

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
CÂMPUS LONDRINA/APUCARANA

NATHAN FELIPE DA SILVA CALDANA

**ZONEAMENTO DE RISCO AGROCLIMÁTICO PARA ESPÉCIES FRUTÍFERAS
NA BACIA DO RIO PARANÁ 3**

LONDRINA

2020

NATHAN FELIPE DA SILVA CALDANA

**ZONEAMENTO DE RISCO AGROCLIMÁTICO PARA ESPÉCIES FRUTÍFERAS
NA BACIA DO RIO PARANÁ 3**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana/Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Martins
Coorientadora: Dra. Heverly Morais

LONDRINA

2020

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação está licenciada sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

C145z Caldana, Nathan Felipe da Silva

Zoneamento de risco agroclimático para espécies frutíferas na Bacia do Rio Paraná 3 / Nathan Felipe da Silva Caldana. – Londrina: [s.n], 2020.
112 f. : il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Martins

Coorientadora: Dr.^a Heverly Moraes

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Londrina, 2020.
Bibliografia: f. 94-112

1. Climatologia Agrícola. 2. Paraná, Rio. 3. Frutas - Cultivo. I. Martins, Jorge Alberto, orient. II. Moraes, Heverly, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. V. Título.

CDD: 628



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-reitora de Pesquisa e Pós Graduação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Campus Apucarana/Londrina



TERMO DE APROVAÇÃO

ZONEAMENTO DE RISCO AGROCLIMÁTICO PARA ESPÉCIES FRUTÍFERAS NA BACIA DO RIO PARANÁ 3

por

Nathan Felipe da Silva Caldana

Dissertação de mestrado apresentada no dia vinte e um de fevereiro de dois mil e vinte como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Câmpus Apucarana/Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr Jorge Alberto Martins
(UTFPR)

Prof. Dr. Daniel Alves Soares
(Instituto Agrônômico do Paraná)

Prof.^a Dr.^a Leila Droprinchinski Martins
(UTFPR)

Prof. Dr. Alesandro Bail
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao meu orientador Jorge Alberto Martins, agradeço pela oportunidade de participar do Laboratório de Eventos Atmosféricos Extremos (EAE), e por seu incentivo, confiança, apoio e orientação. E a todos os membros e amigos do EAE e do LAPAR que contribuíram com este trabalho.

À Itaipu Binacional e a Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento do Agronegócio (FAPEAGRO) pelo apoio financeiro para execução deste trabalho e pela bolsa concedida.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pelo apoio financeiro e de estrutura. E para o setor de Agrometeorologia e Ecofisiologia, em especial ao Pablo Ricardo Nitsche, Paulo Henrique Caramori, Isabeli Pereira Bruno, Daniel Soares Alves, Angela Beatriz Ferreira Costa e Heverly Moraes pelo conhecimento compartilhado, por corroborar com o meu aprendizado e pelas oportunidades concedidas ao longo do mestrado.

Aos professores da banca examinadora, pela contribuição dedicada a este estudo.

Por fim, agradeço a todos os familiares e amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para que esse trabalho pudesse ser realizado.

RESUMO

CALDANA N. F. da S. Zoneamento de Risco Agroclimático Para Espécies Frutíferas na Bacia do Rio Paraná 3. 2020. 113p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), Câmpus Apucarana/Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2020.

RESUMO: O Paraná é destaque no cenário agropecuário nacional, apresentando um grande potencial agrícola. A utilização de avançadas técnicas agronômicas e conservacionistas coloca o estado em destaque em termos de produtividade. Nesse cenário, a fruticultura é um dos mais notórios segmentos agrícolas brasileiros. Apresenta evolução contínua de produção, atendendo a crescente demanda interna e externa, além de ser um dos principais segmentos da agricultura familiar. Apesar dos recentes avanços tecnológicos e científicos, o clima é ainda a variável mais importante na produtividade agrícola. Estudos que evidenciem a variabilidade climática e o impacto no desenvolvimento fisiológico das espécies são fundamentais para o planejamento e calendário agrícola, visando a conservação de recursos e um manejo sustentável da produção. Nesse contexto, uma das primeiras informações a serem consideradas ao iniciar o cultivo de determinada cultura é o zoneamento de risco agroclimático, visto que este fornece informações de risco meteorológico, melhor época de semeadura e disponibilidade hídrica. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi realizar o zoneamento de risco agroclimático para espécies frutíferas na bacia do Rio Paraná 3, que contemplou as seguintes espécies frutíferas: abacate, abacaxi, banana, goiaba, lima ácida tahiti, mamão, manga, maracujá e uvas rústicas. Por meio do zoneamento é possível recomendar por cultura e área/município a viabilidade, períodos e época de plantio e colheita indicados por meio do zoneamento, além de determinar os riscos para cada espécie frutífera. Para isso foram utilizados dados meteorológicos de 43 estações com recorte temporal de 1976-2018. A análise do risco agroclimático foi pautada nas exigências edafoclimáticas de cada espécie, sendo utilizados os elementos meteorológicos de temperatura, geada, precipitação, insolação, soma térmica, umidade e informações geográficas (latitude, longitude e altitude). Foram aplicadas técnicas estatísticas e de geoprocessamento, como regressões e interpolações para garantir uma plena cobertura regional de informações e contribuir para a tomada de decisão na agricultura da região. Identificou-se grande discrepância em todas as variáveis meteorológicas analisadas mesmo sendo uma área relativamente pequena do Estado do Paraná. Por estar localizado em região de transição climática, toda a área apresentou aptidão agrícola e potencialidades para o cultivo de uma série de espécies frutíferas. Promovendo assim, uma maior biodiversidade para o campo da região e maior segurança para os produtores, visando a possibilidade de conseguirem financiamento e crédito agrícola por meio do zoneamento. Especialmente observou-se que a região na borda do Rio Paraná, com menores altitudes, apresentou maior aptidão para boa parte das frutas tropicais. O fator da altimetria garantiu maiores temperaturas, e menores risco de geada, mesmo sendo uma área relativamente mais seca, quando comparada ao restante da bacia. A precipitação e o balanço hídrico se mostraram suficientes, em todos os cenários analisados para o cultivo de frutas. O elemento meteorológico que mais limita a produção de frutas na região foi a geada. Toda a região apresenta risco de geada, o que restringe o plantio de frutíferas na região com maiores altitudes, próximo a Cascavel. A combinação do período mais chuvoso do ano e maior tempo hábil para o desenvolvimento das espécies antes do risco da primeira geada, resultou na recomendação de plantio das espécies para o início da primavera, no mês de outubro.

Palavras-Chave: Risco climático; Fruticultura; Agrometeorologia.

CALDANA N. F. da S. Agroclimatic Risk Zoning for fruit species in the basin of Paraná River 3. 2020. 113p. (Master Degree Dissertation). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), Câmpus Apucarana/Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2020.

