



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

MARIZA PEREIRA DE OLIVEIRA ROZA

**DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM TENDÊNCIAS DE
PRECIPITAÇÃO NO ESPÍRITO SANTO**

JERÔNIMO MONTEIRO

2021

MARIZA PEREIRA DE OLIVEIRA ROZA

**DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM TENDÊNCIAS
DE PRECIPITAÇÃO NO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio.

Coorientador: Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti.

Coorientador: Prof. Dr. Marcel Carvalho Abreu.

JERÔNIMO MONTEIRO

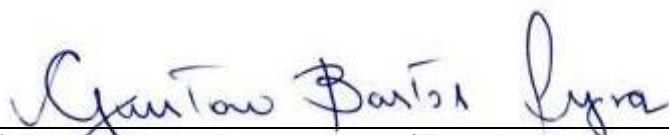
2021

**DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM TENDÊNCIAS
DEPRECIPITAÇÃO NO ESPÍRITO SANTO**

Mariza Pereira de Oliveira Roza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 23 de julho de 2021.



Prof. Dr. Gustavo Bastos Lyra (Examinador externo)
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Marcel Carvalho Abreu (Coorientador)
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

P436d Pereira de Oliveira Roza, Mariza, 1991-
Desastres naturais relacionados com tendências de precipitação no Espírito Santo / Mariza Pereira de Oliveira Roza. - 2021.
108 f. : il.

Orientadora: Roberto Avelino Cecílio.

Coorientador: Sidney Sara Zanetti.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Mudanças Climáticas. I. Avelino Cecílio, Roberto. II. Sara Zanetti, Sidney. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 630

“Quando agredida, a natureza não se defende. Apenas se vinga.”(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder forças para concluir esta importante etapa acadêmica.

À minha querida mãe Maria, que ao lado de Deus, continua me dando forças pra seguir meus projetos de vida.

Ao meu pai Mauro, que mais do que nunca, me mostra que tenho forças pra conquistar meus objetivos.

Aos meu esposo Erick, por ser o maior incentivador da busca desta conquista, por acreditar em mim e por me apoiar nos momentos que mais precisei.

Aos meus familiares e amigos, pelo amor, carinho e confiança.

Ao Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio, meu orientador, pela compreensão, conversas encorajadoras e conhecimento transmitido que contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus coorientadores Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti e Prof. Dr. Marcel Carvalho Abreu por auxiliarem na condução deste trabalho e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus amigos do Laboratório de Recursos Hídricos Franciele, Edilson, Denis e Laisi pela amizade e experiências compartilhadas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade e estrutura para a conclusão do curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, pelos conhecimentos compartilhados.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

OLIVEIRA-ROZA, Mariza Pereira de. **Desastres naturais relacionados com tendências de precipitação no Espírito Santo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio. Coorientadores: Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti e Prof. Dr. Marcel Carvalho Abreu.

A ocorrência de desastres naturais está relacionada com os eventos de precipitação extrema que acontecem em um contexto de mudanças de fluxo atmosférico. Os extremos climáticos atuais e futuros implicam impactos adversos nos sistemas naturais, urbanos e rurais. Desastres desencadeados por extremos de precipitação representam grandes desafios sociais em uma série de setores, ainda mais em cenários de mudanças climáticas. Se associadas às mudanças no uso da terra, essa relação torna-se ainda mais complexa, especialmente em locais com relevo complexo, como é o caso do estado do Espírito Santo, Brasil. Portanto, se faz necessário conhecer a relação entre esses fatores para que medidas de mitigação dos impactos negativos das chuvas sobre as bacias hidrográficas capixabas sejam adotadas e para que o planejamento e gestão dessas bacias sejam executados. O objetivo do presente estudo foi a detectar tendências recentes no padrão de índices de precipitação para o estado do Espírito Santo. Complementarmente, buscou-se associar os registros de desastres naturais e a evolução das mudanças do uso da terra com as tendências observadas. O estudo foi realizado no Espírito Santo, região sudeste do Brasil. Utilizaram-se dados diários de chuvas pertinentes a 77 estações pluviométricas com séries históricas com mais de 40 anos para a análise de detecção de tendências climáticas em diferentes índices de precipitação. Reuniram-se informações sobre os registros de desastres naturais no território nacional ocorridos de 1991 a 2020, além de dados referentes ao uso da terra de 1985, 2002 e 2019. Por meio do *software* RClmDex estabeleceram-se, para cada estação pluviométrica, séries históricas anuais de alguns indicadores de extremos de precipitação. Para detectar tendências foi utilizado o teste de Mann-Kendall (MK). O estimador Sen foi aplicado para estimar a taxa de variação linear e o teste de Pettitt para detectar pontos de mudança abrupta nas séries temporais dos indicadores. Também foram realizadas análises qualitativas dos resultados, fundamentadas em informações com base científica encontradas na literatura para relacionar os dados de desastres e de uso da terra com os resultados

de tendências de precipitação. De maneira geral, nas mesorregiões Litoral Norte e Noroeste foram encontradas tendências de redução das chuvas, com tendências pontuais de aumentos. A ocorrência de desastres como as estiagens e secas podem ser agravadas nestas mesorregiões, principalmente pelo aumento expressivo da atividade agrícola. As mesorregiões Central e Sul caracterizaram-se por apresentar tendências de aumento de eventos extremos de precipitação o que justifica a elevada ocorrência de cheias e chuvas intensas. Também foram detectados pontos de redução de chuvas amenas nas regiões de recarga hídrica, o que pode causar problemas de abastecimento hídrico, principalmente nas áreas com aumentos consideráveis de infraestrutura urbana, como na região Metropolitana de Vitória, na mesorregião Central. Pode-se sugerir que a recomposição florestal, desde que feita priorizando locais adequados para o fim que se propõem, pode amenizar os efeitos negativos socioeconômicos e geoambientais observados.

Palavras-chave: mudanças climáticas, RClimDex, desastres naturais.

ABSTRACT

OLIVEIRA-ROZA, Mariza Pereira de. **Natural hazards related to precipitation trends in Espírito Santo**. 2021. Dissertation (Master Degree in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio. Co-advisors: Prof. Dr. Sidney Sara Zanetti and Prof. Dr. Marcel Carvalho Abreu.

The occurrence of natural hazards is related to extreme precipitation events that happen in a context of changes in atmospheric flow. Current and future climate extremes have adverse impacts on natural, urban and rural systems. Hazards triggered by extremes of precipitation pose major social challenges in a range of sectors, even more so in climate change scenarios. If associated with changes in land use, this relationship becomes even more complex, especially in places with complex relief, such as the case of the state of Espírito Santo, Brazil. Therefore, it is necessary to know the relationship between these factors so that mitigation measures for the negative impacts of rains on the Espírito Santo hydrographic basins are adopted and for the planning and management of these basins to be carried out. The aim of the present study was to detect recent trends in the pattern of precipitation indices for the state of Espírito Santo. In addition, we sought to associate the records of natural hazards and the evolution of changes in land use with the observed trends. The study was carried out in Espírito Santo, southeast region of Brazil. Daily rainfall data pertaining to 77 rainfall stations with historical series over 40 years were used to analyze the detection of climatic trends in different precipitation indices. Information was gathered on the records of natural hazards in the national territory that occurred from 1991 to 2020, as well as data on land use for 1985, 2002 and 2019. Historical series were established by means of the RCLimDex software for each rainfall station. of some indicators of precipitation extremes. To detect trends, the Mann-Kendall (MK) test was used. The Sen estimator was applied to estimate the linear rate of change and the Pettitt test to detect abrupt change points in the indicators' time series. Qualitative analyzes of the results were also carried out, based on scientifically based information found in the literature, to relate disaster and land use data with the results of precipitation trends. In general, in the North Coast and Northwest mesoregions, trends of reduced rainfall were found, with occasional trends of increases. The occurrence of disasters such as droughts and droughts can be aggravated in these

mesoregions, mainly due to the significant increase in agricultural activity. The Central and Southern mesoregions were characterized by showing increasing trends in extreme precipitation events, which justifies the high occurrence of floods and heavy rains. Points of reduction of mild rainfall were also detected in the water recharge regions, which can cause water supply problems, especially in areas with considerable increases in urban infrastructure, such as in the Metropolitan Region of Vitória, in the Central mesoregion. It can be suggested that forest restoration, as long as it is carried out prioritizing locations suitable for the purpose they intend, can mitigate the negative socio-economic and geo-environmental effects observed.

Keywords: climate change, RClimDex, natural hazards.

LISTA DE SIGLAS

Am - Clima tropical úmido

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ATN - Atlântico Tropical Norte

ATS - Atlântico Tropical Sul

Aw - Clima tropical com inverno seco

CCI/CLIVAR - Programa Internacional de Pesquisa em Previsão da Variabilidade Climática

CCM -Complexo Convectivo de Mesoescala

CDD - Máximo número de dias secos consecutivos

Cemaden - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

Cfa - Clima subtropical com verão quente

Cfb - Clima subtropical com verão temperado

CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

CSDI - Número máximo de dias consecutivos no ano com temperatura do ar mínima diária (TN) < percentil 10

CWD - Máximo número de dias úmidos consecutivos

DOL - Distúrbio Ondulatório de Leste

DTR - Amplitude anual média da temperatura do ar diurna

ETCCDMI - Equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas

FD0 - Número de dias no ano em que a temperatura do ar mínima diária (TN) < 0°C

GEE - Gases de efeito estufa

GSL - Contagem anual (1º de janeiro a 31 de dezembro) entre o primeiro período de pelo menos 6 dias com temperatura do ar média diária $> 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o primeiro período após 1º de julho de 6 dias com temperatura do ar média diária $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ID0 - Número de dias no ano em que a temperatura do ar máxima diária (TX) $< 0^{\circ}\text{C}$

IVDN - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

LI - Linha de Instabilidade

MapBiomas - Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil

MK - Teste estatístico Mann-Kendall

OMM - Organização Meteorológica Mundial

PRCP - Precipitação total.

PRCPTOT - Precipitação total anual nos dias úmidos

R10 mm - Número de dias em um ano em que PRCP $\geq 10\text{ mm}$

R20 mm - Número de dias em um ano em que PRCP $\geq 20\text{ mm}$

R95p - Precipitação total anual em que a precipitação diária (RR) > 95 percentil

R99p - Precipitação total anual em que a precipitação diária (RR) > 99 percentil

Rnn - Número de dias em um ano em que PRCP $\geq nn\text{ mm}$, em que nn é o limite definido pelo usuário

RR - Precipitação diária

Rx1day - Chuva máxima em um dia

Rx5day - Chuva máxima em cinco dias consecutivos

SDII - Intensidade diária da precipitação

SIG - Sistema de informação geográfica

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SR - Teste estatístico Spearman Rho

SU25 - Número de dias no ano em que a temperatura do ar máxima diária (TX) > 25°C

VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

TN - Temperatura do ar mínima diária

TN10p - Porcentagem anual de dias em que a temperatura do ar mínima diária (TN) < percentil 10

TN90p - Porcentagem anual de dias em que a temperatura do ar mínima diária (TN) > percentil 90

TNn - Valor mínimo mensal da temperatura do ar mínima diária

TNx - Valor máximo mensal da temperatura do ar mínima diária

TR20 - Número de dias no ano em que a temperatura do ar mínima diária (TN) > 20°C

TSM - Temperatura da superfície do mar

TX - Temperatura do ar máxima diária

TX10p - Porcentagem anual de dias em que a temperatura do ar máxima diária (TX) < percentil 10

TX90p - Porcentagem anual de dias em que a temperatura do ar máxima diária (TX) > percentil 90

TXn - Valor mínimo mensal da temperatura do ar máxima diária

TXx - Valor máximo mensal da temperatura do ar máxima diária

WSDI - Número máximo de dias consecutivos no ano com a temperatura do ar máxima diária (TX) > percentil 90

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	OBJETIVOS.....	13
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3.	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1.	SISTEMAS METEOROLÓGICOS	14
3.2.	DESASTRES NATURAIS.....	17
3.2.1.	Estiagens e secas.....	17
3.2.2.	Enxurradas	18
3.2.3.	Inundações	19
3.2.4.	Alagamentos.....	20
3.2.5.	Movimentos de massa.....	20
3.3.	EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO USO E COBERTURA DA TERRA SOBRE OS DESASTRES NATURAIS.....	21
3.4.	DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS EM ELEMENTOS CLIMÁTICOS.....	23
3.4.1.	Aplicações do RClmDex	24
3.4.2.	Teste de Mann-Kendall (MK), Estimador Sen e Teste de Pettitt.....	27
4.	MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1.	ÁREA DE ESTUDO E DADOS PLUVIOMÉTRICOS	29
4.2.	CARACTERIZAÇÃO DA BASE DE DADOS.....	31
4.2.1.	Dados de precipitação	31
4.2.2.	Dados de desastres naturais	33
4.2.3.	Dados de uso da terra	33
4.3.	ETAPAS DO ESTUDO	34
4.3.1.	Indicadores de tendências climáticas	34

4.3.2. Testes de significância estatística e análise qualitativa dos dados.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6. CONCLUSÕES.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICES.....	71

1. INTRODUÇÃO

A interferência antrópica no uso da terra, juntamente com as mudanças climáticas e a própria variabilidade climática, pode afetar os recursos hídricos em escala regional (LYU et al., 2019) e contribuir para alterações em níveis globais (ALBERICO; IAVARONE; PETROSINO, 2020; HUANG et al., 2016; SUN et al., 2017; WEI et al., 2019).

Em geral, as mudanças no clima em escala local são caracterizadas por meio de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas, tais como temperatura do ar e precipitação. Conforme as tendências temporais dessas variáveis observa-se características como variabilidade climáticas e se há ocorrência ou não de anomalias, tendências ou mudanças climáticas (SANTOS et al., 2009).

Para melhor estudar estas tendências e padronizar os resultados, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criou um grupo de trabalho que elaborou 27 índices de detecção de mudanças climáticas, sendo que 11 são decorrentes da precipitação e 16 da temperatura do ar (ZHANG; YANG, 2004). Estes índices tem sido amplamente utilizado para analisar a variabilidade das chuvas e quantificar ondas de calor (CONTRERAS; FERRELLI; PICCOLO, 2020; SABINO et al., 2020; SKANSI et al., 2013; STEPHENSON et al., 2014; WANG; LI, 2015).

O aumento da temperatura do ar e da precipitação, associados à intensificação dos eventos extremos meteorológicos, resultam em secas e em chuvas intensas mais frequentes, os quais tem implicado em danos econômicos, sociais e ambientais. As cheias, que incluem enxurradas, inundações e alagamentos, causam grandes desastres ambientais, econômicos e afetam elevado número de vidas humanas. As secas, comprometem a estrutura de cidades e regiões rurais, devido à restrição/interrupção do fornecimento de energia elétrica e água, a escassez de alimentos e gerando prejuízos econômicos, perda de produtos, bens e serviços, além do êxodo de populações (DAMANIA, 2020; GARCIA-HERNANDEZ; BROUWER, 2020; MARENGO; TORRES; ALVES, 2017; MARENGO ORSINI et al., 2018).

O Brasil tem sido severamente afetado por desastres naturais causados por eventos extremos (BOERS et al., 2014; ESPINOZA et al., 2014; HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; LORENTZ et al., 2016; TANOUE; HIRABAYASHI; IKEUCHI, 2016). Somente em 2011, mais de 510 desastres naturais foram causados por chuvas

extremas no país, que resultaram em aproximadamente 1100 vítimas e afetando cerca de 12,5 milhões de pessoas (LORENTZ et al., 2016).

A relação entre os desastres naturais e a precipitação ocorre em um contexto de mudanças de fluxo atmosférico em grande escala (ANDERSON et al., 2015; CHADWICK et al., 2016), existindo ainda fatores de mesoescala, relativos ao relevo, que tornam essa relação mais complexa (BENISTON, 2003; SKANSI et al., 2013; STEPHENSON et al., 2014; TRAMBLAY; EL ADLOUNI; SERVAT, 2013; WANG; LI, 2015). Outro fator preponderante em relação aos desastres e a precipitação é o uso e ocupação da terra, uma vez que o mesmo tem influência nos padrões locais de chuvas (GOLROUDBARY et al., 2017) e é determinante na ocorrência de escoamento superficial, enxurradas, inundações e alagamentos (MITSOVA, 2014). Portanto, a intensa atividade antrópica associada às mudanças no clima influencia na vulnerabilidade das áreas a desastres naturais, que se tornam ainda mais calamitosos se negligenciados (ALBERICO; IAVARONE; PETROSINO, 2020).

Não é difícil compreender que o uso da terra tem influência direta sobre a ocorrência de desastres naturais. Solos desprotegidos ou impermeáveis são mais susceptíveis ao escoamento superficial acelerado, o que pode ocasionar escorregamentos de terra, inundações e enchentes. No entanto, a ocorrência destes desastres também está intimamente relacionada à topografia regional, formas de relevo, litologia, condições geológicas e, como já discutido, condições meteorológicas (BEKTESHI et al., 2017; HE et al., 2017; YILMAZ; TOPAL; SÜZEN, 2012). Em se tratando da cobertura florestal na prevenção de desastres naturais, outros países já reconheceram oficialmente a importância das florestas na proteção contra desastres (KOBİYAMA; MICHEL; GOERL, 2012).

Neste sentido, considera-se fundamental conhecer a relação entre a ocorrência de desastres naturais e as tendências de precipitação, associadas ao uso e ocupação da terra. Todavia, sabe-se que as tendências hidroclimáticas podem ser diferentes em locais com diferentes características ambientais. Por exemplo, estudos apontam que a região semiárida no Nordeste do Brasil pode se tornar mais seca e o Sudeste mais úmido (COSTA et al., 2020; SILVA et al., 2019; SILVA; DEREZYNSKI, 2014; SKANSI et al., 2013; ZILLI et al., 2017).

Como o Espírito Santo situa-se numa zona de transição entre as regiões Nordeste e Sudeste, cabe uma análise mais detalhada das associações entre tendências de precipitação e desastres naturais nas diversas regiões do estado. No

escopo das Ciências Florestais, tal análise pode fornecer subsídios para o entendimento de como a implantação de florestas pode auxiliar na mitigação dos impactos negativos das chuvas sobre as bacias hidrográficas capixabas. Em decorrência será possível contribuir com informações importantes para outros trabalhos acerca deste assunto e ainda fundamentar projetos de ocupação territorial e planos de escoamento de águas pluviais mais eficazes para o Espírito Santo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Do exposto, o objetivo geral do presente trabalho foi investigar a existência de tendências recentes no comportamento de índices de precipitação para o estado do Espírito Santo. Complementarmente, buscou-se associar os registros de desastres naturais com as tendências observadas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar as tendências de índices de detecção de mudanças climáticas;
- Investigar a ocorrência de desastres naturais no Espírito Santo nas últimas décadas;
- Investigar a evolução das alterações do uso e ocupação da terra no Espírito Santo no mesmo período.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. SISTEMAS METEOROLÓGICOS

Os sistemas atmosféricos atuam em distintas escalas espaciais e temporais e contribuem para episódios extremos de tempo e de clima resultando em desastres naturais como chuvas intensas, estiagens prolongadas, ventos fortes ou ondas de frio e de calor. No Brasil, os principais sistemas atmosféricos atuantes são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Linhas de Instabilidade (LIs), Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) e os Sistemas Frontais (OLIVA, 2019).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e sul, em baixos níveis e pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação. A ZCIT pode então ser definida como um conjunto de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre (FERREIRA; MELLO, 2005).

A ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte (14°N) durante agosto-setembro para sua posição mais ao sul (2°S), durante março-abril (CAVALCANTI, 2009). Essa migração, associada aos fatores que causam o fortalecimento ou o enfraquecimento dos ventos alísios de Nordeste e de Sudeste, possui papel importante na definição das características da estação chuvosa do norte da região Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2011b). Além disso, a ZCIT pode atuar em associação com outros sistemas atmosféricos, como as Linhas de Instabilidade (LIs), elevando a precipitação (OLIVA, 2019).

As Linhas de Instabilidade (LIs) são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha (FERREIRA; MELLO, 2005). Desenvolvem-se com frequência nas costas Norte e Nordeste do Brasil e da América do Sul e podem se propagar para o interior do continente sul-americano, gerando elevados acumulados de precipitação (OLIVA, 2019).

Este sistema atmosférico pode ser notado durante todo o ano, contudo com maior frequência durante o outono e o inverno do hemisfério sul, entre os meses de abril e agosto (COHEN, 2009). Além disso, sua intensidade e extensão se relaciona com a proximidade da ZCIT (FERREIRA; MELLO, 2005).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são um conjunto de nuvens, têm a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva, enquanto que no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsidiência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FERREIRA; MELLO, 2005). Pode ser definido como um sistema de baixa pressão de escala sinótica formado na alta troposfera, com circulação ciclônica fechada, que possui o centro mais frio do que sua periferia (KOUSKY; GAN, 1981).

Os VCANS estão relacionados ao aumento de precipitação no Nordeste e Norte do Brasil, especialmente se eles se originarem sobre o continente. Com a ocorrência destes fenômenos, a periferia da região Nordeste apresenta nebulosidade e chuva e a outra porção experimenta céu claro em decorrência dos movimentos subsidentes presentes no centro do vórtice. O maior número de casos de VCANS do continente sul-americano ocorre na costa nordeste do Brasil (OLIVA, 2019).

Outro exemplo de sistemas meteorológicos são os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) ou Ondas de Leste, que são definidas como perturbações que se movem com o fluxo dos ventos alísios para oeste e apresentam configurações ondulatórias nos campos de vento e pressão. Esse sistema apresenta considerável importância na modulação da convecção dos eventos mesossinóticos provenientes do Atlântico Tropical (MACHADO, 2009). Essas perturbações regulam a precipitação no oeste do continente africano e se propagam até o Atlântico Tropical podendo evoluir para tempestades tropicais e se transformar em furacões (OLIVA, 2019).

Os DOLs podem interagir com outros sistemas de meteorológicos, como a ZCIT, por exemplo, e apresentam importância considerável na modulação dos eventos convectivos de mesoescala provenientes do Atlântico, contribuindo no aumento de níveis de precipitação, e como consequência, na ocorrência de desastres naturais (ALVES; CAVALCANTI; NÓBREGA, 2013; MACHADO et al., 2012; NEVES; ALCÂNTARA; SOUZA, 2016; SANTOS et al., 2012).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um importante componente da climatologia da precipitação das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Esse componente, que atua durante o verão e acompanha o ciclo anual das chuvas, caracteriza-se como uma banda de nebulosidade e chuvas persistentes com orientação NO-SE que se estende desde o sul e leste da Amazônia até a região Sudeste do Brasil e, com frequência, sobre o Atlântico Subtropical (CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2004).

Esse sistema está associado a um escoamento convergente de umidade na baixa troposfera, além de ser o principal sistema de grande escala responsável por regimes de chuva na região Sudeste no verão. Nesta região, as variações na organização espacial, na intensidade das chuvas e na circulação, causadas pelas ZCAS, são responsáveis por diversas consequências ambientais, como desastres naturais, que tendem a provocar períodos de seca ou até mesmo má distribuição das chuvas sobre grandes áreas do território brasileiro (OLIVA, 2019).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são conjuntos de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis de temperatura, relevo, pressão, dentre outros. Provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de rajadas de vento intensas. Os CCMs, na região subtropical, ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e verão no hemisfério sul, formando-se no período noturno com um ciclo de duração entre 10 e 20 horas (SOUZA; ALVES; REPELLI, 1998). Normalmente as chuvas associadas a este sistema meteorológico ocorrem de forma isolada e atuam mais comumente no sul do Brasil (CAMPOS; EICHHOLZ, 2011; LIMA; AQUINO; MORAES, 2018; MORAES; AQUINO, 2018), também com impactos em eventos de chuva na região Nordeste (LYRA et al., 2018, 2020).

Os Sistemas Frontais, outro tipo de sistema meteorológico, modificam as características térmicas e higrométricas de uma região, podendo ocasionar precipitação, aquecimento, resfriamento, geadas e alteração na umidade. Por isso são determinantes nas condições de tempo e clima de uma região (OLIVA, 2019). A frente fria é um conjunto de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da massa de ar quente e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas (FERREIRA; MELLO, 2005).

Durante o verão no Brasil, as frentes frias avançam sobre o continente, ocasionando convecção e tempestades ao encontrar ar quente e úmido. Estes efeitos podem ser intensificados quando combinados com as ZCAS, promovendo eventos de chuvas intensas (BONNET; DERECZYNSKI; NUNES, 2018; DERECZYNSKI; OLIVEIRA; MACHADO, 2009).

3.2. DESASTRES NATURAIS

Considera-se desastre a grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade, envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou na sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos (UN-ISDR, 2009).

De acordo com a Secretaria Nacional de Defesa Civil, desastre é definido como “Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (CASTRO, 1998).

Os extremos climáticos atuais e futuros implicam impactos adversos nos sistemas naturais e humanos (MARENGO et al., 2021). Desastres desencadeados por estes eventos representam grandes desafios sociais em uma série de setores, ainda mais em cenários de mudanças climáticas (ALLEN et al., 2018; SILLMANN; SIPPEL, 2019).

A intensa atividade antrópica associada às mudanças no clima torna áreas cada vez mais vulneráveis a desastres naturais como as secas e estiagens, enxurradas, inundações, alagamentos e movimentos de terra, que se tornam ainda mais calamitosos se negligenciados pela sociedade (ALBERICO; IAVARONE; PETROSINO, 2020).

3.2.1. Estiagens e secas

Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) (2021):

“Seca é um fenômeno do sistema climático associado a grandes prejuízos econômicos e sociais, impactando grandes áreas espaciais e diferentes setores da sociedade. A seca meteorológica ou estiagem é caracterizada por um período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.”

As estiagens relacionam-se à redução das precipitações, ao atraso dos períodos chuvosos ou à ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição (CASTRO, 2003a). É considerada existente quando há atraso superior a quinze dias do início da estação chuvosa e quando as médias de precipitação mensais dos meses chuvosos

permanecem inferiores a 60% das médias mensais de longo período da região considerada (CASTRO, 2003a).

Geralmente, as estiagens duram longos períodos de tempo e abrangem grandes áreas, sendo um dos desastres de maior impacto e ocorrência (GONÇALVES; MOLLERI; RUDORFF, 2004). Seus impactos resultam da relação de eventos naturais e ações antrópicas, assim a intensidade dos danos gerados é proporcional à sua magnitude e ao grau de vulnerabilidade da economia local (CASTRO, 2003b).

As secas podem ser consideradas como estiagens prolongadas, caracterizadas por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes (CASTRO, 2003b). Assim, a seca é uma forma crônica do evento de estiagem (KOBİYAMA et al., 2006).

As secas podem ser influenciadas por fenômenos climáticos como EL Niño - La Niña e por características geoambientais, como as formas de relevo e a altitude da área, por exemplo, provocando o deslocamento de massas de ar, interferindo na formação de nuvens e, conseqüentemente, na precipitação (KOBİYAMA et al., 2006). Além destes, o padrão da rede hidrográfica, o porte da cobertura vegetal, o manejo inadequado dos corpos hídricos e da bacia hidrográfica em geral podem condicionar os eventos de seca (GONÇALVES; MOLLERI; RUDORFF, 2004).

