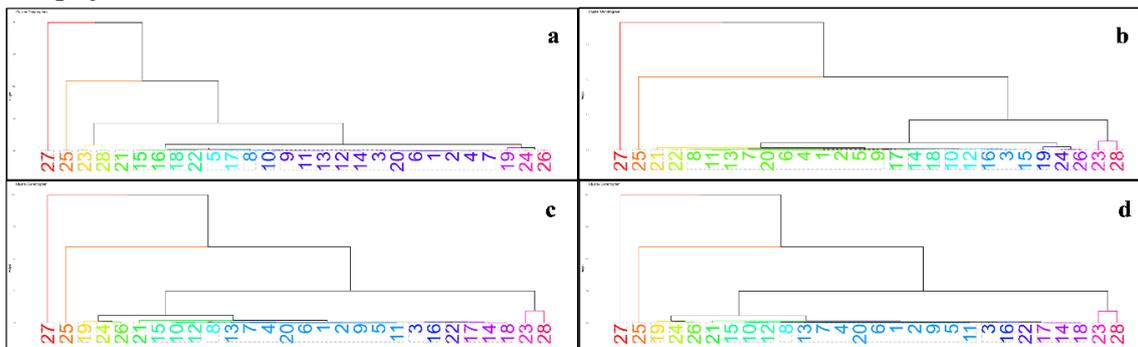


Já para o espaçamento 0,34 m, o único em que foi mensurado o saldo de radiação, a frequência 1 encontra-se no cluster 10, com as demais: 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24. A frequência mínima presente neste cluster é a 24 (1 vez ao dia, às 0 horas: observações pontuais) porém como já verificado não representa a veracidade da condição micrometeorológica diária. Desta maneira, a frequência mínima de observação para o espaçamento 0,34 m é a frequência 22 (observações 12 em 12 horas, a partir das 0h: observações pontuais).

Os dendrogramas formados para o banco de dados 2 e sem o uso do fator de drenagem superficial do solo é verificado na figura 4. No espaçamento 0,17 m (Figura 4a) e 0,68 m (Figura 4d) a frequência 1 encontra-se no cluster 8, além respectivamente das frequências 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 20, e 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 20. Portanto, para estes

espaçamentos a frequência 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais) é a mínima a ser utilizada.

Figura 9 - Dendograma resultante da análise de agrupamento hierárquico com a formação de grupos a partir do banco de dados 2, com fator sem o uso de drenagem superficial do solo para o espaçamento 0,17 m (a), 0,34 m (b), 0,51 m (c) e 0,68m (d).



Para ambos espaçamentos, 0,34 m (Figura 4b) e 0,51 m (Figura 4c), a frequência 1 encontra-se no cluster 7 com as demais frequências: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 20. Logo, a frequência de observação 20 (observações 8 em 8 horas, a partir das 0h: observações pontuais) é a mínima a ser utilizada.

Ao analisar os resultados obtidos para o banco de dados 1 e para o banco de dados 2 - composto apenas com dias sem precipitação pluvial, verificou-se que na maioria dos fatores obteve-se respostas semelhantes. Contudo as nuvens, as quais são compostas por agregados visíveis de gotículas de água e cristais de gelo em suspensão pela atmosfera, possuem influência nos valores do saldo de radiação devido ao seu poder de absorção e emissão de radiação (RÄDEL et al., 2015). De acordo Arya (1988), geralmente obtém-se valores mais elevados de radiação de onda longa incidente em dias nublados, visto que as nuvens irradiam como corpo negro.

Teramoto (2010) afirma que a maior incidência de radiação ocorre em períodos de céu claro e os de menores incidências são observados em dia de céu coberto por nuvens. Corroborando com o verificado por Lopes Júnior et al. (2023) em que o saldo de radiação foi maior na estação seca e menor na chuvosa.

Da mesma forma, ao observar os resultados obtidos com o uso e sem o uso de drenagem superficial do solo verificou-se que os resultados foram semelhantes, com exceção do espaçamento 0,34 m, que apenas no fator com drenagem foi realizado a mensuração do saldo de radiação. Todavia, a energia advinda do saldo de radiação que está disponível é repartida cerca 5 a 10% para o aquecimento do solo (fluxo de calor no solo) e o restante para os processos

evaporativos (fluxo de calor latente) e aquecimento do ar (fluxo de calor sensível) (FIETZ e FISCH, 2009; DALMAGO et al., 2014), sendo essa partição controlada pelo tipo e estado da superfície (HEMAKUMARA et al., 2003).

