

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINARIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – CIÊNCIA DO SOLO**

ANA CAROLINA DE MATTOS E ÁVILA

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEU EFEITO NO BALANÇO HÍDRICO DO SOLO EM
LAGES/SC**

**LAGES
2021**

ANA CAROLINA DE MATTOS E ÁVILA

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEU EFEITO NO BALANÇO HÍDRICO DO SOLO EM
LAGES/SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência do Solo pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciência Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque.

Coorientadora: Prof. Dr. Cláudia Guimarães Camargo Campos.

LAGES

2021

ERRATA

SOBRENOME, Prenome do Autor. **Título de obra:** subtítulo (se houver). Ano de depósito. Tipo do trabalho (grau e curso) - Vinculação acadêmica, local de apresentação/defesa, data.

Página	Linha	Onde se lê	Leia-se

ANA CAROLINA DE MATTOS E ÁVILA

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEU EFEITO NO BALANÇO HÍDRICO DO SOLO EM
LAGES/SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciência do Solo pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciência Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque

Coorientadora: Prof. Dr. Cláudia Guimarães Camargo Campos.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:

Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Mario Francisco Leal de Quadro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Lages, 16 de dezembro de 2021.

Aos pesquisadores, pela inspiração de sempre!

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares pelo apoio e incentivo. Aos professores Jackson Adriano Albuquerque e a professora Cláudia Guimarães Camargo Campos por aceitarem conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Agradeço à UDESC pela oportunidade e ao CNPQ pela concessão de bolsa.

“Lá na cidade já tem rio pedindo água
Pulando cedo do seu leito pra fugir
Na esperança de não entrar pelo cano e
chegar ao mar antes de se poluir.”
(LUCENA, 1983).

RESUMO

Atividades desenvolvidas na produção agrícola emitem gases que aumentam o efeito estufa, um fenômeno que altera a temperatura do ar e a precipitação. Estas mudanças prejudicam o meio ambiente e a produção agropecuária. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivos compreender o regime agroclimático local, analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre a temperatura do ar, precipitação, dias secos consecutivos e sobre o balanço hídrico para um solo da região de Lages/SC. Para isto, utilizou-se séries históricas correspondentes ao período de 1948 a 2020 para temperatura máxima, média e mínima do ar, e o período de 1961 a 2020 para precipitação, obtidas da Estação Meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Para calcular o balanço hídrico, foi considerada a precipitação e temperatura do ar como dados de entrada para o método de Thornthwaite e Mather (1955). Desta forma, calculou-se a evapotranspiração potencial (ETP), o armazenamento de água no solo (ARM) e a capacidade de água disponível (CAD) para um Cambissolo Húmico Alumínico típico. A análise temporal da temperatura do ar, precipitação, evapotranspiração, dias secos consecutivos, chuvas extremas e do balanço hídrico foi realizada através do teste de tendência Mann-Kendall a 5% de significância através do R Studio. Foi observada tendência positiva e crescente na alteração das temperaturas máxima, média e mínima do ar, bem como da precipitação ao longo dos anos. O volume de chuvas está cada vez maior com o passar dos anos de acordo com a análise de tendência, entretanto a evapotranspiração não é afetada pelas mudanças climáticas. Apesar da maior precipitação anual, períodos com 15 dias secos consecutivos estão cada vez mais frequentes.

Palavras-chave: Temperatura do ar; Precipitação; Evapotranspiração; Armazenamento de água; Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Activities carried out in agricultural production emit gases that increase the greenhouse effect, a phenomenon that alters air temperature and precipitation. These changes harm the environment and agricultural production. In this context, this study aims to understand the local agroclimatic regime, verify possible effects of climate change on air temperature and precipitation, consecutive dry days, extremes rainfall, as well as on the water balance for a soil in the locality of Lages/SC. For this, we used historical series corresponding to the period from 1948 to 2020 for maximum, average and minimum air temperature, and the period from 1961 to 2020 for precipitation, obtained from the Meteorological Station of the Agricultural Research and Rural Extension Company of Santa Catarina (EPAGRI). Regarding the calculation of the water balance, precipitation and air temperature were considered as input data for the method of Thornthwaite and Mather (1955). This calculates the potential evapotranspiration (ETP), soil water storage (ARM), and available water capacity (CAD) for a typical Aluminium Humic Cambisol. The temporal analysis of temperature, precipitation, evapotranspiration, consecutive dry days, extremes rainfall, and water balance was performed using the Mann-Kendall trend test at 5% significance using R Studio. A positive and increasing trend was observed in the maximum, average and minimum air temperatures, as well as in precipitation over the years. The volume of annual precipitation is increasing over the years according to trend analysis, however evapotranspiration is not affected by climate change. Despite the greater annual precipitation, periods with 15 consecutive dry days are increasingly frequent.

Keywords: Air temperature; Precipitation; Evapotranspiration; Storage of water; Climate changes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização de Lages em Santa Catarina.....	27
Figura 2 - Média anual das temperaturas do ar máxima, média e mínima para o município de Lages, no período de 1948 a 2020.....	40
Figura 3 - Temperatura máxima e mínima absolutas, temperatura máxima, média e mínima mensal, para o município de Lages no período de 1948 a 2020.....	41
Figura 4 - Média mensais das séries históricas de precipitação de Lages/SC.....	42
Figura 5 - Total anual de precipitação acumulada (1961-2020).....	43
Figura 6 - Relação entre precipitação e evapotranspiração (P-ETP) para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.....	47
Figura 7 - Frequência diária de precipitação com volumes entre 25 e 50 mm, entre 50 e 75 mm, entre 75 e 100 mm e maior que 100 mm para o município de Lages/SC.....	48
Figura 8 - Número de dias do ano com precipitação acima de 50 mm para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.....	49
Figura 9 - Probabilidade mensal de ocorrer evento extremo acima de 50mm (P50mm) e 100mm (P100mm) na série de 1961 a 2020.....	50
Figura 10 - Números de dias sem chuva para Lages, SC.....	51
Figura 11 - Média mensal de déficit e excedente hídrico.....	52
Figura 12 - Probabilidade mensal de ocorrência de déficit hídrico (%), para o município de Lages, SC.....	53
Figura 13 - Probabilidade mensal de ocorrência de excedente hídrico (%), para o município de Lages, SC.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela para o cálculo do balanço hídrico mensal e anual para o período de 1961 a 2020 para o Cambissolo Húmico do município de Lages-SC.....	33
Tabela 2 - Valores de correção de acordo com a Latitude e os meses do ano.....	34
Tabela 3 - Características do Cambissolo Húmico Alumínico típico coletado no município de Lages-SC.....	35
Tabela 4 - Média mensal da temperatura (°C) do ar máxima, média e mínima para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1948 a 2020.....	37
Tabela 5 - Teste Mann-Kendall para série diária de temperatura do ar máxima, média e mínima para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1948 a 2020.....	38
Tabela 6 - Tendência de alteração das temperaturas do ar máxima, média e mínima para a tendência temporal em função do mês de ocorrência.....	39
Tabela 7 - Teste Mann-Kendall para série diária de precipitação para o município de Lages SC, para a série histórica de 1961 a 2020.....	42
Tabela 8 - Tendência de alteração das precipitações em função do mês de ocorrência.....	43
Tabela 9 - Média mensal da ETP para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.....	44
Tabela 10 - Teste Mann-Kendall para série anual durante os anos de 1961 a 2020....	44
Tabela 11 - Tendência de alteração da evapotranspiração média mensal para cada mês analisado separadamente, durante os anos de 1961 a 2020.....	45
Tabela 12 - Média mensal da precipitação menos evapotranspiração durante os anos de 1961 a 2020.....	45
Tabela 13 - Teste Mann-Kendall para série anual da precipitação menos evapotranspiração durante os anos de 1961 a 2020.....	46
Tabela 14 - Tendência de alteração da P-ETP em função do mês de ocorrência.....	46
Tabela 15 - Teste Mann-Kendall dos dias secos consecutivos (CDD1, CDD5, CDD10 e CDD15) para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.....	51
Tabela 16 - Teste Mann-Kendall para série anual do balanço hídrico, entre 1961 e 2020 para Lages, SC para série anual.....	52

Tabela 17 - O efeito das mudanças climáticas no município de Lages/SC, através de análise de tendência pelo teste de Mann-Kendall com dados da série histórica de 1961 a 2020.....	55
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
CFC	Clorofluorocarboneto
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
COP	Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
DDT	Dicloro-DifenilTricloroetano
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ETCCDI	Expert Team on Climate Change Detection and Indices
EUA	Estados Unidos
FAO	Food and Agriculture Organization
GCM	Modelos de Circulação Geral da atmosfera
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LAMEPE	Laboratório de Meteorologia de Pernambuco
MIT	Massachusetts Institute of Technology
ONU	Organização das Nações Unidas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcento
°C	Graus Celsius
mm	milímetro

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	HIPÓTESE DE PESQUISA.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo geral	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	CONSCIÊNCIA AMBIENTAL SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS ...	18
2.2	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AGRICULTURA	22
2.3	ANÁLISE DE TENDÊNCIA	23
2.4	BALANÇO HÍDRICO	24
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
3.2	DADOS METEOROLÓGICOS E DO SOLO	29
3.3	PARÂMETROS RELACIONADOS AO CLIMA E AO SOLO	30
3.4	ANÁLISE DE TENDÊNCIA	31
3.5	BALANÇO HÍDRICO	32
4.	RESULTADOS.....	37
4.1	TEMPERATURA DO AR.....	37
4.1.1	Temperaturas do ar máxima e mínima absoluta	40
4.2	PRECIPITAÇÃO.....	41
4.3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	44
4.3.1	Precipitação menos evapotranspiração	45
4.4	EVENTOS EXTREMOS	47
4.4.1	P50 e P100.....	47
4.4.2	Dias secos consecutivos.....	50
4.5	BALANÇO HÍDRICO	52
5.	DISCUSSÃO	56
6.	CONCLUSÃO	60
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62
	ANEXO A – DESCRIÇÃO GERAL, HORIZONTES, ESPESSURA E COR DO PERFIL DE SOLO.....	66

1. INTRODUÇÃO

Em todas as partes do planeta os efeitos e impactos das mudanças climáticas são visíveis sobre os ecossistemas naturais, agricultura e recursos hídricos, em escalas global, regional e local.

A mudança climática é um dos maiores desafios do nosso tempo. Seus impactos afetam desde a produção de alimentos até o aumento do nível do mar, o que têm desestabilizado as sociedades e o meio ambiente de uma maneira global e sem precedentes. Ávila e Campos (2017) indicam que na última década ocorreram os anos mais quentes já registrados na cidade de Lages, em Santa Catarina.

As alterações climáticas projetadas pelos modelos apresentados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) deverão refletir em todas as áreas da sociedade, inclusive na agricultura. Na América Latina, tem-se observado grande variedade de alteração no clima, que pode ser resultante não só da variabilidade climática natural como também da interferência humana no sistema. Notam-se variações principalmente na temperatura média do ar e no ciclo hidrológico (IPCC, 2021).

Analisar a variabilidade da precipitação e da temperatura do ar de uma determinada região é necessário para compreender as mudanças climáticas e buscar meios para diminuir suas consequências. Esta análise é importante para melhor conhecer as modificações que ocorrem com o passar dos anos para a prevenção de problemas, sejam atuais ou futuros.

Devido à grande demanda atual por recursos hídricos, faz-se necessário o conhecimento do ciclo da água, principalmente das variáveis de precipitação, evapotranspiração e o balanço hídrico do solo. Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization, 2002), um em cada cinco países em desenvolvimento sofrerá de escassez de água até o ano de 2030, com prejuízos à produção mundial de alimentos.

De acordo com Camargo (1971), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água durante o ano, é indispensável comparar dois elementos opostos do balanço hídrico: a precipitação que fornece a umidade e a evapotranspiração que consome a umidade do solo. Segundo Pereira et al.

(2002), a disponibilidade hídrica para as plantas pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico, no qual fica evidenciada a flutuação temporal de períodos com excedente e com deficiência e permite melhor planejamento das atividades agrícolas e a quantificação de irrigação.

Uma variável muito importante na determinação e monitoramento do clima é a temperatura do ar, principalmente devido sua relação com a evapotranspiração, pois, uma variação de 1% na temperatura do ar poderá produzir uma variação de 20% na pressão de vapor à saturação, a qual é determinante na evapotranspiração (PAULA, 2011).

Na agricultura, a escassez (deficiência) de água é um problema cada vez mais comum aos produtores rurais de todo o mundo, inclusive de Santa Catarina, os quais sofrem perdas significativas e cada vez mais recorrentes. Analisar se o balanço hídrico está mudando fornece informações sobre disponibilidade hídrica.

Desta forma, este estudo tem o intuito compreender o regime hidroclimático local para entender as potencialidades e limitações, analisar tendência temporal e, dessa forma, auxiliar na manutenção e criação de políticas públicas de preservação ambiental, desenvolvimento agrícola e socioeconômico.

1.1 HIPÓTESE DE PESQUISA

Existem mudanças climáticas na cidade de Lages-SC, observada pelo aumento da temperatura do ar e da evapotranspiração. Com isso, ocorrem também mudanças na distribuição da precipitação e no balanço hídrico com redução da disponibilidade de água no solo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos há grande preocupação de pesquisadores em analisar as variabilidades climáticas que estão acontecendo no planeta, principalmente no que se refere ao aumento de eventos de chuvas intensas. O conhecimento da

precipitação durante o ano é o fator determinante para estimar a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água no meio rural e urbano.

O conhecimento da distribuição espacial das principais variáveis climáticas é relevante para os mais variados fins, tais como: planejamento das atividades relacionadas à agricultura, silvicultura e pecuária, bem como no auxílio à preservação do ambiente, pois permite a avaliação das disponibilidades climáticas da região estudada (PANDOLFO et al., 2000).