ABSTRACT: The Paraná state, South of Brazil, has a key importance and relevant economic potential for the agriculture and livestock of Brazil. The advanced agronomic and conservationist technical are significant to increase the agricultural production in this state. For this scenario, fruticulture is one of the key Brazilian agricultural segments, being Brazil has climatic conditions for cultivation of fruits. Presents a continuous evolution of production, exhibiting the growing internal and external demand, and also for social aspects, contributing for the agriculture family or small farmers. Despite the recent technological and scientific advances, the climate is still the most important variable for the agricultural production, even in developed countries. Papers that exhibit the climatic variability and the impact on the physiological development of the species are fundamental for the planning and agricultural calendar, aiming at the conservation of natural resources and a sustainable agricultural management for a conservationist production. For sustainable agriculture, the agroclimatic risk zoning is one of the first information to be considered and has a key importance to crops success, since it provides valuable sources on meteorological risks; exhibits the recommended periods for sowing and shows the water availability. Thus, the purpose of this work was to perform agroclimatic risk zoning for fruit species in the basin of Paraná River III, which included the species: avocado tree (*Persea americana*), pineapple (*Ananas comosus*), banana tree (*Musa* sp), guava tree (*Psidium guajava* L.), lime (*Citrus aurantifolia*), papaya (*Carica papaya* L.), mango (*Mangifera indica*), passion fruit (*Passiflora edulis*) and grapes rustic (*Vitis vinifera*). Though the agroclimatic zoning is possible to recommend and choose precisely the area for the crops; to determinate the periods of sowing and harvest and to indicate the climatic risks for each fruit specie. For this, meteorological data from 43 stations, from 1976 to 2018, were used. The analysis of agroclimatic risk was based on the edaphoclimatic requirements of each species, using the meteorological elements of temperature, frost, rainfall precipitations, insolation, thermal sum and relative humidity. Were applied statistical and geoprocessing techniques, such as regressions and interpolations to ensure full regional coverage of information and contribute to decision-making for the agriculture, in addition to climatic factors that can interfere in the climatic variability of the area, such as latitude, longitude and altitude. A significant discrepancy was identified in all the meteorological variables analyzed even though it is a relatively small area in the Paraná state. As it is located in a climatic transition region, the entire area exhibits agricultural aptitude and potential for the cultivation of fruit species. Thus, promoting considerable biodiversity for the area and greater security for farmers, aiming at the possibility of obtaining financing and agricultural credit through zoning. Spatially it was observed that the region on the edge of the Paraná river, with lower altitudes, presented greater aptitude for most of the tropical fruits. The altimetry factor ensured higher temperatures, and less risk of frost, even though it is a relatively drier area, close to the rest of the basin. Rainfall precipitations and water balance are sufficient in all scenarios studied. Risks of frost was the meteorological element that most limits the fruticulture in area of study. All studied areas in the basin of Paraná River III presented risk of frost, which restricts the cultivation of fruits in higher altitudes, at the region of the municipality of Cascavel. The combination of the rainiest period of the year and the longest time for the development of the species before the risk of the first frost, resulted in the recommendation of planting the species for the beginning of spring, in the month of October.

Keywords: Climatic risk. Fruticulture. Agrometeorology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cidades com área municipal na bacia hidrográfica do Rio Paraná 3.....	17
Figura 2 - Hidrografia da bacia do Rio Paraná 3	25
Figura 3 - Hipsometria da Bacia do Rio Paraná 3	26
Figura 4 - Precipitação Média Anual na Bacia do Rio Paraná 3	35
Figura 5 - Variabilidade pluviométrica anual na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3.....	37
Figura 6 - Variabilidade pluviométrica mensal na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3	38
Figura 7 - Frequência de ocorrência de veranicos por decêndio móvel na Bacia do Rio Paraná 3	39
Figura 8 - Ocorrências de pelo menos 20 dias consecutivos sem chuva na Bacia do Rio Paraná 3	40
Figura 9 - Probabilidade cumulativa do maior período seco anual na Bacia do Rio Paraná 3, de acordo com a distribuição de extremos	41
Figura 10 - Distribuição da umidade relativa média anual na Bacia do Rio Paraná 3	42
Figura 11 - Balanço hídrico climatológico na Bacia do Rio Paraná 3	43
Figura 12 - Balanço hídrico para diferentes cenários de anos secos na Bacia do Rio Paraná 3	44
Figura 13 - Insolação Média Anual em total de horas na Bacia do Rio Paraná 3	45
Figura 14 - Insolação Média Mensal estimada em total de horas na Bacia do Rio Paraná 3	46
Figura 15 - Temperatura Média Anual na Bacia do Rio Paraná 3	47
Figura 16 - Temperatura do ar média mensal (°C) na Bacia do Rio Paraná 3	48
Figura 17 - Risco de Geadas na Bacia do Rio Paraná 3.....	49
Figura 18 - Risco de Geadas severas (abaixo de 0°C) na Bacia do Rio Paraná 3	50
Figura 19 - Risco de ocorrência de geadas por decêndio na Bacia do Rio Paraná 3	51
Figura 20 - Evapotranspiração estimada pelo método de Thornthwaite na Bacia do Rio Paraná 3	53
Figura 21 - Zoneamento de risco agroclimático do Abacateiro (<i>Persea Americana</i>) Bacia do Rio Paraná 3	55
Figura 22 - Variabilidade da Precipitação Anual na Bacia do Rio Paraná 3.....	58
Figura 23 - Zoneamento de risco agroclimático do Abacaxizeiro (<i>Ananas comosus</i>) Bacia do Rio Paraná 3	60
Figura 24 - Temperatura do ar Máxima Média Anual na Bacia do Rio Paraná 3	63

Figura 25 - Probabilidade de ocorrência de Temperaturas Máximas Superiores a 35 e 38°C na Bacia do Rio Paraná 3	64
Figura 26 - Zoneamento Agrícola de risco climático da Bananeira (<i>Musa sp</i>) Bacia do Rio Paraná 3	66
Figura 27 - Zoneamento de Risco Agroclimático da Goiabeira (<i>psidium guajava</i>) Bacia do Rio Paraná 3	69
Figura 28 - Distribuição da média anual da soma térmica em graus dia para a cultura do limoeiro na Bacia do Rio Paraná 3.....	72
Figura 29 - Média mensal da soma térmica em graus dia para a cultura do limoeiro.....	73
Figura 30 - Zoneamento De Risco Agroclimático do Limão (<i>Citrus latifolia Tanaka</i>) Na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3	74
Figura 31 - Zoneamento de Risco Agroclimático do Mamoeiro (<i>Carica papaya</i>)	78
Figura 32 - Zoneamento Agrícola de Risco Climático da (<i>Mangifera indica</i>) Bacia do Rio Paraná 3	82
Figura 33 - Zoneamento de Risco Agroclimático do Maracujazeiro (<i>Passiflora edulis Sims</i>) Bacia do Rio Paraná 3	85
Figura 34 - Zoneamento de risco agroclimático para variedades da Videira na Bacia do Rio Paraná 3	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exigências climáticas de baixo risco para as espécies frutíferas	27
Quadro 2 - Exigências climáticas de baixo risco para as espécies frutíferas	28
Quadro 3 - Profundidade efetiva (80%) das raízes das espécies frutíferas analisadas	29

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Período livre de geada na Bacia do Rio Paraná 3.....	51
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

BHC – Balanço Hídrico Climatológico
CAD – Capacidade de água disponível
DEF – Deficiência Hídrica
DHA – Deficiência Hídrica Anual
DHM – Deficiência Hídrica Mensal
ETP – Evapotranspiração Potencial
Gd – Graus dia
ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
Ia – Insolação Média Anual
Ih – Índice hídrico
IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*
MAPA – Ministério da Agricultura e Abastecimento
Ta – Temperatura Média Anual
Tmf – Temperatura média do mês mais frio (Tmf)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ 3.....	16
3.2 AGROMETEOROLOGIA E O ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO.....	17
3.3 A FRUTICULTURA.....	23
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 ÁREA DE ESTUDO	25
4.2 ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO E VARIABILIDADE CLIMÁTICA	27
4.2.1 Condições Edafoclimáticas das espécies.....	27
4.2.2 Precipitação	28
4.2.3 Balanço Hídrico Climatológico, Capacidade de Armazenamento de água de solo e Evapotranspiração	30
4.2.4 Temperatura do ar e geada.....	32
4.2.5 Insolação.....	33
4.2.6 Zoneamento de risco Agroclimático.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 VARIABILIDADE CLIMÁTICA	34
5.1.1 Precipitação, umidade relativa e balanço hídrico	34
5.1.2 Insolação.....	44
5.1.3 Temperatura do ar, Soma Térmica e Geada.....	46
5.1.4 Evapotranspiração	52
5.2 ZONEAMENTO DE RISCO AGROCLIMÁTICO.....	53
5.2.1. Abacateiro (<i>Persea Americana</i>).....	53
5.2.2. Abacaxizeiro (<i>Ananas comosus</i>).....	56
5.2.3. Bananeira (<i>Musa sp</i>).....	60
5.2.4. Goiabeira (<i>Psidium guajava</i>).....	67
5.2.5. Limoeiro (<i>Citrus aurantifolia</i>)	69
5.2.6. Mamoeiro (<i>Carica papaya</i>).....	75

5.2.7. Mangueira (<i>Mangifera indica</i>)	78
5.2.8. Maracujazeiro (<i>Passiflora edulis Sims</i>).....	82
5.2.9. Videira (<i>Vitis labrusca</i> e <i>Vitis vinifera</i>).....	85
CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS	91

1 INTRODUÇÃO

A atmosfera não é estática. Suas características sempre variam de um lugar para o outro em escalas temporais distintas. Seus eventos podem variar de segundos a horas, de dias até milênios. As interações que ocorrem na própria atmosfera podem ser resultantes de mudanças e variações sobre determinado lugar (AYOADE, 2006). Dessa forma, o conhecimento aprofundado do clima e a periodicidade de seus eventos climáticos extremos vêm despertando cada vez mais interesse na sociedade, uma vez que, suas estimativas e frequência são fundamentais, como demonstrado em diversos estudos, para o planejamento, uso e ocupação do solo, principalmente, na construção civil e exploração agropecuária (BRUIJN et al., 2017; ARCHIE et al., 2018; COMER, 2018; MASON e FRAGKIAS, 2018; PIETRAPERIOSA et al., 2018; RECKIEN et al., 2018; TSAVDAROGLOU et al., 2018).