Em estudo realizado no Brasil sobre eventos de seca extrema no período de 2011 a 2019 observou-se que o evento de seca mais intenso ocorreu na região Sudeste, o que gerou uma grave crise hídrica com alto impacto no abastecimento de água e geração de energia hidrelétrica (CUNHA et al., 2019).

3.2.2. Enxurradas

As enxurradas são definidas pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (2013) como:

“Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associado ao domínio fluvial (do rio). Provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Apresenta grande potencial destrutivo.”

Geralmente as enxurradas ocorrem em áreas ou bacias hidrográficas pequenas e com altas declividades, baixa capacidade de infiltração, em solos rasos que saturam

rapidamente ou, ainda, em locais altamente urbanizados (SUN; ZHANG; CHENG, 2012; TUCCI; COLLISCHONN, 2006).

Caracterizam-se pela elevação súbita das vazões de determinada área de drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Porém, diversos termos e definições são adotados na literatura necessitando ainda de certo consenso entre os autores (PARIZOTO et al., 2013).

Para Montz e Gruntfest (2002) as enxurradas ocorrem de maneira súbita, com pouco tempo de alerta, deslocamento rápido e violento, com danos sociais e estruturais, em pequenas áreas geralmente associadas a outros eventos. Amaral e Ribeiro (2009) argumentam que os vales encaixados (em V) e vertentes com elevadas declividades propiciam maiores velocidades das águas, causando inundações bruscas.

3.2.3. Inundações

Inundação é definida pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (2013) como:

“Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas na bacia hidrográfica.”

Ocorrem quando o fluxo de água em um trecho do rio é superior à capacidade de drenagem normal, e então ocorre o transbordamento do corpo hídrico e a água passa a ocupar a área do seu leito maior (TUCCI, 1993). São eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d'água, sendo características das grandes bacias hidrográficas e dos rios de planície, como o Amazonas. O fenômeno evolui de forma facilmente previsível e a onda de cheia desenvolve-se de montante para jusante, guardando intervalos regulares (PARIZOTO et al., 2013).

Geralmente ocorrem devido às chuvas intensas e prolongadas. Em razão da elevação gradual das águas, a ocorrência de mortes é menor que uma inundação brusca. Porém, por ocorrerem em áreas maiores, a quantidade total de danos acaba sendo elevada (PARIZOTO et al., 2013). Para Tucci (1993), a ocorrência de inundações depende das características físicas e climatológicas da bacia hidrográfica, especialmente a distribuição espacial e temporal da precipitação.

3.2.4. Alagamentos

Os alagamentos são definidos pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (2013) como:

“Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em áreas rebaixadas atingindo ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações. “

Diferente das inundações, os alagamentos caracterizam-se pelo acúmulo momentâneo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, devido a deficiência do sistema de drenagem, causados por precipitações intensas e condições topográficas suaves (CERRI, 1999; PARIZOTO et al., 2013). Os alagamentos não necessariamente estão associados ao transbordamento de um curso d'água.

O crescimento desordenado e mal planejado de algumas cidades faz com que o sistema de drenagem e de esgotamento de águas pluviais seja deixado em segundo plano. Com a impermeabilização dos solos devido a urbanização, a água é escoada por galerias para que chegue ao curso hídrico principal o mais rápido possível, mas ações como esta acabam por aumentar a magnitude, frequência e o nível de inundação e alagamentos à jusante (CHOW; MAYS, 1998; PARIZOTO et al., 2013).

3.2.5. Movimentos de massa

Segundo Guimarães et al. (2008)

“Movimentos de massa, também denominado como deslizamento, escorregamento, ruptura de talude, queda de barreiras, entre outros, se refere aos movimentos de descida de solos e rochas sob o efeito da gravidade, geralmente potencializado pela ação da água.”

Os movimentos de massa são desastres do tipo geológico e estão relacionados a deslocamentos rápidos de solo e rocha de uma encosta onde o centro de gravidade desses materiais se desloca para fora e para baixo desta feição. Quando imperceptíveis são denominados de rastejo (TERZAGHI, 1952).

Os movimentos de massa estão diretamente relacionados aos aspectos geológicos e geomorfológicos, entre eles se destacam as fraturas, falhas, foliação e bandeamento composicional, descontinuidades no solo, morfologia da encosta e depósitos de encosta (FERNANDES; AMARAL, 1996).

3.3. EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO USO E COBERTURA DA TERRA SOBRE OS DESASTRES NATURAIS

As ações antrópicas de mudança do uso e cobertura da terra, associadas às mudanças nos padrões de precipitação, podem alterar as características de vazão do curso d'água, os volumes de escoamento e desequilibrar as condições hidrológicas da bacia (MITSOVA, 2014).

Com as mudanças climáticas e o aumento da antropização da paisagem, espera-se que a frequência e magnitude de inundações futuras aumentem (AVAND; MORADI; LASBOYEE, 2020; PRÄVÄLIE et al., 2019). Todavia, a capacidade da população de superar estas inundações ainda é desconhecida (ARNELL; GOSLING, 2016; PRÄVÄLIE et al., 2017), especialmente em países em desenvolvimento, os quais geralmente são associados a situações de pobreza (BANDOC; PRÄVÄLIE, 2015).

Muitos estudos demonstraram a ligação do uso e cobertura da terra com a geração de inundações (CHOUBIN et al., 2019; COSTACHE et al., 2020a, 2020b). Outros estudos também apoiam a hipótese de que o uso e cobertura da terra pode desempenhar papel importante na propensão a episódios de deslizamento de terra, sugerindo que a cobertura vegetal cria um importante efeito estabilizador do relevo (GLADE, 2003; GOETZ; GUTHRIE; BRENNING, 2015; PERSICHILLO; BORDONI; MEISINA, 2017).

Além da substituição da vegetação florestal por culturas agrícolas e pastagem, a urbanização mal planejada também contribui para desastres naturais. Com a diminuição das áreas de floresta e pastagem e aumento das áreas agrícolas e residenciais, deve-se esperar que as velocidades e os volumes de escoamento aumentem, e assim, espera-se o aumento do risco de inundações futuras (AVAND; MORADI; LASBOYEE, 2020; HU; FAN; ZHANG, 2020; HUNG et al., 2020), além de aumentar a erosão hídrica, o que resulta em problemas também na conservação dos solos.

Diversos estudos já investigaram a indução da urbanização no rendimento do escoamento superficial (ANSARI; KATPATAL; VASUDEO, 2016; WEI; HUBBART; ZHOU, 2018), no pico de descarga (HUANG et al., 2008; ROSE; PETERS, 2001), na taxa de escoamento (GUAN; SILLANPÄÄ; KOIVUSALO, 2015; YAO et al., 2018), no tempo de resposta de escoamento reduzido (MELESSE; WANG, 2007; MILLER et al., 2014), na alteração de regimes hidrológicos (BRAUD et al., 2013; MELESSE; WANG,

2007; ZHANG et al., 2018), na recarga de água subterrânea de longo prazo (MINNIG et al., 2018; O'DRISCOLL et al., 2010) e no balanço hídrico (DINKA; KLIK, 2019; GASHAW et al., 2018).

Chen et al. (2020) desenvolveram um estudo sobre o risco de inundações futuras combinado com uma investigação completa sobre as mudanças climáticas, urbanização e desenvolvimento socioeconômico no sul da China. Os resultados mostram que as mudanças climáticas e a urbanização devem acentuar o risco de enchentes no local de estudo durante as próximas décadas, simultaneamente com eventos extremos de precipitação mais intensos.

Assim como as inundações, enchentes e deslizamento de terra, as secas causam impactos devastadores na agricultura, saúde, transporte, energia e ecologia. Sua ocorrência em ambientes povoados não pode ser vista como risco genuinamente natural, pois mudanças antropogênicas na superfície da terra alteram os processos hidrológicos que afetam o desenvolvimento da seca (VAN LOON et al., 2016a).

Como dito anteriormente, as mudanças antropogênicas nas propriedades de armazenamento do solo alteram os principais processos hidrológicos, como infiltração, escoamento superficial, evapotranspiração e armazenamento de água, afetando assim a propagação da seca e modificando suas características diretamente por meio de entradas e saídas de água (TIJDEMAN et al., 2018; TIJDEMAN; HANNAFORD; STAHL, 2018; VAN LOON et al., 2016b).

A construção de reservatórios e a retirada de água para irrigação e uso industrial, influenciam o ciclo hidrológico reduzindo a descarga de fluxo como consequência do consumo direto de água e da evaporação intensificada na superfície do reservatório e das áreas irrigadas (BOSMANS et al., 2017; HADDELAND; SKAUGEN; LETTENMAIER, 2006). Ainda, o uso da terra e a mudança de cobertura do solo, como desmatamento, florestamento e dinâmica da terra arável influenciam o escoamento e a umidade do solo tendo, conseqüentemente, o controle sobre a relação precipitação-evapotranspiração (SAHIN; HALL, 1996). O aumento de superfícies impermeáveis ou menos permeáveis em áreas urbanas resulta em menor infiltração e maior escoamento superficial (LERNER, 1990).

Omer et al. (2020), em seu estudo sobre as influências naturais e antropogênicas sobre as secas na bacia do Rio Amarelo, na China, conclui que as mudanças no uso da terra e as atividades humanas diretas afetam amplamente as características da seca.

3.4. DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS EM ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Em busca da padronização das pesquisas sobre as tendências climáticas, a OMM (Organização Meteorológica Mundial) criou um grupo de trabalho que elaborou 27 índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas, sendo 11 decorrentes da precipitação (Quadro 1) e 16 decorrentes da temperatura do ar (Quadro 2) (ZHANG; YANG, 2004).

Quadro 1 - Índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas decorrentes da precipitação.

Índices	Descrição	Unidade
Rx1day	Chuva máxima em um dia	mm
Rx5day	Chuva máxima em cinco dias consecutivos	mm
SDII	Intensidade diária da precipitação (precipitação total anual dividida pelo nº de dias úmidos ≥ 1 mm)	mm/dia
R10 mm	Número de dias em um ano em que PRCP ≥ 10 mm	dias
R20 mm	Número de dias em um ano em que PRCP ≥ 20 mm	dias
Rnn	Número de dias em um ano em que PRCP $\geq nn$ mm, nn é o limite definido pelo usuário	dias
CDD	Máximo número de dias secos consecutivos (RR < 1mm)	dias
CWD	Máximo número de dias úmidos consecutivos (RR ≥ 1 mm)	dias
R95p	Precipitação total anual em que RR > 95 percentil	mm
R99p	Precipitação total anual em que RR > 99 percentil	mm
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	mm

Fonte: Zhang e Yang (2004), adaptado pela autora.

PRCP= Precipitação total (mm).

RR= Precipitação diária (mm).

Quadro 2 - Índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas decorrentes da temperatura.

Índices	Descrição	Unidade
FD0	Número de dias no ano em que TN < 0°C	dias
SU25	Número de dias no ano em que TX > 25°C	dias
ID0	Número de dias no ano em que TX < 0°C	dias
TR20	Número de dias no ano em que TN > 20°C	dias
GSL	Contagem anual (1º de janeiro a 31 de dezembro) entre o primeiro período de pelo menos 6 dias com temperatura do	dias

	ar média diária > 5 °C e o primeiro período após 1º de julho de 6 dias com temperatura do ar média diária < 5 °C	
TXx	Valor máximo mensal da temperatura do ar máxima diária	°C
TNx	Valor máximo mensal da temperatura do ar mínima diária	°C
TXn	Valor mínimo mensal da temperatura do ar máxima diária	°C
TNn	Valor mínimo mensal da temperatura do ar mínima diária	°C
TN10p	Porcentagem anual de dias em que TN < percentil 10	dias
TX10p	Porcentagem anual de dias em que TX < percentil 10	dias
TN90p	Porcentagem anual de dias em que TN > percentil 90	dias
TX90p	Porcentagem anual de dias em que TX > percentil 90	dias
WSDI	Número máximo de dias consecutivos no ano com TX > percentil 90	dias
CSDI	Número máximo de dias consecutivos no ano com TN < percentil 10	dias
DTR	Amplitude anual média da temperatura do ar diurna	°C

Fonte: Zhang e Yang (2004), adaptado pela autora.

TX = Temperatura do ar máxima diária.

TN = Temperatura do ar mínima diária.

A análise de tendências climáticas de temperatura do ar e precipitação pode ser feita, principalmente, através do RCLimDex que é um *software* construído pela equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (ETCCDMI) do Programa Internacional de Pesquisa em Previsão da Variabilidade Climática (CCI/CLIVAR) (ZHANG; YANG, 2004); ou por testes não paramétricos como os de Mann-Kendall e Pettitt (KENDALL, 1975; MANN, 1945; PETTITT, 1979).

3.4.1. Aplicações do RCLimDex

O RCLimDex realiza o cálculo dos 27 índices de extremos climáticos de maneira facilitada e fornece dados estatísticos para os índices calculados, como tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados; significância estatística da tendência (valor p) calculada pelo teste t de *Student*; coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão de estimativa; assim como os gráficos das séries anuais (SANTOS et al., 2009).

Para utilizar o *software* os dados de cada estação devem ser tabulados em arquivo texto (.txt). O arquivo deve ser organizado cronologicamente em seis colunas correspondentes ao ano, mês, dia, precipitação em milímetros (mm), temperatura do ar máxima e temperatura do ar mínima em graus celsius (°C). Os dados faltantes são codificados como -99.9 (ZHANG; YANG, 2004).

Com o objetivo de investigar a variabilidade da precipitação em escala anual dos estados da Bahia e Sergipe utilizando dados diários de precipitação, Araújo e Brito (2011) empregaram índices de detecção de mudanças climáticas. Os índices foram calculados por meio do RCLimDex para avaliar a relação dos índices mais significativos com as anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos Pacífico e Atlântico. Com o estudo foi observado um aumento do número de dias com chuva, portanto, aumento da quantidade de chuva total anual.

Com o intuito de compreender o número crescente de inundações repentinas e deslizamentos de terra nas regiões serranas do Rio de Janeiro e Santa Catarina, Ávila et al. (2016) analisaram as mudanças espaciais e temporais na precipitação de 1978 a 2014. O RCLimDex foi usado para avaliar um conjunto de índices de precipitação e eventos extremos. Os resultados mostraram tendências positivas de precipitação anual e sazonal durante todas as estações, exceto para a temporada de inverno na região montanhosa do Rio de Janeiro. A maioria dos índices relacionados à precipitação apresentaram tendências positivas, principalmente nos índices extremos de precipitação. Correlações positivas estatisticamente significativas foram obtidas entre eventos de deslizamentos de terra / inundações repentinas e precipitação máxima anual de 1 dia e 5 dias consecutivos. Segundo os autores, esses índices podem ser indicadores úteis de eventos de risco natural para esta região.

Como o objetivo de detectar possíveis mudanças no comportamento da precipitação, Regoto et al. (2018) analisaram a variabilidade espacial das tendências dos indicadores de extremos de precipitação no estado do Espírito Santo. Para isso utilizaram séries de chuva diária, com mais de 40 anos de dados, coletados em 80 postos da Agência Nacional de Águas (ANA). Os indicadores de extremos de precipitação foram calculados por meio do RCLimDex. Com o estudo os autores observaram que a frequência e intensidade dos dias chuvosos e da precipitação diária extrema estão aumentando, principalmente na região Sul. Além disso, aumentos no número de dias secos consecutivos no ano predominam, indicando um prolongamento da estação seca e, portanto, uma má distribuição da precipitação ao longo do ano.

Para fornecer novas informações sobre as tendências na precipitação total e eventos extremos de precipitação sobre o estado do Ceará, Santos et al. (2009) utilizaram dados de precipitação de 18 postos, no período de 1935 a 2006. O *software* utilizado no processamento e controle de qualidade dos dados foi o RCLimDex. Com os resultados encontrados observou-se que ocorreram mudanças locais na precipitação, assim como um visível aumento nas condições de umidade sobre o Ceará.

Santos e Brito (2007) verificaram as tendências de índices de detecção de mudanças climáticas dependentes da precipitação pluvial diária nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba e analisaram suas relações com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) nas regiões de Niño 1+2, Niño 3, Atlântico Tropical Norte (ATN) e Atlântico Tropical Sul (ATS). O *software* utilizado no cálculo dos índices e homogeneização dos dados foi o RCLimDex. Com o estudo observou-se uma tendência de aumento das condições de umidade sobre os dois estados. O índice dias consecutivos secos apresentou correlação estatisticamente significativa com as anomalias de TSM das áreas ATN e ATS, enquanto os índices dias muito úmidos e quantidade máxima de chuva em cinco dias mostraram correlações significativas com as regiões dos Niño 1+2 e 3 e com a ATN.

Souza e Azevedo (2012) verificaram as tendências dos índices de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação e das temperaturas máximas e mínimas em Recife, a partir do *software* RCLimDex, com o propósito de averiguar se houve mudanças no comportamento desses elementos climáticos. Os resultados derivados da precipitação não apresentaram tendências significativas de redução, porém diagnosticou-se aumento da frequência de eventos extremos de chuvas a partir da década de 80, com chuvas diárias superiores a 100 mm. Em relação aos índices de temperatura, todos apontaram tendências positivas, o que indica aumento das temperaturas máximas e mínimas, com aumento da frequência de dias e noites mais quentes, constatando-se aumento de ondas de calor na região. Para os autores, apesar dos resultados apresentarem mudanças nos índices climáticos, estas alterações não estão necessariamente ligadas à mudança climática global, mas principalmente às ações antropogênicas devido à modificação do espaço.

3.4.2. Teste de Mann-Kendall (MK), Estimador Sen e Teste de Pettitt

O teste de Mann-Kendall (MK), é um teste estatístico não paramétrico utilizado com frequência para a identificação de tendências em séries de observações hidrológicas (MOREIRA; NAGHETTINI, 2016) que não depende da pressuposição da normalidade dos dados, sendo considerado consistente e menos sensível a *outliers* (HAMED, 2008; PORTELA et al., 2011). Além disso, o teste de MK pode ser utilizado em conjunto com outros testes como o Estimador Sen e o Teste de Pettitt. Por ser robusto quanto aos desvios de normalidade e não-estacionariedade é recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para estudos de tendências climáticas em séries temporais longas (YU; YANG; WU, 2002). Os testes paramétricos, por outro lado, embora mais poderosos, requerem que os dados tenham distribuição normal e são mais sensíveis a *outliers*. Além disso, como as séries hidrológicas são, geralmente, distorcidas e podem conter *outliers*, o teste de Mann-Kendall é mais recomendado (HAMED, 2008). A hipótese nula (H_0) do teste de MK é que a série temporal não apresenta tendência.

Chebana, Ouarda e Duong (2013) acrescentam que é uma ferramenta poderosa para teste de tendências e destacam que o mesmo foi concebido para testar a hipótese nula (H_0), de ausência de tendência.

Muitos estudos tem utilizado a combinação dos testes de Mann-Kendall (MK), Estimador Sen e o Teste de Pettitt para identificar as tendências regionais e pontos de mudança (ÁVILA et al., 2016; CHAULUKA; SINGH; KUMAR, 2020; GONÇALVES, 2020; PANDEY; KHARE, 2018; PTAK et al., 2019; SANTOS, 2018; SOBRAL et al., 2019; ULIANA et al., 2015). Como os testes tem apresentado bons resultados em trabalhos recentes, utilizá-los garante maior poder de comparação dos resultados entre os estudos.

Chauluka, Singh e Kumar (2020) em seu estudo avaliaram a variabilidade de longo prazo da precipitação e vazão no rio Thuchila, sul do Malawi, de 1985 a 2016. As tendências mensais, sazonais e anuais de chuva e vazão do rio Thuchila foram analisadas usando testes Mann-Kendall e Pettitt com significância de 5%. O teste de Pettitt detectou diferentes pontos de mudança para chuva e fluxo de rio na bacia hidrográfica. Os pontos de mudança dominantes de tendências decrescentes ocorreram entre 2005 e 2007. Durante este período, o país passou por eventos climáticos extremos que afetaram o padrão de precipitação. O coeficiente de correlação de Pearson também foi empregado para entender a relação entre chuva e

vazão. A análise de correlação dos níveis mensal, anual e sazonal mostrou uma relação linear entre precipitação e vazão na bacia. Os resultados revelaram que as chuvas influenciaram as mudanças do fluxo do rio Thuchila.

Pandey e Khare (2018) avaliando tendências de precipitação na Índia Central utilizaram os testes não paramétricos Mann-Kendall (MK) e Spearman Rho (SR). Ambos os testes indicam resultados muito próximos na maioria dos casos. O estimador de inclinação de Sen foi usado para analisar a taxa de mudança em séries de longo prazo. Além disso, todas as estações da bacia apresentam tendência positiva para a evapotranspiração potencial (ET0) anual, enquanto 8% das estações indicam tendência negativa significativa para a precipitação média anual, respectivamente. Pontos de mudança de precipitação anual foram identificados por volta do ano de 1962 aplicando o teste de Buishand e Pettitt. Os testes mostram o mesmo resultado para a maioria das estações, indicando que o ano de mudança começa por volta de 1962 para séries de precipitação anular.

No Brasil, com o objetivo de caracterizar a seca no estado do Rio de Janeiro, Sobral et al. (2019) utilizaram os testes de Mann-Kendall (MK), Pettitt e o estimador Sen. O teste MK indicou tendências significativas de aumento anual da precipitação nas regiões Norte e Serrana, e tendências de redução significativas nas regiões Serrana e Centro-Sul. O teste de Pettitt indicou mudanças abruptas significativas nas regiões Norte, Centro-Sul e Montanhosas. O estimador Sen revelou que as estações Dois Rios (Norte) e Cordeiro (Serrana) registraram maior magnitude no aumento e redução do índice padronizado de precipitação anual, respectivamente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

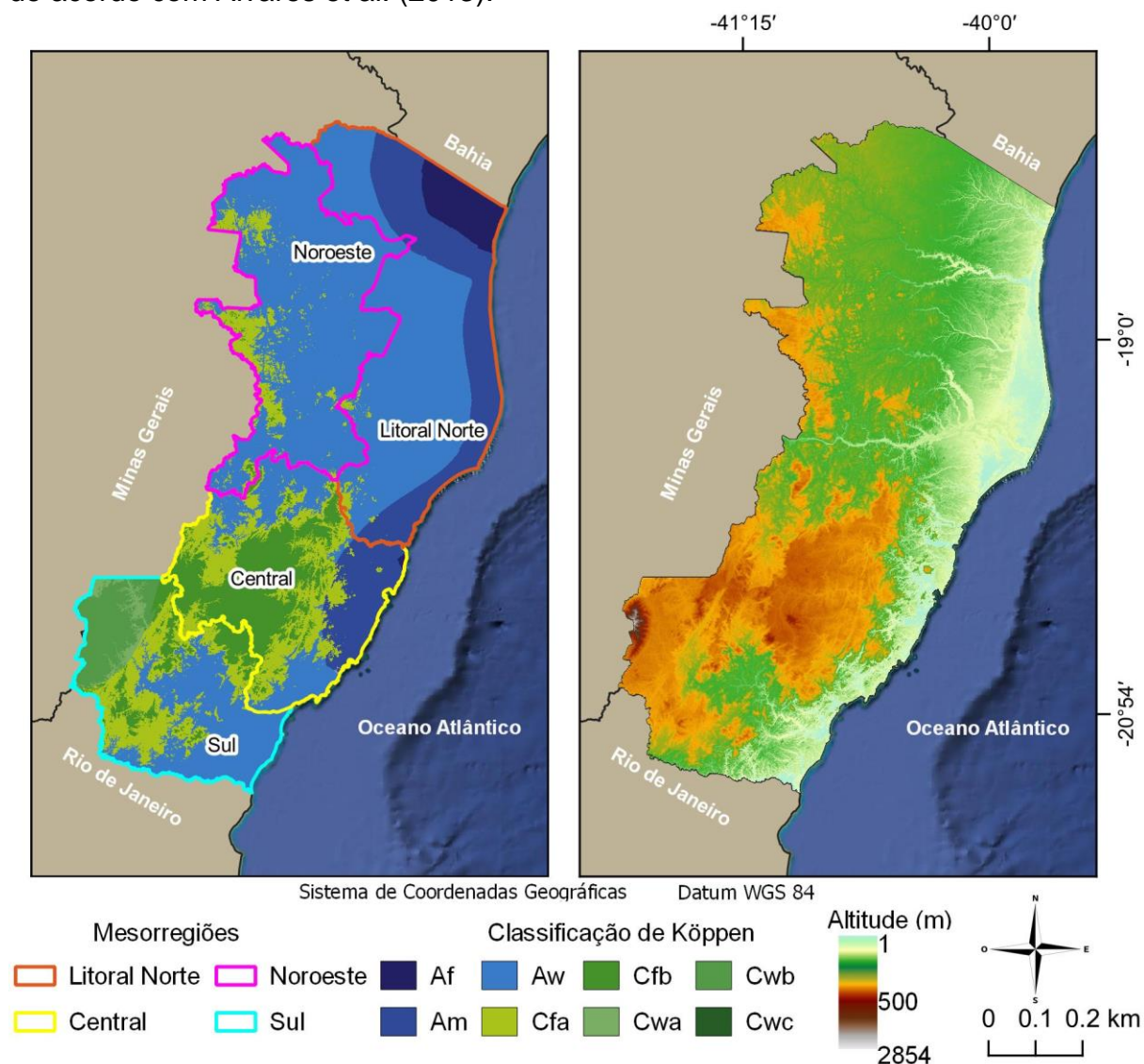
4.1. ÁREA DE ESTUDO E DADOS PLUVIOMÉTRICOS

O estudo foi realizado no estado do Espírito Santo, região Sudeste do Brasil. O estado possui um território de 46.074,447 km², abrange 78 municípios, com população de aproximadamente quatro milhões de habitantes (IBGE, 2020).

Quanto à distribuição territorial das informações populacionais, em escala de aglomerado de municípios, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresenta quatro mesorregiões para o estado: Central Espírito-santense, Litoral Norte Espírito-santense, Noroeste Espírito-santense e Sul Espírito-santense. Tal divisão foi aprovada pela presidência do IBGE por meio da Resolução PR-51 de 31/07/89 publicada no Suplemento do boletim de Serviço da Instituição, nº 1763, semanas 927 a 931, Ano XXXVIII de circulação interna.

Segundo a classificação de Köppen, o Estado possui quatro climas predominantes (Figura 1): 53,3% Aw (tropical com inverno seco); 14,3% Am (tropical úmido); 14,9% Cfa (subtropical com verão quente) e 10,4% Cfb (subtropical com verão temperado) (ALVARES et al., 2013).

Figura 1 - Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado do Espírito Santo, de acordo com Alvares et al. (2013).



Fonte: Alvares et al. (2013), adaptado pela autora.