O balanço hídrico calculado torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região (SOUSA et al., 2010). É uma ferramenta capaz de indicar as melhores regiões e épocas de plantio. Assim, com base nessas informações pode-se dimensionar melhor os tratamentos culturais, escolher as culturas e variedades, o tipo de manejo e as épocas de semeadura, para evitar períodos de maior demanda de evapotranspiração e de menor disponibilidade de água no solo, visando a conservação do solo e da água, bem como potencializar a produção agrícola. Permite também, planejar ações para evitar ou minimizar os efeitos das cheias causadas em áreas rurais e urbanas.

1.3 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar se as mudanças climáticas estão alterando as condições meteorológicas no município de Lages - SC.

1.1.2 Objetivos específicos

Analisar as tendências temporais das séries históricas de temperatura do ar, precipitação e evapotranspiração;

Analisar a tendência temporal de eventos extremos e dias secos consecutivos;

Analisar a tendência temporal de deficiência e excedente hídrico do solo através do balanço hídrico climatológico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSCIÊNCIA AMBIENTAL SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Acontecimentos históricos de grandes dimensões e impactos, eventos internacionais para a discussão de questão ambiental, surgimentos de ONGs, formação de políticas públicas, estabelecimento de fundos para a preservação e proteção ambiental, valorização por parte do consumidor, são citados como movimentos para estimular a consciência ambiental. São esses alguns destaques que fomentaram o tema mudanças climáticas.

A década de 1950 marca o início da preocupação ambiental, principalmente devido a percepção da sociedade em relação a poluição nuclear como a que ocorreu em Minamata, causando queda da qualidade de vida em algumas regiões. Em 1956 a contaminação de mercúrio por uma indústria química na Baía de Minamata, Japão, lançou mais de 27 toneladas de mercúrio no oceano e mais de 3 mil pessoas foram infectadas.

Após este fato, em 1962, inicia um debate entre os preservacionistas e os desenvolvimentistas devido a publicação do livro Primavera Silenciosa de Rachel Carson, o qual marcou o início do movimento ambientalista no mundo, que tinha por objetivo alertar o público a respeito dos problemas da utilização dos pesticidas químicos DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano). Este pesticida foi proibido no Brasil em 2009 pela Lei nº 11.936, de 14 de maio de 2009.

Nos EUA foi criada a EPA (Environmental Protection Agency) e na Itália, no ano de 1968, o Clube de Roma, uma organização independente sem fins lucrativos em que participavam empresários, cientistas e políticos, com o objetivo de discutir e analisar os limites do crescimento econômico às custas do uso crescente dos recursos naturais. Composto por 30 membros, personalidades oriundas de diferentes comunidades.

Na década de 70 ocorreu a Conferência da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) em Paris e a criação do programa “O homem e a biosfera” que visava estabelecer bases científicas para melhorar a relação da natureza humana em todo o mundo.

Um grupo de cientistas do MIT (Massachusetts Institute of Technology), que assessorava o Clube de Roma, publicou um relatório intitulado Limites do Crescimento (1972) e concluíram que o planeta não suportaria o crescimento populacional devido à pressão gerada sobre os recursos naturais e energéticos e o aumento da poluição, mesmo tendo em conta o avanço tecnológico. As projeções afirmavam o esgotamento desses recursos em poucas décadas. O relatório afirmava que somente o crescimento zero e a gestão dos recursos finitos poderia salvar o planeta.

A I Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente pela ONU foi realizada em Estocolmo, de 5 a 16 de junho de 1972. Foi um marco nas tentativas de melhorar as relações do homem com o meio ambiente, e por ter inaugurado a busca por equilíbrio entre desenvolvimento econômico e redução da degradação ambiental. Ficou definitivamente marcada pela disputa entre o “desenvolvimento zero”, defendido pelos países desenvolvidos, e o “desenvolvimento a qualquer custo”, defendido pelas nações em desenvolvimento. O Brasil não assinou o protocolo, mas no ano seguinte, em 1973, criou a Secretaria Nacional do Meio Ambiente (PASSOS, 2009).

Com todas estas ações da sociedade, a década de 1970 ficou conhecida como a da regulamentação e do controle ambiental. Após a conferência de Estocolmo as nações começaram a estruturar seus órgãos ambientais e estabelecer suas legislações. O ato de poluir passou a ser considerado crime em diversos países.

A seguir são relatados alguns eventos que demonstram as preocupações com o ambiente:

- a) crise do petróleo e as primeiras tentativas de valorização energética dos resíduos;
- b) surgimento do 1º Selo ecológico na Alemanha, o *Blue Angel*, para rotular produtos considerados ambientalmente corretos;
- c) em 1976 um acidente na Itália conhecido como nuvem tóxica do agente laranja;
- d) elaboração, na década de 1980, do relatório “Nosso Futuro Comum” pela Primeira-Ministra da Noruega Chefia da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente (JAPIASSÚ, 2017), um relatório que propôs o

desenvolvimento sustentável como sendo aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades;

- e) entra em vigor legislações específicas e o início da consciência ambiental dos gestores das empresas;
- f) protocolo de Montreal e o fim dos Clorofluorocarboneto (CFCs);
- g) acidente em 1984 com 3.000 mortes em Bhopal na Índia e 200.000 pessoas intoxicadas com isocianato de metila;
- h) em 1986 na Ucrânia o desastre de Chernobyl, um incêndio na Usina Atômica. A radiação emitida foi 30 vezes maior do que as bombas atômicas do Japão;
- i) o navio Exxon-Valdez vazou 40 milhões de litros de petróleo no mar em 1989, com 100.000 aves mortas;
- j) Rio 92 ou Cúpula da Terra (ECO92), no Rio de Janeiro, resultou em dois importantes documentos e a criação da Convenção da Biodiversidade e das Mudanças Climáticas. O documento *A Carta da Terra e a Agenda 21*;
- k) A primeira Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP) aconteceu no ano de 1995, em Berlim, Alemanha e ali iniciou-se o processo de negociação de metas e prazos específicos para a redução de emissões de gases de efeito estufa pelos países desenvolvidos;
- l) Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em 1997 (COP 3 - Quioto, Japão) e o Protocolo de Kyoto que estabelece metas de redução de gases poluentes para os países industrializados. Os Estados Unidos não assinaram;
- m) o foco na década de 1990 passou a ser a otimização do processo produtivo e a redução do impacto ambiental. Assim como, a preocupação com a imagem ambiental das empresas, para entrar em vigor as Normas BS 7750 que foram base para as Normas ISO14000;
- n) Rio+10 em 2002, cúpula mundial sobre o desenvolvimento sustentável em Johannesburgo. Objetivou avaliar a situação do meio ambiente global em função das medidas adotadas na Eco-92;

- o) incêndio em terminal de 270 milhões de litros de óleo em 2005 na Itália;
- p) em 2010 explosão e afundamento de plataforma de petróleo no golfo do México;
- q) usina de Fukushima danificada por terremotos e tsunamis em 2011;
- r) Rio+20 no Rio de Janeiro em 2012, Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável. O objetivo da Conferência foi a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas sobre o assunto e do tratamento de termos novos e emergentes. Surge o conceito de Economia Verde (Sociedade, economia e meio ambiente) e de ecologia profunda, quando o homem começa a ser analisado como parte da natureza;
- s) desastre de Mariana em 2014 com rompimento de barragem de rejeito de mineradora;
- t) Acordo de Paris em 2015, um tratado internacional firmado durante a COP-21, que rege as medidas de redução de emissões de gases do efeito estufa, a fim de conter o aquecimento global abaixo de 2°C (preferencialmente em 1,5°C);
- u) desmatamento fez Amazônia pegar fogo em 2019, queimadas aumentaram 31% em relação a 2018;
- v) em 2020 surge a chamada “neutralidade de carbono”, ou net zero, onde todo o carbono que a humanidade emite precisará ser capturado de alguma forma, 60 países se comprometeram a atingir a meta até 2050;
- w) novas medidas foram adotadas na COP-26 em novembro de 2021 e 40 países se comprometeram a zerar o uso de carvão mineral até 2040.

Recentemente, em agosto de 2021, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas publicou que as mudanças recentes no clima são generalizadas, rápidas e intensificadas e sem precedentes (IPCC, 2021). No relatório afirmam que nos últimos 6.500 anos não houve mudanças no clima como houve nos últimos 100 anos. Os cientistas foram enfáticos em afirmar que as mudanças climáticas já estão afetando os eventos climáticos.

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AGRICULTURA

A agricultura é uma atividade que depende essencialmente dos elementos meteorológicos, como a radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e, principalmente da temperatura do ar e da precipitação. Mudanças climáticas podem afetar a produção agrícola de várias formas, devido a frequência e a severidade de eventos extremos. Entretanto, pode ocorrer também aumento da produção através do acréscimo de CO₂ atmosférico. Também são citadas modificações no ciclo das culturas em locais que tem mudança no número de graus-dia de crescimento (EMBRAPA, 2012).

Segundo o IPCC (2021), apesar do aumento da concentração de CO₂ ser um estimulante ao crescimento das plantações, as vantagens desse crescimento não compensam os prejuízos causados globalmente pelo excesso desse gás, um dos principais desencadeadores do efeito estufa.

Pesquisadores como Hooper et al. (2005) afirmam que fatores antrópicos, tais como desflorestamento e mau uso dos ecossistemas, podem modificar o clima de uma região. Esses fatores alteram o clima regional, e somados, alteram o sistema global.

Estudos baseados em Modelos de Circulação Geral da atmosfera (GCM) mostram que a produtividade de várias culturas tende a diminuir em algumas regiões do globo e aumentar em outras (JONES et al, 1997).

Alguns estudos, através de modelos matemáticos, que simularam os impactos sobre agricultura foram apresentados por Siqueira et al. (2000) para o trigo, milho e soja, por Marengo (2001), Pinto et al. (2001) e Assad et al. (2004) para o café, e por Nobre et al. (2005) para o milho, feijão, arroz, soja e café. Estes autores relatam perdas econômicas anuais provocadas pelo aumento de 1°C na temperatura do ar, de 375 milhões de dólares para o café, somando os estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, e 61 milhões de dólares para o milho em São Paulo.

Como já citado anteriormente, um componente que é muito afetado pelas mudanças climáticas é a precipitação, provocando a redução da produtividade e prejuízos à segurança alimentar. Segundo o Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE), os efeitos das mudanças climáticas sobre o ciclo

hidrológico nos trópicos podem afetar significativamente a demanda hídrica para culturas (LACERDA et al, 2009).

2.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA

Nas últimas décadas, pesquisadores científicos e acadêmicos em todo o mundo têm se preocupado com a avaliação das tendências dos climas regional e global.

A metodologia de séries temporais pode ser usada nas mais diversas áreas de conhecimento, entre essas pode-se citar a das ciências exatas e da terra, sendo uma ferramenta importante quando se trata de dados ao longo do tempo, ou seja, que são correlacionados. Através da tendência temporal aplicada a um conjunto de dados é observado se os valores apresentam um crescimento, decréscimo ou se mantêm constante ao longo do tempo. Para isso, o teste não paramétrico de Mann-Kendall é adotado em diferentes estudos. Segundo Obregón Párraga (2003) a vantagem deste teste é que ele usa a magnitude relativa dos valores da série e filtra valores extremos. Este método foi empregado por Burn et al. (2010) para detecção de tendências em eventos hidrológicos no Canadá.

Silva et al. (2001) analisaram séries temporais de precipitação de todo o Brasil para o período 1961 a 2008, e encontraram padrões diferenciados e muito regionalizados nas tendências de aumento e diminuição das precipitações. Em termos anuais, a faixa leste da região Sul do Brasil destaca-se como área com tendências positivas significativas para precipitação, desde o centro do Rio Grande do Sul até o Paraná.

Eventos extremos de precipitação no estado de Santa Catarina também foram avaliados por Campos et al. (2006) para o período de 1911-2006. Na maioria das regiões estudadas os totais anuais de precipitação apresentaram tendência de aumento. No município de Chapecó, foi observado aumento de 38 mm na precipitação anual ao longo dos últimos 38 anos. Os totais anuais apresentaram aumento, mas ao mesmo tempo, o número de dias consecutivos sem chuva também aumentou, juntamente com o aumento de precipitações acima de 100 mm. Estes resultados foram verificados em diferentes regiões do Estado de Santa Catarina.

Segundo Minuzzi e Caramori (2011) desde meados do século XX o estado do Paraná apresenta tendência de aumento no volume pluviométrico, principalmente no verão e na primavera. No verão o total de chuva aumentou de 17 a 37 mm por década, enquanto na primavera aumentou de 16 a 42 mm, sendo que algumas estações hidrológicas apresentaram esta tendência significativa em ambos os períodos sazonais.

Sá et al. (2018) avaliaram a ocorrência de tendências em séries temporais de precipitação na região serrana de Santa Catarina, sul do Brasil. As tendências analisadas através do teste de Mann-Kendall, foram positivas para precipitação na primavera e no inverno para Lages, e na primavera e verão para São Joaquim.

2.4 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico consiste em um somatório das quantidades de água que entram e saem de um elemento de volume de solo, num dado intervalo de tempo, sendo que o resultado é a quantidade líquida de água que é armazenada no solo e disponível às plantas (BRAGA, 1982).

Ferreira (2017) estudou o regime hídrico do município de Canindé, através do balanço hídrico climatológico. Concluiu que a perda de água por evapotranspiração em Canindé é muito maior que o volume de entrada de precipitação durante o ano. E que mesmo durante os anos úmidos, por conta da irregularidade espacial e temporal da precipitação, Canindé tem alto déficit hídrico.