Durante o século passado e principalmente neste início de século XXI, as mudanças climáticas têm causado eventos atípicos em todo o mundo, como a ocorrência de temperaturas extremas, ondas de calor, eventos de secas, aumento no volume de precipitação diária, culminando assim, em riscos de calor ou frio extremo, tempestades severas e inundações (IPCC, 2013). Seus impactos sobre a sociedade e as atividades humanas são incertos e cada vez mais perceptivos, tornando-se um dos maiores desafios para a sociedade atual e para as gerações futuras (MARENGO e ALVES, 2005; SANCHES et al., 2014). Com essa preocupação, diversos trabalhos são realizados pela comunidade científica mundial para buscar compreender como se formam esses eventos meteorológicos extremos, quais impactos vem causando, os possíveis danos que poderão causar para as atividades humanas e como mitigar os efeitos das mudanças climáticas (FLØTTUM et al., 2016; POWELL e REINHARD, 2016; VON MÖLLENDORFF e HIRSCHFELD, 2016; BRUIJN, et al., 2017; MASSETTI et al., 2017; WIRÉHN, 2017, APURI, et al., 2018; BIGELOW e ZHANG, 2017; CHRIEST e NILES, 2018; FERREIRA et al., 2018; HART e FELDMAN, 2018; HERNANDEZ-OCHOA et al., 2018; HUSSAIN et al., 2018; LUCENA et al., 2018; MAHAPATRA et al., 2018; PATHMESWARAN et al., 2018; RAVESTEIN et al., 2018; SOTO-MONTES-DE-OCA e ALFIE-COHEN et al., 2018; THORPE e FIGGE, 2018; WANG et al., 2018; YLÄ-ANTTILA et al., 2018; AUSTIN et al., 2019; HO, 2019; KIM et al., 2019; ZHAI e HELMAN, 2019).

A agricultura, principalmente a produção de grãos e a pecuária extensiva, compõem a base da atividade econômica da Região Sul do Brasil. Para a agropecuária o estudo da agrometeorologia se faz necessário, uma vez que influencia diretamente no tipo de cultura a ser

produzida em determinada região, na sua época de plantio, no uso de agroquímicos, no manejo do solo, e em todas as etapas do processo produtivo (CARAMORI et al., 2008). Além disso, o estudo da agrometeorologia permite reduzir os impactos das variações do tempo e minimizar os riscos que a agricultura está propensa. (BERLATO e FONTANA, 2003; CARAMORI et al., 2008). Trabalhos que identifiquem e prevejam períodos de seca, chuva intensa, vendavais e geadas contribuem para fomentar os planejamentos agrícolas e o manejo das culturas, visando uma melhor forma de extrair o potencial máximo das culturas e obter bons resultados (LUNGARSKA e CHAKIR, 2018; PATHMESWARAN et al., 2018; KARIMI et al., 2018; WIRÉHN, 2018; AGOVINO et al., 2019).

Dessa forma, o estabelecimento do planejamento agrícola e de modelos mais rentáveis é essencial para que não prejudiquem o ambiente, permitindo assim que medidas concretas possam ser tomadas, tanto nas esferas pública e privada, quanto pela sociedade (BORGES et al., 2018). O planejamento agrícola diz respeito às ações e práticas a serem estabelecidas antes da implementação da cultura e durante todo o ciclo produtivo da mesma. Sendo assim, o planejamento é pautado, basicamente, nas informações do clima/zonamento e de sua variabilidade interanual, no local de interesse, estabelecendo-se assim uma melhor época de plantio, o manejo da cultura e o período de colheita, evitando-se o uso de recursos desnecessários na produção e o uso racional dos recursos naturais (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009; SALLUSTIO et al., 2018).

Para maximizar a produtividade e reduzir os riscos, a aplicabilidade de estudos dos elementos agrometeorológicos vem sendo estudada em escala planetária, onde os zoneamentos de risco agroclimático vem abrindo campo para melhorar o manejo, tomada de decisão, planejamento agrícola e para subsidiar as políticas agrícolas (RICCE et al. 2013). O conhecimento das características e peculiaridades isoladas de cada clima e solo darão auxílio na escolha da cultura e nas tomadas de decisão, na busca por maiores rendas e menores perdas. Dentre as informações agrometeorológicas empregadas no planejamento agrícola, o zoneamento agroclimático é a mais conhecida. Estudos que identifiquem o risco climático para agricultura são fundamentais, uma vez que eventos de geada, neve, calor extremo, seca, chuva em excesso, vendaval e granizo podem trazer grandes prejuízos ao desenvolvimento fenológico de diversas culturas (MEZHER et al., 2012; RICCE et al., 2013; MORAIS e CARBONIERI, 2015; MARTINS et al., 2017; TREFALT et al., 2018).

O Brasil possui condições ecológicas favoráveis à expansão da fruticultura. Com uma produção de 320 milhões de toneladas, o país é responsável por cerca de 10% da produção

mundial de alimentos (IPARDES, 2019). O zoneamento agroclimático pode contribuir para sua expansão, uma vez que, consiste em identificar as características e padrões dos elementos e fatores climáticos de um país, estado ou município que podem ser determinantes na escolha da cultura, planejamento agrícola e tomada de decisão desta área (RICCE et al., 2013; CALDANA et al., 2019b). Dessa forma, nas mais distintas escalas define-se a aptidão e o risco de cada área para determinado cultivo agrícola por meio de mapas, considerando as exigências hidroclimáticas de cada espécie de interesse agrícola, contendo informações do risco agroclimático, aptidão e a recomendação de época de plantio e/ou colheita. Visto que o homem não controla os eventos meteorológicos, o zoneamento deve ser a primeira informação a ser considerada no planejamento agrícola (PEREIRA et al. 2002; FRANCISCO et al. 2003; SENTELJAS e MONTEIRO 2009; GELCER et al. 2018).

O Paraná está localizado em uma área de transição climática, com grandes variações de altitude e latitude, condicionando assim, grandes discrepâncias no clima e na ocorrência de geadas. As regiões centro-sul e sudoeste do Estado, por exemplo, têm altitudes que variam de 800 até 1.300m com temperaturas negativas e diversas ocorrências de geada durante o ano, enquanto nos vales dos Rios Paranapanema e Paraná as altitudes variam de 200 a 350m, condicionando temperaturas elevadas no verão e baixo risco de geada (CARAMORI et al., 2001). Com essa vasta variabilidade, os impactos das mudanças climáticas sobre este Estado são incertos (CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019b).

O estado ainda é destaque no cenário agropecuário nacional, apresentando uma grande variedade agrícola. A utilização de avançadas técnicas agrônômicas coloca o estado em destaque em termos de produtividade em diversas culturas. A representatividade é de 1/5 de toda a produção agrícola brasileira, em uma área que representa apenas 2,3% de todo o território nacional (IBGE, 2019). A fruticultura é um dos mais notórios segmentos agrícolas brasileiros, que tem apresentado evolução contínua, atendendo ao grande mercado interno, bem como o acesso ao mercado mundial de frutas (RICCE et al., 2014a; OLIVEIRA et al., 2018).

A fruticultura é uma atividade que tem grande contribuição para o desenvolvimento econômico nacional graças a sua capacidade de geração de renda e emprego nas diferentes escalas, desde o pequeno produtor até o agronegócio (DE CAMPOS et al., 2015). Além disso, esses tipos de culturas contribuem para o desenvolvimento de uma maior biodiversidade do que na sucessão soja-milho-trigo (DEY e CHAUDHURI, 2013; CAMBUI et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018; AGOVINO et al., 2019) amplamente disseminada sobre o estado.