O estado apresenta altitude variando entre 0 a, aproximadamente, 2800 m. Porém, grande parte do estado possui altitudes variando entre 0 a 300 m, o que compreende praticamente toda a mesorregião Litoral Norte, grande parte da Noroeste e as faixas litorâneas das mesorregiões Central e Sul. Essas regiões apresentam temperatura do ar média anual superior a 24°C (PEZZOPANE et al., 2012).

No Extremo Norte da mesorregião Litoral Norte verifica-se totais anuais de precipitação entre 1050 e 1100 mm, no restante da região Norte, principalmente na planície litorânea, esses valores permanecem na faixa de 1100 a 1300 mm. Na mesorregião Noroeste do estado o índice pluviométrico é o menor, com precipitação na faixa de 1000 a 1100 mm (PEZZOPANE et al., 2012).

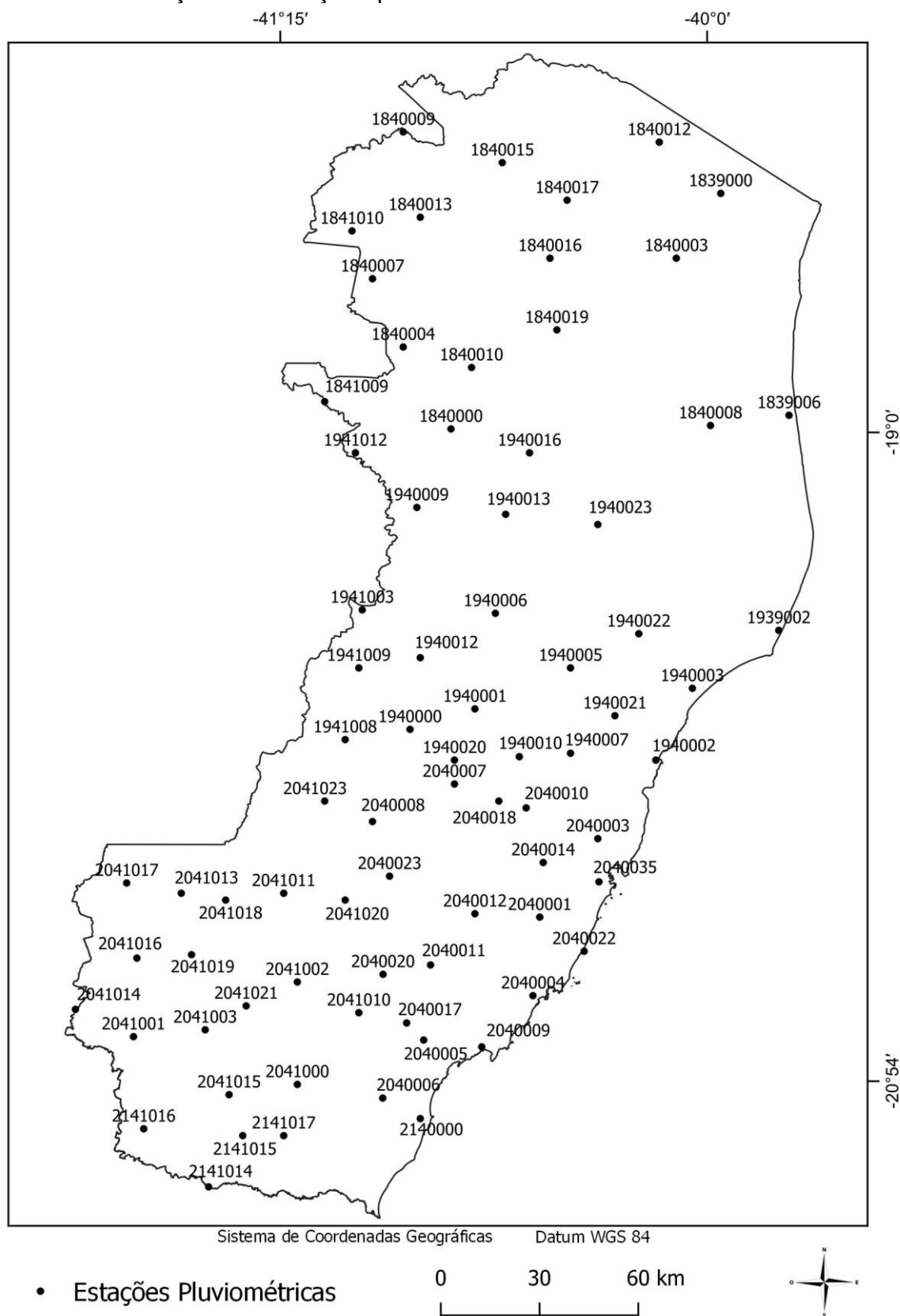
A temperatura do ar média anual da região serrana compreendida nas mesorregiões Central e Sul variam entre 18 e 22°C, em sua maior parte, com precipitação média anual acumulada variando de 1400 a 1550 mm. A região mais fria coincide com a Serra do Caparaó, na mesorregião Sul, apresentando temperatura do ar média entre 10 e 14°C (PEZZOPANE et al., 2012).

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BASE DE DADOS

4.2.1. Dados de precipitação

Séries históricas de precipitação, compreendendo o período entre 1925 e 2019, foram adquiridas no portal HidroWeb, do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>), gerido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Foram utilizados os dados brutos, diários, de 77 estações distribuídas pelo estado com séries históricas com mais de 40 anos (Apêndice A e Figura 2).

Figura 2 - Localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo.



Fonte: a autora.

4.2.2. Dados de desastres naturais

Os dados referentes aos desastres naturais foram obtidos do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, versão disponibilizada pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>). O atlas reúne informações sobre os registros de desastres no território nacional ocorridos entre 1991 e 2012, na forma de 26 volumes estaduais e um volume para o Brasil.

Para cada um dos eventos são apresentadas as frequências anual e mensal, os danos humanos ocasionados pelo desastre e uma síntese das ocorrências por ano em cada cidade do estado, entre outras informações. Dentre os eventos registrados no documento estão os eventos de estiagem e seca; cheias, que compreende os eventos de enxurradas, alagamentos e inundações; movimentos de massa; e chuvas intensas, os quais foram utilizados neste trabalho. Os dados das tabelas de síntese de ocorrência dos eventos foram tabulados, gerando um banco de dados do número de ocorrência dos eventos em cada cidade do estado, em cada ano da série.

Complementarmente, o número de ocorrência dos desastres utilizados neste estudo, de 2013 a 2020, foram obtidos da Defesa Civil do Espírito Santo (<https://defesacivil.es.gov.br/danos-e-prejuizos>) e tabulados de acordo com a base de dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Ao final, o número de ocorrência de cada evento foi somado e reclassificado por mesorregião do estado para a confecção de gráficos de ocorrência dos eventos de desastres.

4.2.3. Dados de uso da terra

Os dados referentes ao uso da terra de 1985, 2002 e 2019 foram obtidos do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomias) disponível em <https://mapbiomas.org/download>. Os mapas são divididos em coleções e bioma, em formato GeoTiff, com pixels de 30 m de resolução espacial. Neste estudo foi utilizada a coleção 5, bioma Mata Atlântica. Após baixar os arquivos, os mapas foram tratados em ambiente SIG, utilizando o QGIS, versão 3.14.16.

Inicialmente os mapas foram recortados utilizando como máscara um arquivo *shapefile* do estado do Espírito Santo. Após, os mapas foram renderizados para valores únicos de 0 a 41 e reclassificados de acordo com a classificação do MapBiomias contida em arquivo adicional obtido no mesmo *site*.

Posteriormente, a classificação dos mapas foi simplificada nas seguintes classes: floresta nativa; floresta plantada; pastagem, agricultura; mosaico de

agricultura e pastagem; infraestrutura urbana; afloramento rochoso; aquicultura; apicum e corpos d'água. Para a simplificação, algumas classes do MapBiomas foram agrupadas à outras. A classe de floresta nativa engloba formação florestal, formação savânica e mangue; e a classe de agricultura compreende as classes de cana, outras lavouras temporárias e lavoura perene. Após a nova classificação, os mapas foram utilizados para relacionar o uso da terra no estado com as tendências de precipitação e com a ocorrência de desastres naturais.

4.3. ETAPAS DO ESTUDO

4.3.1. Indicadores de tendências climáticas

Os indicadores de extremos de precipitação utilizados neste trabalho são listados no Quadro 3. Por meio do software RClimDex, versão 1.1, estabeleceram-se, para cada estação pluviométrica, séries históricas anuais dos indicadores listados.

Quadro 3 - Indicadores de tendências climáticas.

Índices	Descrição	Unidade
Rx1day	Chuva máxima em 24 h	mm
Rx5day	Chuva máxima em cinco dias consecutivos	mm
SDII	Intensidade de 24 h da precipitação (precipitação total anual dividida pelo nº de dias úmidos ≥ 1 mm)	mm/dia
R10 mm	Número de dias em um ano em que PRCP ≥ 10 mm	dias
R20 mm	Número de dias em um ano em que PRCP ≥ 20 mm	dias
CDD	Máximo número de dias secos consecutivos (RR < 1 mm)	dias
CWD	Máximo número de dias úmidos consecutivos (RR ≥ 1 mm)	dias
R95p	Precipitação total anual em que RR > 95 percentil	mm
R99p	Precipitação total anual em que RR > 99 percentil	mm
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	mm

Fonte: Zhang e Yang (2004), adaptado pela autora.

PRCP= Precipitação total (mm).

RR= Precipitação diária (mm).

4.3.2. Testes de significância estatística e análise qualitativa dos dados

Para análise de tendência foi utilizado o teste de Mann-Kendall (MK) (KENDALL, 1975; MANN, 1945). Além disso, o Estimador Sen foi aplicado para estimar a taxa de variação linear (SEN, 1968).

A estatística S de Mann-Kendall é o método mais adequado para analisar a significância de possíveis tendências em séries climatológicas (GOOSSENS; BERGER, 1986). Se significativo (rejeição de H_0 : série temporal sem tendência), valores positivos de S indicam tendência de aumento e valores negativos de S indicam tendência de redução. A estatística S de MK é calculada como:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sinal}(x_j - x_i) \quad (1)$$

em que, n é o número total de dados na série; x é cada um dos valores do indicador a cada passo de tempo distinto i e j, com $i \neq j$; e “sinal” é definido como:

$$\text{sinal} = \begin{cases} 1, \text{ se } (x_j - x_i) > 0 \\ 0, \text{ se } (x_j - x_i) = 0 \\ -1, \text{ se } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Se $n > 10$, a estatística S segue uma distribuição Gaussiana com média nula e variância (Var), dada por:

$$\text{Var} [S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

em que, m é o número de grupos de valores repetidos (diferença nula entre os valores comparados) e t_i é o número de dados em cada grupo repetido. A significância dessa tendência pode ser encontrada usando o z score, estimado como:

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, \text{ se } S > 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, \text{ se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Se a hipótese nula pode ser rejeitada com significância α num teste bilateral, isso representa que há tendência significativa na série de dados.

Registros climáticos de longo prazo podem apresentar mudanças de regime, uma vez que os padrões dominantes são alterados devido a causas naturais ou

antropogênicas (KING et al., 2015; PARMESAN; YOHE, 2003). Por isso, complementarmente, para as séries nas quais foram detectadas tendências, utilizou-se o teste de Pettitt (PETTITT, 1979) para detectar pontos de mudança abrupta nas séries temporais dos índices. Metodologia semelhante para identificar tendências regionais e pontos de mudança foi aplicada em outros estudos na África Oriental, Polônia e Índia (CHAULUKA; SINGH; KUMAR, 2020; PANDEY; KHARE, 2018; PTAK et al., 2019) e no Brasil (ÁVILA et al., 2016; SOBRAL et al., 2019).

A inclinação de Sen, é uma estimativa robusta e não paramétrica da inclinação para o conjunto de pares (i, x_i) em que x_i é uma série temporal. A inclinação de Sen é definida como (ZAIONTZ, 2021)

$$\text{Inclinação de Sen} = \text{mediana} \left\{ \frac{x_j - x_i}{j - i} : i < j \right\} \quad (5)$$

O intervalo de confiança $1 - \alpha$ para a inclinação de Sen pode ser calculado como (Inferior, Superior), descrita como:

$$N = C(n, 2) \quad k = se \cdot z_{crit} \quad (6)$$

$$\text{Inferior} = x_{(N-k/2)} \quad \text{Superior} = x_{(N+k/2+1)} \quad (7)$$

Onde N é o número de pares de elementos da série temporal (x_i, x_j) onde $i < j$ e se é o erro padrão para o Teste de Mann-Kendall.

Utilizando o *software* R, versão x64 4.0.3, por meio de um roteiro computacional, foi realizado o cálculo dos testes estatísticos para cada índice em cada uma das estações. Posteriormente, os resultados foram reorganizados em planilhas e identificou-se os valores do teste de Mann-Kendall significativos com 5% de significância (valor $p < 0,05$).

Para apontar se as tendências eram positivas ou negativas foi observado o valor correspondente do Estimador Sen. Valores positivos de Sen indicam tendências de aumento do índice calculado, enquanto os negativos indicam diminuição.

Identificou-se os valores significativos pelo teste de Pettitt a 5% de significância, somente para as estações com tendências significativas pelo teste de MK (SOUZA; AZEVEDO, 2012).

O teste de Pettitt (PETTITT, 1979) utiliza uma versão do teste de Mann-Whitney, no qual se verifica se duas amostras X_1, \dots, X_t e X_{t+1}, \dots, X_T são da mesma população. A estatística $U_{t,T}$ faz uma contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que o membro da segunda, e pode ser escrita:

$$U_{t,T} = U_{t-1} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \text{ para } t=2, \dots, T \quad (8)$$

em que, $\text{sgn}(x) = 1$ para $x > 0$; $\text{sgn}(x) = 0$ para $x = 0$; $\text{sgn}(x) = -1$ para $x < 0$.

A estatística $U_{t,T}$ é então calculada para os valores de $1 < t < T$, e a estatística $k(t)$ do teste de Pettitt se escreve:

$$K(t) = \text{MAX}_{1 \leq t \leq T} |U_{t,T}| \quad (9)$$

Esta estatística permite localizar o ponto onde houve mudança brusca na média de uma série temporal, e a sua significância pode ser calculada aproximadamente pela equação:

$$p \cong 2 \exp \{-6k(t)^2 / (T^3 + T^2)\} \quad (10)$$

O ponto de mudança brusca é o t onde ocorre o máximo de $k(t)$. Os valores críticos de K podem ser calculados pela equação:

$$K_{crit} = \pm \sqrt{\frac{-\ln(p/2)(T^3 + T^2)}{6}} \quad (11)$$

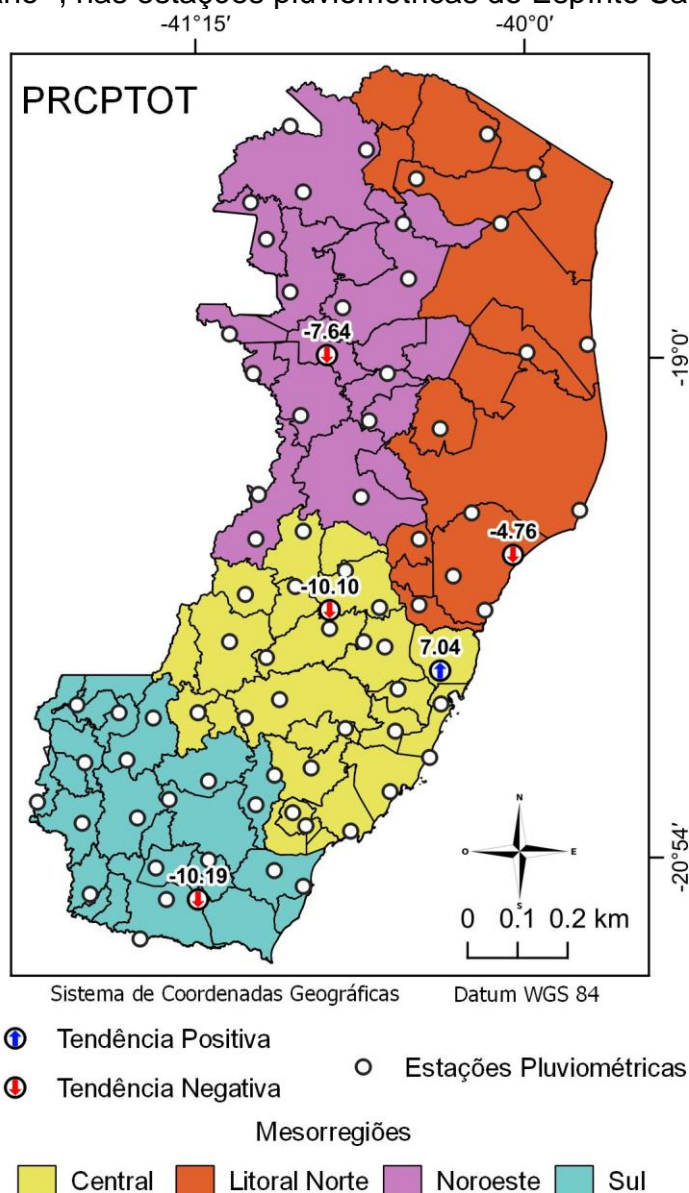
Além disso, calculou-se a média dos índices por estação e para aquelas que apresentaram anos de mudança abrupta pelo teste de Pettitt ($p < 0,05$) calculou-se a média antes e após o ano de mudança.

Também foram realizadas análises qualitativas dos resultados fundamentadas em informações com base científica encontradas na literatura para relacionar os dados de desastres e de uso da terra com os resultados de tendências de precipitação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 são apresentadas as tendências observadas nos totais anuais de precipitação (PRCPTOT) para as estações pluviométricas do Espírito Santo. De maneira geral, observaram-se apenas cinco estações com tendências significativas no comportamento desta variável (6% das estações analisadas). Destas, quatro foram relacionadas ao decréscimo (Mimoso do Sul: $-10,19 \text{ mm ano}^{-1}$; Santa Tereza: $-10,10 \text{ mm ano}^{-1}$; Águia Branca: $-7,64 \text{ mm ano}^{-1}$; e Aracruz: $-4,76 \text{ mm ano}^{-1}$) e uma ao aumento (Serra: $7,04 \text{ mm ano}^{-1}$) da PRCPTOT. As tendências observadas correspondem a mudança anual inferior a 1% da PRCPTOT média (Apêndice B, Tabela 1B). É interessante observar que cada mesorregião do Espírito Santo apresentou uma estação com tendência negativa para PRCPTOT. O número reduzido de tendências significativas indicou apenas comportamentos não-estacionários pontuais.

Figura 3 - Tendências significativas (valor $p < 0,05$) dos totais anuais precipitados (PRCPTOT), em mm ano^{-1} , nas estações pluviométricas do Espírito Santo.

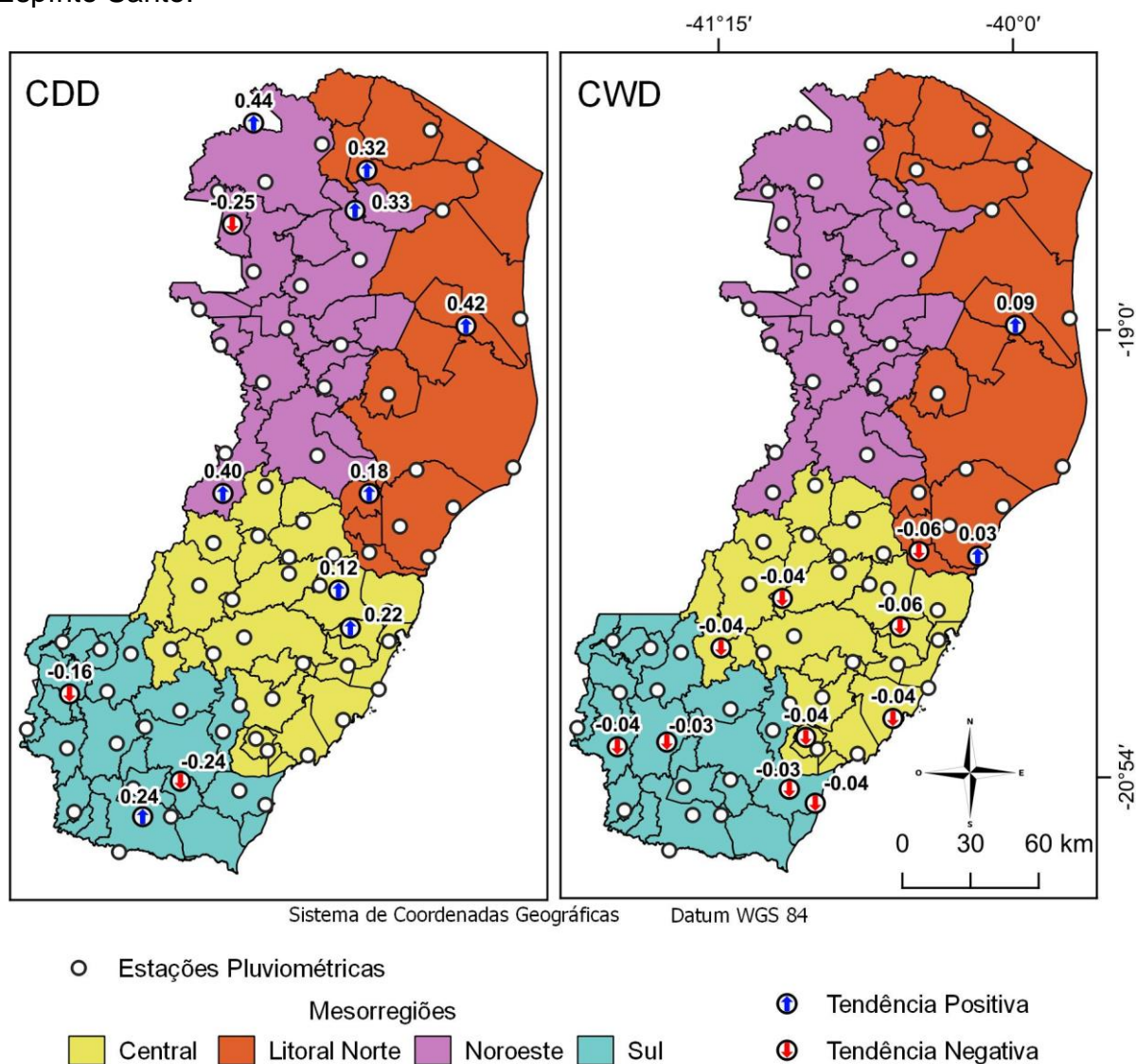


Fonte: a autora.

Resultados semelhantes foram encontrados por Regoto et al. (2018). Os autores utilizaram dados de precipitação de 1971 a 2010 e analisaram tendências climáticas por meio do RClimDex no Espírito Santo. Tendências positivas para PRCPTOT foram encontradas na minoria das estações. Marrafon e Reboita (2020) também encontraram tendências negativas para PRCPTOT no Espírito Santo (1979 - 2019), utilizando dados de modelos sistemas terrestres e modelos regionais, para a América do Sul e na região do Espírito Santo.

Na Figura 4 são apresentadas as tendências observadas nos dias secos consecutivos (CDD) e dias úmidos consecutivos (CWD) para as estações pluviométricas do Espírito Santo. Para ambas as variáveis, predominou a ausência de tendências significativas. Porém, cerca de 20% das estações apresentaram algum tipo de tendência para CDD, com predomínio das positivas (entre 0,12 e 0,44 dias ano⁻¹). Apenas 14% das estações apresentaram tendência significativa para CWD, predominando as negativas (entre -0,03 e -0,06 dias ano⁻¹). Para ambos os índices as tendências foram concentradas nas mesorregiões Sul e Central.

Figura 4 - Tendências significativas (valor $p < 0,05$) dos dias secos consecutivos (CDD) e dias úmidos consecutivos (CWD), em dias ano⁻¹, nas estações pluviométricas do Espírito Santo.



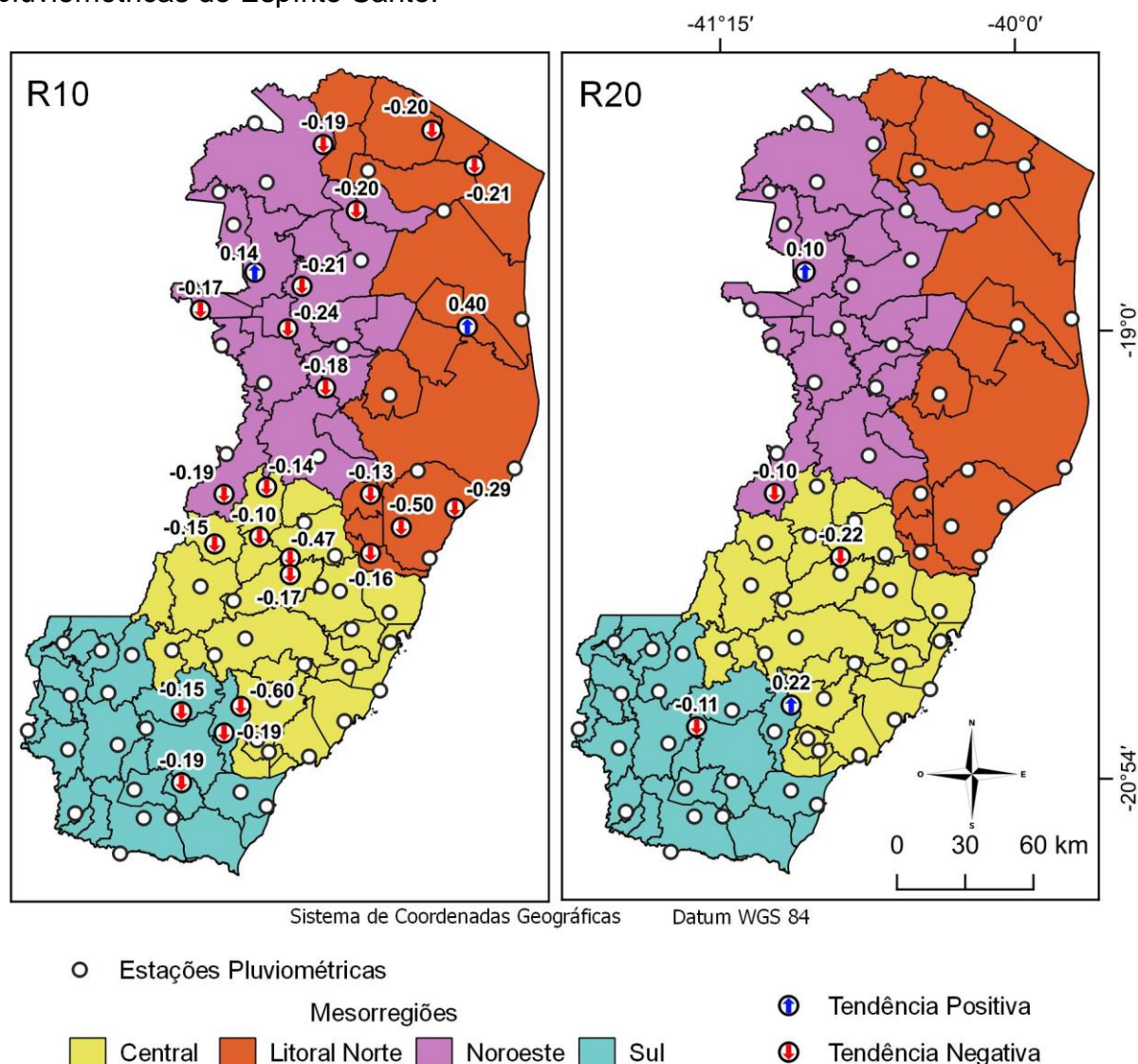
Ainda de acordo com o apresentado na Figura 4, o aumento significativo de CDD ocorre em todo o estado, porém em maior magnitude e quantidade no Litoral Norte e Noroeste (Ecoporanga: 0,44 dias ano⁻¹; Linhares: 0,42 dias ano⁻¹; Baixo Guandu: 0,40 dias ano⁻¹; Nova Venécia: 0,33 dias ano⁻¹; Pinheiros: 0,32 dias ano⁻¹). A redução significativa de CWD concentrou-se nas mesorregiões Central e Sul, apontando para a diminuição de dias úmidos.