Sousa et al. (2010) objetivaram disponibilizar maior número de informações sobre os aspectos climáticos da microrregião do Município de Palmas-TO. Utilizaram dados de precipitação e temperatura do ar para estabelecer o balanço hídrico climatológico e a classificação climática de Thornthwaite. O balanço hídrico climatológico foi calculado para o período de 2001 a 2009 e a capacidade de armazenamento de água no solo foi de 100 mm. Concluíram que as elevadas temperaturas médias contribuem, de forma decisiva, para que a evapotranspiração potencial total anual excedesse o volume pluviométrico total

anual. Também, tanto o balanço hídrico quanto a classificação climática evidenciam a necessidade de irrigação, para os cultivos, durante a estação seca.

Leite (2004) em seu trabalho sobre a disponibilidade hídrica das águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Una, município de Taubaté, SP, obteve três cenários de disponibilidade versus demanda, que permitiu avaliar o grau de comprometimento da bacia. Constatou que, apesar da bacia não apresentar problema na sua disponibilidade hídrica no atual momento, em um futuro não muito distante, poderá se tornar uma bacia crítica passível de gerenciamento especial para períodos críticos.

Horikoshi et al. (2007) elaboraram o balanço hídrico atual para o município de Taubaté e analisaram a disponibilidade hídrica futura. Utilizaram o método de Thornthwaite-Mather (1955) no cálculo do balanço hídrico climatológico, dados observacionais de precipitação e temperatura do ar (séries de 1965-2005 e 1992-2005) e dados simulados de temperatura e precipitação gerados pelo modelo HadCM3 (2010 a 2099). Concluíram que o aumento de precipitação não será suficiente para manter os níveis de evapotranspiração, pois este será muito maior em função do aumento da temperatura do ar.

Silveira (2011) estudou o balanço hídrico através do método de Thornthwaite e Mather, além da classificação climática, para as três capitais da região sul do Brasil, para um período de 30 anos (1981 a 2010). Pela análise do balanço hídrico, para cada uma das três cidades, pode-se indicar as melhores épocas para cultivos de determinada cultura. Pela classificação climática de Thornthwaite concluiu que as três capitais apresentam clima do tipo mesotérmico úmido sem deficiência hídrica (Florianópolis e Curitiba) ou com pequena deficiência hídrica (Porto Alegre).

Os estudos relatados na revisão bibliográfica apresentam resultados divergentes como déficit hídrico para o município de Canindé na região Nordeste do Brasil por Ferreira (2017), como Leite (2004) que constatou o município de Taubaté em São Paulo não apresentar problema na disponibilidade hídrica. Resultados divergentes para cada região e diferentes eventos ocorrem como consequência do aumento da temperatura média do ar no planeta, provocando mudanças climáticas, assim como alterações nos padrões de chuva. Também divergem, pois o solo de cada local apresenta diferente capacidade de retenção

e disponibilidade de água. Sendo assim, são necessários estudos locais para entender como as mudanças do clima estão se manifestando com o passar dos anos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

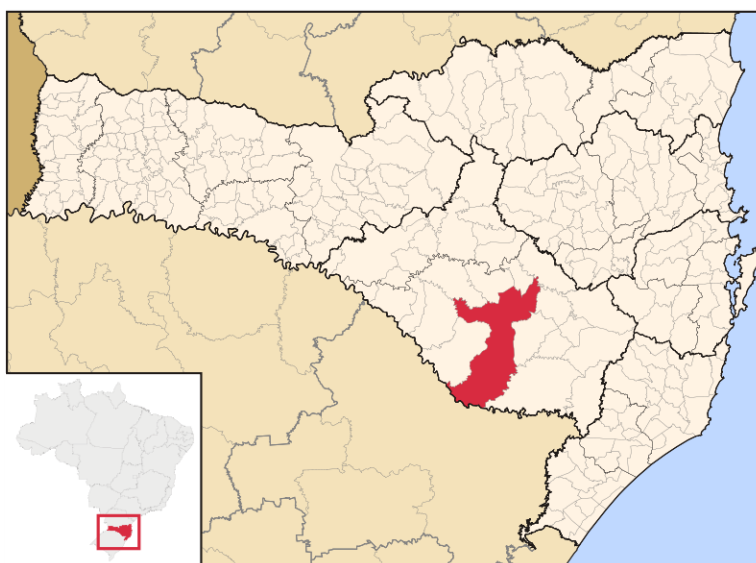
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Lages (Figura 1), localizado na região do Planalto Sul (27°49`S e 50°40`O) do Estado de Santa Catarina. A altitude é considerada elevada, entre 884 e 1260 metros.

Santa Catarina, por sua localização geográfica, é um dos Estados da federação que apresenta melhor distribuição da precipitação durante o ano. Os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no Estado são as frentes frias, os vórtices ciclônicos, os cavados de níveis médios, a convecção tropical, a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a circulação marítima (MONTEIRO, 2001).

Quanto à vegetação, o município de Lages está inserido no bioma Mata Atlântica, mais especificamente na formação da Floresta Ombrófila Mista, popularmente conhecida como Mata com Araucárias. Nesta região este tipo vegetacional forma mosaicos de campos nativos e florestas (BOLDRINI, 2009).

Figura 1 - Localização de Lages em Santa Catarina.



Fonte: Abreu (2006).

O clima é classificado como subtropical segundo Monteiro (2001). Essa condição é variável segundo o relevo da região do Estado: no Oeste e Planalto

é relativamente frequente que ocorram geadas e neve, ao passo que no litoral o clima é mais quente, com temperaturas elevadas, em especial no verão.

De acordo com Wrege et al. (2012) no Atlas Climático da Região Sul do Brasil e a classificação de Köppen-Geiger, o clima é representado pelo tipo “Cfb” (Clima temperado, com verão ameno). Caracteriza regiões de clima temperado propriamente dito, sempre úmido, ou seja, sem estação seca. Com temperatura do ar média de 16°C. Durante o inverno, o clima é frio, quando as temperaturas podem chegar a -4°C e sensação térmica de -10°C. Na região ocorrem fortes geadas. Já no verão, o clima varia de agradável a quente, as temperaturas podem ultrapassar 30°C.

Segundo Monteiro (2001), apesar do predomínio de massas de ar quente no verão, por vezes, há incursão de massas polares sobre a Argentina, o que reduz a temperatura no Planalto Sul. O outono é caracterizado pela diminuição na quantidade de precipitação e muitas vezes ocorrem pequenas estiagens que são intensificadas em anos de La-Niña.

As condições de tempo do período entre junho-julho-agosto são influenciadas por sucessivas massas de ar polar provenientes do continente antártico. O ar frio é trazido pela aproximação de anticiclones que se deslocam sobre a Argentina em direção à região Sul do Brasil e ocasionam tempo estável, com predomínio de céu claro e acentuado declínio de temperatura na região, o que favorece à formação de geada e de nevoeiro, fenômenos típicos do inverno (MONTEIRO, 2001).

A primavera, de acordo com Monteiro (2001), é a estação do ano que apresenta tempo mais instável. Essa instabilidade é ocasionada principalmente pelos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), fenômenos que se formam, em sua maioria, sobre o norte da Argentina durante a madrugada e deslocam-se rapidamente para o leste, atingem a região entre a madrugada e início da manhã o que favorece a ocorrência de pancadas de chuva forte com trovoadas e granizo isolado.

3.2 DADOS METEOROLÓGICOS E DO SOLO

Os dados necessários para análise de tendência de mudanças climáticas na região de Lages e para o cálculo do balanço hídrico foram provenientes de registros diários da rede de estações meteorológicas da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 2020), pertencente ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM).

A estação meteorológica, até o ano de 2013, era convencional e houve algumas falhas considerados dados faltantes nas series históricas. A partir de 2013 a estação meteorológica foi substituída por uma estação automática e nesse mesmo ano foram perdidos alguns dados.

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (2018) é recomendado que as análises estatísticas sejam feitas quando, no mínimo, 80% dos dados de uma série climática estiverem disponíveis. Conforme relatado, foram observados alguns dados faltantes, contudo as análises foram realizadas nas séries por conter 96,4% da série histórica do período estudado de temperatura mínima e máxima do ar, e 97,7% de temperatura média. Para os dados obtidos de precipitação foram contabilizados 94,2% dos dados entre os anos de 1961 a 2020. Portanto, foram considerados os seguintes períodos: 1948 a 2020 com dados diários de temperatura do ar máxima, média e mínima do ano; e 1961 a 2020 com dados diários de precipitação. Os valores absolutos de temperatura do ar máxima e mínima foram obtidos através da computação da mais elevada temperatura registrada de cada mês e depois calculada a média climatológica mensal.

Os dados de capacidade de campo do solo, necessário para calcular o balanço hídrico, foram obtidos através de banco de dados do laboratório de Física do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, de amostras coletadas em 2011 em um Cambissolo Húmico Alumínico típico (Costa, 2011).

Segundo EMBRAPA (2018), Cambissolos compreendem solos constituídos por material mineral. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta

desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruno ou bruno-amarelada até vermelho-escura, de alta a baixa saturação por bases e variação na atividade química da fração argila.

A ocorrência de eventos extremos de chuva foi analisada. Uma anomalia atmosférica extrema se caracteriza por perturbações de curto prazo, ou seja, essa variação ocorre por um período determinado, voltando posteriormente ao seu padrão “normal”. Os eventos extremos de precipitação fazem parte do ritmo climático de um determinado local. Portanto, o conhecimento do comportamento das chuvas intensas é de fundamental importância para o planejamento do uso e ocupação da terra, de forma a prevenir os impactos associados a esses episódios.

Para esta análise foram calculados os índices extremos de precipitação indicados pela ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices), que indicam número de dias do ano em que ocorreu precipitação maior ou igual 50 mm (P50 mm) e maior ou igual 100 mm (P100 mm). A probabilidade mensal de ocorrência do evento extremo foi calculada. Também foi obtido o número de dias secos consecutivos (CDD) que ocorrem em cada ano da série histórica. Um dia seco é considerado com menos de 1 mm de chuva no dia (OMM, 2018). Mostra o número de intervalos de CDD, sendo que um ou mais dias sem chover é considerado um intervalo de CDD, de forma a observar a representação mensal.

3.3 PARÂMETROS RELACIONADOS AO CLIMA E AO SOLO

Como base nos elementos meteorológicos apresentados, foram tabulados e obtidos os seguintes parâmetros:

- 01 - Temperatura máxima (TMAX) do ar a 2m anual e mensal (°C)
- 02 - Temperatura média (TMED) do ar a 2m anual e mensal (°C)
- 03 - Temperatura mínima (TMIN) do ar anual e mensal (°C)
- 04 - Temperatura do ar máxima absoluta (TMAXab) (°C)
- 05 - Temperatura do ar mínima absoluta (TMINab) (°C)
- 06 - Precipitação acumulada anual e mensal (mm)

- 07 - Número de dias que ocorreu evento extremo P50mm
- 08 - Número de dias que ocorreu evento extremo P100mm
- 09 - Evapotranspiração potencial anual e mensal (mm)
- 10 - Precipitação menos evapotranspiração (P-ETP) anual e mensal (mm)
- 11 - Déficit hídrico anual e mensal (mm)
- 12 - Excedente hídrico anual (mm)
- 13 - Dias secos consecutivos (CDD) – CDD1, CDD5, CDD10 e CDD15 - São o número de dias (1, 5, 10 e 15 dias) consecutivos sem chuvas em cada ano.

Posteriormente, estes parâmetros foram submetidos a análise de tendência através do programa RStudio com o pacote Trend (Pohlert, 2020). Com esta análise é possível identificar se as variáveis climáticas estão sendo alteradas (redução, estabilidade ou aumento) na região de estudo.

Numa segunda fase do estudo estes dados foram utilizados para calcular o balanço hídrico climatológico para o Cambissolo Húmico Alumínico típico, o mais representativo da região.

3.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIA

As análises estatísticas das séries históricas foram submetidas ao teste não paramétrico de Mann-Kendall a 5% de significância, para verificar se existe alguma tendência temporal de redução, estabilidade ou aumento de cada parâmetro analisado.

Para analisar se existe tendência na série temporal é calculado o p-valor. Se este for inferior a 0,05, rejeita-se a hipótese nula a favor da hipótese alternativa e conclui-se que há diminuição ou aumento da variável considerada na série temporal. O valor Z é o coeficiente de correlação, ou seja, verifica a semelhança entre os dados. Se idênticos a correlação então $Z=1$. Se Z for positivo, há tendência de aumento das médias observadas no tempo; se Z for negativo há tendência de redução das médias observadas no tempo.

O teste de Mann-Kendall, por ser não paramétrico, é o teste mais indicado na literatura quando se trata de tendência climática (dados climáticos como, por

exemplo, pluviométrico, temperatura, poluição). Os dados não possuem uma organização normal, e os resultados estatísticos são provenientes de suas ordenações. O teste compara cada valor da série temporal com os valores restantes, em ordem sequencial. É contado o número de vezes que os termos restantes são maiores do que o valor analisado.

3.5 BALANÇO HÍDRICO

Para calcular o balanço hídrico foram utilizadas médias mensais de temperatura do ar e o total mensal de precipitação (período de 1961 a 2020), coordenadas geográficas e a capacidade de água disponível (CAD) do solo. Com estas informações, o balanço hídrico permite calcular a deficiência e o excedente hídrico que ocorre a cada mês. Este cálculo foi realizado por uma “macro” desenvolvida no programa Excel conforme método de Thornthwaite e Mather (1955).

O armazenamento de água no solo foi calculado com base em propriedades físico-hídricas determinadas para o Cambissolo Húmico Alumínico típico.

Através do programa Microsoft Excel foram calculados os dados conforme descritos na Tabela 1. Este cálculo foi realizado a partir da regra dos 16 passos proposto por Santos (2010).

Etapas para a resolução do balanço hídrico:

1. Preencher a coluna Temp. méd (Temperatura do ar média mensal).
2. Preencher a coluna P (Precipitação acumulada mensal).
3. Calcular o índice térmico mensal, utilizando a equação (1):

$$Im = \left(\frac{tmed}{5}\right)^{1,514} \quad (1)$$

Em que, Im = índice térmico mensal (-); $tmed$ = temperatura do ar média mensal.