O programa de Zoneamento Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é uma ferramenta de apoio para às políticas agrícolas que tem como objetivo facilitar créditos, financiamentos e seguros para o produtor rural. No cenário nacional, como as atividades frutíferas estão concentradas nas mãos do pequeno produtor e da produção familiar, políticas agrícolas são fundamentais para a expansão do segmento (FERREIRA et al., 2003; SAMPAIO, 2007). Esse instrumento de pesquisa tem um grande valor social, para o desenvolvimento de uma agricultura mais rentável que reflete em reduzir perdas.

Para melhorar a relação entre ambiente e as plantas cultivadas e tornar o zoneamento agroclimático, agrícola de risco climático e outros zoneamentos um instrumento eficaz no planejamento agrícola, muitos trabalhos na esfera global vêm dando ênfase primordialmente em reduzir os riscos das atividades agrícolas, minimizar as perdas de produção e fundamentar a busca por uma agricultura conservacionista e sustentável (THOMAS, 1992; CARAMORI et al., 2001; ASSAD et al., 2004; CARAMORI et al., 2008; FRITZSONS et al., 2008; MOELETSI e WALKER, 2012; NEAMATOLLAHI et al., 2012; FALASCA et al., 2015; MANCILLAS et al., 2015; CARVALHO et al., 2017; DAMASCENA et al., 2017; MACHADO et al., 2017; PANDOLFO et al., 2017; PASSOS et al., 2017; DOS REIS et al., 2017; ALBUQUERQUE et al., 2018; CONCEIÇÃO et al., 2018; GELCER et al., 2018; DE MATOS et al., 2018; MEDEIROS et al., 2018; SANTI et al., 2018; DE SOUSA e DE OLIVEIRA, 2018; DE SOUZA et al., 2018; TAYT'SOHN et al., 2018).

A estrutura fundiária da bacia do Rio Paraná 3 é representada por 45% de pequenas propriedades de 0 a 10ha e ainda 23% de propriedades de 10 a 20ha (MEDEIROS; ZANÃO JUNIOR, 2015). Neste cenário, trabalhos que identifiquem e possibilitem a expansão de culturas permanentes e com maiores benefícios ambientais, como o cultivo de espécies frutíferas são fundamentais para o desenvolvimento sustentável na região.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar o zoneamento de risco agroclimático para espécies frutíferas na bacia do Rio Paraná 3, que contemplou as seguintes espécies frutíferas: abacate, abacaxi, banana, goiaba, lima ácida tahiti, mamão, manga, maracujá e uvas rústicas. Por meio do zoneamento é possível recomendar por cultura e área/município a viabilidade, períodos e época de plantio e colheita indicados por meio do zoneamento, além de determinar os riscos para cada espécie frutífera.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o zoneamento de risco agroclimático para nove espécies frutíferas (abacate, abacaxi, banana, goiaba, lima ácida tahiti, mamão, manga, maracujá e uvas rústicas) na bacia do Rio Paraná 3.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar os parâmetros climáticos, orográficos, edáficos, fenológicos e fisiológicos para nove espécies frutíferas na Bacia do Rio Paraná 3;
2. Constatar a variabilidade climática da área de estudo;
3. Mapear o risco agroclimático para nove espécies frutíferas na Bacia do Rio Paraná 3;
4. Analisar e mapear a distribuição espaço-temporal da variabilidade e dos eventos extremos climáticos;
5. Recomendar por cultura e área/município a viabilidade, períodos e época de plantio indicados por meio do zoneamento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ 3

Os municípios com área na Bacia do Rio Paraná 3 (figura 01) possuem população de 1.073.175 habitantes distribuídos em 28 municípios da Mesorregião Oeste do Paraná, com uma área de 14.062km². Destaca-se que nesta área concentram-se as regiões metropolitanas de Cascavel (512.651 habitantes) e Toledo (392.278 habitantes) (IBGE, 2019). A área apresenta inúmeras vantagens para a diversificação da agricultura (MEDEIROS; ZANÃO JUNIOR, 2015). Possui terras de alta fertilidade, relevo suavemente ondulado com inclinação no sentido Oeste-Leste, clima diversificado, baixo risco de geadas em algumas áreas, além de infraestrutura e logística satisfatórias, sendo uma importante área para estudos dessa gênese (PARANÁ, 2018).

Para a economia destaca-se que a Bacia do Paraná 3 é ocupada, em sua maior parte, com a classe de agricultura intensiva, com grande predomínio dos grãos (soja e trigo) ocorrendo numa faixa de uso misto na região centro sul da bacia. Há ainda pequenas áreas de cobertura florestal e concentrações urbanas e industriais, com destaque para as regiões de Foz do Iguaçu e Cascavel (MEDEIROS; ZANÃO JUNIOR, 2015). O IDH dos municípios pertencentes é em grande parte classificado como alto (PARANÁ, 2018).

A agricultura é a principal atividade econômica desenvolvida na região. Em 2014, a Bacia do Rio Paraná 3 possuía 79,08% de sua área destinada à agropecuária, sendo desta 62,05% de lavoura temporária/permanente e 17,03% com pastagem. Esse fato é decorrente do uso e ocupação do solo na história desta região, uma vez que, de 1950 a 1980, a área cultivada na região sextuplicou, e neste processo, iniciou-se a substituição das culturas temporárias (milho, feijão, arroz e mandioca), utilizadas principalmente, para subsistência, pelas culturas do trigo, soja e milho, ocupando assim, uma área mais densa (MEDEIROS; ZANÃO JUNIOR, 2015).