Geralmente durante o período diurno os valores dos fluxos são positivos, porém em condições específicas como em campos irrigados, o fluxo de calor sensível e/ou fluxo de calor do solo assumem valores negativos, enquanto o fluxo de calor latente pode exceder o saldo de radiação à superfície (KJAERGAARD et al., 2007). Arraes et al. (2012) verificaram essa redução da quantidade de energia destinada ao fluxo de calor sensível de uma área irrigada e de uma vegetação nativa densa, mostrando a importância dos mesmos no controle da temperatura e da umidade do ar. Entretanto, se a superfície estiver seca, a maior parte da energia disponível do saldo de radiação será utilizada para o aquecimento do ar (fluxo de calor sensível) (DALMAGO et al., 2014).

Ao avaliar os resultados obtidos para os quatro espaçamentos entre linhas de semeadura, verificou-se que independente do uso ou não do fator de drenagem superficial do solo e do banco de dados utilizado, houve semelhança dos mesmos. Novamente com exceção do espaçamento 0,34 m dos demais.

Entretanto ao alterar o arranjo de plantas, o qual confere influência direta na arquitetura das plantas, proporciona modificações micrometeorológicas no espaço tridimensional do dossel das plantas, como por exemplo na interceptação da radiação solar, nos fluxos convectivos e advectivos, na pressão do vapor da água no ar, na duração do molhamento foliar e na temperatura do ar (MONTEITH, 1994; SILVEIRA et al., 2010; DALMAGO et al., 2015; KRÜGER et al., 2017; PERUZATTO, 2017).

Na Tabela 1 é apresentado o resultado da comparação entre as médias das frequências de observação micrometeorológicas entre os grupos formados para cada fator estudado. Observa-se que existe diferença estatística significativa entre os 14 grupos formados ($p < 0.05$) para todos os fatores do banco de dados 2 e de acordo com HÄRDLE e SIMAR (2015), quanto maior a diferença entre grupos, melhor é o agrupamento. Já para o banco de dados 1, apenas para o espaçamento 0,34 m do fator com drenagem superficial do solo não houve diferença entre os grupos formados, podendo ser uma consequência da variabilidade das condições micrometeorológicas, visto que este banco de dados leva em consideração os dias que ocorreu precipitação.

Tabela 6 – *p*-valor do teste t de Student para análise da média entre os 14 grupos, à 5% de nível de significância.

Espaçamento	Banco de Dados 1		Banco de Dados 2	
	Com Drenagem	Sem Drenagem	Com Drenagem	Sem Drenagem
0.17	6.866×10^{-14}	1.734×10^{-14}	1.002×10^{-12}	6.692×10^{-12}
0.34	0.4611	2.823×10^{-14}	0.0002212	1.328×10^{-12}
0.51	7.092×10^{-14}	8.017×10^{-14}	1.096×10^{-12}	3.599×10^{-12}
0.68	8.214×10^{-14}	4.744×10^{-14}	1.191×10^{-12}	$2,24 \times 10^{-12}$

4.4. CONCLUSÃO

Nos ambos bancos de dados, a frequência mínima de observação para as variáveis micrometeorológicas mensuradas nos ensaios de canola é de observações pontuais realizadas de 8 em 8 horas, a partir das 0h. Entretanto, este estudo foi realizado levando em consideração o armazenamento dos dados das variáveis micrometeorológicas de forma conjunta+ e com a formação com 14 clusters.

Como, os elementos micrometeorológicos possuem oscilações ao longo do dia, e sofrem influência das condições de manejo e da presença de nebulosidade, sugere-se novos estudos nos quais deve-se aplicar a metodologia estatística para cada fator de tratamento de forma isolada e identificar a frequência mínima para cada elemento meteorológico.