4. Calcular o índice térmico anual, utilizando a equação (2):

$$Ia = \sum_{dez}^{jan} Im \quad (2)$$

Em que, Ia = índice térmico anual (-); $\sum_{dez}^{jan}()$ = somatório dos índices térmicos de janeiro a dezembro; Im = índice térmico mensal.

Tabela 1 - Tabela para o cálculo do balanço hídrico mensal e anual para o período de 1961 a 2020 para o Cambissolo Húmico do município de Lages-SC.

Meses	P	ETP	P-ETP	NEGac	AMAZ	ALT	ETR	DEF	EXC	EP	Corr	Tméd	Índice térmico
	----- mm -----										-	°C	-
Janeiro													
Fevereiro													
Março													
Abril													
Mai													
Junho													
Julho													
Agosto													
Setembro													
Outubro													
Novembro													
Dezembro													
SOMA													

Em que, P = precipitação; ETP = evapotranspiração potencial corrigida; P-ETP = precipitação menos evapotranspiração; NEGac = negativo acumulado; AMAZ = armazenamento de água no solo; ALT = alteração da umidade do solo; ETR = evapotranspiração real; DEF = deficiência hídrica; EXC = excedente hídrico; EP = evapotranspiração potencial; Corr = correção; Tméd = temperatura do ar média mensal. Fonte: Santos (2010).

5. Calcular o valor da constante “a”, utilizando a equação (3):

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times Ia^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times Ia^2 + 0,0179 \times Ia + 0,492 \quad (3)$$

6. Preencher a coluna EP (Evapotranspiração potencial), considerando a duração do período diurno igual a 12 horas, utilizando a equação (4):

$$EP = 16 \frac{ti^a}{Ia} \quad (4)$$

Em que, EP = evapotranspiração potencial (mm); ti = temperatura do ar média mensal (°C); I = índice térmico anual (-); a = constante que depende do local (-).

7. Preencher a coluna Corr (correção), conforme os valores da Tabela 2:

Tabela 2 - Valores de correção de acordo com a Latitude e os meses do ano.

Latitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2° N	1,02	0,93	1,03	1,00	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,03	1,00	1,03
0°	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03
2° S	1,04	0,94	1,04	1,00	1,03	0,99	1,02	1,02	0,99	1,03	1,00	1,04
4° S	1,05	0,95	1,04	1,00	1,03	0,98	1,01	1,02	0,99	1,03	1,01	1,05
6° S	1,06	0,96	1,05	1,00	1,02	0,80	1,00	1,01	0,98	1,03	1,01	1,06
8° S	1,07	0,97	1,06	1,00	1,02	0,97	0,99	1,00	0,98	1,03	1,01	1,06
10° S	1,08	0,97	1,06	1,00	1,01	0,96	0,98	0,99	0,97	1,03	1,02	1,07
12° S	1,09	0,98	1,07	1,01	1,01	0,95	0,97	0,98	0,97	1,02	1,02	1,08
14° S	1,10	0,99	1,07	1,01	1,01	0,95	0,96	0,97	0,96	1,02	1,02	1,09
16° S	1,12	1,00	1,08	1,01	1,00	0,94	0,95	0,96	0,95	1,02	1,03	1,10
18° S	1,13	1,01	1,09	1,01	1,00	0,93	0,94	0,95	0,95	1,02	1,03	1,10
20° S	1,14	1,02	1,09	1,01	0,99	0,92	0,93	0,94	0,94	1,02	1,03	1,11
22° S	1,15	1,03	1,10	1,01	0,99	0,91	0,92	0,93	0,93	1,02	1,04	1,12
24° S	1,16	1,04	1,10	1,01	0,98	0,9	0,91	0,92	0,93	1,02	1,04	1,13
26° S	1,17	1,05	1,11	1,01	0,98	0,89	0,89	0,91	0,92	1,01	1,05	1,15
28° S	1,19	1,06	1,12	1,01	0,98	0,88	0,88	0,89	0,91	1,01	1,05	1,15
30° S	1,20	1,07	1,13	1,02	0,90	0,87	0,87	0,88	0,91	1,01	1,05	1,16

Fonte: Santos (2010).

8. Preencher a coluna ETP (evapotranspiração potencial corrigida), utilizando a equação (5).

$$ETP = EP \times Corr \quad (5)$$

Em que, *ETP* = evapotranspiração potencial corrigida (mm); *EP* = evapotranspiração potencial (mm); *Corr* = obtida através da tabela 2 (SANTOS, 2010) para a latitude de 28°S, onde o estudo foi realizado.

9. Preenche a coluna (P-ETP).

10. Preencher CAD (capacidade de água disponível).

Para esta etapa, a CAD foi obtida de Costa (2011), conforme Tabela 3, de acordo com características físicas do solo predominante na região em estudo. Costa (2011) teve como objetivo gerar, testar e validar funções de pedotransferência para estimar a retenção de água de 44 solos do Estado de Santa Catarina (SC). Para o presente estudo foi selecionado o Cambissolo Húmico Alumínico típico (27°44'21,8"S; 50°20'8,8"W) coletado no município de Lages, SC. As descrições gerais e morfológicas do perfil do solo encontram-se em Anexo. Como os estudos de zoneamento das culturas agrícolas utilizam a disponibilidade expressa pela capacidade de água disponível (CAD), a qual é obtida multiplicando-se o conteúdo de água disponível pela profundidade efetiva do solo (0-50 cm), foi calculado o CAD para a camada de 0-50 cm de profundidade.

Esta profundidade é variável entre solos e culturas, mas não deve ser superior a 50 cm, pois a coleta para determinação da textura é realizada nesta camada (MAPA, 2020). Brunini et al. (2001) utilizaram, para a cultura do milho em SP, a profundidade de 40 cm; Farias et al. (2001) para a cultura da soja no Brasil utilizaram de 35 a 50 cm.

O Zoneamento Agrícola estabelece períodos de plantio consoante o ciclo de cultivares e os tipos de solo para as diferentes culturas, com objetivo de evitar que adversidades climáticas recorrentes atinjam as lavouras em suas fases de desenvolvimento mais sensíveis (REICHERT et al., 2011).

Tabela 3 - Características do Cambissolo Húmico Alumínico típico coletado no município de Lages-SC.

Classe	Local	Litologia	Horiz	Altitude m	Prof cm	AD cm ³ cm ⁻³	CAD mm
Cambissolo Húmico Alumínico típico	Lages, SC	Siltito	A1, A2, BA, Bi	930	50	0,18	90

Em que: *Horiz* = horizonte; *Prof* = profundidade (cm); *AD* = água disponível; *CAD* = capacidade de água disponível. Fonte: Costa (2011).

11. Preencher a coluna *NegAc* (negativo acumulado) de acordo com os seguintes critérios (equações 6 e 7):

$$\text{Se } P - ETP \geq 0$$

$$NegAc = 0 \quad (6)$$

$$\text{Se } P - ETP < 0 \quad NegAc = NegAc_{j-1} + (P - ETP) \quad (7)$$

12. Preencher a coluna *AMAZ* (armazenamento de água no solo), de acordo com os seguintes critérios (equações 8 e 9):

$$\text{Se } NegAc = 0 \quad AMAZ = CAD \quad (8)$$

$$\text{Se } NegAc > 0 \quad AMAZ = CAD \times e^{\left[\frac{NegAc}{CAD}\right]} \quad (9)$$

13. Preencher a coluna *ALT* (alteração da umidade do solo), utilizando a equação (9):

$$ALT = AMAZ_j - AMAZ_{j-1} \quad (10)$$

14. Preencher a coluna *ETR* (evapotranspiração real), de acordo com os seguintes critérios (equações 11 e 12):

$$\text{Se } (P - ETP) \geq 0 \qquad \qquad \qquad ETR = ETP \qquad \qquad \qquad (11)$$

$$\text{Se } (P - ETP) < 0 \qquad \qquad \qquad ETR = P - ALT \qquad \qquad \qquad (12)$$

15. Preencher a coluna DEF (deficiência hídrica), utilizando a equação (13):

$$DEF = ETP - ETR \qquad \qquad \qquad (13)$$

16. Preencher a coluna EXC (excedente hídrico), de acordo com a equação (14), apenas quando $(P - ETP) > 0$ e $AMAZ = CAD$:

$$EXC = (P - ETP) - ALT \qquad \qquad \qquad (14)$$

O método considera o solo como um armazenador da água da chuva, como de fato ocorre no ambiente. O solo oferece certa resistência às perdas de água para a atmosfera, e que esta aumenta com a redução da água armazenada no solo, processo que depende das variações do potencial total da água no solo. Este potencial total é composto pelo potencial gravitacional, de pressão, matricial e osmótico. Quando ocorre, no período considerado, um saldo positivo entre precipitação e a evapotranspiração potencial, este saldo é incorporado ao solo, reabastecendo-o. Quando o solo atinge sua capacidade máxima de armazenamento, esse saldo passa a ser considerado excesso; por sua vez, o balanço de água tem como variáveis básicas de entrada, a precipitação e a evapotranspiração potencial, e como variáveis de saída o armazenamento de água no solo, a evapotranspiração real, o excesso e a deficiência hídrica.

A capacidade máxima de armazenamento é afetada pelas características do solo, como granulometria, mineralogia, teor de matéria orgânica e estrutura do solo, atributos que modificam a área superficial específica e a distribuição do tamanho dos poros. Área superficial específica e tamanho de poros determinam a retenção de água no solo através dos mecanismos de adsorção e capilaridade.

4. RESULTADOS

4.1 TEMPERATURA DO AR

Na Tabela 4 são apresentadas as médias mensais de TMAX, TMED e TMIN para o período de 1948 a 2020. A temperatura máxima do ar é mais elevada nos meses de janeiro com 26,5°C e fevereiro com 26,2°C, o que caracteriza os meses mais quentes do verão. Temperaturas máximas do ar são normalmente registradas no período da tarde e favorecem a formação de chuvas convectivas, muito comuns nos meses de verão. Os meses com menores temperaturas máximas do ar são julho e junho, com 17,1 e 17,2°C respectivamente. A média anual das temperaturas do ar máximas é de 21,8°C.

A temperatura média do ar é mais elevada nos meses de janeiro com 20,4°C e fevereiro com 20,3°C, em média, o que representa os meses mais quentes do verão. Os meses com menores temperaturas médias do ar são junho e julho, com 11,3 e 11,0°C respectivamente. A média anual é de 15,9°C.

Tabela 4 - Média mensal da temperatura (°C) do ar máxima, média e mínima para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1948 a 2020.

Temp. Ar	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd
Máxima	26,5	26,2	24,9	22,0	18,8	17,2	17,1	18,5	19,3	21,4	23,6	25,6	21,8
Média	20,4	20,3	19,1	16,2	13,0	11,3	11,0	12,3	13,8	15,9	17,7	19,5	15,9
Mínima	16,1	16,3	15,1	12,4	9,0	7,5	7,1	8,1	9,9	11,8	13,2	14,9	11,8

Fonte: elaborada pela autora (2021).

Assim como a máxima e a média, as temperaturas mínimas são mais elevadas nos meses de janeiro e fevereiro (16,1 e 16,3°C, respectivamente). Os meses com menores temperaturas do ar mínima são junho e julho, com 7,5 e 7,1°C respectivamente. A média anual das mínimas é de 11,8°C.

De forma geral, os meses de janeiro e fevereiro se caracterizam por apresentar as maiores temperaturas do ar, típicos do verão, enquanto as menores temperaturas são registradas nos meses de junho e julho (inverno).

O teste de Mann-Kendall para análise de tendência temporal foi aplicado na série de dados diários da temperatura do ar máxima, média e mínima conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Teste Mann-Kendall para série diária de temperatura do ar máxima, média e mínima para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1948 a 2020.

Série diária	p-valor (5% significância)	Z valor
Temperatura do ar máxima	$7,53 \times 10^{-6}$	+4,48
Temperatura do ar média	$4,93 \times 10^{-13}$	+7,23
Temperatura do ar mínima	$1,09 \times 10^{-14}$	+7,73

Fonte: elaborada pela autora (2021).

O valor $p < 0,05$ foi observado através do teste não-paramétrico de Mann-Kendall para estas variáveis de temperatura do ar. Dessa forma, rejeita-se a hipótese nula H_0 e confirma-se a hipótese alternativa, resultando em tendência positiva sendo Z valor de +4,48 nas máximas, +7,23 nas médias e +7,73 nas mínimas.

Percebe-se que as tendências de temperatura mínima e média do ar são mais acentuadas que as tendências de aumento da máxima. Observa-se também, que a amplitude térmica está diminuindo, considerando que a mínima está se elevando com maior intensidade que a máxima.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 2, as séries históricas de temperaturas do ar máxima, média e mínima apresentam aumento das médias anuais em Lages/SC com o passar dos anos, o que representa uma tendência de aquecimento.

Ao computarmos as médias mensais de TMAX, TMED e TMIN foi aplicada a análise de tendência para cada mês separadamente, como apresentado na Tabela 6. Os sinais positivo, negativo e ns indicam, respectivamente, tendência de aumento, redução e estabilidade da temperatura do ar com o passar dos anos (teste de Mann-Kendall).

Tabela 6 - Tendência de alteração das temperaturas máxima, média e mínima do ar para a tendência temporal em função do mês de ocorrência.

Temp. Ar	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima	ns	ns	ns	+	+	ns	ns	+	ns	ns	ns	+
Média	+	ns	ns	+	ns	+	ns	ns	ns	+	+	+
Mínima	+	+	ns	+	+	ns	ns	ns	ns	+	+	+

tendência positiva (+) ou tendência negativa (-) ($p < 0,05$); ns = não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: elaborada pela autora (2021).

Foram analisadas as alterações climáticas a nível mensal para TMAX, TMED e TMIN, com tendência positiva (Z valor +).