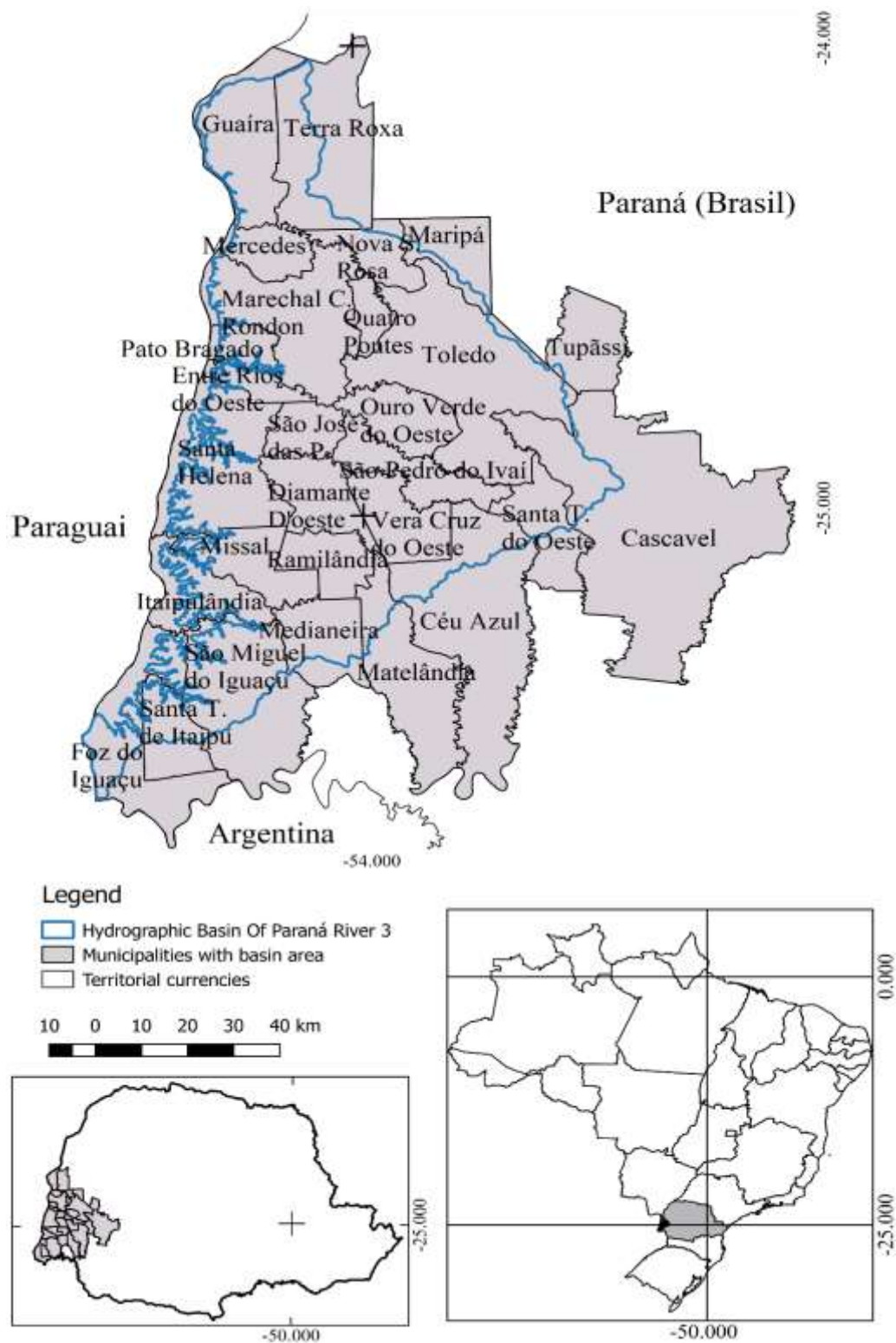


Figura 1 - Cidades com área municipal na bacia hidrográfica do Rio Paraná 3

3.2 AGROMETEOROLOGIA E O ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO

A variabilidade climática é inerente à própria definição de clima. O clima denota de variabilidade no espaço e no tempo (CONFALONIERI, 2013). Os estudos em recursos hídricos,

como em bacias hidrográficas, normalmente levam em consideração o comportamento dos sistemas hídricos dentro da sazonalidade anual e para períodos de dados, geralmente na ordem de 15 a 30 anos. O estudo da variabilidade climática numa escala de dez anos ou períodos maiores pondera a influência do comportamento climático sobre o sistema global e, em específico nos recursos hídricos (KARIMI et al., 2018; SOMBOONSUKE et al., 2018; PAILLER e TSANEVA, 2018).

Mesmo que a agricultura possua grandes avanços das tecnologias e das contribuições da ciência, este setor econômico é extremamente dependente das condições meteorológicas em escala global. Os danos e prejuízos decorrentes de eventos meteorológicos como secas, excessos de chuvas, geadas e granizo podem ser parciais ou totais, com frequência variável por região e época do ano (CARAMORI et al., 2008). Na agricultura, a variabilidade da produção é afetada em até 80% pelas condições meteorológicas, conforme destacado em inúmeros trabalhos (CARAMORI et al., 2007; CARAMORI et al., 2008; CARAMORI et al., 2016; MICHLER et al., 2018; CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019a).

A produção de alimentos será um grande desafio para a agricultura moderna (CARNEIRO et al., 2019). E nesse ínterim, a agricultura familiar desempenha um papel nobre, produzindo alimentos seguros e saudáveis, além de ser uma das engrenagens do motor do desenvolvimento econômico sustentável (DE CAMPOS et al., 2015). Nesse contexto, a responsabilidade do segmento aumenta, pois, a produção agrícola intensiva e insustentável, está sobrecarregando os recursos naturais, evidenciando que melhorias nos modelos de produção são necessárias, além de práticas que valorizem uma agricultura sustentável, promissora e que satisfaça em termos produtivos (MARQUES et al., 2019).

Além disso, as mudanças climáticas vêm sendo tratada como uma ameaça à agricultura e à segurança alimentar (DO AMARAL, 2018). Existe uma relação evidente e complexa de causa e efeito entre a agricultura e as alterações climáticas. As atividades do setor agrícola causam severo impacto ao ambiente e vem sendo um dos mais afetados pelos impactos negativos do aquecimento global (MICHLER et al., 2018; AGOVINO et al., 2019). E esse cenário desencadeia-se vários trabalhos científicos no mundo todo, onde é incerta e preocupante essa relação de causa e efeito (CAI et al., 2016; ARCHIE et al., 2018; GREENE, 2018; MAIA et al., 2018; MICHLER et al., 2018).

O clima é de vital importância para o planejamento agrícola (DE ANDRADRE et al., 2017). As atividades agrícolas e criações animais têm sido muito afetadas por extremos climáticos. A ocorrência de períodos secos e quentes tem provocado grandes perdas na

agricultura, as quais se acentuam em função da degradação dos solos produtivos (DE OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018; DE OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019; PEZZOPANE et al., 2019; RAVINDRA et al., 2019).

Nas últimas décadas, um dos assuntos mais discutidos é a sustentabilidade. Nesse cenário, o aprimoramento de práticas para uma agricultura mais sustentável é visto como uma importante meta para o avanço do desenvolvimento socioambiental (SOUSA et al., 2017). O rápido crescimento populacional e a redução de terras aráveis, principalmente em países em desenvolvimento, aumentou a demanda do aprimoramento e planejamento da agricultura, de forma que se consiga evitar perdas de solo férteis e da própria produção (WADT, 2013). Estudos que identifiquem formas de mitigar os impactos dos fenômenos meteorológicos, manejo de irrigação e que auxiliem na conservação do solo são fundamentais para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável (SIVAKUMAR et al. 2000; PANDEY, 2018).

A agricultura em escala global vem se desenvolvendo em passos largos com o advento e expansão de técnicas e mecanização, no sentido da agricultura de precisão (MACHADO, 2018). Porém, conforme destacado pela Organização Meteorológica Mundial - OMM (2006) regiões do mundo onde há estudos e trabalhos agrometeorológicos tendem a ser mais rentáveis, reduzindo as perdas por advento de eventos meteorológicos extremos. Aliado a isso, práticas conservacionistas e sustentáveis contribuem para a manutenção e equilíbrio do sistema de produção (OLUFAYO et al., 1998; STIGTER, 2008).

O zoneamento de risco agroclimático é pautado em probabilidades de aptidão calculadas por funções matemáticas e estatísticas sobre séries de dados meteorológicos disponíveis (RICCE et al., 2013). A fenologia das culturas difere o impacto das condições meteorológicas acerca de seu desenvolvimento. Sendo assim, nas mais distintas escalas é definida a aptidão de cada área, município, estado, região ou país para determinado cultivo agrícola, considerando as exigências hidroclimáticas de cada espécie de interesse comercial por meio de mapas. O zoneamento não elimina os riscos, mas trata-se de uma estratégia de convivência com as incertezas climáticas (PEREIRA et al., 2002; CARAMORI et al., 2011; RICCE, 2012).

Para determinada cultura ser considerada apta para o cultivo em uma região é necessário que as suas condições climáticas sejam favoráveis durante todo o seu ciclo vegetativo. O risco máximo para a aptidão determinado pelo MAPA para cada espécie é de no máximo 20% para financiamentos e seguros agrícolas, cabendo ao agricultor decidir se irá seguir a recomendação ou utilizar práticas que mitiguem os efeitos adversos meteorológicos sobre sua produção. Dessa forma, são necessários determinados limites de temperatura mínima e máxima nas distintas

fases vegetativas, disponibilidade hídrica mínima e um período seco nas fases de maturação e colheita (PEREIRA et al., 2002; RICCE et al., 2014a; RICCE et al., 2018).

O zoneamento de risco agroclimático, normalmente é dividido em três categorias para determinar a aptidão climática, sendo estas: 1. Região apta, em que corresponde a locais onde todas condições climáticas são consideradas normais para o cultivo; 2. Região marginal, em que algumas adversidades climáticas podem ser esperadas, não impossibilitando o cultivo, mas merecem atenção e planejamento; 3. Inapta, em que o cultivo é economicamente prejudicado e as perdas podem ser frequentes (PEREIRA et al., 2002). Neste trabalho utilizou-se, além destes, determinar os parâmetros de riscos por cada variável meteorológica, cabendo a tomada de decisão ao agricultor. O zoneamento é levado em consideração conforme os aspectos ecofisiológicos da cultura. Dessa forma, além da aptidão, a análise de frequência dos riscos, pode contribuir para o planejamento agrícola (WALDHEIM et al., 2006; RICCE et al., 2014a; RICCE et al., 2018).

No cenário de mudanças climáticas e dos constantes avanços científicos, o zoneamento agroclimático deve ser constantemente atualizado. A busca por novos parâmetros de risco, metodologias e análise de variedades de culturas geneticamente modificadas também são necessárias na busca por uma melhor tomada de decisão na agricultura.