4.5. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARRAES, F. D. D. et al. Dinâmica do balanço de energia sobre o açude Orós e suas adjacências. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 119-127, 2012.
- ARYA, S.P.S. **Introduction to micrometeorology**. 1. ed. London: Academic Press Inc., 1988. 307 p.
- BATISTA, F. J. et al. Comparação florística estrutural de duas florestas de várzea no estuário amazônico, Pará, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 2, p.289-298, 2011.
- CASAROLI, D. et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.
- CONCENÇO, G. et al. Semeadura direta de arroz em resteva de soja cultivada no sistema sulco-camalhão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13221- 13231, mar., 2020.

COUTO, C. M. D. **Radiação de onda longa atmosférica na superfície em regiões subúmida e semiárida da Bahia**. 2020. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2020.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

DALMAGO, G. A. et al. Use of solar radiation in the improvement of spring canola (*Brassica napus* L., Brassicaceae) yield influenced by nitrogen topdressing fertilization. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p. 223-237, 2018.

DALMAGO, G. A. et al. **Potencial de aplicação da Agrometeorologia em agricultura de precisão para a produção de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116173/1/2014-LV-agriculturade-precisao-p331.pdf>>.

DE MORI, C. et al. **Levantamento de tecnologias empregadas no cultivo de canola pelos produtores do Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais Embrapa Trigo - Passo Fundo**. Passo Fundo: [s.n.]. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/fale-conosco>>.

DIAS, C. A. A. **Procedimentos de Medição e Aquisição de Dados de uma Torre Micrometeorológica em Sinop-MT**. 2007. 89 p. Dissertação (Dissertação) — UFMT, 2007.

FAO. **Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 27 nov. 2022.

FERREIRA, R. M. et al. Uso de camalhões para o cultivo de canola em várzeas. In: I **SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CANOLA**. Passo fundo, RS. 2014. pp. 1-5. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Ferreira%20-%20Uso%20de%20camalhoes....pdf>>.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p. 449-53, 2009.

FOCHESATTO, E. et al. Interception of solar radiation by the productive structures of spring canola hybrids. **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p. 1790-1796, 2016
FONTOURA JUNIOR, J. A. S. da et al. Simulação de diferentes arranjos de sistemas integrados em áreas de várzea. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63059-63077, aug., 2020.

GARCIA, L. C. et al. Custo E Lucro Da Produção De Canola E Milho Nos Estados Unidos Da América E Brasil. **Revista Conexao UEPG**, v. 17, p. 1–17, 2021.

GULARTE, J. A.; MACEDO, V. G. K.; PANOZZO, L. E. Produção e mercado de sementes de canola no Brasil. **Applied Research e Agrotechnology**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2020.

HÄRDLE, W. K.; SIMAR, L. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 4. ed. Heidelberg: Springer Berlin, 2015.

HELDWEIN A. B. et al. Estimativa do saldo de radiação em girassol como função da radiação solar global. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16:194-199. 2012.

HEMAKUMARA, H. M., CHANDRAPALA, L., MOENE, A. “Evapotranspiration fluxes over mixed vegetation areas measured from large aperture scintillometer”, **Agricultural Water Management**. v. 58, pp. 109 - 122. 2003.

KJAERGAARD, J. H. et al. Comparison of the performance of net radiation calculation models. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 98, p. 57-66, set, 2009.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola Plant arrangement in the expression of yield components of canola. **Pesq. agropec. bras**, v. 46, n. 11, p. 1448–1453, 2011.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA POR CANOLA EM DISTINTAS CONDIÇÕES DE CULTIVO. **dição fotossinteticamente ativa por canola em distintas condições de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20., 2017, Juazeiro/CE. Anais..**, p. 251, 2017.

KUNZ, J. H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

MENDONÇA, J. A. et al. **Canola (*Brassica napus* L.)**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2016. 32 p. (Série Produtor Rural, nº 61). Disponível em:<
<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/publicacoes-a-venda/serie-produtor-rural?page=>>

MAECHLER, M. et al. cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. 2022.

MONTEITH, J. L. **Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass**. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 68, n. 1, p. 213-220, 1994.