Observou-se que as magnitudes das tendências são mais expressivas para CDD comparativamente a CWD, corroborando os resultados de Marrafon e Reboita (2020), pertinentes ao período 1979-2019, para o Espírito Santo. O comportamento das magnitudes pode ser explicado pelos valores médios dos índices. Em média, o valor de CDD para o estado foi de 34,09 dias ano⁻¹ enquanto o valor médio de CWD foi de 8,86 dias ano⁻¹ (Apêndice B).

Regoto et al. (2018), utilizando uma série de dados menor (1971-2010), em um estudo no Espírito Santo, encontraram magnitudes e distribuição espacial das tendências de CDD semelhantes às do presente trabalho. Médias anuais semelhantes de CDD e CWD foram encontradas por Wang, Hou e Zhao (2021) em uma região costeira da China.

Na Figura 5 estão apresentadas as tendências observadas para o número anual de dias com precipitação superior a 10 mm (R10) e 20 mm (R20). Nota-se 30% de estações com algum tipo de tendência para R10. Destas, apenas Barra de São Francisco (0,14 dias ano⁻¹) e Linhares (0,40 dias ano⁻¹) indicaram aumento do número de dias com precipitação acima de 10 mm. As demais localidades apresentaram tendência negativa para o índice. Por outro lado, poucas tendências significativas para R20 foram observadas, ocorrendo em apenas 6% das estações. Para ambas as variáveis predominam as tendências negativas, entre -0,10 e -0,60 dias ano⁻¹ para R10, e entre -0,10 e -0,22 dias ano⁻¹ para R20.

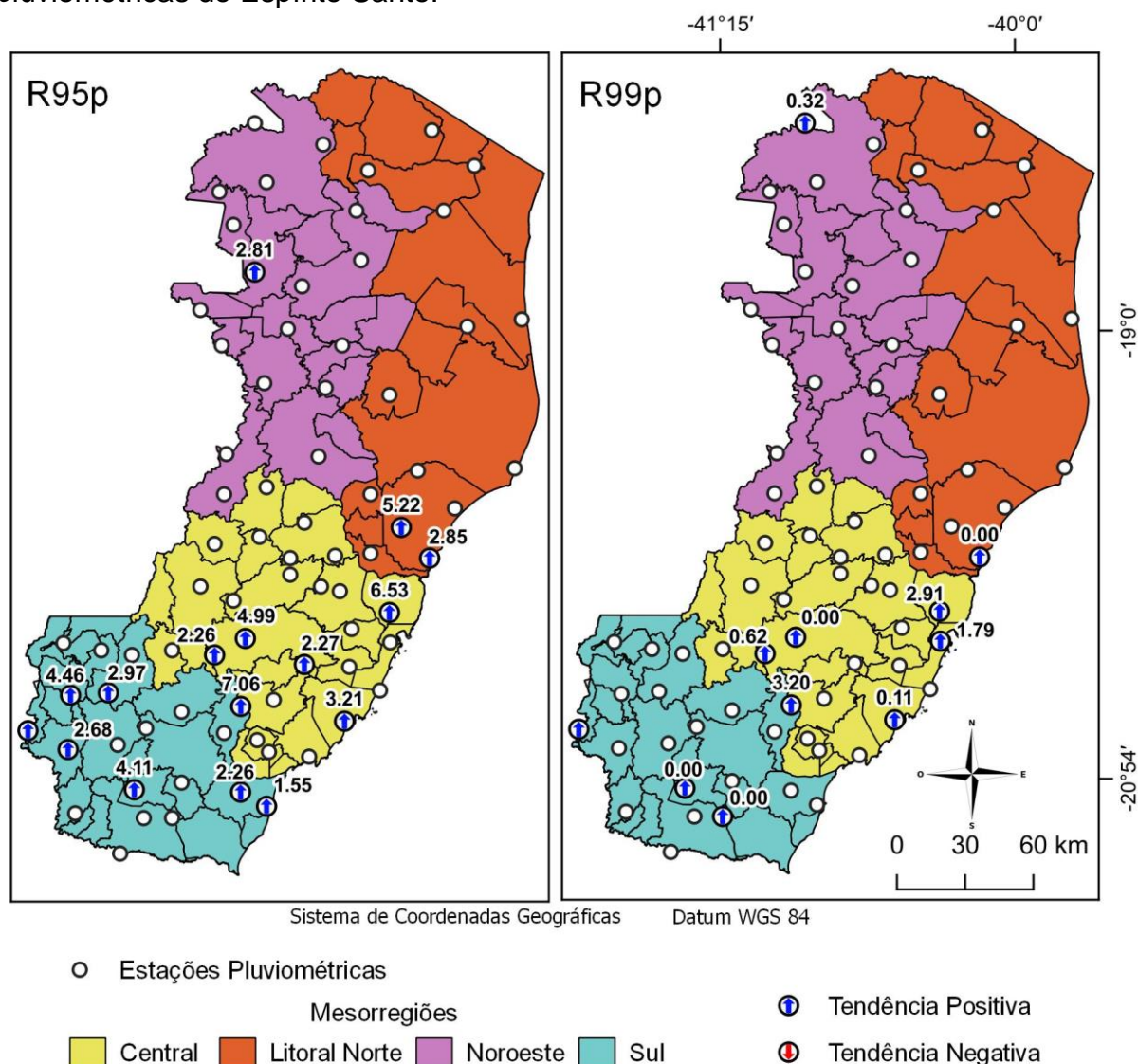
Figura 5 - Tendências significativas (valor $p < 0,05$) do número anual de dias com precipitação superior a 10 mm (R10) e 20 mm (R20) em dias ano⁻¹, nas estações pluviométricas do Espírito Santo.



Fonte: a autora.

Na Figura 6 são apresentadas tendências relacionadas aos eventos extremos de precipitação. A soma dos totais anuais precipitados acima do percentil 95 (R95p) representa os dias muito úmidos e a soma dos totais anuais precipitados acima do percentil 99 (R99p) representa os dias extremamente úmidos. Notou-se que cerca de 20% das estações apresentaram tendência significativa (entre 1,55 e 7,06 mm ano⁻¹) para R95p. Apenas 11% das estações apresentaram tendência significativa para R99p (até 3,2 mm ano⁻¹). Ambos os índices com tendências exclusivamente positivas estão localizados no Centro e Sul do estado.

Figura 6 - Tendências significativas (valor $p < 0,05$) dos totais precipitados acima do percentil 95 (R95p) e acima do percentil 99 (R99p), em mm ano^{-1} , nas estações pluviométricas do Espírito Santo.

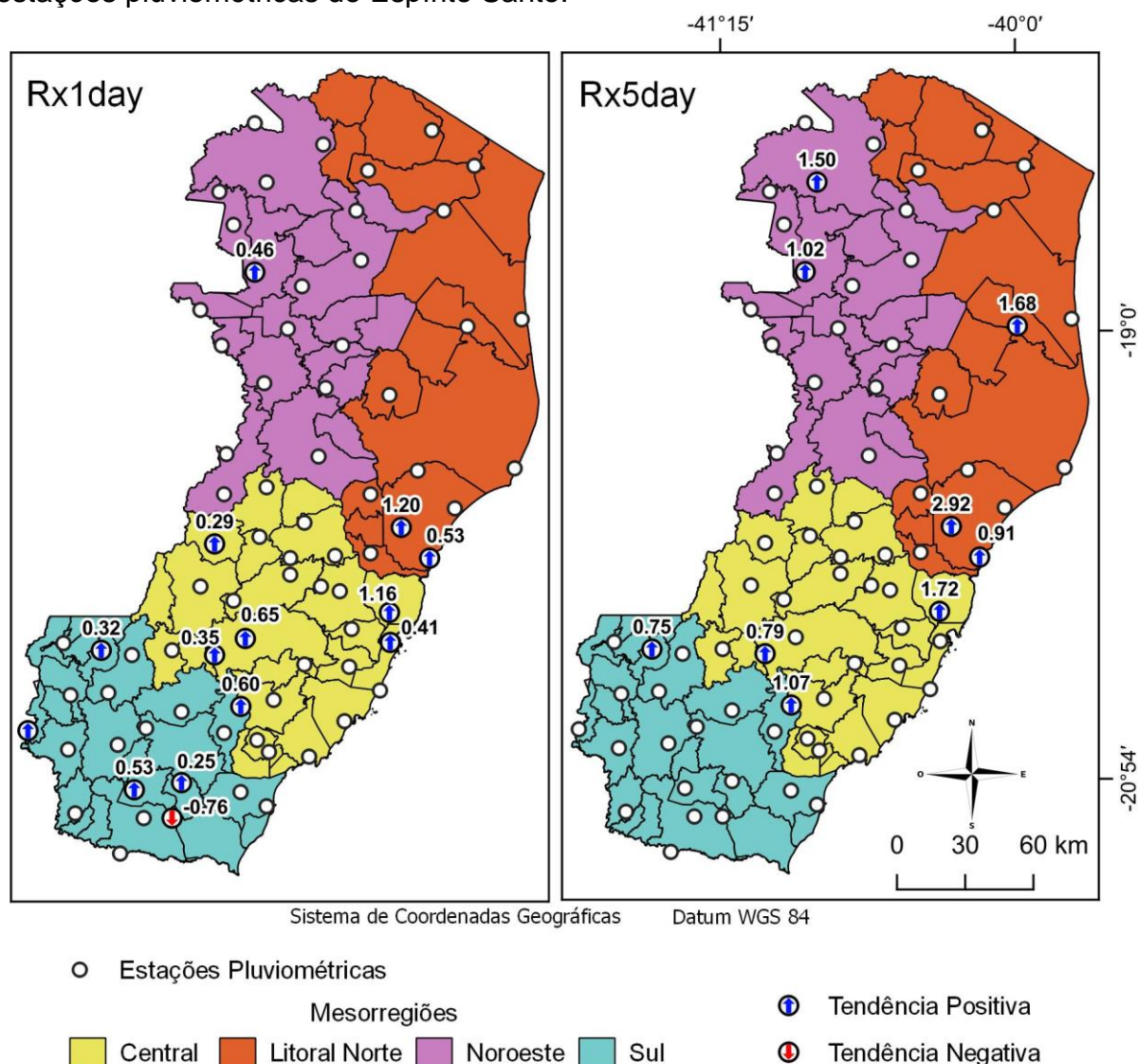


Fonte: a autora.

Regoto et al. (2018), utilizando uma série de dados menor (1971-2010), encontraram magnitudes e distribuição espacial das tendências de R95p semelhantes às do presente trabalho.

Na Figura 7 são apresentadas as tendências relacionadas aos eventos extremos de chuva: máxima precipitada em um dia (Rx1day) e máxima precipitada em cinco dias consecutivos (Rx5day). Valores elevados de Rx1day e Rx5day podem apontar para a suscetibilidade potencial de uma região a inundações e deslizamentos de terra (ARISTIZÁBAL et al., 2011; DIAKAKIS, 2012; LIU et al., 2014; WU et al., 2015).

Figura 7 - Tendências significativas (valor $p < 0,05$) das lâminas máximas precipitadas em um dia (Rx1day) e em cinco dias consecutivos (Rx5day), em mm ano^{-1} , nas estações pluviométricas do Espírito Santo.



Fonte: a autora.

Observou-se que 16% das estações apresentaram alguma tendência significativa para Rx1day, sendo apenas a estação de Mimoso do Sul com tendência negativa para esta variável ($-0,76 \text{ mm ano}^{-1}$). Para o índice Rx5day percebeu-se que 11% das estações apresentaram tendência significativa, sendo unicamente positivas (entre $0,75$ e $2,92 \text{ mm ano}^{-1}$). Para ambos os índices as tendências são predominantemente positivas, concentrando-se nas mesorregiões Central e Sul.

Analisando os mapas, com tendências positivas para ambos os índices, destacam-se os municípios de Barra de São Francisco (Rx1day: $0,46 \text{ mm ano}^{-1}$ e Rx5day: $1,02 \text{ mm ano}^{-1}$); Serra (Rx1day: $1,16 \text{ mm ano}^{-1}$ e Rx5day: $1,72 \text{ mm ano}^{-1}$);

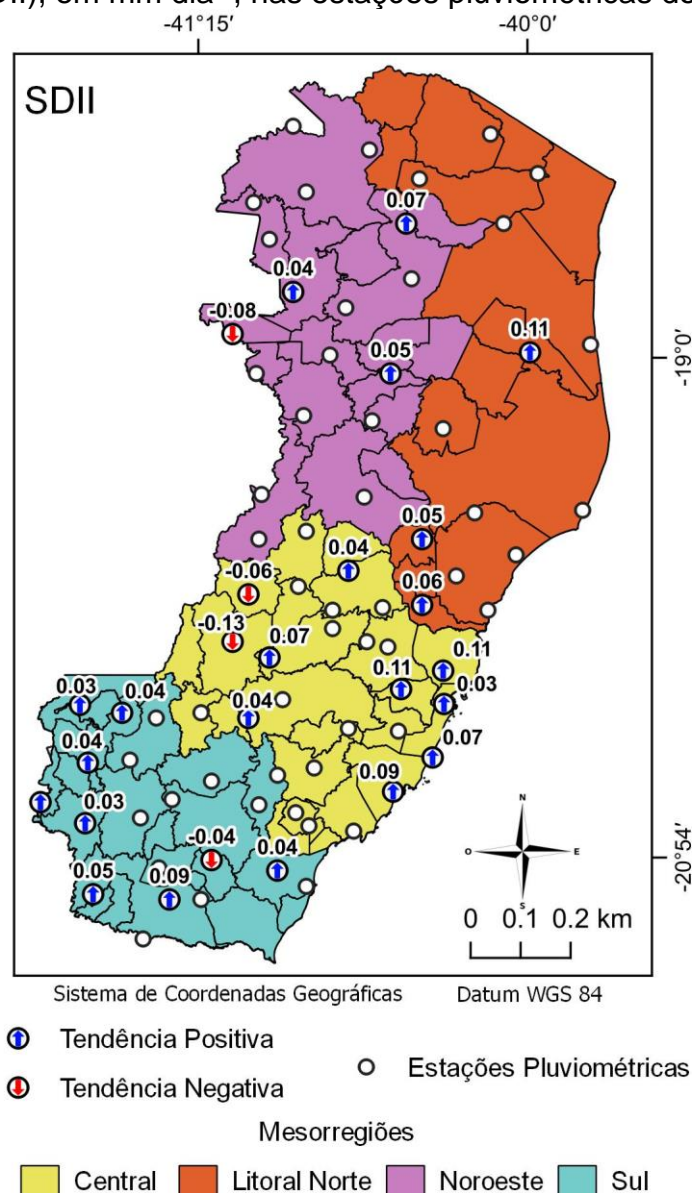
Alfredo Chaves (Rx1day: $0,6 \text{ mm ano}^{-1}$ e Rx5day: $1,07 \text{ mm ano}^{-1}$); Domingos Martins (Rx1day: $0,35 \text{ mm ano}^{-1}$ e Rx5day: $0,79 \text{ mm ano}^{-1}$); e Iúna (Rx1day: $0,32 \text{ mm ano}^{-1}$ e Rx5day: $0,75 \text{ mm ano}^{-1}$).

Além destes, ressalta-se que as estações Santa Cruz Litoral e Aracruz, localizadas no município de Aracruz, apresentaram tendência significativa para Rx1day (Aracruz: $1,20 \text{ mm ano}^{-1}$ e Santa Cruz Litoral: $0,53 \text{ mm ano}^{-1}$) e Rx5day (Aracruz: $2,92 \text{ mm ano}^{-1}$ e Santa Cruz Litoral: $0,90 \text{ mm ano}^{-1}$). Estas estações também apresentaram tendências significativas para R95p e R99p, como mencionado anteriormente.

Regoto et al. (2018), utilizando uma série de dados menor (1971-2010), encontraram magnitudes e distribuição espacial das tendências de Rx5day semelhantes às do presente trabalho, sendo que as estações com tendência significativa para Rx5day foram as mesmas em ambos os estudos. Semelhantes também foram os resultados de Marrafon e Reboita (2020), que utilizaram dados interpolados (1979 – 2019), nos quais Rx5day apresentou tendências de aumento significativas para o Centro-Sul do Espírito Santo.

Na Figura 8 representam-se as tendências observadas no índice simples de intensidade de precipitação (SDII). Para esta variável, cerca de 35% das estações apresentaram tendência significativa, com apenas quatro delas tendendo à diminuição (Mantenópolis: $-0,08 \text{ mm dia}^{-1}$; Afonso Cláudio (Laranja da Terra): $-0,06 \text{ mm dia}^{-1}$; Atílio Vivácqua: $-0,04 \text{ mm dia}^{-1}$ e Afonso Cláudio: $-0,13 \text{ mm dia}^{-1}$). Quanto às tendências positivas, pode-se destacar as observadas nas estações localizadas nos municípios de Barra de São Francisco ($0,04 \text{ mm dia}^{-1}$); Linhares ($0,11 \text{ mm dia}^{-1}$); Santa Tereza ($0,04 \text{ mm dia}^{-1}$); Serra ($0,11 \text{ mm dia}^{-1}$); Iúna ($0,04 \text{ mm dia}^{-1}$); Dores do Rio Preto ($0,05 \text{ mm dia}^{-1}$); e Mimoso do Sul ($0,09 \text{ mm dia}^{-1}$), municípios estes que também apresentaram tendências significativas em outros índices, o que aumenta a complexidade destes resultados como discutido adiante. Ainda, as estações localizadas nos municípios de Afonso Cláudio e Atílio Vivácqua, citadas anteriormente, que apresentaram tendências negativas, também apresentaram tendências significativas em outros índices.

Figura 8 - Tendências significativas (valor $p < 0,05$) do índice simples de intensidade de precipitação (SDII), em mm dia^{-1} , nas estações pluviométricas do Espírito Santo.



Fonte: a autora.

As tabelas do Apêndice B trazem informações mais detalhadas sobre os resultados dos testes realizados para cada índice de precipitação. As tabelas apresentam a média dos valores de cada índice; o valor para os testes de MK e Pettitt; as taxas de variação linear calculadas pelo estimador Sen; o ano de mudança com tendência pelo teste de Pettitt; a média do valor do índice antes e após o ano de mudança e o percentual de falhas da série de dados. Nelas, os valores de Pettitt só foram destacados quando significativos nos testes de Man-Kendall e Pettitt concomitantemente.

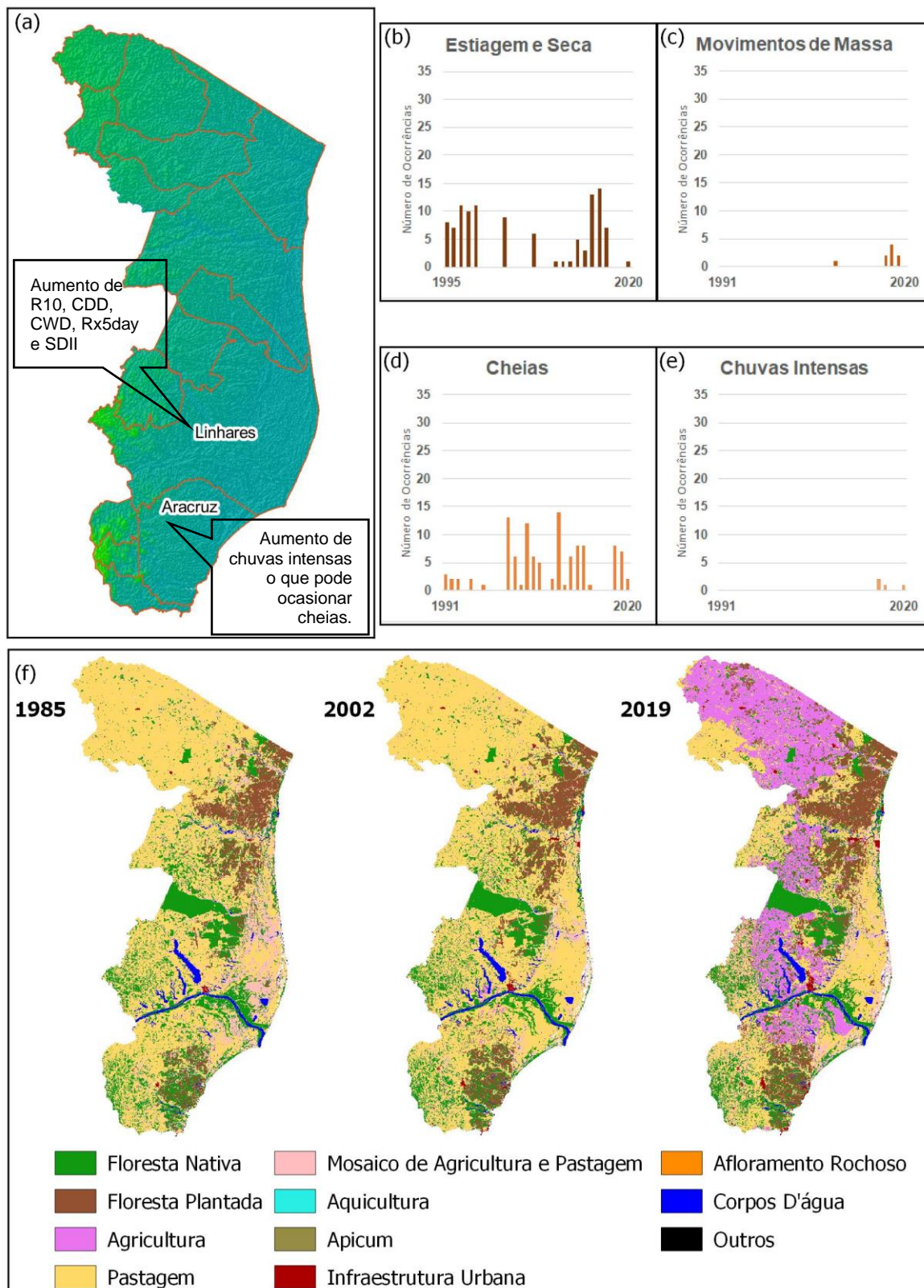
Da Figura 3 à Figura 8 pode-se notar que tendências com significância estatística ocorreram nas quatro mesorregiões do estado. De maneira geral, observou-se que houve predomínio da ausência de tendências em todos os índices pluviométricos para o Espírito Santo. De forma semelhante, Regoto et al. (2021) não encontraram sinais claros de mudança forte nas tendências sazonais e anuais de índices extremos de temperatura do ar e precipitação em três estações meteorológicas do Espírito Santo, utilizando uma série de dados de 1961-2018.

Todavia, apesar desta generalização, observaram-se oscilações das tendências entre positivas e negativas em todos os índices. Alguns comportamentos evidenciados em algumas mesorregiões/estações, os quais merecem destaque especial, são discutidos na sequência.

Na mesorregião Litoral Norte pode-se observar a existência de tendências de aumento da maioria dos índices de precipitação, exceto para R10 que apresentou tendências de redução, concentrados na porção Sul.

Apesar de apresentar tendências de aumento na maioria dos índices de precipitação, estas não são bem distribuídas espacialmente, concentrando-se no extremo Sul e no Norte. Assim, pode-se inferir que, de maneira geral, a mesorregião continuará sendo umas das mais secas do estado. Estes resultados são corroborados com as ocorrências de estiagem e seca (Figura 9b).

Figura 9 - (a) Locais da mesorregião Litoral Norte propensos a desastres naturais de acordo com as tendências analisadas. Número de ocorrências de estiagem e seca (b), movimentos de massa (c), cheias (d) e chuvas intensas (e) na mesorregião Litoral Norte, de 1991 a 2020. (f) Classificação do uso do solo na mesorregião Litoral Norte do Espírito Santo de 1985, 2002 e 2019.



Fonte: a autora.

Com aumento expressivo da agricultura, principalmente no Norte e Centro Oeste (Figura 9f), a ocorrência de estiagens e secas pode ser intensificada, afetando principalmente o abastecimento de água nos centros urbanos, visto que para esta mesorregião existe ainda a tendência geral de redução de chuvas amenas (R10), capazes de promover o reabastecimento de zonas de recarga hídrica. Portanto, sugere-se que políticas de manejo sustentável da terra, juntamente com o reflorestamento de áreas propícias ao aumento da disponibilidade hídrica, sejam elaboradas e aplicadas a fim de amenizar os efeitos negativos futuros.