Dos elementos meteorológicos que interferem no desenvolvimento fisiológico vegetal destaca-se inicialmente, a radiação solar, que dispõe a energia necessária aos processos associados à fotossíntese, contribuindo para a produção de carboidratos e para o crescimento da biomassa das plantas (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009). Além disso, a insolação/horas de sol e o fotoperíodo são elementos importantes que também interferem no crescimento e desenvolvimento das culturas, correspondendo assim, ao tempo em que as plantas realizam o processo de fotossíntese. A temperatura do ar também tem relação com o processo fotossintético, que afeta a taxa das reações metabólicas das plantas, regulando o crescimento e o desenvolvimento vegetal (ANTAL, 2012; EL-KHOULY, et al., 2017; ZHANG, et al., 2018; GUO et al., 2019; IMSLAND et al., 2019; NICO et al., 2019).

Outro elemento meteorológico importante para a fisiologia vegetal é a precipitação, que afeta tanto o crescimento quanto o desenvolvimento das culturas, além da influência na absorção de água pelas raízes e o status hídrico. Em períodos de seca as plantas fecham seus estômatos, fixando menos CO₂, afetando assim, negativamente a fotossíntese, enquanto em períodos com excesso de chuva ocorre à redução da oxigenação dos solos, diminuindo a

atividade radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas (SENTELHAS, 2004; SENTELHAS e MONTEIRO 2009).

Ainda há de se destacar a umidade do ar, uma vez que, ambientes muito secos levam ao aumento excessivo da transpiração, na maioria das plantas, podendo prejudicar seu desenvolvimento, enquanto em condições de alta umidade a duração do período de molhamento foliar é maior e ocorre o desenvolvimento de doenças que afetam o desempenho das culturas, reduzindo a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas (WHEELER e VON BRAUN, 2013; TAGOUR e MOSSAD, 2017; ABDALLAH, et al., 2018).

O vento afeta indiretamente as culturas. A velocidade determina se seus impactos são positivos ou negativos. O vento em incidência de velocidades baixas a moderadas influencia na renovação do suprimento de CO² e para a manutenção da transpiração das plantas (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009). Enquanto em casos de vento forte e ventanias, ocorre o aumento excessivo da transpiração das plantas, levando ao fechamento dos estômatos, à redução do número de folhas e da área foliar, resultando em queda brusca da fotossíntese. Ventos intensos provocam danos mecânicos nas plantas, como acamamento, queda de folhas, queda de frutos e quebra de galhos e troncos (PEREIRA, et al., 2002; CATALDO, 2013).

Diversos trabalhos sobre zoneamento agroclimático são realizados em toda a região Sul do Brasil. Wrege et al., (2004a) trabalharam com o zoneamento agroclimático para a cultura dos citros no Rio Grande do Sul. Destacaram a importância desse estudo visto que a citricultura é um dos principais agronegócios do país. Foram considerados risco de geada e a soma térmica para graus dias. Os autores identificaram que as únicas regiões inaptas para o plantio são o extremo-noroeste e extremo sul devido ao grande risco de geada e soma térmica insuficiente. Para as outras regiões o plantio de citros foi considerado apto, mas recomendado, em boa parte do Estado, o uso de porta-enxertos para proteger de frio intenso e geadas.

Pandolfo et al., (2017) realizaram o zoneamento agroclimático para o cultivo de mirtilo no Estado de Santa Catarina devido a expansão de cultivares da espécie pelo mundo. Foi identificado que existe potencialidade em diversas regiões para o cultivo da espécie, com exceção do Litoral Norte e Sul e de parte do Extremo Oeste. O principal elemento meteorológico determinante para considerar as áreas inapropriadas foram o número de horas de frio.

Caramori et al., (2008) realizaram o zoneamento agroclimático para o pessegueiro e nectarina, visto que essas culturas têm grande potencial climático e de mercado, mas ainda são pouco exploradas no Estado do Paraná. Os autores identificaram com base nas recomendações

deste zoneamento que agricultores, difusores de tecnologia e agentes financiadores terão subsídios para a realização de investimentos seguros na exploração de pessegueiros e nectarineiras no Paraná.

Ricce et al., (2014a) trabalharam com o zoneamento agroclimático da videira no Estado do Paraná. Foram avaliados a deficiência hídrica anual, o risco de geadas tardias, a temperatura média anual, o volume de precipitação anual e a umidade relativa média anual. Os autores chegaram à conclusão de que o estado do Paraná possui regiões com baixo risco climático para a cultura da videira. Para as uvas rústicas, praticamente todo o estado é apto ao cultivo, com exceção do litoral. Para o cultivo de uvas finas de mesa, somente as regiões norte, noroeste e oeste são consideradas aptas. Para as uvas finas destinadas à vinificação, somente o litoral e a região leste não são aptas, segundo os critérios estabelecidos.

Para a cultura do abacaxizeiro Ricce et al., (2014b) utilizaram os limites adequados das variáveis climáticas de temperatura média anual, a temperatura do mês mais frio, o risco anual de geadas, o risco de deficiência hídrica, o número de horas de insolação anual e o fotoperíodo no Estado. Identificaram que o Paraná possui regiões com baixo risco climático para a cultura do abacaxizeiro. As regiões Oeste, Noroeste e Norte são as mais recomendadas ao cultivo. Na região marginal, a escolha da área para o cultivo deve ser criteriosa, evitando áreas mais propícias à ocorrência de geadas, principalmente em baixadas. Enquanto as regiões Centro, Sul e Leste, não são recomendadas.

Fritzsos et al., (2008) buscaram compreender a relação entre altitude e temperatura do ar, a fim de definir um coeficiente vertical de temperatura média para o Estado do Paraná e também setorial, no âmbito das regiões de clima semelhantes no Estado, utilizando para isto o método da regressão linear. Este método é muito utilizado para elaboração de zoneamentos agroclimáticos. A correlação entre a altitude e a temperatura média de janeiro é mais forte do que para a temperatura média de julho. A altitude é o fator que mostrou maior influência sobre a temperatura, seguido respectivamente da latitude e longitude. A altitude é um fator importante para zoneamentos, bem como as situações topográficas, particularmente os fundos de vale, uma vez que estes apresentam comportamento diferenciado face aos fatores climáticos, principalmente a geada.

Assad et al., (2003) buscaram identificar o efeito do incremento de temperatura, no cenário de mudanças climáticas, no zoneamento de riscos climáticos da cafeicultura nos próximos 100 anos, nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Para o Estado do Paraná, identificaram que haverá um deslocamento da área produtiva para a região Sul; mesmo

assim, com o aumento de 5,8°C na temperatura média anual haverá uma forte redução das áreas aptas para o cafeeiro, saindo de 70,4% (situação atual) para 25,2%; com o aumento previsto de chuvas (15%), a cultura do café no Paraná poderá apresentar problemas de qualidade de bebida, sendo este também um fator restritivo para a cultura.

Todos os trabalhos mencionados contribuíram para o planejamento e tomada de decisão na agricultura. Assim, contribuíram para decidir o que, quando e onde semear/plantar, com menor risco de perda, em função das adversidades climáticas de ordem local e regional, demonstrando assim, a importância de se realizar o zoneamento agrícola em todo território nacional.

3.3 A FRUTICULTURA

A fruticultura é uma atividade que tem grande contribuição para o desenvolvimento econômico nacional, sendo um dos segmentos agrícolas do Brasil de grande expressividade. Este ainda é responsável por parte do desenvolvimento econômico nacional, seja na geração de renda no meio agrícola, bem como na sua capacidade de gerar emprego em larga escala nos mais variados setores do agronegócio, denotando a importância da cadeia de produção frutífera para o caráter econômico-social. E essa vasta abrangência em termos econômicos está ligada tanto na adaptação quanto na expansão das frutíferas (FACHINELLO, et al., 2011; GERUM et al., 2019). Em 2018, o Brasil produziu em torno de 36,5 milhões de toneladas de frutas, cultivadas numa área de 2,5 milhões de hectares (IBGE, 2019).