NIED, A. H. **Parâmetros bioclimáticos e resposta da canola ao ambiente físico**. 2013. 135f. Tese (Doutorado em que Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

NIED, A.H. et al. Eficiência de interceptação de radiação solar por estruturas vegetativas e reprodutivas da canola. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA, 2014, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo, 2014. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Astor NIED](http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Astor%20NIED)>

OLIVOTO, T.; Lúcio, A. D. metan: an R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**. v.11.783-789 p. 2020.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. IOM Report, TD. World Organization, Geneva, 2006.

PANDOLFO, C. **Parâmetros básicos para uso na modelagem do rendimento de matéria seca de alfafa (*Medicago sativa* L.)**. 1995. 128f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

PARFITT, J. M. B. et al. **Modelos para sistematização nas terras baixas do Rio Grande do Sul**. 498. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. 22 p. (Documentos: Embrapa Clima Temperado).

PERUZATTO, J. M. Z. et al. The Impact of Oxytocin Gene Knockout on Sexual Behavior and Gene Expression Related to Neuroendocrine Systems in the Brain of Female Mice. **Cellular and Molecular Neurobiology**, v. 37, n. 1, p. 803-815, 2017.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 1-4, 1995.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing, **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2023.

RÄDEL, G.; SHINE, K. P.; PTASHNIK, I. V. Global Radiative and Climate Effect of the Water Vapour Continuum at Visible and Near-Infrared Wavelengths. **Q. J. R. Meteorol. Society**, v. 141, p. 727-738, 2015.

ROCHA, L. da. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de canola em solo com excesso hídrico natural**. 2018. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SANCHES, A. C. et al. Produtividade da canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.7, p.688-693, 2014.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018.

SEMAAN, G. S. et al. Um método baseado em combinação de soluções com coassociação para o problema de agrupamento automático. **Revista Brasileira de Estatística**, v. 74, n. 239, p. 43-68, 2013.

SILVEIRA, G. et al. Efeito da densidade de semeadura e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 63-70, 2010.

TERAMOTO, E. T. **Distribuição de frequência das condições de céu em função das variações climáticas em Botucatu-SP**. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Departamento de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

TARTAGLIA, F. DE L. et al. Water excess in different phenological stages of canola cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 45, p. 2563–2569, 8 nov. 2018.

TETENS, O. Über einige meteorologische Begriffe. Zeitschrift Geophysic, **Wurzburg**, v. 6, p. 297-309, 1930.

THIMIJJAN, R.; HEINS, R. Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. **Hortic Sci.** 18. 818-822. 1983.

UHRY, Darci.; SILVA, Paulo Régis da. **Rotação em terras baixas: uma lavoura à parte.** A Granja. Porto Alegre, 31 out. 2019.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis micrometeorológicas influenciam diretamente nas plantas, refletindo nos componentes de produtividade. Dessa forma, observá-las ao longo do dia e do ciclo é considerável para compreensão das suas respostas. As observações são realizadas e armazenadas em frequências de tempo, e no experimento foi realizada em uma frequência mínima de 30 em 30 segundos e a partir delas foram simuladas outras 27 frequências. Ainda foi retirada do banco de dados original os dias de observações em que ocorreu precipitação, e gerado um novo banco de dados e simulada novamente as mesmas frequências.

Com a caracterização das mesmas através da análise descritiva foi verificado que apenas duas frequências não seguiram o padrão de resposta da frequência mínima. A frequência 24 em foi simulada observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas, refletiu as condições do período noturno e a frequência 26 refletiu as condições do período diurno, já que foi simuladas observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas.

Neste ensaio de canola, para ambos bancos de dados, as estimativas da pressão parcial de vapor d'água e da temperatura do ar, foram maiores no estrato superior do dossel das plantas e nos tratamentos em que não foi utilizada a drenagem superficial do solo. Assim como semelhantes as estimativas da radiação fotossinteticamente interceptada, indiferente do uso das drenagens superficiais do solo e dos espaçamentos adotados, e as estimativas da eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, porém maiores nos espaçamentos de 0,34 e 0,51 m.

Já, foram encontradas as maiores estimativas do saldo de radiação para o banco de dados em que foi excluído os dias com precipitação. Diferente das estimativas da velocidade do vento que foi maior para o banco de dados original e no estrato superior do dossel.