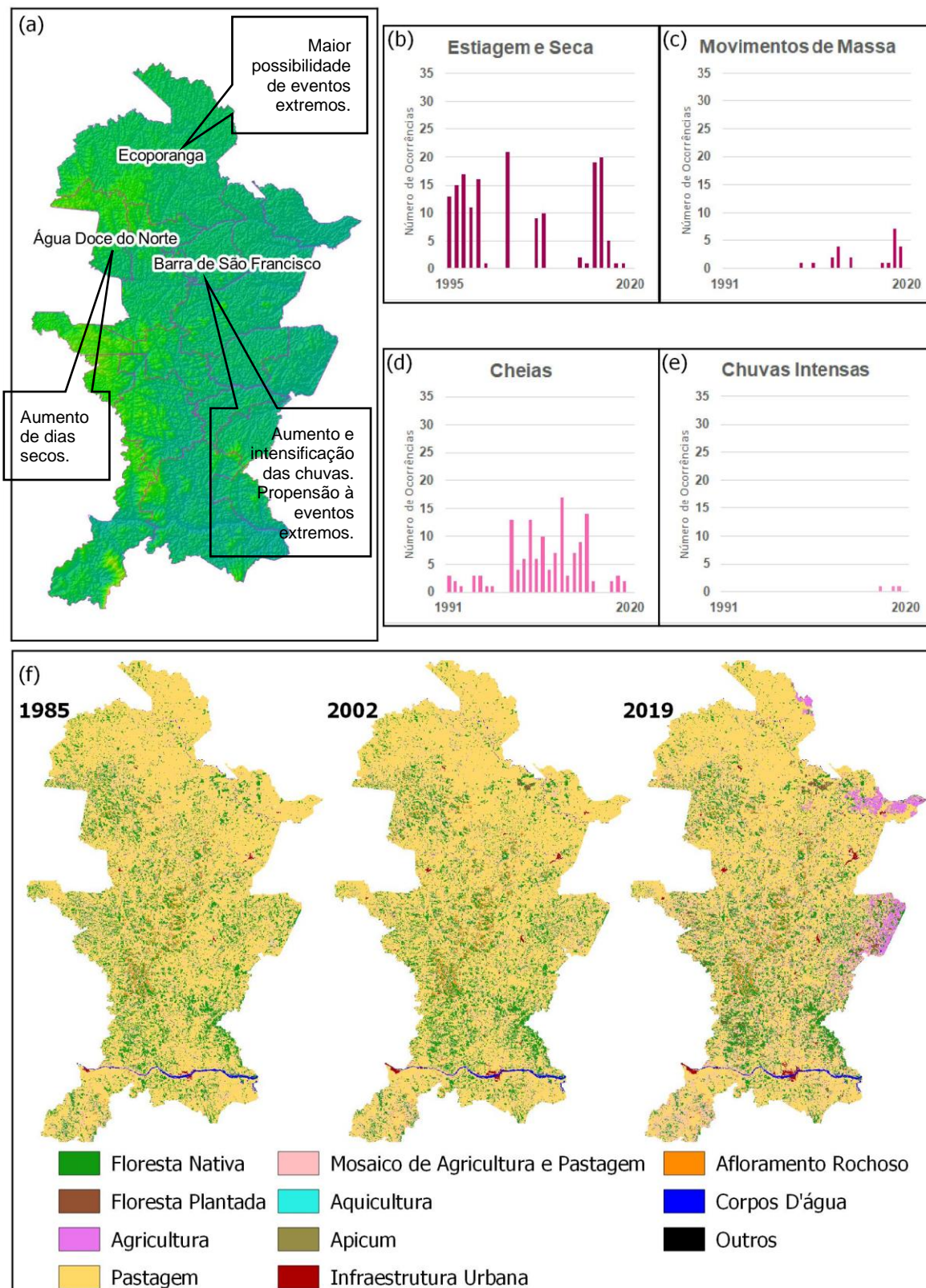
Em se tratando do extremo Sul da mesorregião Litoral Norte, o município de Aracruz (Figura 9a) destaca-se por ser o local que apresentou a maioria das tendências de precipitação. A estação Riacho apresentou tendência negativa de PRCPTOT e R10. As estações Santa Cruz Litoral e Aracruz apresentaram tendências significativas de aumento de Rx1day, Rx5day e R95p. A estação Santa Cruz Litoral também apresentou tendência de aumento de CWD e R99p e a estação Aracruz apresentou tendência de diminuição de R10. Estes resultados sugerem aumento de chuvas intensas, principalmente devido ao aumento de Rx1day e Rx5day, o que pode ocasionar cheias, que compreendem as enchentes, enxurradas e inundações, sendo intensificados pelo aumento da urbanização (Figura 9f) e são reafirmados na Figura 9d, pelo número elevado de cheias na mesorregião, apesar do clima seco.

A estação Ponte Nova (Figura 9a), localizada em Linhares, também se destaca por ser a única que apresentou aumento de R10 e, ainda, tendências de aumento para os índices CDD, CWD, Rx5day e SDII.

Na mesorregião Noroeste se destacam os índices R10 e CDD, havendo poucas tendências significativas dos outros índices. Para R10 a tendência foi de diminuição, enquanto para CDD foi de aumento, o que indica a redução de chuvas amenas, capazes de promover a recarga hídrica, e o prolongamento do período seco.

Corroborando com esses resultados, percebeu-se que a mesorregião Noroeste foi a que mais apresentou ocorrências de estiagem e seca (Figura 10b). Estes resultados podem ser agravados, principalmente na região Centro Leste, onde ocorreu aumento expressivo da atividade agrícola (Figura 10f). Estas observações tornam preocupantes as análises feitas neste estudo, visto que o clima desta mesorregião vem apresentando características do semiárido nordestino. Neste caso, considera-se que a recomposição florestal, se feita de maneira adequada, pode amenizar os efeitos negativos futuros destes eventos.

Figura 10 - (a) Locais da mesorregião Noroeste propensos a desastres naturais de acordo com as tendências analisadas. Número de ocorrências de estiagem e seca (b), movimentos de massa (c), cheias (d) e chuvas intensas (e) na mesorregião Noroeste, de 1991 a 2020. (f) Classificação do uso do solo na mesorregião Noroeste do Espírito Santo de 1985, 2002 e 2019.



Fonte: a autora.

Apesar de poucas tendências significativas na maioria dos índices, a estação localizada em Barra de São Francisco (Figura 10a) ganhou destaque por apresentar tendência positiva dos índices R10, R20, Rx1day, Rx5day, R95p e SDII, que indicou aumento e intensificação das chuvas e propensão à ocorrência de eventos extremos. Estes resultados podem ser apoiados pelo número de eventos de cheias (Figura 10d) que vem ocorrendo nos últimos anos na mesorregião.

Além disso, a estação localizada no município Água Doce do Norte (Figura 10a), vizinho a Barra de São Francisco, apresentou tendência de aumento de CDD, o que sugere a ocorrência de dias mais secos durante o ano na localidade.

Isoladamente, a estação localizada no município de Ecoporanga (Figura 10a) apresentou tendência positiva para R99p, o que supõe a maior possibilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação, suposição esta reafirmada pelo aumento de CDD na mesma estação.

Os municípios citados acima integram a parte elevada da bacia do rio São Mateus, fazendo com que os resultados encontrados sejam ainda mais preocupantes, pois demonstram que a região de cabeceira da bacia pode sofrer ocorrência de eventos extremos de precipitação. Estes eventos podem se estender ao longo da bacia, ocasionando cheias e deslizamentos de terra (movimentos de massa). Estes resultados podem ser confirmados com o número de eventos de cheia (Figuras 10c) e movimentos de massa (Figura 10d) ocorridos na mesorregião Noroeste de 1991 a 2020.

Desta forma, indica-se o reflorestamento de áreas inclinadas da bacia a fim de diminuir e desacelerar o escoamento superficial, que como consequência reduzirá a ocorrência de deslizamentos de terra e de cheias.

No estudo de Cunha et al. (2019) os autores utilizaram o Índice de Seca Integrado (IDI), que combina um índice de seca de base meteorológica e um índice de sensoriamento remoto, para avaliar os eventos de seca de 2011 a 2019 no Brasil. Os pesquisadores observaram que o evento de seca mais intenso ocorreu na região Sudeste, gerando uma grave crise hídrica com alto impacto no abastecimento de água e geração de energia hidrelétrica. No Espírito Santo, os autores encontraram resultados que corroboram com este estudo. Nas mesorregiões Litoral Norte e Noroeste, no ano hidrológico 2015/2016, foram detectadas áreas classificadas como seca extrema. Para os autores, ainda é necessário evoluir na gestão de risco de seca

no Brasil, entendendo que existe uma interação entre a seca e questões socioeconômicas e ambientais.

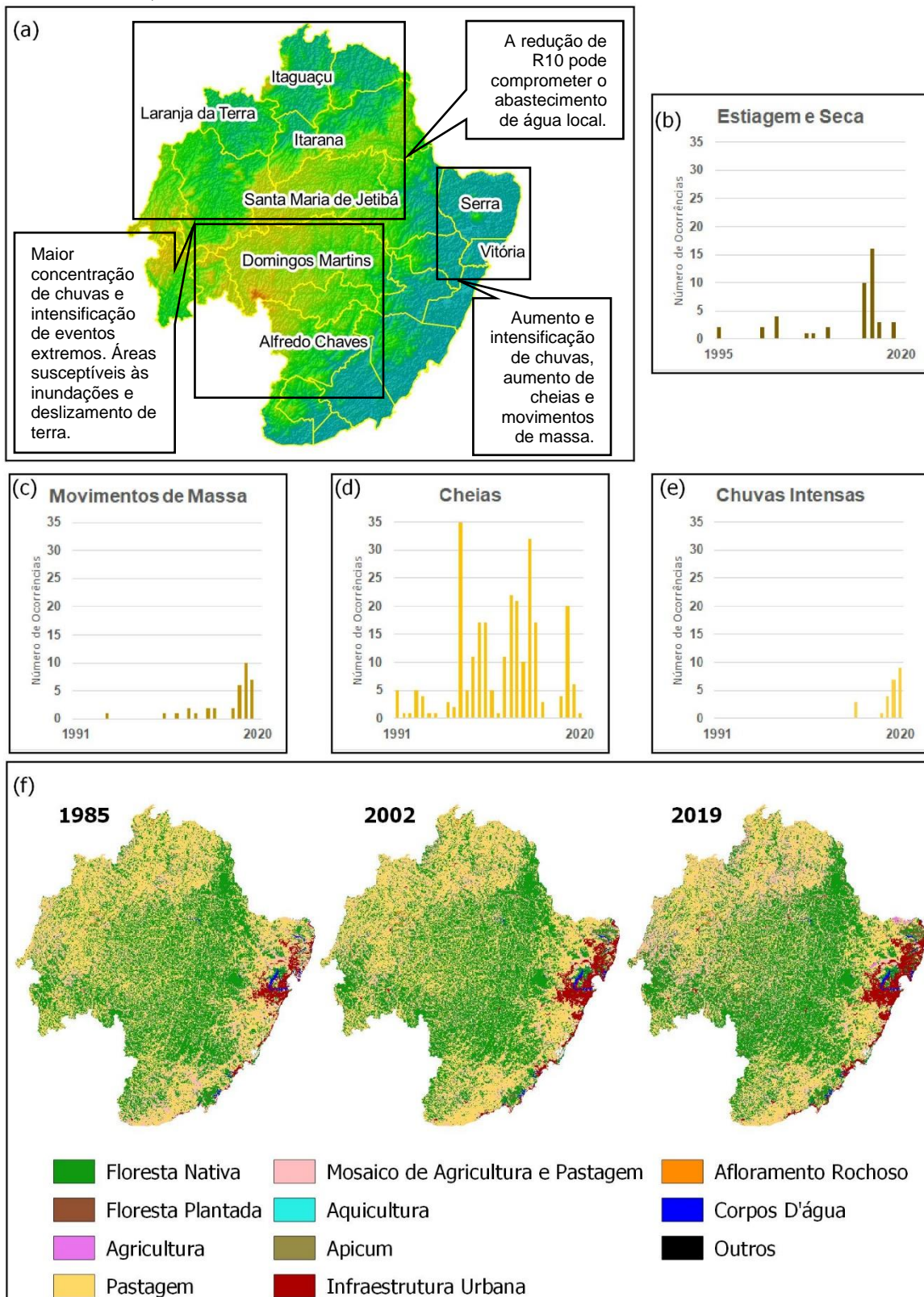
Para Marengo et al. (2011), as projeções climáticas apontam para a intensificação da seca na região semiárida do Brasil, que no futuro pode se estender às mesorregiões Litoral Norte e Noroeste do Espírito Santo. As projeções sugerem um aumento no índice de dias secos consecutivos e redução de chuvas intensas, com mudanças mais expressivas em médio e longo prazos.

Soares (2019) realizou um estudo prévio para o Espírito Santo sobre as projeções de mudanças climática geradas por simulações a partir do modelo regional Eta do CPTEC/INPE, com 5 km de resolução espacial, aliado ao modelo global HADGEM2-ES, considerando diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa (GEE) e de desenvolvimento socioeconômico. De acordo com os resultados, os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, de 2071 até 2100, mostram aumento médio de até 40 e até 70 dias de CDD em partes da região Norte do estado, respectivamente.

As projeções de Marengo et al. (2011) e Soares (2019) corroboram com os resultados encontrados neste estudo, em que foram encontradas tendências de aumentos de CDD nas mesorregiões Litoral Norte e Noroeste, que são as mais secas do estado. Estas condições futuras são extremamente preocupantes, principalmente devido às tendências de redução de chuvas amenas (R10) e aumento da intensidade de precipitação (SDII), encontradas neste estudo.

Na mesorregião Central observou-se, de maneira geral, que as tendências foram, em sua maior parte, de redução de CWD e aumento de CDD, Rx1day, Rx5day, R95p, R99p e SDII. O aumento de CDD normalmente está associado ao aumento de eventos de seca e estiagem (SILVA; DERECZYNSKI, 2014), o que é comprovado pela Figura 11b.

Figura 11 - (a) Locais da mesorregião Central propensos a desastres naturais de acordo com as tendências analisadas. Número de ocorrências de estiagem e seca (b), movimentos de massa (c), cheias (d) e chuvas intensas (e) na mesorregião Central, de 1991 a 2020. (f) Classificação do uso do solo na mesorregião Central do Espírito Santo de 1985, 2002 e 2019.



Fonte: a autora.

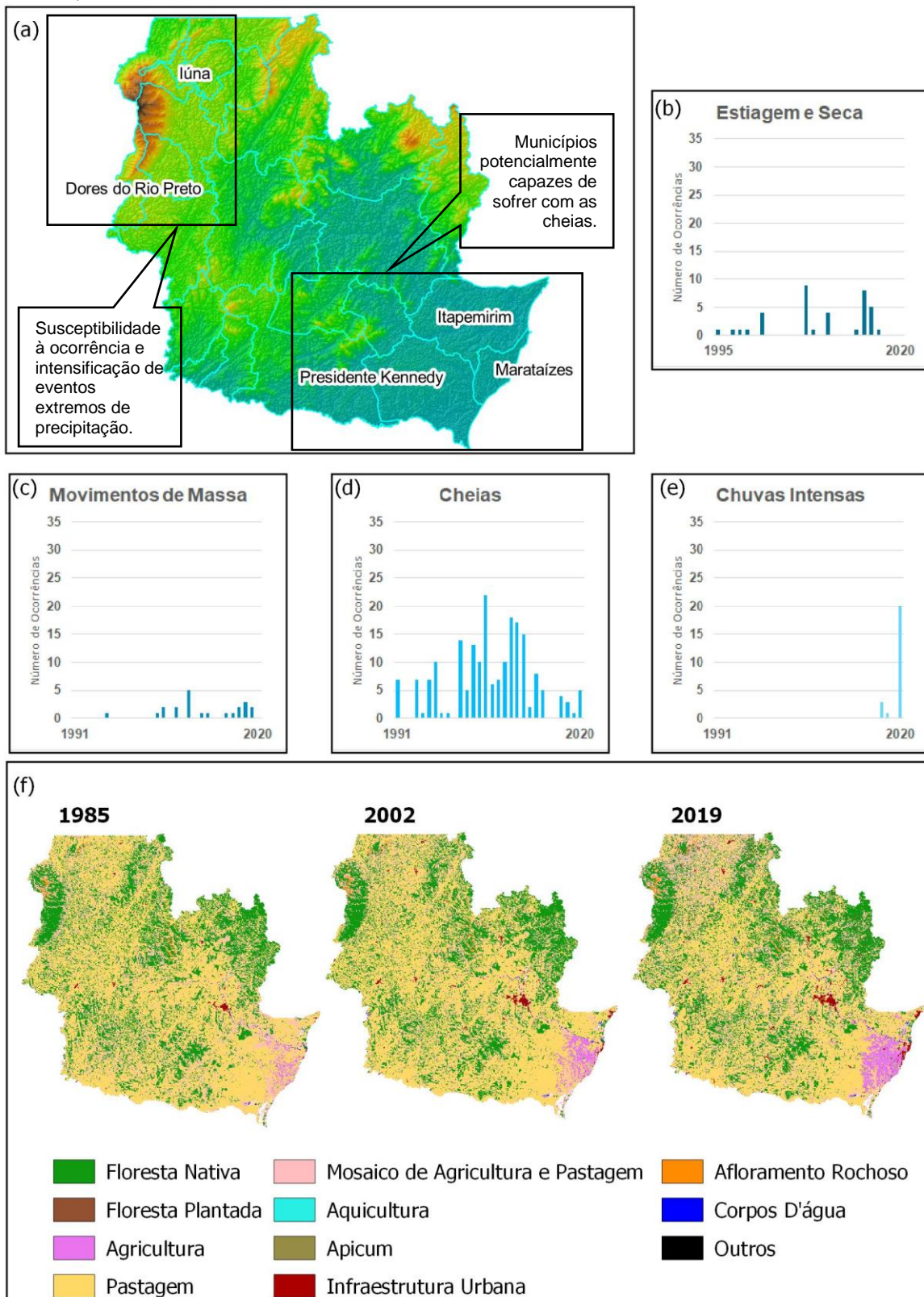
O aumento de Rx1day, Rx5day, R95p, R99p e SDII sugere maior concentração das chuvas e intensificação dos eventos extremos (chuvas intensas, conforme Figura 11e). Conseqüentemente, são parcialmente responsáveis pelo aumento do escoamento superficial e ocorrência de eventos de cheias na Mesorregião Central (Figura 11d). Tais tendências são especialmente importantes para duas áreas. A primeira são os municípios de Domingos Martins e Alfredo Chaves (Figura 11a), nas nascentes do rio Jucu, que abastece a Região Metropolitana de Vitória, em especial a cidade de Vila Velha (Figura 11a). Esta região é composta pelos municípios Serra, Vila Velha, Cariacica, Vitória, Guarapari, Viana e Fundão, onde habitam cerca de 50% da população Espírito-Santense. A segunda consiste nos próprios municípios metropolitanos de Vitória e Serra (Figura 11a). Os aumentos destes índices nestas duas áreas explicam, juntamente com a forte expansão urbana (Figura 11f), o aumento dos desastres relacionados a cheias (Figura 11d) na região metropolitana. Ademais, o aumento de umidade e intensificação das chuvas nesses locais tem causado maior ocorrência de eventos de movimento de massa (Figura 11c) (ÁVILA et al., 2016), as quais já são problemas para o município de Serra, onde existem cerca de 200 setores de escorregamento de terra (GEOBASES, 2017). O reflorestamento nas regiões inclinadas do estado se faz necessário, dependendo da geologia local, pois são regiões susceptíveis às inundações e deslizamentos de terra por apresentarem tendências de aumento de Rx1day e Rx5day (ARISTIZÁBAL et al., 2011; DIAKAKIS, 2012; LIU et al., 2014; WU et al., 2015). Portanto sugere-se que estes locais sejam adotados como prioritários em programas de reflorestamento que objetivem a manutenção, recuperação e ampliação da cobertura florestal como o Reflorestar, por exemplo.

Notou-se também tendências de redução de R10 na zona de recarga de importantes bacias hidrográficas do estado (Figura 11a), nas quais já há conflitos pelo uso da água estabelecidos, principalmente pelo uso prioritário do abastecimento humano e animal: Santa Maria da Vitória (município de Santa Maria de Jetibá), Guandu (município de Laranja da Terra) e Santa Joana (municípios de Itarana e Itaguaçu). A primeira abastece metade da região Metropolitana de Vitória e as demais situam-se em regiões de intensa agricultura irrigada. A redução de R10 associado ao aumento de CDD em zonas de recarga pode comprometer a disponibilidade hídrica das bacias e, conseqüentemente, afetar o abastecimento de água nestas bacias. Desta forma, o reflorestamento em zonas de recarga também se faz necessário para

possibilitar a recarga do lençol freático e permitir o aumento da segurança hídrica. Neste sentido, são necessárias políticas públicas que objetivem o aumento da recarga hídrica nestas bacias a fim de amenizar os efeitos negativos que possam ocorrer no futuro.

Na mesorregião Sul observa-se, principalmente, tendências de redução de CWD e R10 e tendências de aumento de R95p e SDII, estas últimas concentradas na porção Oeste. Tais tendências indicam a diminuição de chuvas amenas e aumento de chuvas intensas com a possível ocorrência de eventos extremos de precipitação, potencialmente capazes de causar desastres naturais. Estes resultados são comprovados por meio das ocorrências de movimento de massa (Figura 12c), elevada ocorrência de cheias (Figura 12d) e de chuvas intensas (Figura 12e) na mesorregião.

Figura 12 - (a) Locais da mesorregião Sul propensos a desastres naturais de acordo com as tendências analisadas. Número de ocorrências de estiagem e seca (b), movimentos de massa (c), cheias (d) e chuvas intensas (e) na mesorregião Sul, de 1991 a 2020. (f) Classificação do uso do solo na mesorregião Sul do Espírito Santo de 1985, 2002 e 2019.



Fonte: a autora.

Neste sentido, dois municípios destacam-se por apresentar tendências de susceptibilidade à ocorrência de eventos extremos de precipitação e aumento da intensidade destes eventos: Dores do Rio Preto e Lúna (Figura 12a). A estação localizada em Dores do Rio Preto destaca-se por apresentar tendências de aumento de Rx1day, R95p, R99p e SDII. A estação do município de Lúna também se destacou por apresentar tendência de aumento de Rx1day, Rx5day e SDII.

Na Figura 12a e Figura 12f pode-se notar a intensificação da prática de agricultura e pastagem principalmente, na parte Sul, nos municípios de Itapemirim, Marataízes e Presidente Kennedy. Aqui deve-se destacar também o município de Cachoeiro de Itapemirim, maior cidade da bacia hidrográfica do rio Itapemirim, e uma das áreas com maior risco de inundação (BRANDÃO; GONÇALVES; JABOR, 2018). Por serem regiões litorâneas, apresentam baixas altitudes, sendo potencialmente susceptíveis à ocorrência de cheias. Além disso, as tendências de redução de chuvas amenas e intensificação da precipitação foram detectadas justamente nestes locais ou próximos a eles. Assim, sugere-se realizar práticas de recomposição florestal nas áreas de recarga e de declive das bacias do Rio Itapemirim e Itabapoana, onde os municípios estão localizados, a fim de amenizar o impacto do escoamento superficial das chuvas e evitar a ocorrência de cheias nestas cidades.

As tendências que foram observadas mostram que as porções Central e Sul estão se tornando mais úmidas, principalmente, devido ao aumento da precipitação acumulada nos eventos extremos de chuva e a sua maior frequência de ocorrência, podendo ocasionar sérios desastres naturais.

O mesmo foi destacado por Zilli et al. (2016), para a região Sudeste do Brasil, os quais atribuíram este comportamento ao deslocamento para sul da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Outros pesquisadores sugerem que as alterações na circulação atmosférica (CLEM; FOGT, 2015; DAMIÃO MENDES; CAVALCANTI, 2014), as monções sul-americanas (BOMBARDI; CARVALHO, 2009), o jato de baixo nível da América do Sul (SALLJ) (SALIO; NICOLINI; ZIPSER, 2007), os efeitos da urbanização (SILVA DIAS et al., 2013) e as influências orográficas (WIMHURST; GREENE, 2021) podem estar associadas às tendências climáticas.

Com base nos resultados, notou-se a concentração das tendências de aumento da precipitação nas regiões montanhosas da mesorregião Central e Sul, com tendências positivas de R95p, R99p, Rx1day e SDII. No entorno dessas regiões observou-se tendências de redução da precipitação, com tendências negativas de

R10 e CWD. Alguns estudos constataram que a orografia pode influenciar a ocorrência de tendências em uma região por meio da interação com as principais características climatológicas do local (FRAZIER; GIAMBELLUCA, 2017; HOPUARE et al., 2015; SALINGER et al., 1995).

Ávila et al. (2016), em seu estudo sobre tendências de precipitação, enchentes e deslizamentos de terra nas regiões montanhosas do Rio de Janeiro e Santa Catarina, observaram tendências contrárias às deste estudo. Os autores identificaram tendências de diminuição da precipitação nas regiões mais altas. Para os autores estes resultados destacam a complexidade da precipitação em regiões montanhosas, além disso, aspectos relacionados ao uso e ocupação da terra podem induzir mudanças distintas na distribuição espacial dos extremos de precipitação.

Para Sobral et al. (2020), além das interações com a orografia, que proporcionam diferentes características e interações com os sistemas atmosféricos, a variabilidade climática também se relaciona com sua localização geográfica. Nas áreas de clima tropical, por exemplo, registram-se temperaturas mais altas, porém com menos regularidade nas chuvas anuais.

Outros estudos revelam que a atividades humanas possam induzir mudanças no aumento da precipitação orográfica. Nos últimos anos alguns estudos analisaram este tópico (GIVATI; ROSENFELD, 2004; JIRAK; COTTON, 2006) e concluíram que a precipitação orográfica diminuiu nas últimas décadas possivelmente devido a supressão da chuva associado às emissões de aerossóis antropogênicos em áreas urbanas próximas (LYNN et al., 2007).

A análise dos resultados mostra que nem todas as estações que apresentaram tendência pelo teste MK apresentaram tendência pelo teste de Pettitt. Os resultados também mostram que os anos de mudança ocorreram principalmente entre os anos de 1970 a 1990, com maior frequência na década de 1980.

Com base nos resultados aqui apresentados, gestores e tomadores de decisão podem ser alertados previamente sobre os riscos de desastres naturais, para que medidas de mitigação sejam colocadas em prática, a fim de reduzir o impacto desses desastres.

6. CONCLUSÕES

As análises de tendência de indicadores de precipitação mostram a existência de tendências de precipitação em todo o Espírito Santo, especialmente nas mesorregiões Central e Sul, nas quais notam-se mais tendências de aumento de chuvas.

A investigação sobre desastres naturais mostra que as mesorregiões Noroeste e Litoral Norte apresentaram tendências significativas relacionadas à redução da precipitação, associadas a maiores ocorrências de estiagem e seca. A mesorregião Central também apresentou elevados índices de ocorrência de estiagem e seca. Contudo, destacam-se tendências relacionadas ao das chuvas extremas, com registros expressivos de movimentos de massa, cheias e chuvas intensas, assim como na mesorregião Sul.

A investigação da evolução das alterações do uso e ocupação da terra indicou que as mesorregiões Litoral Norte, com a mais notável alteração, Centro Leste do Noroeste e Sul da mesorregião Sul, são as que apresentaram expressivo aumento da atividade agrícola. Outro destaque é o aumento da infraestrutura urbana na região Metropolitana de Vitória, na mesorregião Central. Estas alterações podem intensificar os efeitos negativos das tendências de precipitação encontradas nestas regiões.