O aumento da área cultivada e a produção de frutas têm crescido no Brasil (GERUM et al., 2019). Isso ocorreu principalmente devido às condições edafoclimáticas, a diversidade de clima, à modernização e melhor gestão da propriedade rural e de todos os fatores de produção. A adoção de tecnologias de baixo impacto ambiental, visando à qualidade, segurança do produto e preservação do meio ambiente, contribuiu deste modo, no sentido de atender às exigências do mercado consumidor brasileiro e transpondo as rigorosas barreiras fitossanitárias impostas pelos países importadores (BUAINAIN et al., 2007; FACHINELLO et al., 2011; PEREIRA e KAVATI, 2011)

A fruticultura possui algumas peculiaridades que devem ser trabalhadas. Há uma forte e maciça presença de agricultores familiares e elevada relação trabalho/capital, com a participação de um número grande de cooperativas e associações de produtores (CABRAL et al., 2016). No contexto atual, os agricultores familiares ainda enfrentam dificuldades para se inserir nas cadeias produtivas do agronegócio, sobretudo na fruticultura, pois o processo de

desenvolvimento da agricultura no Brasil não levou em consideração suas particularidades, e as frutíferas podem ser uma alternativa para os produtores familiares, apesar das pequenas extensões de terra e os elevados custos dessas tecnologias constituem fatores limitantes (CATTELAN et al., 2018; GHINOI et al.; 2018).

Nesse cenário, o estado do Paraná tem favorecido o cultivo de frutíferas pela sua variabilidade climática, solos e relevo, que proporcionam ambientes favoráveis para o cultivo de um grande número de espécies vegetais. Apesar disso, as frutíferas ainda buscam espaço no território paranaense. As culturas anuais, como soja e milho, dominam boa parte do agronegócio do estado, pela tecnologia empregada na produção, o aporte em pesquisa e pela consolidação das suas cadeias produtivas (CAMILLONI e BARROS, 2003; AMSLER et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2018, CAJAMARCA et al., 2019; NÓIA JUNIOR e SENTELHAS, 2019). No entanto, o Paraná produziu 1,3 milhões de toneladas de frutas, 3,5% do total nacional, impulsionado pela produção de laranja com 870 mil toneladas no ano de 2018. Nesse ano, a área de frutíferas no estado do Paraná, ocupou cerca de 51,5 mil hectares (IBGE, 2019).

Algumas frutíferas arbóreas desempenham papéis secundários na garantia da sustentabilidade do meio rural (GERUM et al., 2019). Pelo porte aéreo robusto e altura da copa, a necessidade de capturar CO₂ atmosférico é maior comparada às culturas de ciclo anual. E esse elemento presente na atmosfera, em grandes concentrações, agrava o efeito estufa e conseqüentemente contribui para o aquecimento global. Então, dentro de ações estratégicas, as frutíferas, principalmente as perenes, podem ser adotadas para reduzir as perspectivas de aumento de temperatura da superfície da Terra (CARVALHO et al., 2010).

Além disso, proporcionam diversificação de renda, fixação do homem no campo e a promoção de uma agricultura conservacionista e sustentável, visto que algumas culturas frutíferas podem ser inseridas em sistemas de agricultura agroflorestal, em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - ILPF e em consórcio com culturas de ciclo curto, permitindo melhorias das propriedades químicas e físicas do solo, na formação de microclima favoráveis, e tornando-se também um importante dispositivo na mitigação dos impactos das mudanças climáticas (AZEVEDO, 2000; BALBINO et al., 2011). Portanto, essa amplitude eleva a fruticultura à categoria de responsabilidade socioeconômica e ambiental (SZULEJKO et al., 2017; WESSEH e LIN, 2017; MATYSEK et al., 2019; QI et al., 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3 (Figura 02) está localizada na mesorregião Oeste do Paraná, entre as latitudes 24° 01' S e 25° 35' S e as longitudes 53° 26' W e 54° 37' W. Possui uma área total de 7.979,40km². Cabe destacar que nesta área está inserida a Hidrelétrica de Itaipu, uma das maiores usinas do mundo em geração de energia (PARANÁ, 2018).

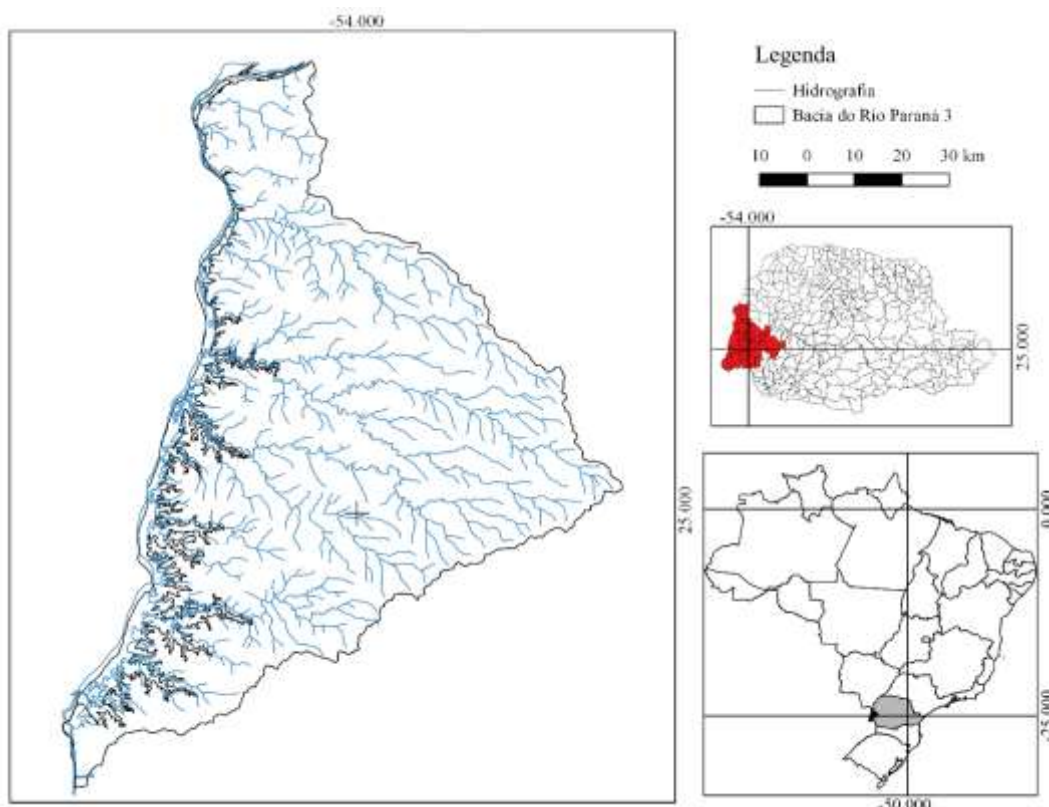


Figura 2 - Hidrografia da bacia do Rio Paraná 3

A hidrografia da Bacia do Rio Paraná 3 (Figura 02) é subdividida em 13 sub-bacias: Taturi, Chororó, Guaçu, São Francisco Verdadeiro, São Francisco Falso Braço Norte, São Francisco Falso Braço Sul, São Vicente, Ocoí, Pinto, Passo-Cuê, Gabiroba, Dois Irmãos e Matias Almada. Dentre os principais rios destacam-se os rios São Francisco Verdadeiro que nasce em Cascavel, o Guaçu cujas nascentes se encontram em Toledo e os rios São Francisco Falso e Ocoí que nascem em Céu Azul e Matelândia, respectivamente (PARANÁ, 2018).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3 está situada sob o domínio do Clima subtropical úmido e Cfa (subtropical, sem estação seca e verão quente) na classificação de Köppen (NITSCHKE et al., 2019). Este domínio climático é controlado pelas massas de ar de origem

tropical (Massa Tropical Atlântica e Massa Tropical Continental) e polar (Massa Polar Atlântica), podendo ter influência de massas equatoriais (Massa Equatorial Continental) durante o verão. Em decorrência da diferença de temperatura do ar e umidade dessas massas, a área da bacia é palco de sistemas frontais, sobretudo durante o período de inverno (DANNI-OLIVEIRA e MENDONÇA, 2007).

Conforme Bhering e Santos (2008), as unidades pedológicas predominantes na bacia do Rio Paraná 3 são: Latossolos Vermelhos; Nitossolos Vermelhos; e, Neossolos Regolíticos. O relevo (Figura 03) da bacia apresenta grandes discrepâncias. Na parte oeste, os municípios lindeiros apresentam altitude de 100 a 200m e ascende no sentido leste da bacia, chegando a atingir 850m nos municípios de Cascavel e Santa Tereza do Oeste.