Quando realizado o agrupamento através do método hierárquico aglomerativo para as frequências, de forma geral levando em consideração todas as variáveis, com a formação de 14 clusters, identificou-se que a frequência mínima de observação para a condição do experimento foi de observações pontuais de 8 em 8 horas, a partir das 0h. Entretanto, sugere-se novos estudos já que as variáveis micrometeorológicas possuem grandes oscilações durante ao dia e o uso da frequência identificada geraria perda de dados, comprometendo o entendimento do resultante entre a interação do clima *versus* planta.

Ademais, o resultante deste trabalho vem a acrescentar nas pesquisas científicas a fim de tornar mais prática e mais viável as mensurações das variáveis micrometeorológicas à

campo. Pois, além de economia de tempo do pesquisador, há economia no uso da memória e no consumo de energia dos equipamentos armazenadores, possibilitando realizar mensurações em diversos experimentos ao mesmo tempo.

A redução das frequências de mensuração facilitará a manipulação e análise dos dados gerados. Além da metodologia aplicada poder ser utilizada em bancos de dados provenientes de outras culturas, a fim de identificar a frequência mínima de observação das variáveis micrometeorológicas específicas para condição do ensaio. Visto que as condições de arquitetura e manejo das plantas do dossel, interferem de forma distinta nas variáveis micrometeorológicas.

APÊNDICE A- ANÁLISE DESCRITIVA PARA O BANCO DE DADOS 2 DA PRESSÃO PARCIAL DO VAPOR D'ÁGUA

Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 2 da pressão parcial de vapor d'água (KPa) de ensaios de canola, mensurados nos fatores de drenagem superficial do solo e nos distintos espaçamentos, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

Frequência	Espaçamento	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min
		Com drenagem superficial do solo						Com drenagem superficial do solo					
		Estrato Inferior						Estrato Superior					
1	0.17	1.81	0.64	1.73	1.83	5.66	0.71	1.87	0.92	1.65	2.04	6.57	0.54
	0.34	1.83	0.67	1.75	2.08	5.99	0.69	1.9	0.98	1.65	2.26	6.99	0.54
	0.51	1.67	0.59	1.63	1.88	5.09	0.61	1.85	0.89	1.64	2.02	6.63	0.56
	0.68	1.85	0.71	1.75	1.71	6.34	0.66	1.88	0.92	1.65	1.19	6.62	0.52
24	0.17	1.4	0.33	1.36	1.28	2.1	0.88	1.29	0.36	1.25	1.25	2.22	0.67
	0.34	1.39	0.33	1.35	1.27	2.09	0.85	1.29	0.36	1.23	1.25	2.19	0.66
	0.51	1.32	0.41	1.27	1.28	2.83	0.65	1.29	0.36	1.24	1.25	2.18	0.67
	0.68	1.37	0.34	1.33	1.26	2.09	0.81	1.3	0.36	1.25	1.25	2.24	0.69
26	0.17	2.38	0.71	2.23	1.87	4.46	1.46	2.83	0.92	2.73	1.92	5.3	1.61
	0.34	2.45	0.68	2.35	1.91	4.46	1.55	2.88	0.96	2.72	1.94	5.76	1.68
	0.51	2.2	0.53	2.17	1.93	3.82	1.28	2.69	0.86	2.48	1.84	5.2	1.59
	0.68	2.52	0.75	2.34	1.87	4.9	1.5	2.72	0.88	2.57	1.86	5.17	1.58
		Sem drenagem superficial do solo						Sem drenagem superficial do solo					
		Estrato Inferior						Estrato Superior					
1	0.17	1.82	0.93	1.55	2.14	7.46	0.67	2.18	1.27	1.81	3.54	8.24	0.55
	0.34	2.06	1.02	1.79	3.6	7.34	0.69	2.09	1.18	1.77	3.21	8.99	0.52
	0.51	2.16	1.16	1.82	1.26	8.15	0.69	2.17	1.25	1.82	3.24	8.36	0.56
	0.68	2.13	1.11	1.82	3.68	8.31	0.69	2.15	1.22	1.82	3.24	12.75	0.55
24	0.17	1.34	0.42	1.26	0.87	3.28	0.73	1.43	0.53	1.3	1.19	3.77	0.66
	0.34	1.52	0.48	1.43	1.26	3.56	0.78	1.45	0.54	1.33	1.2	3.93	0.67
	0.51	1.5	0.49	1.42	1.27	3.63	0.8	1.44	0.54	1.33	1.2	3.97	0.68
	0.68	1.5	0.48	1.43	1.25	3.53	0.78	1.46	0.54	1.33	1.2	3.89	0.68
26	0.17	2.67	1.12	2.37	1.16	6.4	1.05	3.48	1.37	3.23	2.17	7.24	1.66
	0.34	2.94	1.08	2.72	2.04	6.39	1.55	3.16	1.37	2.8	1.94	6.78	1.52
	0.51	3.19	1.19	2.94	1.99	6.95	1.67	3.35	1.33	3.06	2.08	7.03	1.64
	0.68	3.07	1.11	2.84	1.95	6.55	1.62	3.24	1.32	2.91	1.93	6.78	1.48