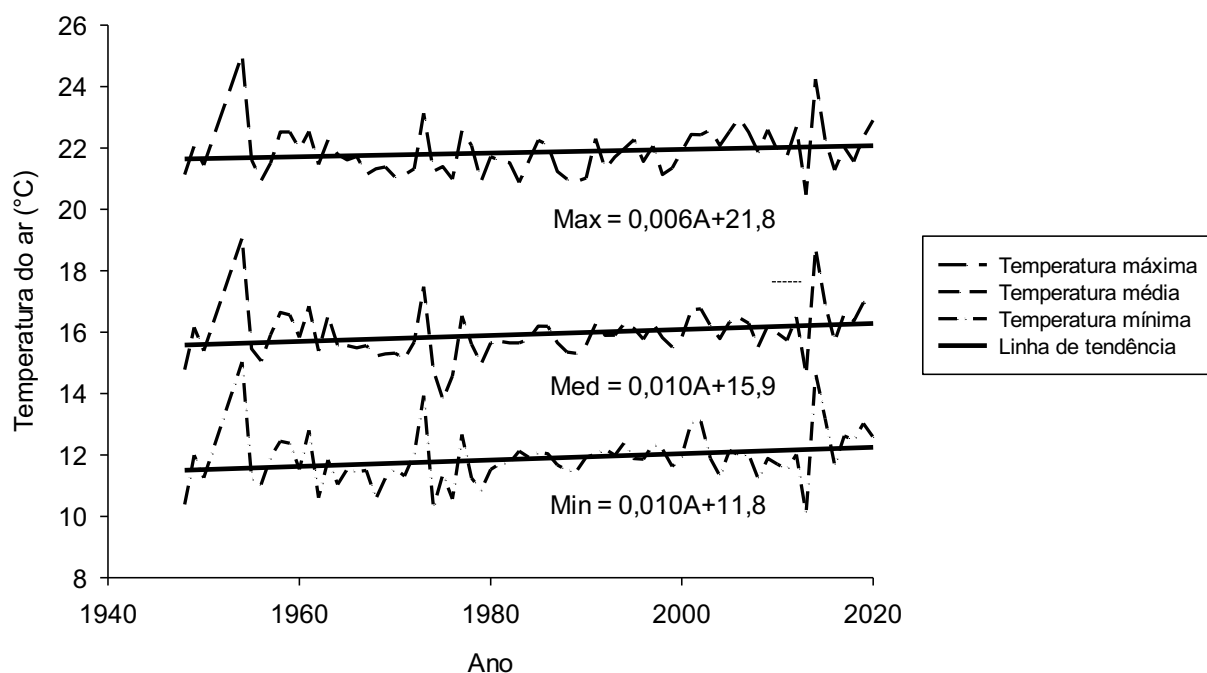
Em relação a TMAX, há tendências de aquecimento para os meses de abril, maio, agosto e dezembro. Nenhum mês apresentou tendência negativa na série, ou seja, em nenhum mês as temperaturas do ar máximas estão reduzindo. A maioria dos meses está com estabilidade nas temperaturas do ar máximas, ou seja, mantendo-se próximas das médias climatológicas.

Os meses de janeiro, abril, junho, outubro, novembro e dezembro apresentam tendência de aumento na TMED mensal. Nenhum mês apresentou tendência negativa na série, ou seja, em nenhum mês as temperaturas do ar médias estão reduzindo. Os demais meses não apresentaram tendência na série.

Para as médias mensais de TMIN observa-se tendência de aumento para os meses de janeiro, fevereiro, abril, maio, outubro, novembro e dezembro. Nenhum mês apresentou tendência negativa na série, ou seja, em nenhum mês as temperaturas do ar mínimas estão reduzindo. Os demais meses não apresentaram tendência alguma na série.

Observa-se que as tendências de aumento se destacam nos meses de abril e dezembro, no entanto nos meses de março, julho e setembro as tendências de temperatura do ar não são significativas.

Figura 2 - Média anual das temperaturas do ar máxima, média e mínima para o município de Lages, no período de 1948 a 2020.



Fonte: elaborada pela autora (2021).

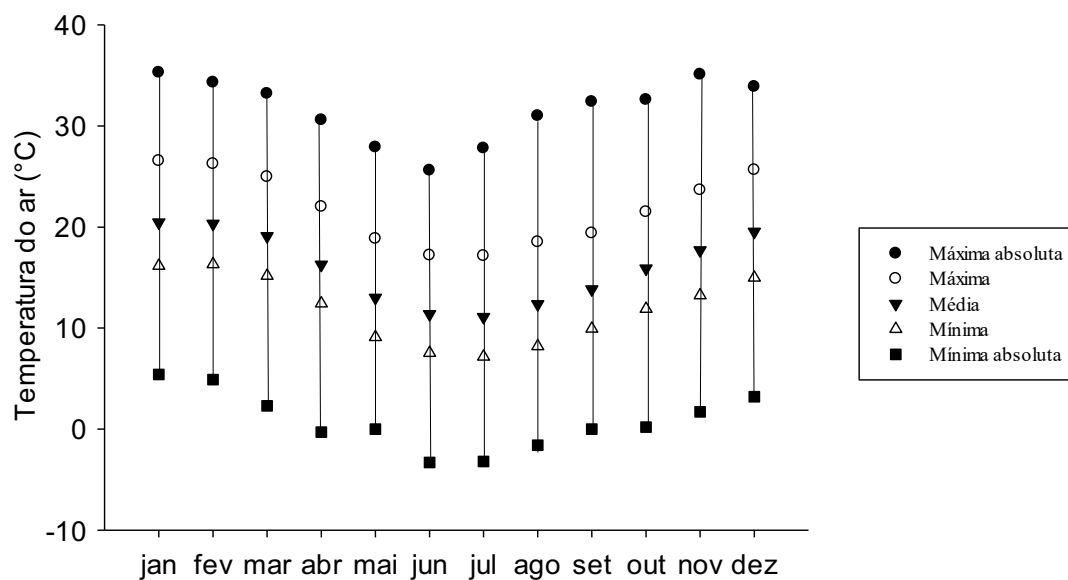
De acordo com as equações das retas (Figura 2), observa-se maior inclinação na série de mínimas e médias, ou seja, as temperaturas que mais estão aumentando com o passar dos anos.

4.1.1 Temperaturas do ar máxima e mínima absoluta

A série histórica informa que a temperatura máxima absoluta foi de 35,3°C em janeiro de 1949, enquanto a mínima absoluta foi de - 3,3°C registrado em junho de 2016.

É possível observar, com os dados de temperaturas absolutas, ao longo do ano grande amplitude térmica, ou seja, grande diferença entre máximas e mínimas absolutas na análise mensal (Figura 3).

Figura 3 - Temperatura máxima e mínima absolutas, temperatura máxima, média e mínima mensal, para o município de Lages no período de 1948 a 2020.

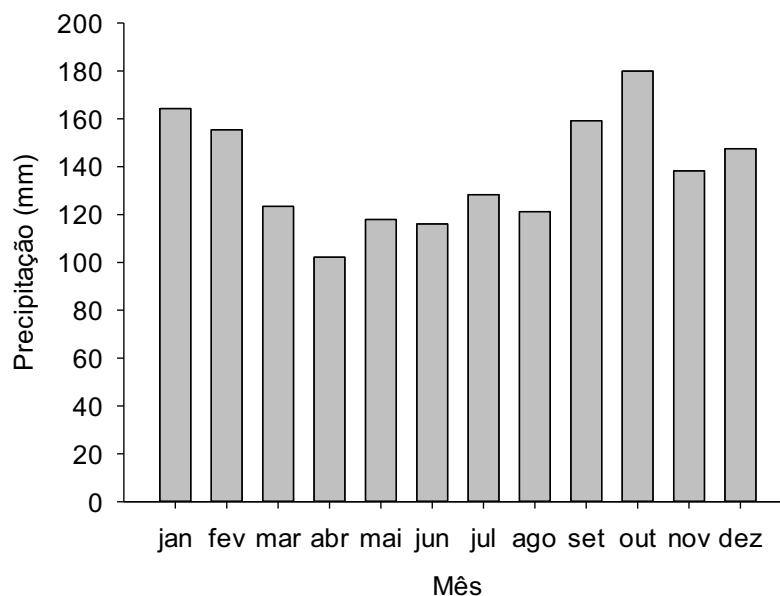


Fonte: elaborado pela autora (2021).

4.2 PRECIPITAÇÃO

A análise da figura 4 mostra que os totais mensais de precipitação são apresentados sendo possível observar sua variabilidade ao longo dos meses. Os índices pluviométricos são maiores nos meses de outubro com 179 mm, em média e menores em abril, com 102 mm. Destaca-se nesta análise que a média anual da precipitação é de 1650 mm e que a maior precipitação acumulada em um único mês, na série histórica de Lages, foi durante o verão com 361 mm, em fevereiro de 1981.

Figura 4 - Média mensais das séries históricas de precipitação de Lages/SC.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

O teste de Mann-Kendall para análise de tendência foi aplicado na série de dados diários da precipitação. O p-valor < 0,05 confirma que existe tendência temporal positiva (Z valor +8,38) entre 1961 e 2020 conforme Tabela 7. Ou seja, as chuvas diárias estão cada vez mais volumosas.

Tabela 7 - Teste Mann-Kendall para série diária de precipitação para o município de Lages SC, para a série histórica de 1961 a 2020.

Séries diária	p-valor (5% significância)	Z valor
Precipitação	$2,2 \times 10^{-16}$	+8,38

Fonte: elaborado pela autora (2021).

A análise temporal também foi aplicada para cada mês separadamente, conforme demonstrado na Tabela 8. Observa-se na série que considera a precipitação acumulada em cada mês, houve tendência positiva (Z valor +) para os meses de abril, maio, junho, julho, outubro, novembro e dezembro. Isto indica que, nestes meses a precipitação acumulada está aumentando com o passar dos anos. Em cinco meses do ano a análise indicou que estão com o volume da precipitação estável, sem aumento nem redução de volume.

Tabela 8 - Tendência de alteração das precipitações em função do mês de ocorrência.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação	ns	ns	ns	+	+	+	+	ns	ns	+	+	+

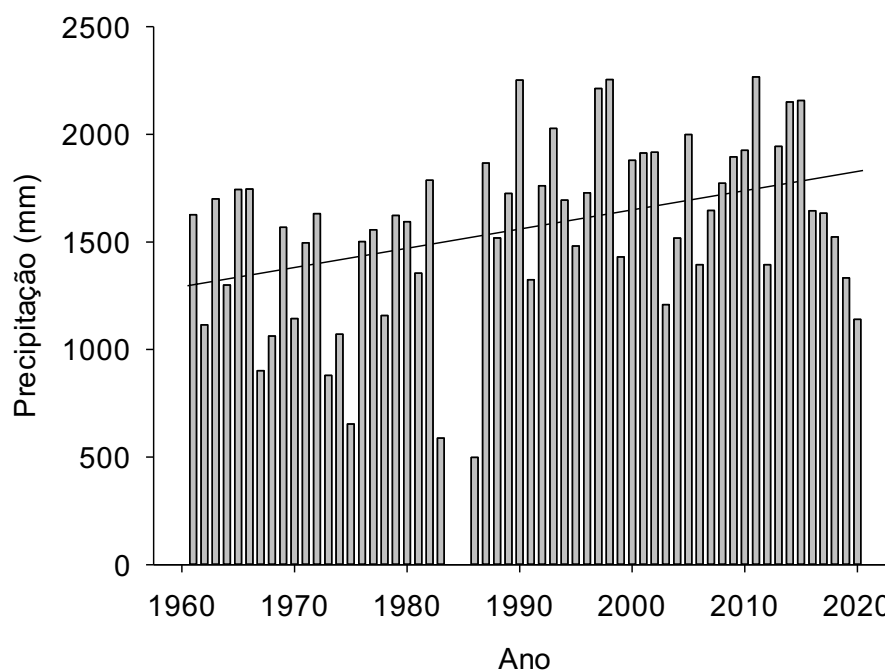
tendência positiva (+) ou tendência negativa (-) ($p < 0,05$); ns = não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: elaborado pela autora (2021).

A análise temporal também foi aplicada para a série histórica de precipitação anual acumulada, conforme demonstrado na Figura 5. O valor p-valor calculado pelo teste de Mann-Kendall foi de 0,004, portanto, menor que o nível de significância (0,05). Este resultado comprova que existe tendência positiva (tau Z +2,84) na série de totais de chuvas acumuladas anuais (Figura 5).

O ano de 2011 foi o de maior volume de chuvas de toda a série histórica com 2267 mm, enquanto o ano de 1984 o ano com menor volume de chuva, 500 mm.

Figura 5 - Total anual de precipitação acumulada (1961-2020). Linha é a tendência da série histórica.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

4.3 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração foi calculada pela equação (4) e considera as médias mensais de temperatura do ar, precipitação, índice térmico anual e uma constante que depende do local. As médias mensais de evapotranspiração mensal para a série histórica de 1961 a 2020 estão na Tabela 9.

Tabela 9 - Média mensal da ETP (mm) para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
<i>Etp</i>	105	88	83	57	43	30	29	34	47	62	76	96	750

Fonte: elaborada pela autora (2021).

A evapotranspiração ocorre com maior intensidade nos meses de janeiro com 105 mm e dezembro com 96 mm, em média, o que representa os meses mais quentes do verão. Contudo, os meses de menor evapotranspiração média são junho e julho, com 30 e 29 mm, respectivamente. A média anual é de 750 mm.

Para analisar se existe variação da evapotranspiração média anual durante a série analisada, foi aplicado o teste de Mann-Kendall. O p-valor foi de 0,88, o que comprova que não há tendência significativa de alteração da evapotranspiração média anual.

Tabela 10 - Teste Mann-Kendall para série anual durante os anos de 1961 a 2020.

Série anual	p-valor (5% significância)	Z valor
Evapotranspiração	0,88	+0,15

Fonte: autor (2021).