Com este estudo, pode-se sugerir que a recomposição florestal, desde que feita priorizando locais adequados para o fim que se propõem, pode amenizar os efeitos negativos socioeconômicos e geoambientais aqui observados. Vale ressaltar que as análises e investigações realizadas podem subsidiar políticas públicas estaduais de ocupação territorial e recomposição florestal.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERICO, I.; IAVARONE, R.; PETROSINO, P. A procedure for the resilience mapping in urban systems exposed to natural hazard: The Ischia Island (southern Italy) test area. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 50, p. 101893, 1 nov. 2020.
- ALLEN, M. et al. Summary for Policymakers. In: **Global Warming of 1.5°C**. Genebra: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), 2018. p. 41.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.
- ALVES, K. M. A. DA S.; CAVALCANTI, L. C. DE S.; NÓBREGA, R. S. Eventos extremos e risco de inundação: uma análise do comportamento evolutivo dos Distúrbios Ondulatórios de Leste em junho de 2010 sobre a bacia do rio Una - Pernambuco. **GeoTextos**, v. 9, n. 2, p. 173–189, 23 dez. 2013.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Eds.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 39–52.
- ANDERSON, M. C. et al. Comparison of satellite-derived LAI and precipitation anomalies over Brazil with a thermal infrared-based Evaporative Stress Index for 2003–2013. **Journal of Hydrology**, v. 526, p. 287–302, 1 jul. 2015.
- ANSARI, T. A.; KATPATAL, Y. B.; VASUDEO, A. D. Spatial evaluation of impacts of increase in impervious surface area on SCS-CN and runoff in Nagpur urban watersheds, India. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 9, n. 18, p. 1–15, 1 nov. 2016.
- ARAÚJO, W. DOS S.; BRITO, J. I. B. DE. Indices of trends of climatic changes for the states of the Bahia and Sergipe by means of daily precipitation indices and its relation with SST'S of the Pacific and Atlantic. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 541–554, dez. 2011.
- ARISTIZÁBAL, E. et al. Análisis de umbrales empíricos de lluvia para el pronóstico de movimientos en masa en el valle de Aburrá, Colombia. **Revista EIA**, n. 15, p. 95–111, 2011.
- ARNELL, N. W.; GOSLING, S. N. The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. **Climatic Change**, v. 134, n. 3, p. 387–401, 1 fev. 2016.
- AVAND, M.; MORADI, H.; LASBOYEE, M. R. Using machine learning models, remote sensing, and GIS to investigate the effects of changing climates and land uses on flood probability. **Journal of Hydrology**, p. 125663, 27 out. 2020.
- AVAND, M.; MORADI, H. R.; RAMAZANZADEH LASBOYEE, M. Spatial Prediction of Future Flood Risk: An Approach to the Effects of Climate Change. **Geosciences**, v. 11, n. 1, p. 25, 5 jan. 2021.
- ÁVILA, A. et al. Recent precipitation trends, flash floods and landslides in southern Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 11, p. 114029, 1 nov. 2016.
- BANDOC, G.; PRĂVĂLIE, R. Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. **Journal of Geographical Sciences**, v. 25, n. 11, p. 1307–1327, 21 nov. 2015.
- BEKTESHI, S. et al. Radon concentrations and exposure levels in the Trepça

underground mine: A comparative study. **Journal of Cleaner Production**, v. 155, p. 198–203, 1 jul. 2017.

BENISTON, M. **Climatic change in mountain regions: A review of possible impacts**. Climatic Change. **Anais...** jul. 2003. . Acesso em: 14 out. 2020

BOERS, N. et al. Prediction of extreme floods in the eastern Central Andes based on a complex networks approach. **Nature Communications**, v. 5, 14 out. 2014.

BOMBARDI, R. J.; CARVALHO, L. M. V. IPCC global coupled model simulations of the South America monsoon system. **Climate Dynamics**, v. 33, n. 7–8, p. 893–916, 2009.

BONNET, S. M.; DERECZYNSKI, C. P.; NUNES, A. Caracterização Sinótica e Climatológica de Eventos de Chuva Pós-Frontal no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 547–557, 1 jul. 2018.

BOSMANS, J. H. C. et al. Hydrological impacts of global land cover change and human water use. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 11, p. 5603–5626, 14 nov. 2017.

BRANDÃO, F. D.; GONÇALVES, M. A.; JABOR, P. M. **Diagnóstico e prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do rio Itapemirim**. Vitória: [s.n.].

BRAUD, I. et al. Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France. **Journal of Hydrology**, v. 485, p. 5–23, 2 abr. 2013.

CAMPOS, C. R. J. DE; EICHHOLZ, C. W. Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 2, p. 331–345, abr. 2011.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall in: Journal of Climate Volume 17 Issue 1 (2004). **Journal of Climate**, v. 17, p. 88–108, 2004.

CASTRO, A. L. C. DE. **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. v. 2

CASTRO, A. L. C. DE. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional - Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2003a. v. 1

CASTRO, A. L. C. DE. **Manual de desastres humanos: desastres humanos de natureza tecnológica**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2003b. v. 2

CAVALCANTI, I. F. A. ; M. A. B. C. ; S. P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. A. ; F. N. J. ; J. D. S. M. G. A. ; S. D. M. A. F. (Ed.). . **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 25–42.

CEMADEN. **Secas**. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/secas/>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

CERRI, L. E. S. Riscos geológicos urbanos. In: CHASSOT, A; CAMPOS, H. (Ed.). . **Ciência da terra e meio ambiente: diálogos para (inter)ações no planeta**. São Leopoldo: Unisinos, 1999.

- CHADWICK, R. et al. Large rainfall changes consistently projected over substantial areas of tropical land. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 2, p. 177–181, 28 fev. 2016.
- CHAULUKA, F.; SINGH, S.; KUMAR, R. Rainfall and streamflow trends of Thuchila River, Southern Malawi. **Materials Today: Proceedings**, 13 ago. 2020.
- CHEBANA, F.; OUARDA, T. B. M. J.; DUONG, T. C. Testing for multivariate trends in hydrologic frequency analysis. **Journal of Hydrology**, v. 486, p. 519–530, 12 abr. 2013.
- CHEN, X. et al. Urbanization and climate change impacts on future flood risk in the Pearl River Delta under shared socioeconomic pathways. **Science of the Total Environment**, p. 143144, 16 out. 2020.
- CHOUBIN, B. et al. An ensemble prediction of flood susceptibility using multivariate discriminant analysis, classification and regression trees, and support vector machines. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 2087–2096, 15 fev. 2019.
- CHOW, V. T. D. R.; MAYS, L. W. **Applied hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1998.
- CLEM, K. R.; FOGT, R. L. South Pacific circulation changes and their connection to the tropics and regional Antarctic warming in austral spring, 1979-2012. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 120, n. 7, p. 2773–2792, 16 abr. 2015.
- COHEN, J. C. P. ; C. I. F. A. ; B. R. H. M. ; S. N. L. Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A. ; F. N. J. ; J. D. S. M. G. A. ; S. D. M. A. F. (Ed.). . **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 75–93.
- CONTRERAS, F. I.; FERRELLI, F.; PICCOLO, M. C. The impact of dry and wet events on subtropical peri-urban shallow lakes: A contribution to urban planning of corrientes city (Argentina). **Finisterra**, v. 55, n. 114, p. 3–22, 2020.
- COSTA, R. L. et al. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes**, v. 28, p. 100254, 1 jun. 2020.
- COSTACHE, R. et al. Flash-flood susceptibility assessment using multi-criteria decision making and machine learning supported by remote sensing and GIS techniques. **Remote Sensing**, v. 12, n. 1, p. 106, 1 jan. 2020a.
- COSTACHE, R. et al. Novel hybrid models between bivariate statistics, artificial neural networks and boosting algorithms for flood susceptibility assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 265, p. 110485, 1 jul. 2020b.
- CUNHA, A. P. M. A. et al. Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, n. 11, p. 642, 24 out. 2019.
- DAMANIA, R. The economics of water scarcity and variability. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 36, n. 1, p. 24–44, 1 mar. 2020.
- DAMIÃO MENDES, M. C.; CAVALCANTI, I. F. A. The relationship between the Antarctic oscillation and blocking events over the South Pacific and Atlantic Oceans. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 3, p. 529–544, 15 mar. 2014.
- DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S. DE; MACHADO, C. O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 24–38, mar. 2009.
- DIAKAKIS, M. Rainfall thresholds for flood triggering. The case of Marathonas in

Greece. **Natural Hazards**, v. 60, n. 3, p. 789–800, 12 fev. 2012.

DINKA, M. O.; KLIK, A. Effect of land use–land cover change on the regimes of surface runoff—the case of Lake Basaka catchment (Ethiopia). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 5, p. 1–13, 1 maio 2019.

ESPINOZA, J. C. et al. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: The role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, 1 dez. 2014.

FERNANDES, C. P.; AMARAL, C. P. Movimento de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. (Ed.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. DA S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FRAZIER, A. G.; GIAMBELLUCA, T. W. Spatial trend analysis of Hawaiian rainfall from 1920 to 2012. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 5, p. 2522–2531, 1 abr. 2017.

GARCIA-HERNANDEZ, J. A.; BROUWER, R. A multiregional input–output optimization model to assess impacts of water supply disruptions under climate change on the Great Lakes economy. **Economic Systems Research**, 2020.

GASHAW, T. et al. Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. **Science of the Total Environment**, v. 619–620, p. 1394–1408, 1 abr. 2018.

GEOBASES. **Feições navegador GEOBASES**. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/wfs>>. Acesso em: 2 jun. 2021.

GIVATI, A.; ROSENFELD, D. Quantifying Precipitation Suppression Due to Air Pollution in: Journal of Applied Meteorology and Climatology Volume 43 Issue 7 (2004). **Journal of Applied Meteorology**, v. 43, p. 1038–1056, 2004.

GLADE, T. **Landslide occurrence as a response to land use change: A review of evidence from New Zealand**. Catena. **Anais...Elsevier**, 1 abr. 2003. . Acesso em: 30 nov. 2020

GOETZ, J. N.; GUTHRIE, R. H.; BRENNING, A. Forest harvesting is associated with increased landslide activity during an extreme rainstorm on Vancouver Island, Canada. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 15, n. 6, p. 1311–1330, 22 jun. 2015.

GOLROUDBARY, V. R. et al. Detecting the effect of urban land use on extreme precipitation in the Netherlands. **Weather and Climate Extremes**, v. 17, p. 36–46, 1 set. 2017.

GONÇALVES, C. J. **Tendências hidroclimáticas na bacia do rio Itapemirim**. [s.l: s.n.].

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Distribuição dos desastres naturais no estado de Santa Catarina: estiagem (1980-2003)**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. **Anais...Florianópolis: GEDN/UFSC**, 2004.

GOOSSENS, C.; BERGER, ANDRÉ. Annual and seasonal climatic variations over the

northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, v. 4, n. 4, p. 385–400, 1986.

GUAN, M.; SILLANPÄÄ, N.; KOIVUSALO, H. Storm runoff response to rainfall pattern, magnitude and urbanization in a developing urban catchment. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 4, p. n/a-n/a, 15 fev. 2015.

GUIMARÃES, R. F. et al. Movimentos de Massa. In: FLORENZANO, T. G. (Ed.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 159–184.

GUIMARÃES, S. O. et al. Projeções de mudanças climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos modelos do CMIP5 e do CORDEX. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 337–365, 1 jul. 2016.

HADDELAND, I.; SKAUGEN, T.; LETTENMAIER, D. P. Anthropogenic impacts on continental surface water fluxes. **Geophysical Research Letters**, v. 33, n. 8, 28 abr. 2006.

HAMED, K. H. Trend detection in hydrologic data: The Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis. **Journal of Hydrology**, v. 349, n. 3–4, p. 350–363, 1 fev. 2008.

HE, F. et al. The synthetic geo-ecological environmental evaluation of a coastal coal-mining city using spatiotemporal big data: A case study in Longkou, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 854–866, 20 jan. 2017.

HOPUARE, M. et al. Climate change, Pacific climate drivers and observed precipitation variability in Tahiti, French Polynesia. **Climate Research**, v. 63, n. 2, p. 157–170, 29 abr. 2015.

HU, S.; FAN, Y.; ZHANG, T. Assessing the Effect of Land Use Change on Surface Runoff in a Rapidly Urbanized City: A Case Study of the Central Area of Beijing. **Land**, v. 9, n. 1, p. 17, 10 jan. 2020.

HUANG, H. et al. Effect of growing watershed imperviousness on hydrograph parameters and peak discharge. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 13, p. 2075–2085, 30 jun. 2008.

HUANG, J. et al. Accelerated dryland expansion under climate change. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 2, p. 166–171, 27 jan. 2016.

HUMMELL, B. M. DE L.; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 7, n. 2, p. 111–122, 1 jun. 2016.

HUNG, C. L. J. et al. Impacts of combined land-use and climate change on streamflow in two nested catchments in the Southeastern United States. **Ecological Engineering**, v. 143, p. 105665, 15 jan. 2020.

IBGE. **Área territorial brasileira**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>>. Acesso em: 14 out. 2020.

JIRAK, I. L.; COTTON, W. R. Effect of air pollution on precipitation along the front range of the Rocky Mountains. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 45, n. 1, p. 236–245, 1 jan. 2006.

KENDALL, M. Rank Correlation Methods. London: Charles Griffin & Co. 1975.

KING, A. D. et al. The timing of anthropogenic emergence in simulated climate

- extremes. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 9, p. 94015, 10 set. 2015.
- KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F. Relação entre desastres naturais e floresta. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 6, p. 17–48, 2012.
- KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. <http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v33i6.10775>, v. 33, n. 6, p. 538–551, 1981.
- LERNER, D. N. Groundwater recharge in urban areas. **Atmospheric Environment. Part B, Urban Atmosphere**, v. 24, n. 1, p. 29–33, 1990.
- LIMA, K. B.; AQUINO, F. E.; MORAES, F. D. DE S. Impactos gerados por dois complexos convectivos de mesoescala de diferentes extensões no sul do Brasil. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, p. 186–205, 2018.
- LIU, M. et al. Is southwestern China experiencing more frequent precipitation extremes? **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 6, p. 064002, 1 jun. 2014.
- LORENTZ, J. F. et al. Multicriteria analysis applied to landslide susceptibility mapping. **Natural Hazards**, v. 83, n. 1, p. 41–52, 1 ago. 2016.
- LYNN, B. et al. Effects of aerosols on precipitation from orographic clouds. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, v. 112, n. 10, p. 10225, 27 maio 2007.
- LYRA, M. J. A. et al. Complexos convectivos de mesoescala sobre o Nordeste do Brasil e fenômenos adversos associados. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 3, p. 95–103, 24 out. 2018.
- LYRA, M. J. A. et al. Características dos Complexos Convectivos de Mesoescala no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. Special Issue, p. 727–734, 7 dez. 2020.
- LYU, L. et al. Quantifying the Effect of Land Use Change and Climate Variability on Green Water Resources in the Xihe River Basin, Northeast China. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 338, 11 jan. 2019.
- MACHADO, C. C. C. et al. Distúrbio ondulatório de leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, 31 dez. 2012.
- MACHADO, L. A. T. , F. N. J. ; L. H. ; D. A. Distúrbios Ondulatórios de Leste. In: CAVALCANTI, I. F. A. ; F. N. J. ; J. D. S. M. G. A. ; S. D. M. A. F. (Ed.). . **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 61–74.
- MANN, H. B. Nonparametric Tests Against Trend. **Econometrica**, v. 13, n. 3, p. 245, jul. 1945.
- MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: GHEYI, H. R. et al. (Eds.). . **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 384–422.
- MARENGO, J. A. et al. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. **Frontiers in Climate**, v. 3, p. 610433, 3 mar. 2021.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3–4, p. 1189–

1200, 1 ago. 2017.

MARENGO ORSINI, J. A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973–1985, 2018.

MARRAFON, V. H.; REBOITA, M. S. CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL REVELADAS ATRAVÉS DE ÍNDICES CLIMÁTICOS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, n. 0, p. 663, 22 maio 2020.

MELESSE, A.; WANG, X. Landsat-Based Impervious Surface Mapping And Storm Runoff Response Modeling. **AGUSM**, v. 2007, p. H22B-01, 2007.

MILLER, J. D. et al. Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover. **Journal of Hydrology**, v. 515, p. 59–70, 16 jul. 2014.

MINNIG, M. et al. Impact of urbanization on groundwater recharge rates in Dübendorf, Switzerland. **Journal of Hydrology**, v. 563, p. 1135–1146, 1 ago. 2018.

MITSOVA, D. Coupling Land Use Change Modeling with Climate Projections to Estimate Seasonal Variability in Runoff from an Urbanizing Catchment Near Cincinnati, Ohio. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 3, n. 4, p. 1256–1277, 4 dez. 2014.

MONTZ, B. E.; GRUNTFEST, E. Flash flood mitigation: Recommendations for research and applications. **Environmental Hazards**, v. 4, n. 1, p. 15–22, 1 jan. 2002.

MORAES, F. D. DE S.; AQUINO, F. E. Desastres no Rio Grande do Sul associados a complexos convectivos de mesoescala: estudo de caso do evento que ocorreu entre 22 e 23 de abril de 2011. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 0, p. 111–134, 15 ago. 2018.

MOREIRA, J. G. DO V.; NAGHETTINI, M. Detecção de Tendências Monotônicas Temporais e Relação com Erros dos Tipos I e II: Estudo de Caso em Séries de Precipitações Diárias Máximas Anuais do Estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 394–402, 1 out. 2016.

NASCIMENTO, F. H. DO; DO VALE, C. C. Efeito orográfico em um transecto entre Fundão e Santa Teresa no Estado do Espírito Santo no ano hidrológico 2015/2016. **Geografares**, n. 29, p. 71–90, 17 out. 2019.

NEVES, D. J. D.; ALCÂNTARA, C. R.; SOUZA, E. P. DE. Estudo de Caso de um Distúrbio Ondulatório de Leste sobre o Estado do Rio Grande do Norte - Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 490–505, 1 out. 2016.

O'DRISCOLL, M. et al. Urbanization Effects on Watershed Hydrology and In-Stream Processes in the Southern United States. **Water**, v. 2, n. 3, p. 605–648, 13 set. 2010.

OLIVA, F. G. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos relacionados. **Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio**, v. 12, n. 23, p. 74–99, 2019.

OMER, A. et al. Natural and anthropogenic influences on the recent droughts in Yellow River Basin, China. **Science of the Total Environment**, v. 704, p. 135428, 20 fev. 2020.

PANDEY, B. K.; KHARE, D. Identification of trend in long term precipitation and reference evapotranspiration over Narmada river basin (India). **Global and Planetary**

Change, v. 161, p. 172–182, 1 fev. 2018.

PARIZOTO, D. G. V. et al. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 A 2012**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. v. Volume Bra

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**, v. 421, n. 6918, p. 37–42, 2 jan. 2003.

PERSICHILLO, M. G.; BORDONI, M.; MEISINA, C. The role of land use changes in the distribution of shallow landslides. **Science of the Total Environment**, v. 574, p. 924–937, 1 jan. 2017.

PETTITT, A. N. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. **Applied Statistics**, v. 28, n. 2, p. 126, 1979.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. **Agrometeorologia: aplicações pra o Espírito Santo**. alegre: CAUFES, 2012.

PORTELA, M. M. et al. Tendências em séries temporais de variáveis hidrológicas. **Revista Recursos Hídricos**, v. 32, p. 43–60, 2011.

PRĂVĂLIE, R. et al. Spatio-temporal trends of mean air temperature during 1961–2009 and impacts on crop (maize) yields in the most important agricultural region of Romania. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 31, n. 8, p. 1923–1939, 1 out. 2017.

PRĂVĂLIE, R. et al. Recent changes in global drylands: Evidences from two major aridity databases. **Catena**, v. 178, p. 209–231, 1 jul. 2019.

PTAK, M. et al. Long-term water temperature trends of the Warta River in the years 1960–2009. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 19, n. 3, p. 441–451, 1 jul. 2019.

REGOTO, P. et al. Trends in extreme precipitation over Espírito Santo state-southeast Brazil. **Anuario do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 1, p. 365–381, 2018.

REGOTO, P. et al. Observed Changes in Air Temperature and Precipitation Extremes over Brazil. **International Journal of Climatology**, p. joc.7119, 25 mar. 2021.

ROSE, S.; PETERS, N. E. Effects of urbanization on streamflow in the Atlanta area (Georgia, USA): A comparative hydrological approach. **Hydrological Processes**, v. 15, n. 8, p. 1441–1457, 15 jun. 2001.

SABINO, M. et al. Parâmetros biofísicos e índices de extremos de temperatura do ar na transição Cerrado-Amazônia. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 513–524, 30 jul. 2020.

SAHIN, V.; HALL, M. J. The effects of afforestation and deforestation on water yields. **Journal of Hydrology**, v. 178, n. 1–4, p. 293–309, 15 abr. 1996.

SALINGER, M. J. et al. Climate trends in the South-west Pacific. **International Journal of Climatology**, v. 15, n. 3, p. 285–302, 1 mar. 1995.

SALIO, P.; NICOLINI, M.; ZIPSER, E. J. Mesoscale convective systems over southeastern South America and their relationship with the South American low-level jet. **Monthly Weather Review**, v. 135, n. 4, p. 1290–1309, abr. 2007.

SANTOS, A. H. M. DOS et al. Distúrbio Ondulatório de Leste e seus impactos na cidade de Salvador. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 355–364, set. 2012.

SANTOS, C. A. DOS. **Impactos da precipitação e do uso do solo nas tendências das vazões na bacia hidrográfica do Rio Grande.** [s.l: s.n.].

SANTOS, C. A. C. DOS et al. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 39–47, mar. 2009.

SANTOS, C. A. C. DOS; BRITO, J. I. B. DE. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 303–312, dez. 2007.

SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Estatuto**, 2013.

SEN, P. K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, n. 324, p. 1379–1389, 1968.

SILLMANN, J.; SIPPEL, S. Climate extremes and their implications for impact and risk assessment: A short introduction. In: **Climate Extremes and Their Implications for Impact and Risk Assessment.** [s.l.] Elsevier, 2019. p. 1–9.

SILVA, K. R. DA et al. Interpolação espacial da precipitação no estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 417–427, 3 jul. 2011a.

SILVA, P. E. DA et al. Analysis of climate extreme indices in the northeast Brazil and the Brazilian Amazon in the period from 1980 to 2013. **Anuario do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 2, p. 137–148, 1 dez. 2019.

SILVA, V. P. R. DA et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131–138, 2011b.

SILVA DIAS, M. A. F. et al. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, v. 116, n. 3–4, p. 705–722, 7 jun. 2013.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização Climatológica e Tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro. **Anuario do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 123–138, 1 dez. 2014.

SKANSI, M. DE LOS M. et al. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. **Global and Planetary Change**, v. 100, p. 295–307, jan. 2013.

SOARES, W. **Projeções de Mudanças Climáticas para o Espírito Santo Utilizando Modelagem Regional de Alta Resolução.** Disponível em: <<https://impactoclima.ufes.br/>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

SOBRAL, B. S. et al. Drought characterization for the state of Rio de Janeiro based on the annual SPI index: trends, statistical tests and its relation with ENSO. **Atmospheric Research**, v. 220, p. 141–154, 15 maio 2019.

SOBRAL, B. S. et al. PERSIANN-CDR based characterization and trend analysis of annual rainfall in Rio De Janeiro State, Brazil. **Atmospheric Research**, v. 238, p. 104873, 1 jul. 2020.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. Um Complexo Convectivo de Mesoescala Associado à Precipitação Intensa sobre Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 2, p. 01–14, 1998.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista**

Brasileira de Geografia Física, v. 01, n. 1, p. 143–159, 12 jun. 2012.

STEPHENSON, T. S. et al. Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961–2010. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 9, p. 2957–2971, 13 jul. 2014.

SUN, D.; ZHANG, D.; CHENG, X. Framework of National Non-Structural Measures for Flash Flood Disaster Prevention in China. **Water**, v. 4, n. 1, p. 272–282, 19 mar. 2012.

SUN, S. et al. On the coupling between precipitation and potential evapotranspiration: contributions to decadal drought anomalies in the Southwest China. **Climate Dynamics**, v. 48, n. 11–12, p. 3779–3797, 1 jun. 2017.

TANOUE, M.; HIRABAYASHI, Y.; IKEUCHI, H. Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1–9, 26 out. 2016.

TERZAGHI, K. **Mecanismos de escorregamentos de terra**. Tradução: Ernesto Pichler. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1952.

TIJDEMAN, E. et al. Natural and Human Influences on the Link Between Meteorological and Hydrological Drought Indices for a Large Set of Catchments in the Contiguous United States. **Water Resources Research**, v. 54, n. 9, p. 6005–6023, 1 set. 2018.

TIJDEMAN, E.; HANNAFORD, J.; STAHL, K. Human influences on streamflow drought characteristics in England and Wales. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 2, p. 1051–1064, 8 fev. 2018.

TRAMBLAY, Y.; EL ADLOUNI, S.; SERVAT, E. Trends and variability in extreme precipitation indices over maghreb countries. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 13, n. 12, p. 3235–3248, 13 dez. 2013.

TUCCI, C. E. M. Controle de enchentes. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Universidade/Edusp; ABRH, 1993. p. 944.

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Flood forecasting. **WMO Bulletin**, v. 55, n. 3, p. 179–184, 2006.

ULIANA, E. M. et al. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: Uso de teste estatístico não paramétrico. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 1, p. 82–88, 2015.

UN-ISDR. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Disponível em: <<http://www.unisdr.org>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

VAN LOON, A. F. et al. Drought in the Anthropocene. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 2, p. 89–91, 1 fev. 2016a.

VAN LOON, A. F. et al. Drought in a human-modified world: reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 20, n. 9, p. 3631–3650, 8 set. 2016b.

WANG, R.; LI, C. Spatiotemporal analysis of precipitation trends during 1961–2010 in Hubei province, central China. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 124, n. 1–2, p. 385–399, 1 abr. 2015.

WANG, X.; HOU, X.; ZHAO, Y. Changes in consecutive dry/wet days and their relationships with local and remote climate drivers in the coastal area of China. **Atmospheric Research**, v. 247, p. 105138, 1 jan. 2021.

- WEI, L.; HUBBART, J. A.; ZHOU, H. Variable Streamflow Contributions in Nested Subwatersheds of a US Midwestern Urban Watershed. **Water Resources Management**, v. 32, n. 1, p. 213–228, 1 jan. 2018.
- WEI, Y. et al. Drylands climate response to transient and stabilized 2 °C and 1.5 °C global warming targets. **Climate Dynamics**, v. 53, n. 3–4, p. 2375–2389, 15 ago. 2019.
- WIMHURST, J. J.; GREENE, J. S. Updated analysis of gauge-based rainfall patterns over the western tropical Pacific Ocean. **Weather and Climate Extremes**, v. 32, p. 100319, 1 jun. 2021.
- WU, M. et al. Characteristics of meteorological disasters and their impacts on the agricultural ecosystems in the northwest of China: a case study in Xinjiang. **Geoenvironmental Disasters**, v. 2, n. 1, p. 1–10, 1 dez. 2015.
- YAO, L. et al. Rainfall-runoff risk characteristics of urban function zones in Beijing using the SCS-CN model. **Journal of Geographical Sciences**, v. 28, n. 5, p. 656–668, 1 maio 2018.
- YILMAZ, C.; TOPAL, T.; SÜZEN, M. L. GIS-based landslide susceptibility mapping using bivariate statistical analysis in Devrek (Zonguldak-Turkey). **Environmental Earth Sciences**, v. 65, n. 7, p. 2161–2178, abr. 2012.
- YU, P. S.; YANG, T. C.; WU, C. K. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. **Journal of Hydrology**, v. 260, n. 1–4, p. 161–175, 15 mar. 2002.
- ZAIONTZ, C. **Sen's Slope**. Disponível em: <<https://www.real-statistics.com/time-series-analysis/time-series-miscellaneous/sens-slope/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.
- ZHANG, X.; YANG, F. **RClimdex (1.0) User Manual**, 2004.
- ZHANG, Y. et al. Simulation and assessment of urbanization impacts on runoff metrics: insights from landuse changes. **Journal of Hydrology**, v. 560, p. 247–258, 1 maio 2018.
- ZILLI, M. T. et al. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 5, p. 2269–2279, 1 abr. 2017.