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

APÊNDICE B- ANÁLISE DESCRITIVA PARA O BANCO DE DADOS 2 DA RFA INTERCEPTADA PELO DOSSEL DAS PLANTAS E DA EFICIÊNCIA DE INTERCEPTAÇÃO DA RFA

Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 2, de RFA interceptada pelo dossel das plantas (RFAi) (g MJ⁻¹) e da eficiência de interceptação da RFA (ϵ_i) de ensaios de canola, mensuradas nos fatores de drenagem superficial do solo nos distintos espaçamentos, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

Frequência	Espaçamento	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Mín	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Mín	
		ϵ_i							ϵ_i					
		Com drenagem superficial do solo							Sem drenagem superficial do solo					
1	0.17	0.486	0.404	0.630	0.000	1.000	0.000	0.485	0.342	0.609	0.000	1.000	0.000	
	0.34	0.622	0.346	0.771	0.000	1.000	0.000	0.483	0.347	0.519	0.000	1.000	0.000	
	0.51	0.618	0.342	0.754	0.000	1.000	0.000	0.538	0.365	0.641	0.000	1.000	0.000	
	0.68	0.568	0.344	0.694	0.000	1.000	0.000	0.384	0.331	0.388	0.000	1.000	0.000	
24	0.17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.155	0.000	0.000	1.000	0.000	
	0.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.145	0.000	0.000	1.000	0.000	
	0.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.177	0.000	0.000	1.000	0.000	
	0.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.156	0.000	0.000	1.000	0.000	
26	0.17	0.545	0.354	0.666	0.000	0.959	0.000	0.440	0.275	0.516	0.000	0.968	0.000	
	0.34	0.650	0.273	0.751	0.000	0.957	0.000	0.489	0.305	0.541	0.000	0.911	0.000	
	0.51	0.627	0.259	0.651	0.000	1.000	0.000	0.557	0.334	0.639	0.000	1.000	0.000	
	0.68	0.569	0.275	0.709	0.000	0.915	0.000	0.314	0.248	0.308	0.000	0.763	0.000	
		RFAi							RFAi					
		Com drenagem superficial do solo							Sem drenagem superficial do solo					
1	0.17	0.002	0.002	0.001	0.000	0.017	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.010	0.000	
	0.34	0.003	0.002	0.002	0.000	0.010	0.000	0.003	0.003	0.001	0.000	0.015	0.000	
	0.51	0.003	0.003	0.002	0.000	0.038	0.000	0.004	0.006	0.001	0.000	0.046	0.000	
	0.68	0.002	0.002	0.002	0.000	0.010	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.011	0.000	
24	0.17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	0.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	0.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	0.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
26	0.17	0.004	0.003	0.004	0.000	0.009	0.000	0.004	0.003	0.005	0.000	0.009	0.000	
	0.34	0.005	0.002	0.005	0.000	0.009	0.000	0.004	0.003	0.004	0.000	0.010	0.000	
	0.51	0.005	0.003	0.005	0.000	0.024	0.000	0.006	0.009	0.005	0.000	0.045	0.000	
	0.68	0.004	0.002	0.005	0.000	0.009	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.009	0.000	

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.