Este mesmo teste foi aplicado para cada mês separadamente, e indicou que, somente nos meses de setembro e novembro foi detectado aumento da evapotranspiração média mensal durante a série histórica (Tabela 11). A tendência de aumento de evapotranspiração nos meses de setembro e novembro conforme passam os anos, podem ser resultados também do aumento de temperatura do ar por conta das mudanças climáticas. Nenhum mês

apresentou tendência negativa na série, ou seja, apresentaram estabilidade da evapotranspiração mensal durante a série analisada.

Tabela 11 - Tendência de alteração da evapotranspiração média mensal para cada mês analisado separadamente, durante os anos de 1961 a 2020.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Evapotranspiração	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	+	ns

tendência positiva (+) ou tendência negativa (-) ($p < 0,05$); ns = não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: elaborado pela autora (2021).

4.3.1 Precipitação menos evapotranspiração

A variável precipitação menos evapotranspiração (P-ETP) reflete a disponibilidade hídrica, onde os valores obtidos da variável ETP (Evapotranspiração potencial) foram relacionados com os valores médios mensais de P (Precipitação) para o período de 1961 a 2020 (Tabela 12).

A Figura 6 apresenta a disponibilidade de água mensal, que é maior nos meses de setembro e outubro, respectivamente 103 e 113 mm, pois foram os meses com mais chuva. Contudo, os meses de menores disponibilidade hídrica, em média, são março, abril e dezembro, com 39, 45 e 42 mm, respectivamente (Tabela 12). A média anual da disponibilidade hídrica é de 846 mm.

Tabela 12 - Média mensal da precipitação menos evapotranspiração durante os anos de 1961 a 2020.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
P-etp	55	64	39	45	72	76	98	85	103	113	54	42	846

Fonte: elaborado pela autora (2021).

O teste de Mann-Kendall para análise de tendência aplicado na série P-ETP média anual, indica que houve tendência de aumento da disponibilidade hídrica entre os anos de 1961 e 2020 para o município de Lages-SC (p -valor = 0,049 e Z valor = +1,97). Sendo assim, há mais água disponível com o passar dos anos. Isto ocorre porque foi observado aumento do volume anual de precipitação, mas a evapotranspiração permaneceu constante.

Tabela 13 - Teste Mann-Kendall para série anual da precipitação menos evapotranspiração durante os anos de 1961 a 2020.

Série anual	p-valor (5% significância)	Z valor
P-etp	0,049	+1,97

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Pode-se aplicar a análise de tendência para cada mês separadamente, como apresentado na Tabela 14, onde: o sinal + (positivo) indica tendência de aumento da disponibilidade hídrica com o passar dos anos; o sinal – (negativo) indica tendência de diminuição de disponibilidade hídrica com o passar dos anos; e ns indica que o teste de Mann-Kendall apresentou resultado não significativo com $p\text{-valor} > 0,05$.

Tabela 14 - Tendência de alteração da P-ETP em função do mês de ocorrência.

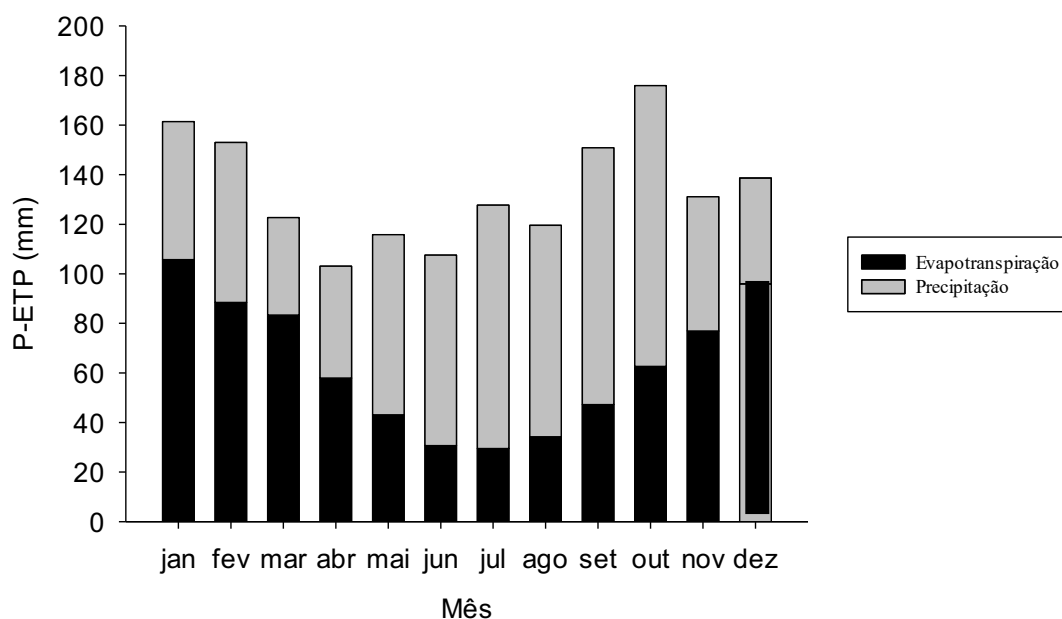
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
P-etp	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns

tendência positiva (+) ou tendência negativa (-) ($p < 0,05$); ns = não significativo ($p > 0,05$)

Fonte: elaborada pela autora (2021).

A análise temporal da P-ETP realizada para cada mês indica aumento da P-ETP apenas para o mês de julho, conforme Tabela 14. Para os outros meses, a análise não apresentou tendência nas séries. Ou seja, os meses de julho dos anos mais recentes estão cada ano com mais água disponível.

Figura 6 - Relação entre precipitação e evapotranspiração para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.



Fonte: elaborada pela autora (2021).

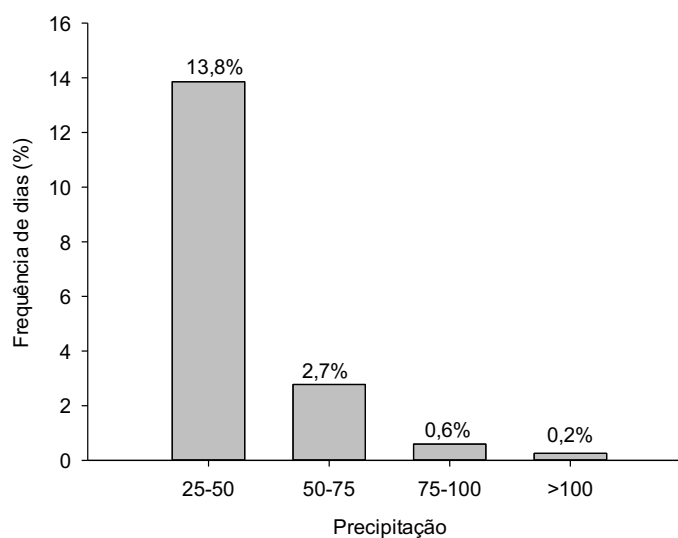
A região em estudo é uma região com precipitação anual média acima de 1.600 mm, e com presença de temperaturas amenas e precipitação menos evapotranspiração mensal entre 39 e 113 mm.

4.4 EVENTOS EXTREMOS

4.4.1 P50 e P100

No município de Lages o número de dias no ano com precipitação acima de 1 mm é em média 107 dias. Destes 13,8% são chuvas entre 25 e 50 mm e 2,7% entre 50 e 75 mm (Figura 7). Conforme pode ser observado os eventos mais extremos (>50 mm) ocorrem com menor frequência. Foram registrados 37 dias de episódios de chuvas no intervalo de 75-100 mm (0,6% do total de dias com chuva). Episódios acima de 100 mm ocorreram em 0,2% do total dos dias com chuva. Apesar de menor frequência, os eventos extremos de precipitação são observados e são os que causam degradação do solo e cheias e alagamentos nas áreas urbanas e nas cidades, principalmente quando ocorrem em períodos com dias seguidos de chuvas.

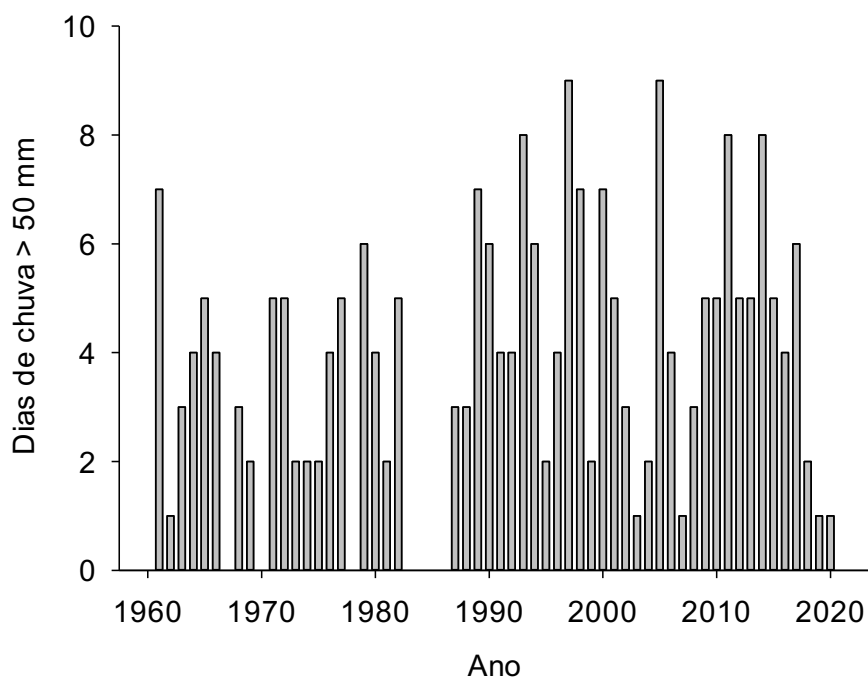
Figura 7 - Frequência diária de precipitação com volumes entre 25 e 50 mm, entre 50 e 75 mm, entre 75 e 100 mm e maior que 100 mm para o município de Lages/SC.



Fonte: elaborada pela autora (2021).

Foram computados os eventos extremos de precipitação P50 e P100, ou seja, dias de chuva com mais de 50 mm e dias de chuva com mais de 100 mm em 24 horas. O teste de Mann-Kendall não indicou tendência significativa de aumento ou redução para eventos extremos de precipitação (P50 e P100) para o período entre 1961 e 2020), fato que pode ser influenciado pelo tamanho reduzido da série. Na Figura 8 consta o número de dias no ano com chuvas acima de 50 mm, do período de 1961 a 2020.

Figura 8 - Número de dias do ano com precipitação acima de 50 mm, para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.

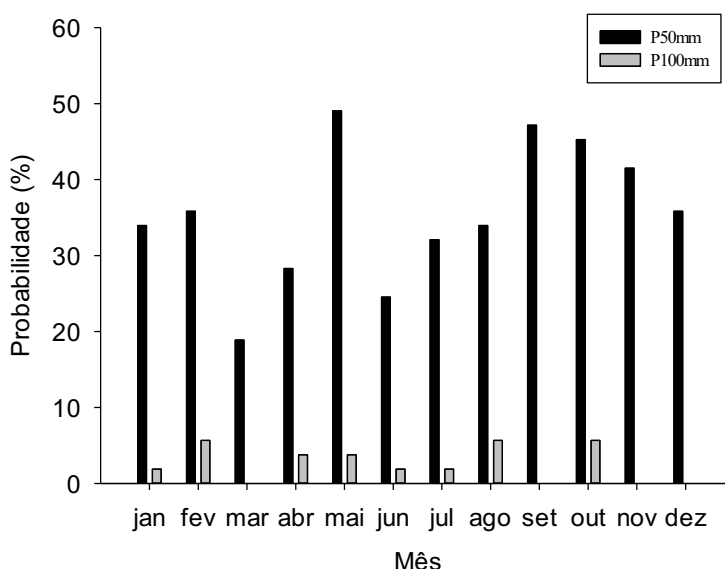


Fonte: elaborada pela autora (2021).

Em todos os anos analisados, em 1997 e 2005 foram os anos que registraram mais dias com eventos acima de 50 mm, foram nove em cada ano, para a série histórica de 1961 e 2020.

Foi calculada a probabilidade mensal de ocorrência de eventos extremos para o município de Lages, conforme apresentado na Figura 9. Os meses de maio (49%), setembro (47%), outubro (45%) e novembro (45%) são os de maior ocorrência de eventos, corroborando com o estudo de Monteiro (2001), que indica a primavera como a estação do ano mais propícia para estes eventos na região. O mês com menor probabilidade para eventos de chuva acima de 50 mm em um dia é março (18%).

Figura 9 - Probabilidade mensal de ocorrer evento extremo acima de 50 mm (P50mm) e 100 mm (P100mm) na série de 1961 a 2020.



Fonte: elaborada pela autora (2021).

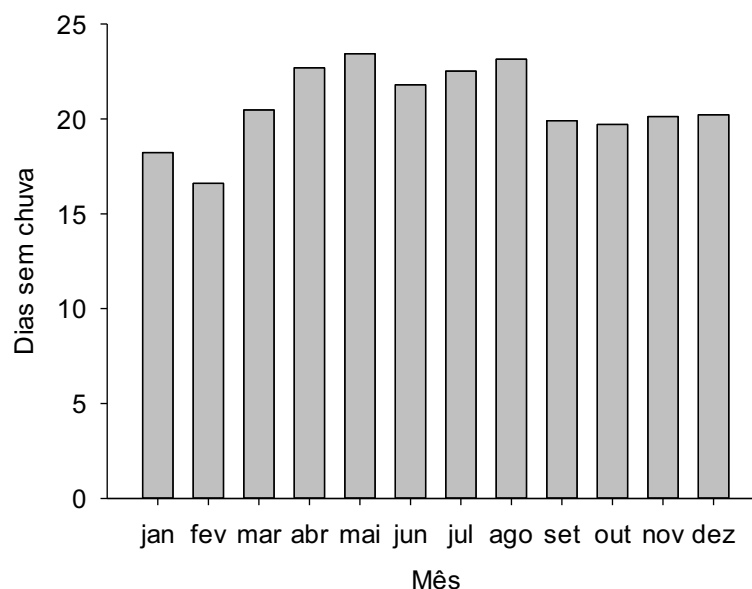
Os eventos mais extremos (P100mm) ocorrem com menor frequência. A probabilidade de ocorrência de eventos extremos acima de 100 mm em um dia no município de Lages é menor que 6% durante todo o ano. No entanto, vale destacar que a ocorrência destes eventos de precipitação acima de 100 mm é de grande impacto, sendo que em média o volume mensal de chuva é de 138 mm. Em abril, por exemplo, o acumulado médio de chuva é de 102 mm (Figura 4), o que retrata um grande volume de total diário acima de 100 mm.