APÊNDICE A - Código, nome da estação, nome do município de localização, mesorregião, latitude (Y), longitude (X), altitude (m) e ano de início de fim da série de dados das estações meteorológicas utilizadas no estudo.

Código	Município	Estação	Mesorregião	X	Y	Altitude	Início	Fim
1839000	Pedro Canário	Pedro Canário	Litoral Norte	-39.96	-18.30	66	1951	2019
1839006	São Mateus	Barra Nova	Litoral Norte	-39.76	-18.95	6	1971	2019
1840000	Águia Branca	Águia Branca	Noroeste	-40.75	-18.99	180	1969	2019
1840003	São Mateus	Itauninhas	Litoral Norte	-40.09	-18.49	90	1947	2019
1840004	Barra de São Francisco	Barra de São Francisco	Noroeste	-40.89	-18.75	192	1947	2019
1840007	Água Doce do Norte	Água Doce	Noroeste	-40.98	-18.55	280	1959	2019
1840008	Linhares	Ponte Nova	Litoral Norte	-39.99	-18.98	60	1972	2018
1840009	Ecoporanga	Fazenda São Mateus	Noroeste	-40.89	-18.12	190	1966	2019
1840010	Nova Venécia	Cedrolândia	Noroeste	-40.69	-18.81	300	1970	2019
1840012	Montanha	Fazenda Limoeiro	Litoral Norte	-40.14	-18.15	96	1970	2018
1840013	Ecoporanga	Ecoporanga	Noroeste	-40.84	-18.37	300	1970	2019
1840015	Ecoporanga	Patrimônio Sta Luzia Do Norte	Noroeste	-40.60	-18.21	400	1970	2019
1840016	Nova Venécia	Patrimônio XV	Noroeste	-40.46	-18.49	96	1970	2019
1840017	Pinheiros	São João Do Sobrado	Litoral Norte	-40.41	-18.32	100	1970	2019
1840019	Nova Venécia	Córrego Boa Esperança	Noroeste	-40.44	-18.70	80	1976	2019
1841009	Mantenópolis	Mantenópolis	Noroeste	-41.12	-18.91	900	1970	2019
1841010	Barra de São Francisco	Santo Agostinho	Noroeste	-41.04	-18.41	500	1970	2019
1939002	Linhares	Povoação	Litoral Norte	-39.79	-19.58	3	1974	2019
1940000	Itarana	Itarana	Central	-40.87	-19.87	165	1947	2019
1940001	Santa Tereza	São João do Petrópolis	Central	-40.68	-19.81	149	1947	2019
1940002	Aracruz	Santa Cruz Litoral	Litoral Norte	-40.15	-19.96	5	1947	2019
1940003	Aracruz	Riacho	Litoral Norte	-40.04	-19.75	5	1947	2019
1940005	Ibiraçu	Cavalinho	Litoral Norte	-40.40	-19.69	50	1948	2019
1940006	Colatina	Colatina	Noroeste	-40.62	-19.53	40	1967	2019
1940007	Fundão	Fundão	Litoral Norte	-40.40	-19.94	50	1948	2019
1940009	Pancas	Pancas	Noroeste	-40.85	-19.22	135	1957	2019
1940010	Santa Tereza	Vasulgama Velha Montante	Central	-40.55	-19.95	675	1956	2019

Código	Município	Estação	Mesorregião	X	Y	Altitude	Início	Fim
1940012	Itaguaçu	Itaimbé	Central	-40.84	-19.66	70	1957	2019
1940013	Governador Lindemberg	Novo Brasil	Noroeste	-40.59	-19.24	170	1969	2019
1940016	São Domingos do Norte	Barra de São Gabriel	Noroeste	-40.52	-19.06	70	1968	2019
1940020	Santa Tereza	Caldeirão	Central	-40.74	-19.96	690	1970	2019
1940021	Aracruz	Aracruz	Litoral Norte	-40.27	-19.83	58	1970	2019
1940022	Aracruz	Jacupemba	Litoral Norte	-40.20	-19.59	50	1970	2019
1940023	Rio Bananal	Rio Bananal	Litoral Norte	-40.32	-19.27	95	1970	2019
1941003	Baixo Guandu	Baixo Guandu	Noroeste	-41.01	-19.52	70	1941	2019
1941008	Afonso Cláudio	Laranja da Terra	Central	-41.06	-19.90	250	1947	2019
1941009	Baixo Guandu	Ibituba	Noroeste	-41.02	-19.69	160	1967	2019
1941012	Alto Rio Novo	Alto Rio Novo	Noroeste	-41.03	-19.06	600	1970	2019
2040001	Viana	Fazenda Jucuruaba	Central	-40.49	-20.42	80	1951	2019
2040003	Serra	Fazenda Fonte Limpa	Central	-40.32	-20.19	70	1947	2019
2040004	Guarapari	Guarapari	Central	-40.51	-20.65	6	1947	2018
2040005	Iconha	Iconha-Montante	Central	-40.83	-20.78	25	1947	2019
2040006	Itapemirim	Usina Paineiras	Sul	-40.95	-20.95	40	1947	2019
2040007	Santa Maria de Jetibá	Santa Maria De Jetibá	Central	-40.74	-20.03	710	1947	2019
2040008	Santa Maria de Jetibá	Garrafão	Central	-40.98	-20.14	940	1947	2019
2040009	Anchieta	Anchieta	Central	-40.66	-20.80	6	1948	2019
2040010	Santa Leopoldina	Santa Leopoldina	Central	-40.53	-20.10	160	1949	2019
2040011	Alfredo Chaves	Matilde	Central	-40.81	-20.56	515	1949	2019
2040012	Marechal Floriano	Marechal Floriano	Central	-40.68	-20.41	544	1949	2019
2040014	Cariacica	Duas Bocas	Central	-40.48	-20.26	200	1952	2018
2040017	Iconha	Duas Barras	Central	-40.88	-20.73	265	1957	2019
2040018	Santa Maria de Jetibá	Cachoeira Suíça	Central	-40.61	-20.08	410	1959	2019
2040020	Alfredo Chaves	Vila Nova Maravilha	Central	-40.95	-20.59	980	1964	2019
2040022	Vila Velha	Ponta da Fruta	Central	-40.36	-20.52	3	1970	2019
2040023	Domingos Martins	São Rafael	Central	-40.93	-20.30	804	1970	2019
2040035	Vitória	Vitória	Central	-40.32	-20.32	36	1925	2019

Código	Município	Estação	Mesorregião	X	Y	Altitude	Início	Fim
2041000	Atilio Vivácqua	Atilio Vivácqua	Sul	-41.20	-20.91	76	1944	2019
2041001	Guaçuí	Guaçuí	Sul	-41.68	-20.77	576	1939	2019
2041002	Castelo	Castelo	Sul	-41.20	-20.61	107	1939	2019
2041003	Alegre	Rive	Sul	-41.47	-20.75	127	1939	2018
2041010	Vargem Alta	Jaciguá	Sul	-41.02	-20.70	580	1947	2019
2041011	Conceição do Castelo	Conceição do Castelo	Central	-41.24	-20.35	600	1948	2019
2041013	Lúna	Lúna	Sul	-41.54	-20.35	615	1954	2019
2041014	Dores do Rio Preto	Dores do Rio Preto	Sul	-41.85	-20.69	772	1948	2019
2041015	Muqui	Fazenda Monte Alegre	Sul	-41.40	-20.94	600	1952	2019
2041016	Ibitirama	Ibitirama	Sul	-41.67	-20.54	794	1954	2019
2041017	Irupi	Santa Cruz Caparaó	Sul	-41.70	-20.32	920	1956	2019
2041018	Muniz Freire	Usina Fortaleza	Sul	-41.41	-20.37	580	1956	2019
2041019	Muniz Freire	Itaici	Sul	-41.51	-20.53	380	1961	2019
2041020	Domingos Martins	Aracê	Central	-41.06	-20.37	1075	1963	2019
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Burarama	Sul	-41.35	-20.68	180	1964	2019
2041023	Afonso Cláudio	Afonso Cláudio	Central	-41.12	-20.08	300	1967	2019
2140000	Itapemirim	Barra Do Itapemirim	Sul	-40.84	-21.01	4	1947	2019
2141014	Mimoso do Sul	Ponte Do Itabapoana	Sul	-41.46	-21.21	59	1937	2019
2141015	Mimoso do Sul	Mimoso do Sul	Sul	-41.36	-21.06	67	1964	2019
2141016	São José do Calçado	São José do Calçado	Sul	-41.65	-21.04	150	1952	2019
2141017	Mimoso do Sul	São José das Torres	Sul	-41.24	-21.06	120	1969	2019

Fonte: a autora.

APÊNDICE B

Tabela 1B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettitt (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados do máximo número de dias secos consecutivos (CDD) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	32.054	0.440		0.442				19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	31.500	0.447		0.051				10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	36.245	0.084		0.010				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	30.226	0.116		0.185				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	39.232	0.070		0.052				5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	35.309	0.009	-0.250	0.069				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	33.619*	0.004	0.421	0.029	1983	23.583	37.633	10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	42.333*	0.010	0.440	0.005	1991	34.300	49.636	22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	34.622	0.389		0.587				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	30.733	0.147		0.226				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	31.739	0.628		0.613				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	35.596	0.430		0.429				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	36.581	0.015	0.333	0.055				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	37.977	0.009	0.321	0.061				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	33.359	0.460		1.000				11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	51.167	0.155		0.039				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	38.633	0.080		0.090				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	27.977	0.842		0.193				6.67
1940000	Itarana	Central	42.433	0.109		0.060				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	42.159	0.652		0.765				5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	34.881	0.753		0.424				8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	26.824	0.928		0.518				6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	30.515*	0.001	0.181	0.003	1973	25.042	33.500	5.63

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940006	Colatina	Noroeste	39.060	0.841		1.000				5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	26.391	0.113		0.175				4.23
1940009	Pancas	Noroeste	34.237	0.420		0.740				6.45
1940010	Santa Tereza	Central	21.033	0.735		0.908				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	42.800	0.355		0.177				4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	33.080	0.436		0.450				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	33.021	0.735		1.000				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	33.489	0.577		0.791				10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	34.279	0.652		0.256				14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	28.000	1.000		0.939				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	28.979	0.497		1.000				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	59.840	0.197		0.026				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	52.588	0.691		0.047				6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	51.804*	0.011	0.400	0.005	1992	42.720	60.538	3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	38.063	0.755		1.000				4.08
2040001	Viana	Central	29.625	0.570		0.552				7.35
2040003	Serra	Central	37.406	0.289		0.652				12.50
2040004	Guarapari	Central	26.846	0.070		0.263				9.86
2040005	Iconha	Central	25.594	0.385		0.791				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	34.851	0.321		0.038				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	28.884	0.701		0.904				5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	38.912	0.118		0.268				6.94
2040009	Anchieta	Central	30.908	0.544		1.000				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	26.292*	0.035	0.124	0.012	1991	23.436	30.577	8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	23.824	0.787		0.778				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	25.529	0.521		0.216				4.29
2040014	Cariacica	Central	31.836*	0.007	0.222	0.017	1983	27.522	34.938	18.18
2040017	Iconha	Central	25.823	0.221		0.333				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	23.316	0.440		0.858				6.67