APÊNDICE C - ANÁLISE DESCRITIVA PARA O BANCO DE DADOS 2 DA TEMPERATURA DO AR

Análise descritiva gerada a partir do banco de dados 2, da temperatura do ar (°C) de ensaios de canola, mensurados em fatores de drenagem superficial do solo nos distintos espaçamentos e estratos do dossel, para a frequências 1 (observações de 30 em 30 segundos), 24 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 0 horas) e 26 (observações pontuais 1 vez ao dia, às 12 horas).

Frequência	Espaçamento	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min	Méd	DP	Med	Mo	Máx	Min
		Com drenagem superficial do solo						Com drenagem superficial do solo					
		Estrato Inferior						Estrato Superior					
1	0.17	15.0	5.8	14.6	18.1	35.8	2.2	15.1	7.2	14.6	17.7	38.1	-1.5
	0.34	15.1	6.0	14.6	18.3	36.8	1.7	15.3	7.4	14.7	17.6	39.1	-1.4
	0.51	13.1	5.4	12.2	9.0	33.7	2.0	15.1	7.1	14.6	9.5	38.8	-1.3
	0.68	15.3	6.2	14.7	10.4	38.4	1.9	15.5	7.4	14.9	9.7	38.7	-1.2
24	0.17	11.7	3.6	11.6	10.7	18.4	5.1	10.3	4.2	10.3	10.3	19.2	1.3
	0.34	11.6	3.6	11.5	10.6	18.3	4.7	10.3	4.2	10.1	10.3	19.1	1.1
	0.51	9.9	3.1	9.3	10.6	18.0	5.0	10.4	4.2	10.2	10.3	19.0	1.4
	0.68	11.5	3.6	11.5	10.6	18.2	4.9	10.6	4.3	10.3	10.3	19.5	1.6
26	0.17	20.1	4.7	19.8	16.9	31.3	12.9	22.5	5.3	22.6	10.7	34.4	13.0
	0.34	20.5	4.4	20.3	16.8	31.2	13.7	23.0	5.3	22.8	10.8	35.3	13.1
	0.51	17.8	4.3	17.5	17.3	28.7	10.6	21.9	5.1	21.5	10.6	34.4	12.0
	0.68	20.9	4.6	20.7	17.1	33.3	14.2	22.5	5.2	22.6	10.7	34.0	12.4
		Sem drenagem superficial do solo						Sem drenagem superficial do solo					
		Estrato Inferior						Estrato Superior					
1	0.17	14.9	6.8	13.7	13.1	40.3	1.5	17.3	8.7	16.4	19.6	42.4	-1.4
	0.34	16.8	7.1	16.0	27.8	40.0	1.8	17.0	8.2	16.2	9.6	47.0	-0.6
	0.51	17.3	7.7	16.3	10.5	42.4	1.8	17.1	8.5	16.2	9.6	42.4	-1.1
	0.68	17.2	7.7	16.3	19.8	42.7	1.3	17.1	8.3	16.3	9.8	52.5	-1.2
24	0.17	10.9	4.1	10.4	7.1	25.7	3.4	11.7	5.3	11.1	9.6	28.3	1.1
	0.34	12.7	4.5	12.4	10.4	27.1	3.5	12.0	5.2	11.5	9.7	28.8	1.9
	0.51	12.6	4.6	12.3	10.7	27.6	4.1	11.7	5.2	11.3	9.7	28.8	1.5
	0.68	12.5	4.7	12.4	10.4	27.4	3.8	11.8	5.2	11.3	9.7	28.7	1.4
26	0.17	21.6	6.0	20.8	12.6	37.5	10.8	26.5	6.3	26.2	19.9	40.0	15.8
	0.34	23.4	5.6	23.0	18.2	37.4	14.2	24.8	6.7	23.9	18.0	38.7	13.5
	0.51	24.7	5.8	24.0	18.2	39.3	15.3	25.5	6.4	25.1	19.0	39.1	14.5
	0.68	24.3	5.5	23.8	18.2	38.2	14.7	24.9	6.3	23.8	18.1	38.6	14.3

Méd: média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mo: moda; Máx: valor máximo; Mín: valor mínimo.