Mesmo sendo registrado com menor frequência, os eventos extremos ocorrem. Em outubro de 2001, ocorreu o maior evento registrado no período analisado, que foi de 177 mm em 24 horas.

4.4.2 Dias secos consecutivos

A análise do número de dias secos consecutivos (CDD) na série diária de precipitação (Figura 10) revela que ele variou de 16 a 20 nos meses de janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro e ficou acima de 20 para os meses entre abril e agosto. Assim, em média, todos os meses possuem ao menos 15 dias sem chover.

Figura 10 - Números de dias sem chuva para Lages, SC.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Para analisar os dias secos consecutivos foram contabilizados o número de dias sem chuva, até um novo dia chuvoso. Para isso, foram separados em intervalos de 1, 5, 10 e 15 dias secos consecutivos (CDD1, CDD5, CDD10 e CDD15). A análise através do teste de Mann-Kendall (Tabela 15) indica que não há tendência de alteração temporal do CDD nos intervalos de 1, 5 e 10 dias secos consecutivos, sendo p-valor 0,74; 0,64; 0,13, respectivamente. Entretanto, o CDD15 comprova que, com o passar dos anos, períodos com 15 dias ou mais consecutivos estão aumentando. Estes resultados indicam que as chuvas estão mal distribuídas, pois dias secos consecutivos estão mais frequentes, porém a ocorrência mais frequente de eventos extremos é que contribui para os valores médios mensais de precipitação estar aumentando.

Tabela 15 - Teste Mann-Kendall dos dias secos consecutivos (CDD1, CDD5, CDD10 e CDD15) para o município de Lages, SC, para a série histórica de 1961 a 2020.

Série diária	p-valor (5% significância)	Z valor
CDD1	0,74	-0,32
CDD5	0,64	-0,47
CDD10	0,13	-1,52
CDD15	0,02	+2,24

Fonte: elaborado pela autora (2021).

4.5 BALANÇO HÍDRICO

As análises foram realizadas para médias mensais e anuais do balanço hídrico. A disponibilidade de água, que vem aumentando com o passar dos anos, não significa que fica retida no solo. Assim, para analisar o balanço hídrico do solo foi calculado o déficit e o excedente hídrico.

Após isso, foi analisada a tendência de alteração temporal destes índices. O teste de Mann-Kendall não indicou tendência de aumento ou redução da disponibilidade de água no solo, resultado de $p\text{-valor}=0,053$ e $0,079$, respectivamente (Tabela 16).

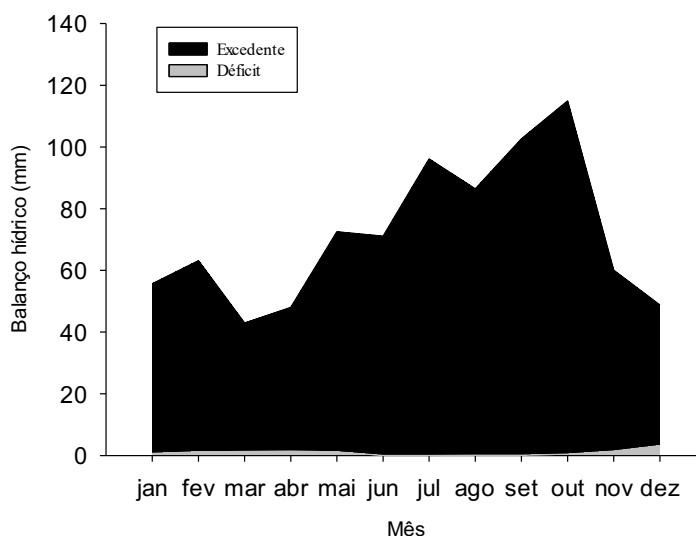
Tabela 16 - Teste Mann-Kendall para série anual do balanço hídrico, entre 1961 e 2020 para Lages, SC.

Série anual	p-valor (5% significância)	Z valor
Excedente hídrico	0,053	+1,93
Déficit hídrico	0,079	-1,76

Fonte: elaborado pela autora (2021).

A Figura 11 apresenta a média mensal do déficit e excedente hídrico para Lages, sendo dezembro o mês com maior déficit, 3 mm em média, e outubro o mês com maior excedente, 115 mm. Conforme observado na Figura 4 o mês de outubro foi aquele com maior volume de chuvas.

Figura 11 - Média mensal de déficit e excedente hídrico.



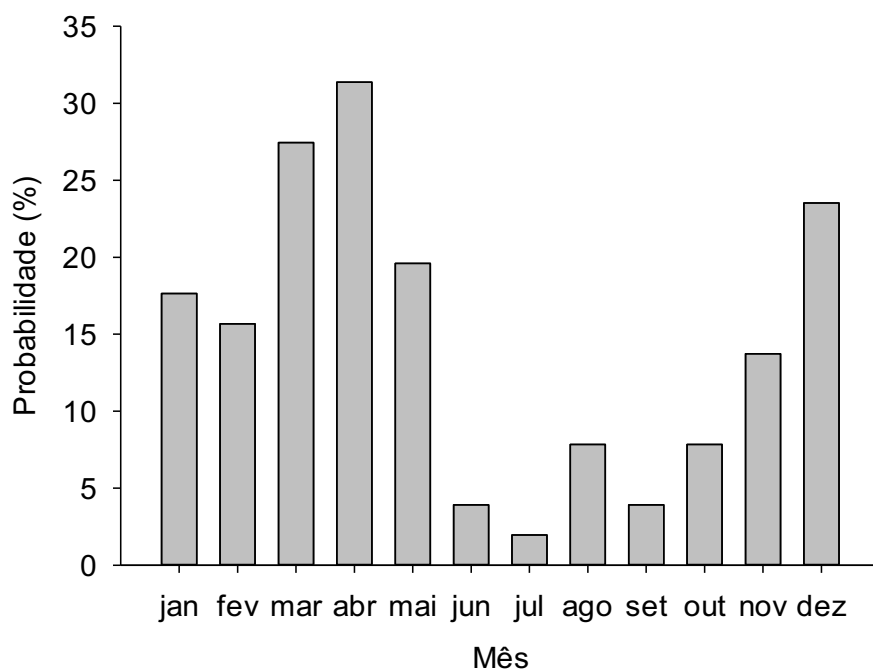
Fonte: elaborado pela autora (2021).

Nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro o resultado de déficit foi de 0 (zero) mm da série histórica, ou seja, não houve falta de água no solo nesses meses.

Nas Figuras 12 e 13 está expressa a probabilidade de ocorrência de déficit e excedente hídrico, respectivamente. Os meses de março e abril são os de maior ocorrência de déficit hídrico com probabilidade de 27% e 31%, respectivamente, e os meses com menor probabilidade são junho, julho e setembro com probabilidade menor que 4%.

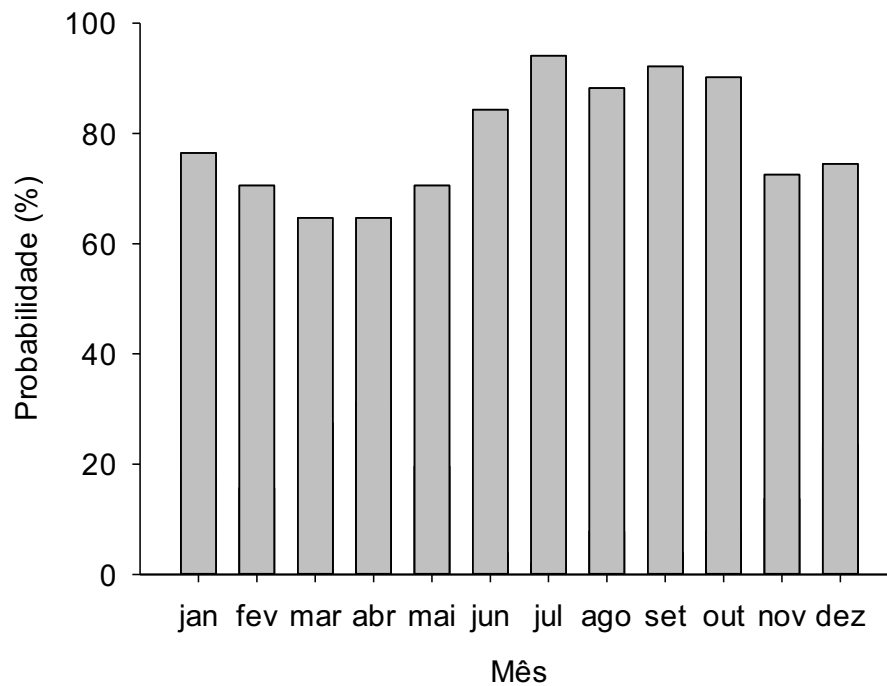
Em média todos os meses dos anos apresentam probabilidade acima de 65% de excedente hídrico, sendo os meses de julho (94%) e setembro (92%) os meses de maior probabilidade.

Figura 12 - Probabilidade mensal de ocorrência de déficit hídrico (%), para o município de Lages, SC.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 13 - Probabilidade mensal de ocorrência de excedente hídrico (%), para o município de Lages, SC.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

A Tabela 17 apresenta um resumo dos principais resultados obtidos do efeito das mudanças climáticas no município de Lages.

Tabela 17: O efeito das mudanças climáticas no município de Lages/SC, através de análise de tendência pelo teste de Mann-Kendall com dados da série histórica de 1961 a 2020.

Parâmetros relacionados ao clima e ao solo	Tendência de aumento (sinal +) ou redução (sinal -) com o passar dos anos	Não há tendência (x) com o passar dos anos	Principais resultados
Temperatura do ar máxima	+		Tendência de aquecimento nos meses de abril, maio, agosto e dezembro.
Temperatura do ar média	+		Tendência de aquecimento nos meses de janeiro, abril, junho, outubro, novembro e dezembro.
Temperatura do ar mínima	+		Tendência de aquecimento nos meses de janeiro, fevereiro, abril, maio, outubro, novembro e dezembro.
Precipitação	+		Tendência de maior precipitação nos meses de abril, maio, junho, julho, outubro, novembro e dezembro.
Evapotranspiração		x	Série anual não apresenta tendência, porém aumentou nos meses de setembro e novembro.
P-ETP	+		Tendência de aumento nos meses de julho.
Números de dias que ocorreu evento extremo P50mm e P100mm		x	Apesar do aumento da precipitação a série temporal não indicou aumento dos eventos extremos como P50 e P100.
15 dias secos consecutivos	+		Períodos com 15 dias sem chuva (CDD15) estão cada vez mais frequentes.
Déficit e excedente hídrico no solo		x	Apesar do volume da precipitação média anual ser maior e da ocorrência de mais períodos com dias secos consecutivos, não houve mudanças temporais na média mensal de déficit ou excedente hídrico.

Fonte: elaborada pela autora (2021).

5. DISCUSSÃO

5.1 TEMPERATURA DO AR

As análises demonstraram que, tanto TMED, quanto TMAX, ocorrem como esperado na estação do verão para a localidade de Lages (Tabela 4). Já os meses de inverno, como junho e julho são os mais frios pela entrada de massas de ar de origem polar, favorecendo quedas acentuadas de temperatura do ar, assim como o registro de fenômenos como neve e geadas (MONTEIRO, 2001).

O teste de Mann-kendall na análise de série diária de TMAX, TMED e TMIN, confirma que, com o passar dos anos, as temperaturas do ar estão ficando cada vez mais elevadas. Assim como Ávila (2017) indicou que na última década ocorreram os anos mais quentes já registrados na cidade de Lages, em Santa Catarina.

Invernos mais quentes podem ser favoráveis a uma redução dos episódios de geada, o que ameniza o impacto a diferentes atividades agrícolas (REICHERT et al., 2011). No entanto, também pode apresentar um aspecto negativo ao considerar a redução do número de horas de frio, fator de alta relevância no ciclo de espécies frutíferas de clima temperado como ameixa, caqui, figo, kiwi, maçã, pêssigo e uva entre outras (MONTEIRO, 2013).

Portanto, a análise de tendência comprova que está ocorrendo mudança climática com reflexo nas temperaturas do ar. Sendo assim, com o passar dos anos, os dias estão ficando cada vez mais quentes, alterando os padrões climáticos da localidade de Lages/SC. Segundo relatório do IPCC (2021), a menos que haja reduções imediatas, rápidas e em grande escala nas emissões de gases de efeito estufa, limitar o aquecimento a 1,5°C pode ser impossível, comparado ao período pré-industrial, conforme descrito no Acordo de Paris (SOUZA e CORAZZA, 2017).

Segundo Wrege et al. (2012) no Atlas Climático da Região Sul é comum a presença de temperaturas negativas nos meses de inverno, como pode ser visto pelas temperaturas mínimas absolutas no Centro do Estado de Santa Catarina,

demonstrando, assim, a necessidade de desenvolvimento de cultivares com tolerância a geadas, cultivo protegido e época adequada de plantio.