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040020	Alfredo Chaves	Central	21.352	0.265		0.533				3.64
2040022	Vila Velha	Central	28.936	0.208		0.639				6.12
2040023	Domingos Martins	Central	39.896	0.213		0.082				4.08
2040035	Vitória	Central	27.300	0.088		0.028				15.96
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	40.086*	0.004	-0.235	0.010	1969	47.565	36.426	8.00
2041001	Guaçuí	Sul	33.800	0.993		0.395				7.50
2041002	Castelo	Sul	32.782	0.796		1.000				3.75
2041003	Alegre	Sul	33.091	0.698		0.895				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	24.394	0.295		0.029				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	28.656	0.074		0.041				11.27
2041013	Iúna	Sul	42.905	0.499		0.137				4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	37.908	0.431		0.288				9.86
2041015	Muqui	Sul	30.016	0.197		0.571				8.96
2041016	Ibitirama	Sul	36.656	0.047	-0.158	0.257				7.69
2041017	Irupi	Sul	36.034	0.479		0.872				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	34.800	0.310		0.095				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	33.607	0.656		0.893				5.17
2041020	Domingos Martins	Central	30.833	0.186		0.136				5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	27.887	0.215		0.361				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	50.458	0.207		0.022				9.62
2140000	Itapemirim	Sul	33.657	0.573		0.675				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	36.038	0.845		0.932				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	33.333*	0.020	0.235	0.013	1990	27.542	38.481	9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	38.770	0.232		0.144				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	34.791	0.253		0.564				16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 2B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettit (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados do máximo número de dias úmidos consecutivos (CWD) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	8.214	0.596		1.000				19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	6.818	0.757		0.243				10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	8.735	0.104		0.266				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	7.952	0.082		0.185				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	8.522	0.695		1.000				5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	9.200	0.262		0.432				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	9.738	0.016	0.091	0.168				10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	7.310	0.243		0.362				22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	9.089	0.805		1.000				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	6.711	0.248		0.318				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	10.087	0.428		0.710				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	8.000	0.503		0.609				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	7.209	0.076		0.058				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	6.864	0.230		0.489				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	7.744	0.816		1.000				11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	7.500	0.993		1.000				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	8.755	0.057		0.182				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	9.465	0.411		0.511				6.67
1940000	Itarana	Central	8.328	0.234		0.557				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	8.739	0.429		0.468				5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	9.239*	0.034	0.034	0.019	1974	7.640	10.190	8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	8.882	0.241		0.213				6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	9.191	0.983		1.000				5.63
1940006	Colatina	Noroeste	7.400	0.779		1.000				5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	10.072*	0.002	-0.059	0.004	1985	11.027	8.969	4.23
1940009	Pancas	Noroeste	9.458	0.153		0.524				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	11.367	0.709		1.000				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	8.183	0.748		1.000				4.84
1940013	Governador Lindenberg	Noroeste	8.720	0.846		1.000				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	8.771	0.705		1.000				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	9.844	0.225		0.102				10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	10.163	0.548		0.317				14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	8.694	0.071		0.260				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	10.191	1.000		1.000				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	7.160	0.217		0.308				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	7.426	0.287		0.398				6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	7.235	0.364		0.661				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	8.000	0.117		0.054				4.08
2040001	Viana	Central	7.797	0.112		0.462				7.35
2040003	Serra	Central	10.422	0.679		0.325				12.50
2040004	Guarapari	Central	8.015*	0.015	-0.037	0.016	1980	8.786	7.432	9.86
2040005	Iconha	Central	8.783	0.433		0.488				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	6.761	0.020	-0.032	0.098				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	10.101	0.300		0.396				5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	8.338	0.043	-0.037	0.113				6.94
2040009	Anchieta	Central	7.662	0.693		0.348				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	11.308	0.168		0.169				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	9.971	0.983		0.594				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	11.456	0.321		0.236				4.29
2040014	Cariacica	Central	8.836	0.015	-0.065	0.110				18.18
2040017	Iconha	Central	9.081*	0.036	-0.042	0.036	1972	11.625	8.196	1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	9.667	0.504		0.388				6.67
2040020	Alfredo Chaves	Central	12.722	0.620		0.833				3.64
2040022	Vila Velha	Central	8.511	0.174		0.100				6.12
2040023	Domingos Martins	Central	8.875	0.705		0.540				4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	8.438	0.101		0.302				15.96
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	7.500	0.571		0.741				8.00
2041001	Guaçuí	Sul	11.387*	0.008	-0.044	0.009	1971	14.531	9.047	7.50
2041002	Castelo	Sul	8.385	0.053		0.015				3.75
2041003	Alegre	Sul	8.714	0.009	-0.029	0.062				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	8.939	0.322		0.164				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	9.828	0.022	-0.042	0.035	1983	10.176	9.765	11.27
2041013	Iúna	Sul	9.508	0.738		0.405				4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	8.831	0.685		0.243				9.86
2041015	Muqui	Sul	9.016	0.927		0.260				8.96
2041016	Ibitirama	Sul	11.279	0.067		0.260				7.69
2041017	Irupi	Sul	12.085	0.172		0.634				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	8.967	0.700		0.539				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	8.804	0.544		0.508				5.17
2041020	Domingos Martins	Central	8.852	0.809		1.000				5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	8.811	0.396		0.458				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	8.125	0.123		0.031				9.62
2140000	Itapemirim	Sul	7.716*	0.004	-0.042	0.006	1986	8.730	6.467	8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	8.367	0.190		0.001				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	8.314	0.291		0.316				9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	8.016	0.330		0.425				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	6.186	0.331		0.066				16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 3B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettit (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados de precipitação total anual (PRCPTOT, mm) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	1089.300	0.089		0.099				19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	1171.743	0.119		0.029				10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	1226.986*	0.038	-7.639	0.047	1986	1380.73	1137.72	4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	1054.703	0.444		0.795				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	988.243	0.063		0.046				5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	1321.604	0.433		0.360				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	1253.619	0.099		0.090				10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	1113.090	0.461		0.424				22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	1168.896	0.120		0.260				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	1077.253	0.183		0.186				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	1292.780	0.557		0.913				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	1053.470	0.119		0.157				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	1041.960	0.054		0.237				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	1067.380	0.185		0.231				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	1008.141	0.140		0.171				11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	965.638	0.086		0.129				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	1123.765	0.529		0.751				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	1269.007	0.379		0.020				6.67
1940000	Itarana	Central	1080.101	0.405		0.682				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	1013.371	0.491		0.959				5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	1138.194	0.205		0.015				8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	1239.276*	0.038	-4.756	0.002	1984	1380.45	1080.46	6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	1314.375	0.608		0.721				5.63
1940006	Colatina	Noroeste	997.176	0.757		0.513				5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	1521.538	0.265		0.413				4.23
1940009	Pancas	Noroeste	1154.486	0.247		0.398				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	1846.730	0.853		1.000				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	1060.577	0.162		0.329				4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	1112.858	0.204		0.256				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	1131.504	0.494		0.393				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	1183.980*	0.014	-10.098	0.014	1986	1374.12	1068.54	10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	1313.584	0.630		0.901				14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	1177.176	0.750		0.709				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	1213.304	0.140		0.098				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	858.515	0.135		0.174				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	1041.321	0.996		0.740				6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	872.986	0.262		0.506				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	894.779	0.702		0.294				4.08
2040001	Viana	Central	1306.083	0.455		0.582				7.35
2040003	Serra	Central	1263.038*	0.031	7.044	0.030	1970	994.29	1385.20	12.50
2040004	Guarapari	Central	1240.203	0.215		0.467				9.86
2040005	Iconha	Central	1574.925	0.963		1.000				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	1072.203	0.144		0.022				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	1231.519	0.330		0.422				5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	1194.707	0.593		0.740				6.94
2040009	Anchieta	Central	1136.522	0.241		0.296				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	1485.637	0.816		0.304				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	1754.957	0.719		0.671				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	1558.568	0.653		1.000				4.29
2040014	Cariacica	Central	1518.065	0.532		0.754				18.18
2040017	Iconha	Central	1641.203	0.148		0.552				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	1407.482	0.726		0.560				6.67
2040020	Alfredo Chaves	Central	2020.404	0.465		0.286				3.64
2040022	Vila Velha	Central	1145.851	0.826		0.453				6.12
2040023	Domingos Martins	Central	1188.217	0.612		0.487				4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	1304.518	0.852		1.000				15.96
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	1113.276	0.111		0.206				8.00
2041001	Guaçuí	Sul	1463.939	0.416		0.537				7.50
2041002	Castelo	Sul	1288.733	0.156		0.154				3.75
2041003	Alegre	Sul	1333.591	0.638		0.755				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	1585.117	0.532		0.719				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	1364.403	0.345		0.239				11.27
2041013	Iúna	Sul	1187.219	0.220		0.082				4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	1431.635	0.079		0.402				9.86
2041015	Muqui	Sul	1342.658	0.568		0.091				8.96
2041016	Ibitirama	Sul	1576.213	0.377		0.493				7.69
2041017	Irupi	Sul	1524.707	0.657		1.000				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	1394.637	0.162		0.160				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	1376.402	0.871		1.000				5.17
2041020	Domingos Martins	Central	1314.367	0.858		1.000				5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	1677.570	0.365		0.451				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	1130.715	0.824		0.919				9.62
2140000	Itapemirim	Sul	997.727	0.884		1.000				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	1158.397	0.178		0.078				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	1375.171	0.178		0.679				9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	1265.190	0.137		0.260				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	1450.777*	0.014	-10.192	0.043	1984	1631.67	1363.45	16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 4B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettit (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados do número de dias com chuva > 10 mm (R10) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	33.107*	0.020	-0.211	0.049	1978	37.400	30.722	19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	35.182	0.116		0.035				10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	38.776	0.020	-0.243	0.065				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	30.581	0.144		0.384				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	29.000*	0.049	0.144	0.021	1966	20.389	32.039	5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	35.400	0.799		0.338				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	38.571*	0.013	0.400	0.008	1990	31.667	43.750	10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	34.333	0.224		0.292				22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	34.133	0.019	-0.211	0.072				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	32.222	0.019	-0.200	0.061				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	38.174	0.894		1.000				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	30.787	0.024	-0.185	0.114				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	30.907	0.045	-0.200	0.209				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	32.136	0.216		0.231				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	29.077	0.396		0.331				11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	30.917	0.045	-0.174	0.139				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	34.837	0.159		0.088				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	36.581	0.124		0.003				6.67
1940000	Itarana	Central	33.015	0.042	-0.103	0.180				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	31.203	0.213		0.367				5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	35.851	0.677		0.058				8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	38.265*	0.001	-0.292	0.000	1985	45.892	29.161	6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	39.015*	0.034	-0.125	0.020	1983	41.576	36.600	5.63
1940006	Colatina	Noroeste	29.980	0.291		0.665				5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	45.942	0.031	-0.161	0.112				4.23
1940009	Pancas	Noroeste	36.458	0.061		0.118				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	56.683	0.341		0.586				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	32.100*	0.010	-0.143	0.018	1992	34.286	29.040	4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	32.220	0.017	-0.182	0.092				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	33.500	0.392		0.239				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	35.178*	0.001	-0.472	0.002	1986	44.118	29.750	10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	40.953*	0.001	-0.500	0.003	1983	52.846	35.800	14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	34.980	0.407		0.410				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	37.340	0.215		0.282				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	27.813	0.282		0.284				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	35.529*	0.007	-0.155	0.020	1984	38.946	31.452	6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	28.275*	0.003	-0.188	0.021	1992	31.400	25.269	3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	26.667	0.929		0.803				4.08
2040001	Viana	Central	38.719	0.634		0.692				7.35
2040003	Serra	Central	43.500	0.215		0.040				12.50
2040004	Guarapari	Central	36.462	0.112		0.215				9.86
2040005	Iconha	Central	46.710	0.840		1.000				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	33.657	0.188		0.128				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	38.449*	0.002	-0.173	0.016	1985	41.789	34.355	5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	38.882	0.812		0.523				6.94
2040009	Anchieta	Central	34.215	0.234		0.058				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	43.477	0.200		0.037				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	54.971	0.783		0.759				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	48.147	0.582		0.839				4.29
2040014	Cariacica	Central	48.564	0.576		1.000				18.18
2040017	Iconha	Central	50.629	0.224		0.765				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	43.860	0.491		0.673				6.67
2040020	Alfredo Chaves	Central	76.870*	0.003	-0.600	0.000	1998	87.971	58.000	3.64
2040022	Vila Velha	Central	35.553	0.557		0.413				6.12
2040023	Domingos Martins	Central	43.625	0.080		0.171				4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	37.725	0.170		0.389				15.96
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	37.014*	0.000	-0.192	0.002	1983	40.973	32.576	8.00
2041001	Guaçuí	Sul	46.107	0.205		0.604				7.50
2041002	Castelo	Sul	42.859*	0.023	-0.150	0.030	1950	60.273	40.000	3.75
2041003	Alegre	Sul	41.364	0.173		0.627				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	50.561	0.005	-0.188	0.104				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	45.016	0.546		0.133				11.27
2041013	Lúna	Sul	38.111	0.840		0.549				4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	46.692	0.291		0.412				9.86
2041015	Muqui	Sul	43.435	0.355		0.053				8.96
2041016	Ibitirama	Sul	49.967	0.965		0.601				7.69
2041017	Irupi	Sul	47.220	0.521		0.863				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	44.750	0.579		0.985				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	43.161	0.118		0.468				5.17
2041020	Domingos Martins	Central	41.722	0.686		0.611				5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	49.302	0.415		0.604				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	36.729	0.191		0.271				9.62
2140000	Itapemirim	Sul	31.985	0.089		0.126				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	36.304	0.094		0.048				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	43.039	0.082		0.252				9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	40.098	0.054		0.228				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	43.930	0.476		0.586				16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 5B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettitt (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados do número de dias com chuva > 20 mm (R20) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	14.982	0.108						19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	17.477	0.079						10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	18.490	0.087						4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	14.806	0.670						15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	14.884*	0.040	0.098	0.045	1967	10.316	16.620	5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	17.764	0.512						10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	17.738	0.175						10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	18.905	0.494						22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	17.622	0.243						10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	15.356	0.062						8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	19.283	0.683						8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	15.170	0.151						6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	15.488	0.207						14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	17.273	0.536						12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	14.872	0.152						11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	15.667	0.102						4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	18.122	0.768						2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	17.023	0.216						6.67
1940000	Itarana	Central	17.343	0.208						8.33
1940001	Santa Tereza	Central	16.014	0.685						5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	16.925	0.713						8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	17.162	0.332						6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	19.206	0.695						5.63
1940006	Colatina	Noroeste	15.560	0.987						5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	22.768	0.369						4.23
1940009	Pancas	Noroeste	17.729	0.937						6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	28.200	0.995		0.933				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	16.300	0.353		0.656				4.84
1940013	Governador Lindenberg	Noroeste	16.860	0.058		0.121				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	16.333	0.858		0.990				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	18.933*	0.004	-0.222	0.002	1986	23.412	16.214	10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	18.628	0.593		1.000				14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	17.367	0.622		0.951				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	18.064	0.854		0.599				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	14.133	0.066		0.217				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	19.059	0.212		0.368				6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	14.843	0.044	-0.100	0.143				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	13.583	0.775		0.531				4.08
2040001	Viana	Central	19.266	0.315		0.446				7.35
2040003	Serra	Central	21.031	0.058		0.033				12.50
2040004	Guarapari	Central	18.123	0.073		0.270				9.86
2040005	Iconha	Central	24.217	0.470		0.565				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	16.299	0.071		0.037				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	18.913	0.378		0.918				5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	19.985	0.379		0.285				6.94
2040009	Anchieta	Central	17.123	0.811		1.000				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	21.000	0.373		0.048				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	28.015	0.945		1.000				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	23.397	0.844		1.000				4.29
2040014	Cariacica	Central	25.582	0.454		0.485				18.18
2040017	Iconha	Central	25.855	0.107		0.415				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	21.386	0.956		0.894				6.67
2040020	Alfredo Chaves	Central	30.000*	0.045	0.217	0.029	1982	24.389	32.806	3.64
2040022	Vila Velha	Central	17.234	0.526		0.541				6.12
2040023	Domingos Martins	Central	18.021	0.306		0.126				4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	19.013	0.809		0.766				15.96
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	17.771	0.234		0.251				8.00
2041001	Guaçuí	Sul	24.147	0.154		0.272				7.50
2041002	Castelo	Sul	21.782	0.136		0.154				3.75
2041003	Alegre	Sul	21.714	0.384		0.755				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	25.591	0.176		0.531				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	21.359	0.378		0.451				11.27
2041013	Iúna	Sul	19.270	0.170		0.042				4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	24.185	0.196		0.441				9.86
2041015	Muqui	Sul	21.790	0.951		0.552				8.96
2041016	Ibitirama	Sul	26.607	0.076		0.235				7.69
2041017	Irupi	Sul	25.746	0.504		1.000				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	22.167	0.381		0.514				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	22.304	0.290		0.580				5.17
2041020	Domingos Martins	Central	21.315	0.976		1.000				5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	27.283	0.033	-0.111	0.316				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	19.458	0.388		0.942				9.62
2140000	Itapemirim	Sul	14.522	0.331		0.591				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	17.215	0.313		0.088				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	23.627	0.769		0.238				9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	20.885	0.110		0.193				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	25.767	0.925		0.310				16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 6B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettit (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados de precipitação total anual em que PRCP > 95 percentil mm (R95p) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	297.627	0.636		0.449				19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	323.430	0.160		0.052				10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	299.520	0.877		0.730				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	295.655	0.752		0.609				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	259.978*	0.028	2.815	0.044	1977	193.617	308.090	5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	460.880	0.075		0.292				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	331.357	0.114		0.292				10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	273.060	0.641		0.994				22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	315.204	0.475		0.866				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	295.536	0.323		0.779				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	349.546	0.072		0.216				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	291.913	0.912		1.000				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	266.067	0.594		0.716				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	259.993	0.769		1.000				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	275.136	0.321		0.359				11.63
1841009	Mantenedópolis	Noroeste	225.417	0.071		0.139				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	269.222	0.972		0.679				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	380.888	0.558		0.038				6.67
1940000	Itarana	Central	273.630	0.445		0.869				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	259.452	0.238		0.387				5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	294.073*	0.049	2.849	0.004	1967	130.605	358.779	8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	328.199	0.652		0.425				6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	355.575	0.088		0.142				5.63
1940006	Colatina	Noroeste	247.692	0.210		0.189				5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	405.761	0.151		0.295				4.23
1940009	Pancas	Noroeste	288.676	0.948		1.000				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	475.745	0.238		0.502				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	273.425	0.674		0.465				4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	291.924	0.437		0.936				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	313.954	0.414		1.000				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	308.369	0.531		0.597				10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	328.472*	0.027	5.225	0.042	1977	107.563	378.966	14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	317.445	0.343		0.730				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	328.264	0.509		0.307				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	190.528	0.855		1.000				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	215.329	0.068		0.074				6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	193.575	0.609		0.199				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	229.456	0.461		0.586				4.08
2040001	Viana	Central	348.891	0.305		0.233				7.35
2040003	Serra	Central	342.102*	0.000	6.528	0.001	1964	86.576	434.526	12.50
2040004	Guarapari	Central	351.880*	0.027	3.213	0.051	1982	297.577	398.426	9.86
2040005	Iconha	Central	407.384	0.938		1.000				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	262.336*	0.035	2.263	0.035	1965	161.747	296.536	8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	320.216	0.881		1.000				5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	270.253	0.365		0.740				6.94
2040009	Anchieta	Central	294.538	0.887		1.000				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	392.200	0.856		0.398				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	412.509	0.996		0.805				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	390.168	0.050	2.272	0.168				4.29
2040014	Cariacica	Central	377.653	0.755		0.098				18.18
2040017	Iconha	Central	415.456	0.636		1.000				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	362.851	0.397		0.310				6.67
2040020	Alfredo Chaves	Central	354.170*	0.001	7.060	0.000	1995	230.884	520.339	3.64
2040022	Vila Velha	Central	286.834	0.741		0.320				6.12
2040023	Domingos Martins	Central	255.231*	0.009	4.986	0.003	1999	174.214	378.889	4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	367.958	0.053		0.097				15.96
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	242.166	0.403		0.558				8.00
2041001	Guaçuí	Sul	352.139*	0.009	2.684	0.029	1975	290.969	405.663	7.50
2041002	Castelo	Sul	284.912	0.101		0.130				3.75
2041003	Alegre	Sul	314.736	0.487		0.734				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	382.408	0.192		0.164				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	314.611	0.643		0.529				11.27
2041013	Lúna	Sul	277.563	0.074		0.039				4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	323.535*	0.003	3.105	0.009	1988	267.365	397.761	9.86
2041015	Muqui	Sul	324.965*	0.020	4.108	0.000	1989	192.544	501.525	8.96
2041016	Ibitirama	Sul	363.279*	0.002	4.458	0.010	1963	85.622	411.335	7.69
2041017	Irupi	Sul	354.986	0.128		0.278				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	322.623	0.707		0.508				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	316.554*	0.026	2.969	0.031	1978	218.341	359.364	5.17
2041020	Domingos Martins	Central	307.428	0.035	2.260	0.064				5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	408.077	0.476		1.000				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	248.550	0.157		0.276				9.62
2140000	Itapemirim	Sul	241.524	0.044	1.554	0.114				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	283.546	0.565		0.507				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	310.335	0.884		1.000				9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	292.823	0.135		0.193				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	313.416	0.121		0.023				16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 7B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettitt (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados de precipitação total anual em que PRCP > 99 percentil mm (R99p) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	99.654	0.800		0.959				19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	104.770	0.587		0.591				10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	92.016	1.000		0.974				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	90.031	0.463		0.685				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	75.154	0.105		0.292				5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	242.967	0.196		0.736				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	95.233	0.125		0.406				10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	76.983	0.049	0.317	0.096				22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	92.391	0.211		0.526				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	90.664	0.637		1.000				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	112.146	0.497		0.143				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	89.145	0.397		0.769				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	78.349	0.920		1.000				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	78.655	0.062		0.215				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	85.687	0.523		0.568				11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	64.883	0.584		0.654				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	80.106	0.412		0.951				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	132.077	0.936		0.381				6.67
1940000	Itarana	Central	83.633	0.959		1.000				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	80.193	0.542		0.857				5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	95.951*	0.007	0.000	0.004	1967	13.674	128.519	8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	107.919	0.327		0.121				6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	112.968	0.387		0.589				5.63
1940006	Colatina	Noroeste	74.254	0.551		0.407				5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	128.748	0.059		0.204				4.23
1940009	Pancas	Noroeste	87.246	0.956		1.000				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	149.648	0.728		0.925				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	81.980	0.967		1.000				4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	85.966	0.298		0.947				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	98.354	0.199		0.624				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	98.531	0.337		0.970				10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	111.872	0.085		0.501				14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	104.802	0.594		1.000				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	104.343	0.211		0.259				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	49.896	0.772		1.000				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	60.235	0.061		0.118				6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	54.653	0.908		1.000				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	61.650	0.768		1.000				4.08
2040001	Viana	Central	99.569	0.073		0.093				7.35
2040003	Serra	Central	135.194*	0.000	2.912	0.000	1990	86.966	205.681	12.50
2040004	Guarapari	Central	105.577*	0.032	0.114	0.084	1976	66.3875	128.5171	9.86
2040005	Iconha	Central	133.025	0.687		0.740				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	79.833	0.296		0.508				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	102.868	0.686		0.925				5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	76.884	0.396		0.425				6.94
2040009	Anchieta	Central	87.775	0.972		1.000				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	122.834	0.827		0.431				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	123.735	0.415		0.085				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	118.550	0.244		0.197				4.29
2040014	Cariacica	Central	121.720	0.945		0.513				18.18
2040017	Iconha	Central	129.492	0.528		0.936				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	109.053	0.233		0.360				6.67
2040020	Alfredo Chaves	Central	117.733*	0.000	3.198	0.002	1995	59.994	195.557	3.64
2040022	Vila Velha	Central	79.262	0.175		0.681				6.12
2040023	Domingos Martins	Central	73.069	0.035	0.000	0.074				4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	114.678*	0.000	1.787	0.001	1966	53.726	159.728	15.96
2041000	Atilio Vivácqua	Sul	65.786	0.141		0.157				8.00
2041001	Guaçuí	Sul	99.540	0.130		0.438				7.50
2041002	Castelo	Sul	84.177	0.433		0.566				3.75
2041003	Alegre	Sul	90.195	0.369		0.832				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	115.665	0.511		0.760				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	89.984	0.150		0.431				11.27
2041013	Lúna	Sul	81.521	0.070		0.032				4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	91.769*	0.009	0.546	0.037	1989	62.342	133.185	9.86
2041015	Muqui	Sul	94.523*	0.040	0.000	0.004	1989	54.11515	140.5034	8.96
2041016	Ibitirama	Sul	105.520	0.121		0.128				7.69
2041017	Irupi	Sul	102.380	0.351		0.634				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	93.627	0.653		1.000				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	95.284	0.068		0.136				5.17
2041020	Domingos Martins	Central	92.837*	0.030	0.618	0.017	1978	37.473	114.131	5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	119.191	0.987		1.000				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	70.958	0.545		0.644				9.62
2140000	Itapemirim	Sul	72.782	0.526		0.799				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	85.343	0.982		0.688				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	102.000	0.711		1.000				9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	83.648	0.288		0.549				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	104.172	0.013	0.000	0.002	1983	253.671	32.000	16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 8B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettit (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados de chuva máxima em um dia (Rx1day) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média Antes	Média Após	% Falhas
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	87.982	0.777		0.587				20.59
1839006	São Mateus	Litoral Norte	100.237	0.237		0.160				12.50
1840000	Águia Branca	Noroeste	92.569	0.904		1.000				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	83.558	0.437		0.365				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	73.596*	0.005	0.462	0.027	1974	63.119	79.930	5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	91.584	0.098		0.288				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	90.567	0.175		0.354				10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	85.385	0.121		0.350				26.42
1840010	Nova Venécia	Noroeste	86.596	0.417		1.000				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	92.244	0.318		0.791				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	94.309	0.248		0.076				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	90.281	0.527		0.959				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	82.956	0.594		1.000				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	87.118	0.237		0.529				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	84.041	0.498		0.531				11.63
1841009	Mantenedópolis	Noroeste	75.396	0.138		0.188				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	81.394	0.552		1.000				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	91.309	0.786		0.317				6.67
1940000	Itarana	Central	81.530	0.588		0.621				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	81.862	0.187		0.281				6.94
1940002	Aracruz	Litoral Norte	76.584*	0.012	0.531	0.001	1967	49.716	87.219	8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	85.296	0.120		0.044				6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	100.397	0.296		0.292				8.45
1940006	Colatina	Noroeste	78.035	0.426		0.289				13.46
1940007	Fundão	Litoral Norte	101.099	0.164		0.219				5.63
1940009	Pancas	Noroeste	82.554	0.610		0.994				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	102.817	0.666		0.932				7.94
1940012	Itaguaçu	Central	87.762	0.980		1.000				4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	82.836	0.628		1.000				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	94.273	0.227		0.759				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	86.888	0.156		0.322				16.33
1940021	Aracruz	Litoral Norte	91.598	0.003	1.202	0.076				18.37
1940022	Aracruz	Litoral Norte	88.778	0.763		0.997				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	90.377	0.304		0.213				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	69.108	0.992		1.000				10.26
1941008	Afonso Cláudio	Central	76.671*	0.036	0.290	0.050	1975	67.143	83.340	6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	68.663	0.703		0.945				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	68.698	0.702		1.000				4.08
2040001	Viana	Central	89.538	0.062		0.220				7.35
2040003	Serra	Central	72.389*	0.000	1.157	0.000	1964	32.012	87.311	13.89
2040004	Guarapari	Central	94.516	0.104		0.091				11.27
2040005	Iconha	Central	107.809	0.653		0.733				6.94
2040006	Itapemirim	Sul	81.239	0.203		0.329				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	82.844	0.684		0.752				6.94
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	74.615	0.225		0.251				8.33
2040009	Anchieta	Central	85.742	0.610		1.000				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	91.000	0.834		0.384				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	93.473	0.996		0.183				5.71
2040012	Marechal Floriano	Central	84.493	0.105		0.127				4.29
2040014	Cariacica	Central	101.559	0.566		0.267				19.70
2040017	Iconha	Central	106.973	0.761		0.643				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	83.064	0.412		0.495				8.33
2040020	Alfredo Chaves	Central	75.530*	0.005	0.600	0.015	1995	67.306	86.613	3.64
2040022	Vila Velha	Central	83.438	0.333		0.841				10.20
2040023	Domingos Martins	Central	69.533*	0.009	0.647	0.015	1999	60.341	83.563	4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	96.417*	0.008	0.412	0.015	1962	86.703	103.324	19.15
2041000	Atilio Vivácqua	Sul	76.359*	0.032	0.246	0.035	1979	69.442	82.880	10.67
2041001	Guaçuí	Sul	86.439	0.207		0.442				7.50
2041002	Castelo	Sul	74.637	0.367		0.557				3.75
2041003	Alegre	Sul	84.118	0.305		0.687				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	93.074	0.611		0.773				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	76.492	0.374		0.473				12.68
2041013	Lúna	Sul	74.797*	0.048	0.321	0.025	1986	67.403	81.728	6.15
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	84.357*	0.007	0.350	0.021	1987	78.106	92.117	9.86
2041015	Muqui	Sul	75.726*	0.021	0.534	0.000	1988	62.1438	90.7138	10.45
2041016	Ibitirama	Sul	91.278	0.231		0.141				10.77
2041017	Irupi	Sul	86.581	0.824		1.000				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	83.208	0.975		0.959				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	85.207	0.101		0.127				6.90
2041020	Domingos Martins	Central	78.856*	0.033	0.351	0.010	1978	63.927	84.597	5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	99.319	0.994		1.000				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	81.434	0.085		0.098				11.54
2140000	Itapemirim	Sul	73.194	0.783		0.827				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	80.469	0.921		0.992				6.10
2141015	Mimoso do Sul	Sul	91.446	0.795		1.000				10.91
2141016	São José do Calçado	Sul	86.493	0.088		0.122				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	101.230*	0.034	-0.760	0.002	1983	146.421	79.414	16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 9B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettit (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados de chuva máxima em 5 dias consecutivos (Rx5day) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	166.575	0.627		0.595				20.59
1839006	São Mateus	Litoral Norte	134.075	0.653		0.620				12.50
1840000	Águia Branca	Noroeste	160.550	0.635		0.593				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	140.267	0.236		0.232				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	142.625*	0.004	1.024	0.031	1968	117.155	160.367	5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	137.850	0.126		0.219				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	77.200	0.023	1.683	0.119				10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	202.333	0.213		0.702				26.42
1840010	Nova Venécia	Noroeste	106.850	0.343		0.629				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	193.350	0.174		0.111				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	196.100*	0.026	1.503	0.046	2000	155.821	216.153	8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	140.925	0.545		0.619				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	149.525	0.859		1.000				14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	177.433	0.060		0.231				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	146.275	0.942		0.746				11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	125.150	0.477		1.000				4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	151.200	0.056		0.342				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	168.125	0.754		0.204				6.67
1940000	Itarana	Central	121.575	0.552		0.984				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	152.100	0.208		0.356				6.94
1940002	Aracruz	Litoral Norte	128.200*	0.009	0.905	0.006	1975	119.077	170.256	8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	156.000	0.996		0.321				6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	134.000	0.419		0.514				8.45
1940006	Colatina	Noroeste	117.425	0.557		0.444				13.46
1940007	Fundão	Litoral Norte	172.250	0.143		0.187				5.63
1940009	Pancas	Noroeste	108.600	0.754		0.872				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	164.475	0.258		0.485				7.94
1940012	Itaguaçu	Central	145.200	0.959		1.000				4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	165.525	0.132		0.386				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	167.800	0.185		0.504				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	172.750	0.544		0.362				16.33
1940021	Aracruz	Litoral Norte	204.125*	0.000	2.922	0.010	1993	152.961	215.743	18.37
1940022	Aracruz	Litoral Norte	150.700	0.259		0.271				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	141.025	0.927		0.238				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	129.250	0.984		0.542				10.26
1941008	Afonso Cláudio	Central	160.100	0.368		0.348				6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	114.975	0.110		0.199				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	119.025	0.408		0.153				4.08
2040001	Viana	Central	149.600	0.185		0.289				7.35
2040003	Serra	Central	133.633*	0.001	1.723	0.002	1972	104.548	170.688	13.89
2040004	Guarapari	Central	164.641	0.096		0.068				11.27
2040005	Iconha	Central	209.575	0.619		0.629				6.94
2040006	Itapemirim	Sul	183.900	0.063		0.124				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	149.525	0.641		0.332				6.94
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	171.150	0.713		0.487				8.33
2040009	Anchieta	Central	120.633	0.812		1.000				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	171.050	0.244		0.311				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	161.800	0.458		0.733				5.71
2040012	Marechal Floriano	Central	146.725	0.117		0.205				4.29
2040014	Cariacica	Central	154.950	0.456		0.208				19.70
2040017	Iconha	Central	178.925	0.889		1.000				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	131.400	0.572		0.682				8.33
2040020	Alfredo Chaves	Central	161.400*	0.008	1.075	0.012	1995	144.268	181.626	3.64
2040022	Vila Velha	Central	186.267	0.050		0.052				10.20
2040023	Domingos Martins	Central	164.525	0.086		0.087				4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	152.475	0.055		0.103				19.15
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	129.175	0.874		0.561				10.67
2041001	Guaçuí	Sul	145.350	0.058		0.046				7.50
2041002	Castelo	Sul	134.150	0.836		0.641				3.75
2041003	Alegre	Sul	141.267	0.874		1.000				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	151.300	0.723		1.000				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	138.898	0.687		0.930				12.68
2041013	Íluna	Sul	150.250*	0.023	0.753	0.006	1988	131.947	166.780	6.15
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	184.050	0.371		0.467				9.86
2041015	Muqui	Sul	152.443	0.084		0.000				10.45
2041016	Ibitirama	Sul	179.225	0.115		0.114				10.77
2041017	Irupi	Sul	184.533	0.098		0.091				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	165.950	0.655		0.566				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	152.975	0.331		0.458				6.90
2041020	Domingos Martins	Central	165.875	0.047	0.787	0.128				5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	161.400	0.225		0.563				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	201.125	0.255		0.320				11.54
2140000	Itapemirim	Sul	122.500	0.263		0.493				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	110.600	0.482		0.197				6.10
2141015	Mimoso do Sul	Sul	147.600	0.861		0.925				10.91
2141016	São José do Calçado	Sul	104.675	0.163		0.442				10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	157.333	0.594		0.325				16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.

Tabela 10B - Média geral, teste de Mann-Kendall (valor p), estimador Sen, teste de Pettit (valor p), ano de mudança, média antes e após o ano de mudança e percentual de falhas da série de dados de intensidade diária da precipitação (precipitação total dividida pelo nº de dias com precipitação ≥ 1 mm) (SDII) para as estações do Espírito Santo.

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1839000	Pedro Canário	Litoral Norte	11.405	0.843		0.124				19.12
1839006	São Mateus	Litoral Norte	13.539	0.395		0.043				10.42
1840000	Águia Branca	Noroeste	14.047	0.379		0.170				4.00
1840003	São Mateus	Litoral Norte	10.876	0.653		0.664				15.28
1840004	Barra de São Francisco	Noroeste	11.622	0.014	0.042	0.065				5.56
1840007	Água Doce do Norte	Noroeste	13.891	0.566		0.892				10.00
1840008	Linhares	Litoral Norte	12.686*	0.001	0.111	0.003	1989	10.888	13.908	10.87
1840009	Ecoporanga	Noroeste	14.455	0.085		0.232				22.64
1840010	Nova Venécia	Noroeste	12.144	0.384		1.000				10.20
1840012	Montanha	Litoral Norte	12.513	0.551		0.210				8.33
1840013	Ecoporanga	Noroeste	12.307	0.551		0.803				8.16
1840015	Ecoporanga	Noroeste	11.766	0.463		0.649				6.12
1840016	Nova Venécia	Noroeste	13.037*	0.004	0.067	0.006	1996	12.086	13.945	14.29
1840017	Pinheiros	Litoral Norte	14.450	0.229		0.114				12.24
1840019	Nova Venécia	Noroeste	11.244	0.327		0.378				11.63
1841009	Mantenópolis	Noroeste	13.563*	0.008	-0.083	0.000	1999	14.941	11.458	4.08
1841010	Barra de São Francisco	Noroeste	12.794	0.717		0.650				2.04
1939002	Linhares	Litoral Norte	10.977	0.738		0.045				6.67
1940000	Itarana	Central	12.852	0.205		0.530				8.33
1940001	Santa Tereza	Central	12.216*	0.050	0.036	0.023	1971	10.961	12.843	5.56
1940002	Aracruz	Litoral Norte	11.446	0.113		0.002				8.33
1940003	Aracruz	Litoral Norte	11.324	0.109		0.097				6.94
1940005	Ibiraçu	Litoral Norte	13.416*	0.002	0.050	0.001	1975	11.544	14.505	5.63
1940006	Colatina	Noroeste	12.616	0.388		0.246				5.77
1940007	Fundão	Litoral Norte	13.652*	0.000	0.064	0.000	1993	12.468	15.736	4.23
1940009	Pancas	Noroeste	11.964	0.958		0.959				6.45

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
1940010	Santa Tereza	Central	13.148	0.180		0.415				6.35
1940012	Itaguaçu	Central	12.850	0.544		0.373				4.84
1940013	Governador Lindemberg	Noroeste	12.338	0.370		0.665				2.00
1940016	São Domingos do Norte	Noroeste	12.731	0.034	0.050	0.164				7.84
1940020	Santa Tereza	Central	12.567	0.132		0.346				10.20
1940021	Aracruz	Litoral Norte	13.716	0.761		0.152				14.29
1940022	Aracruz	Litoral Norte	11.498	0.388		0.574				2.04
1940023	Rio Bananal	Litoral Norte	12.126	0.607		0.307				6.12
1941003	Baixo Guandu	Noroeste	13.691	0.555		0.269				5.13
1941008	Afonso Cláudio	Central	16.753*	0.003	-0.064	0.002	1997	17.840	14.145	6.94
1941009	Baixo Guandu	Noroeste	13.365	0.262		0.220				3.85
1941012	Alto Rio Novo	Noroeste	10.865	0.637		0.415				4.08
2040001	Viana	Central	12.809	0.258		0.364				7.35
2040003	Serra	Central	12.831*	0.001	0.111	0.000	1968	8.005	15.025	12.50
2040004	Guarapari	Central	11.849*	0.000	0.087	0.000	1977	10.004	13.003	9.86
2040005	Iconha	Central	13.855	0.971		1.000				5.56
2040006	Itapemirim	Sul	12.736	0.009	0.043	0.069				8.33
2040007	Santa Maria de Jetibá	Central	11.749	0.452		0.383				5.56
2040008	Santa Maria de Jetibá	Central	13.790*	0.000	0.072	0.001	1990	12.540	15.575	6.94
2040009	Anchieta	Central	12.829	0.704		0.774				9.86
2040010	Santa Leopoldina	Central	11.820	0.865		0.516				8.57
2040011	Alfredo Chaves	Central	14.079	0.564		0.381				4.29
2040012	Marechal Floriano	Central	11.715	0.589		0.094				4.29
2040014	Cariacica	Central	16.278*	0.001	0.110	0.009	1973	13.907	17.168	18.18
2040017	Iconha	Central	13.834	0.918		0.977				1.61
2040018	Santa Maria de Jetibá	Central	11.481	0.119		0.123				6.67
2040020	Alfredo Chaves	Central	14.056	0.497		0.316				3.64
2040022	Vila Velha	Central	12.687*	0.013	0.071	0.016	1991	11.585	13.504	6.12
2040023	Domingos Martins	Central	12.929	0.894		0.479				4.08

Código	Município	Mesorregião	Média Geral	MK (valor p)	Sen	Pettitt (valor p)	Ano de mudança	Média		% Falhas
								Antes	Após	
2040035	Vitória	Central	12.054*	0.005	0.029	0.003	1964	11.191	12.691	15.96
2041000	Atílio Vivácqua	Sul	14.101	0.033	-0.039	0.061				8.00
2041001	Guaçuí	Sul	12.873*	0.009	0.027	0.007	1972	12.084	13.460	7.50
2041002	Castelo	Sul	13.238	0.529		0.165				3.75
2041003	Alegre	Sul	13.356	0.188		0.075				3.80
2041010	Vargem Alta	Sul	13.273	0.303		0.504				9.72
2041011	Conceição do Castelo	Central	12.008	0.297		0.368				11.27
2041013	Lúna	Sul	12.559*	0.036	0.036	0.001	1987	11.481	13.671	4.62
2041014	Dores do Rio Preto	Sul	14.206*	0.001	0.052	0.002	1970	12.641	14.936	9.86
2041015	Muqui	Sul	13.173*	0.091	0.036	0.006	1990	12.394	14.118	8.96
2041016	Ibitirama	Sul	14.564*	0.007	0.036	0.012	1989	14.034	15.148	7.69
2041017	Irupi	Sul	13.714	0.025	0.033	0.077				7.94
2041018	Muniz Freire	Sul	13.557	0.064		0.011				6.35
2041019	Muniz Freire	Sul	13.404	0.213		0.344				5.17
2041020	Domingos Martins	Central	12.135*	0.022	0.038	0.025	1978	10.907	12.608	5.36
2041021	Cachoeiro de Itapemirim	Sul	14.874	0.398		0.901				5.45
2041023	Afonso Cláudio	Central	15.252*	0.001	-0.133	0.003	1996	17.150	13.009	9.62
2140000	Itapemirim	Sul	11.573	0.053		0.035				8.33
2141014	Mimoso do Sul	Sul	12.884	0.570		0.117				4.88
2141015	Mimoso do Sul	Sul	15.345*	0.008	0.090	0.001	1990	13.413	17.063	9.09
2141016	São José do Calçado	Sul	14.716*	0.002	0.050	0.006	1978	13.650	15.509	10.45
2141017	Mimoso do Sul	Sul	19.702	0.691		0.022				16.00

* Média geral que possui médias antes e após o ano de mudança detectado pelo Teste de Pettitt.

Fonte: a autora.