O conhecimento histórico das condições climáticas é importante para efetuar o planejamento dos cultivos e o manejo a ser realizado durante o ciclo da cultura, observando-se cuidadosamente a variabilidade térmica e sua intensidade, importante na condução de estudos concernentes ao uso do solo, época de semeadura, estimativa do ciclo das culturas e do bem-estar da população, dentre outras atividades (OLIVEIRA et al., 2002).

5.2 PRECIPITAÇÃO

Em relação as chuvas, uma característica importante é a boa distribuição ao longo do ano, porém há indicativo de que nos diferentes meses e anos a distribuição diária de chuva não é uniforme. Há regiões do Brasil em que as chuvas se localizam em determinada época do ano, como no Nordeste, estabelecendo estações secas (inverno) e chuvosas (verão). Tal situação requer estratégias de armazenamento de água mais eficientes, tanto para as culturas quanto para consumo por animais e humanos. No entanto, não é o caso da localidade de estudo, a qual as chuvas ocorrem de forma mais bem distribuídas ao longo do ano.

Os registros de períodos mais secos, ou até mesmo de estiagem, se estabelecem por influência de outros fenômenos, tais como La Niña (MONTEIRO, 2001), causando variabilidades interanuais. Ou também, por mudanças em longo prazo nos padrões regionais de clima.

Durante o verão, o aumento da nebulosidade e a ocorrência de chuvas intensas estão relacionadas à formação da Zona de Convergência de Atlântico Sul (ZCAS) e dos sistemas frontais (REBOITA et al., 2010). No inverno, as chuvas que eventualmente ocorrem são de baixa a média intensidade e resultantes da passagem de frentes frias (MENDONÇA e BONATTI, 2008).

Schick et al. (2014) calculou índice de erosividade das chuvas de 1989 a 2012 em Lages, SC, onde 83% foram chuvas erosivas e a média anual caracterizada como médio potencial erosivo. O período de setembro a fevereiro

foi o mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas, concentrando 66% da erosividade anual.

Os resultados de análise de tendência pelo teste estatístico estão de acordo com o Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2021), que afirma que as chuvas tendem a aumentar com o passar dos anos na região, em especial, pela ocorrência de eventos extremos.

Conforme os resultados apresentados, tanto temperatura do ar como precipitação estão apresentando tendência de aumento com o passar dos anos nas análises de séries temporais. Contudo, ao analisarmos a evapotranspiração mensal não há tendência significativa de alteração, ou seja, por mais que a temperatura do ar esteja aumentando ainda assim não interfere na evapotranspiração média anual.

A precipitação que fornece a umidade e a evapotranspiração que consome a umidade do solo, como em Lages as chuvas aumentam e a evapotranspiração não apresenta tendência alguma, então temos um resultado de mais água disponível com o passar dos anos (Tabela 13). Esta tendência é favorável do ponto de vista de disponibilidade hídrica principalmente para o desenvolvimento vegetativo das plantas, entretanto, conforme discutido acima, a distribuição está ficando mais irregular (vide CDD15), o que é prejudicial para as culturas. Comportamento semelhante é observado no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, segundo Wrege et al. (2012) no Atlas Climático da Região Sul, também com precipitações abundantes e com baixa evapotranspiração.

As análises de eventos extremos úmidos e secos apresentam resultados de acordo com o último Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2021) onde as chuvas não são bem distribuídas temporalmente como ocorriam no passado. Por vezes, ficam alguns dias sem chover, no entanto, as chuvas quando registradas tem sido com maior intensidade, o que justifica os aumentos dos totais mensais de precipitação com o passar dos anos. As análises de CDD indicam que 15 dias secos consecutivos estão cada vez mais comuns.

Já para os eventos extremos úmidos, por mais que as chuvas estejam aumentando, com o passar dos anos ainda assim não se encaixam nos índices extremos de P50mm e P100mm. Embora não apresentem um aumento

significativo pelo teste estatístico, é perceptível o indicativo de serem mais frequentes em anos mais recentes, como por exemplo nos anos de 2014 e 2017.

É indiscutível que as atividades humanas causam mudanças climáticas, com eventos climáticos mais extremos, como ondas de calor, chuvas fortes, secas, as quais ocorrem com maior severidade e com maior frequência (IPCC, 2021).

Conforme foi apresentado no estudo, o município de Lages apresenta um acréscimo de disponibilidade hídrica com o passar dos anos, porém os resultados indicam que esta água não esteja ficando retida nos solos, pois as séries de déficit e excedente hídrico não apresentaram tendências significativas, o que seria o ideal, pois favoreceria o acúmulo de água no solo e sua transferência gradual para os reservatórios (banhados, lagoas, córregos e rios).

A mudança climática já está afetando todas as regiões da Terra, de muitas maneiras, algumas mudanças do clima são irreversíveis. No entanto, algumas mudanças podem ser retardadas e outras interrompidas se limitarmos as ações antropogênicas e impactos ao meio ambiente, tais como as emissões de gases de efeitos estufas, os desmatamentos, queimadas, entre outras (IPCC, 2021).

Apesar de ser possível, atualmente as recomendações dos cientistas não estão sendo consideradas nos planos de ações dos governos, pois a degradação dos solos e, especialmente a queima e remoção de florestas nativas, aumentou nos últimos anos. Este processo preocupa, pois existem indícios de que este problema estaria alcançando um ponto de não retorno, com alterações climáticas e ambientais que não poderiam mais ser revertidas.

6. CONCLUSÃO

As análises de tendência comprovam aumentos de temperatura do ar desde 1948 e da precipitação desde 1961, o que confirma que existem mudanças climáticas para o município de Lages-Santa Catarina.

A precipitação média anual está cada vez maior com o passar dos anos, entretanto a evapotranspiração não é afetada pelas mudanças climáticas.

Não há aumento da ocorrência das chuvas intensas, analisadas pelo P50mm e P100mm. Entretanto, o número de dias secos consecutivos (CDD15) estão cada vez mais frequentes.

Apesar do volume da precipitação média anual ser maior e da ocorrência de mais períodos com dias secos consecutivos, não são observadas mudanças temporais na média mensal de déficit ou excedente hídrico.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como sugestão de trabalhos futuros pode-se expandir a área de estudo, para o Estado de Santa Catarina ou a região sul do Brasil, utilizando da mesma metodologia proposta no estudo para entendermos melhor o efeito das mudanças climáticas através de análise de tendência.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. **Conteúdo aberto: Map of Santa Catarina State**. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. 2006. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Lages#/media/Ficheiro:SantaCatarina_Municip_Lages.svg> Acesso em: 25 out 2021.

ASSAD, E. D. et al. **Impacto das Mudanças Climáticas no Zoneamento Agroclimático do Café no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.39, n.11, 2004.

ÁVILA, A. C. M.; CAMPOS, C. G. C. **Análise de padrões climáticos e eventos meteorológicos extremos para cidade de Lages SC**. 27º Seminário de Iniciação Científica UDESC, Lages. 2017

BRAGA, H.J. **Caracterização da seca agrônômica através de novo modelo de balanço hídrico, na região de Laguna, litoral sul do estado de Santa Catarina**. Dissertação Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1982.

BRUNINI, O.; et al. **Riscos climáticos para a cultura do milho no Estado de São Paulo**. R. Bras. Agrometeorol., v.9, p.519-526, 2001.

BOLDRINI, I. I.; et al. Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2009.

BURN, D. H.; SHARIF, M.; ZHANG, K. **Detection of trends in hydrological extremes for Canadian watersheds**. Hydrological Processes. v.24, p.1781-1790, 2010.

CAMARGO, A.P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, v.3, p.28, 1971.

CAMPOS, C.; ALVES, R.; BRAGA, H. J. **Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina**. Agropecuária Catarinense, v. 19, p. 31-35, 2006.

COSTA, A. **Retenção e disponibilidade de água em solos de Santa Catarina: Avaliação e geração de funções de pedotransferência**. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages – SC, 2011.

EMBRAPA. **Mudanças climáticas globais e a agricultura: Vulnerabilidade da agricultura**. Brasília - DF. 2012.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 edição revista e ampliada. Brasília – DF. 2018.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, p.20. 2020. ISSN 2674-9521

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D. & ALMEIDA, I.R. **Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil**. R. Bras. Agrometeorol., v.9, p.415-421, 2001.

FERREIRA, Y. **Uso do balanço hídrico climatológico como ferramenta de gestão dos recursos hídricos em Canindé – Ce**. Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará - Fortaleza. 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Crops and Drops**. Roma: FAO, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep>> Acesso em: 05 fev. 2020.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. **Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no Município de Taubaté, SP**, Brasil. Revista Ambi-Água, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 33-46, 2007.

HOOPER, D. U., et al. **Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge**. Ecological Monographs, v. 75, p.3-35, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. **Climate Change and Land**. Summary for Policymakers. IPCC, Genebra, 2021.

JAPIASSÚ, C.; GUERRA, I. **30 anos do relatório Brundtland: nosso futuro comum e o desenvolvimento sustentável como diretriz constitucional brasileira**. Revista de Direito da Cidade, v.9, n.4, p. 1884-1901. 2017.

JONES, P. D. et al. **High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium: interpretation, integration and comparison with General Circulation Model control-run temperatures**. The Holocene. v. 8, n.4, p. 455-471, 1997.

LACERDA, F. et al. **Detecção de sinais de mudanças climáticas para algumas localidades do sertão do Pajeú – PE**. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte - MG. 2009.

LEITE, M. A. R. M. **Disponibilidade hídrica das águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Una**. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, p.65. 2004.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/documentos/INn2de09.10.2008.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

MARENCO, J. A. **Impactos das Condições Climáticas e da Variabilidade e Mudanças do Clima sobre a Produção e os Preços Agrícolas: Ondas de Frio e seu Impacto sobre a Cafeicultura nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**.

Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna - SP, p. 97-123, 2001.

MENDONÇA, R.W.B.; BONATTI, J.P. **Estudo da energética modal para episódios de ZCAS**. Parte I: Análise Observacional. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.4, p.360-380, 2008.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. **Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná**. Rev. Ceres, Viçosa, v. 58, n.5, p. 593-602, 2011.

MONTEIRO, M. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano**. Geosul, Florianópolis, v.16, n.31, p.69-78, 2001.

MONTEIRO, J. **Horas de frio em cenários de mudanças climáticas na região sul do Brasil**. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belém, PA: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2013.

NOBRE, C. A., ASSAD, E. D. e OYAMA, M. D. **Mudança Ambiental no Brasil: O impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura**. In: Scientific American Brasil. n.12, 2005.

OBREGÓN PÁRRAGA, G. O. **Dinâmica da variabilidade climática da precipitação sobre a América do Sul**. Tese. São José dos Campos: INPE, 2003.

OLIVEIRA, S. N., et al. **Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16° e 24ª latitude sul e 48° e 60° longitude oeste**. Engenharia na Agricultura, Viçosa - MG, p.57-61, 2002.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL, **Guia de práticas climatológicas**. 2018. Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10027. Acesso em: 30 set. 2021.

PANDOLFO, C.; et al. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2000.

PASSOS, P. **A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente**. Revista Direitos Fundamentais e Democracia. v.6, 2009.

PAULA, R. **Cenários de balanço hídrico no Ceará decorrentes de mudanças climáticas**. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2011.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, p. 478. 2002.

PINTO, H. S. et al. **Impacto do Aumento da Temperatura no Zoneamento Climático do Café nos Estados de São Paulo e Goiás**. Avaliação dos cenários do IPCC. XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - Fortaleza p.605-606, 2001.

POHLERT, T. **Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection**. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical. Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2020.

REBOITA, M. S.; et al. **Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, p.185-204, 2010.

REICHERT, J., et al. **Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático**. Tópicos Ci. Solo, v.7, p.1-54, 2011.

SÁ, E.; et al. **Trends in daily precipitation in highlands region of Santa Catarina, southern Brazil**. Revista Ambiente & Água, v.13, 2018.

SANTOS, A. **Balanço Hídrico Segundo Thornthwaite E Mather, 1955**. Climatologia Capítulo 10. Universidade Federal do Espírito Santo. 2010.

SCHICK, J. et al. **Erosividade das chuvas de Lages, Santa Catarina**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.38, p.1890-1905, 2014.

SILVA, et al. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE**, EMBRAPA-PE, 2001.

SILVEIRA, V.; GONÇALVES, J. **Cálculo do balanço hídrico e classificação climática segundo Thornthwaite para as três capitais da região sul do Brasil**. SBMET. 2011.

SIQUEIRA, O. J. W. et al. **Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.8, n.2, p.311- 320, 2000.

SOUSA, E.; et al. **Balanço Hídrico e Classificação Climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas – TO**. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém. 2010.

SOUZA, M; CORAZZA, R. **Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 42, 2017.

THORNTHWAITTE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, v.8, n.1, p.104, 1955.

WREGGE, M. et al. **Atlas climático da região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília - DF: Embrapa, 2012.

ANEXO A – DESCRIÇÃO GERAL, HORIZONTES, ESPESSURA E COR DO PERFIL DE SOLO

PERFIL - Cambissolo Húmico Alumínico típico.

CLASSIFICAÇÃO - Cambissolo Húmico Alumínico típico.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO - Lages, SC.

SITUAÇÃO, DECLIVE e COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL-Terço médio de encosta.

COORDENADA- 27°44 '21,78"S; 50°20 '8,8"W.

ALTITUDE -930 m.

LITOLOGIA - Siltito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Rio do Rastro.

CRONOLOGIA - Superior do Permiano, Grupo Passa Dois.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltito.

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochoso

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO -.

DRENAGEM -.

USO ATUAL – Campo nativo.

CLIMA – Mesotérmico úmido (Thornthwaite)

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 –30 cm, 10YR 2/2.

A2 30 – 61 cm, 10YR 2/2.

BA 61 – 75 cm, 7,5YR 5/4.

Bi 75 – 110 cm, 7,5YR 5/6.

BC 110 – 140 cm, 7,5YR 5/6.

C 140 – 165 cm, 10YR 5/6.