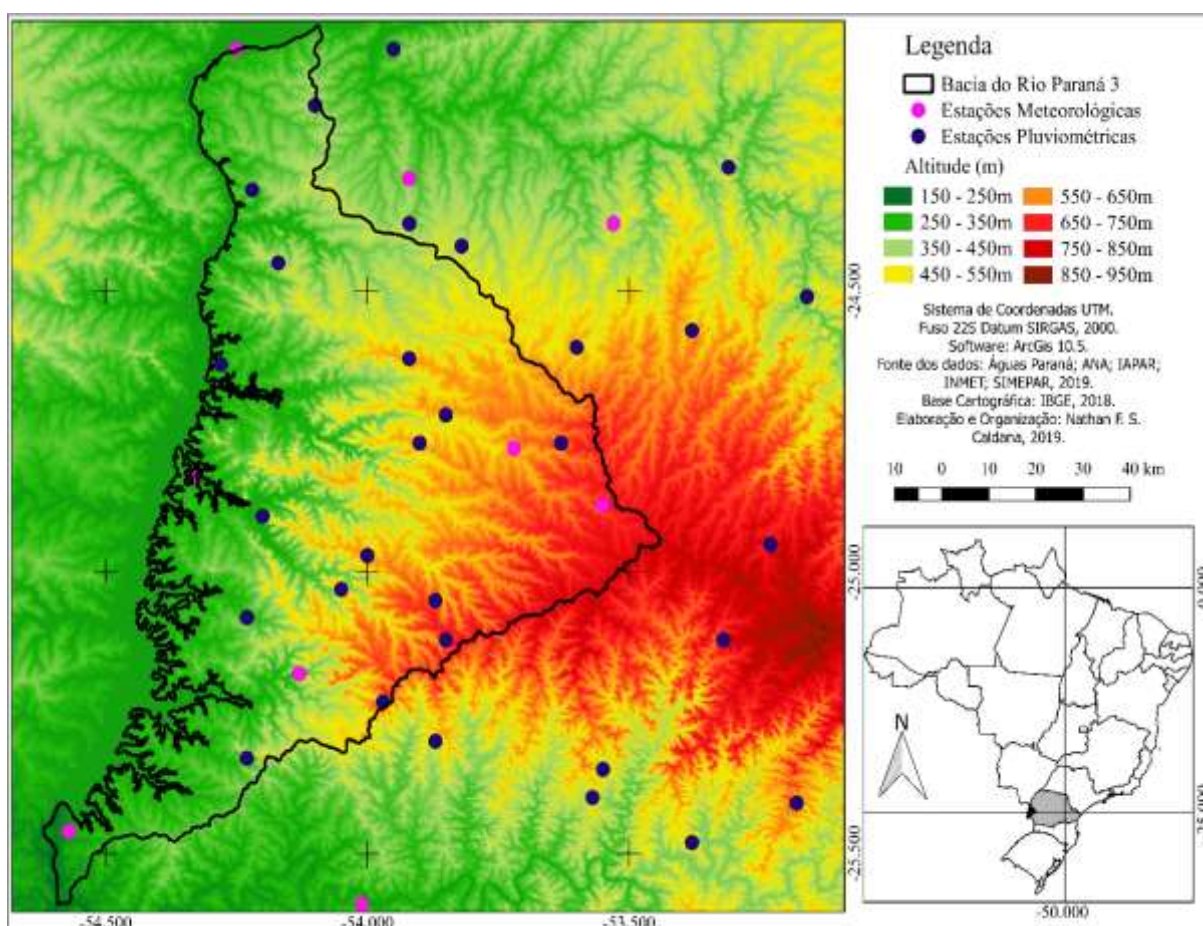


Figura 3 - Hipsometria da Bacia do Rio Paraná 3

4.2 ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO E VARIABILIDADE CLIMÁTICA

4.2.1 Condições Edafoclimáticas das espécies

Foram analisadas neste estudo as seguintes espécies: Abacateiro, Abacaxizeiro, Bananeira, Citros, Goiabeira, Mamoeiro, Mangueira, Maracujazeiro e Videira.

Inicialmente, foram obtidas informações de produção das espécies selecionadas nesse trabalho na região da bacia do Rio Paraná 3, utilizando as bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná - SEAB/DERAL.

Foram levantadas as características fisiológicas de cada espécie para determinar as condições edafoclimáticas de pleno desenvolvimento. Dessa forma, os parâmetros de riscos para o zoneamento foram definidos utilizando os "Parâmetros de Risco Climático" do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, além de pesquisa bibliográfica das exigências climáticas e características fisiológicas de cada espécie, uma vez que os riscos variam conforme as suas especificidades (Quadro 01 e 02).

Quadro 1 - Exigências climáticas de baixo risco para as espécies frutíferas

	Abacateiro	Abacaxizeiro	Bananeira	Goiabeira	Limoeiro
Déficit Hídrico Anual	Inferior a 100mm	x	Inferior a 80mm anual;	Inferior a 100mm	≤ 100mm
Temperatura média anual	Superior a 21°C	Superior a 22°C	Entre 18°C 31°C	Superior a 19°C	18°C >; < 31°C
Temperatura mínima média mensal	x	Superior a 15,5°C (mês mais frio)	Superior a 15°C (mês mais frio) Tmax diária inferior a 35°C	Superior a 14°C (mês mais frio)	x
Probabilidade de geada	Inferior a 20%	Inferior a 20%	Inferior a 20%	Inferior a 20%	Inferior a 20%
Precipitação anual	x	Superior a 1.500mm	Superior a 1.200mm	Superior a 1.000mm	Superior a 1.500mm
Insolação	x	Superior a 2.500h	Superior a 2.000h	x	x
Soma térmica	x	x	x	x	Superior a 2.000Gd anuais
Referências	CUNHA et al., 2005; ZARO et al. 2014; ZARO et al., 2018; MORENO-ORTEGA et al., 2019	CUNHA et al. 2005; RICCE et al., 2014; BRASIL 2017; DAMASCENA, et al. 2017	COELHO, et al., 2009; COELHO, et al., 2016; ARAUJO et al., 2019	SENTELHAS et al., 1996; SOUSA et al., 2013; DE ALMEIDA et al., 2014	(WREGGE et al., 2004; SANTOS FILHO et al., 2005)
x indica que a espécie não reage a esse fator/elemento climático					

Fonte: autor (2020)

Quadro 2 - Exigências climáticas de baixo risco para as espécies frutíferas

	Mamoeiro	Mangueira	Maracujazeiro	Videira
Déficit Hídrico Anual	Inferior a 80mm	DH mensal inferior a 10mm \leq 2 meses	Inferior a 100mm	Inferior a 100mm
Temperatura Média	Entre 22 e 26°C	Superior a 20°C	Superior a 21°C	Superior a 20°C
Temperatura mínima média	x	x	x	x
Probabilidade de Geadas	Inferior 20%	Inferior a 20%	Inferior a 20%	Inferior a 20% no mês de setembro
Precipitação anual	Superior a 1.200mm e Inferior a 3.100mm	Superior a 1.500mm	Entre 1.000 a 2.000mm	Uvas Finas de mesa e para a vinificação: Inferior a 1800mm Finas rústicas: Inferior a 2.000mm
Insolação	x	x	Superior a 2.220h	x
Umidade relativa	Entre 60 e 85%	x	x	Uvas rústicas e para a vinificação: Inferior a 85% Finas de mesa: Inferior a 75%
Referências	COELHO FILHO et al. 2011; VIVAS et al. 2015;	MOUCO, 2010; MOURA et al., 2015; PEREIRA et al., 2005; ZHANG, et al. 2018	FALEIRO e JUNQUEIRA, 2016; FALEIRO et al., 2019	RICCE et al., 2014
x indica que a espécie não reage a esse fator/elemento climático				

Fonte: autor (2019)

Com base na identificação das necessidades fisiológicas de desenvolvimento das espécies, foram analisados os dados de temperatura do ar (mínima, média e máxima), soma térmica, geadas, precipitação, insolação, umidade relativa, balanço hídrico e capacidade de armazenamento de água (CAD) do solo.

Para a estimativa da Reserva Útil de Água no solo para aplicação do Balanço Hídrico Climatológico e da CAD foram utilizadas as profundidades efetivas das raízes das espécies analisadas (Quadro 03).

4.2.2 Precipitação

Para a precipitação foram utilizados apenas os dados das estações pluviométricas, pois, apenas estas possuem séries longas de dados (1976-2018). A espacialização destes dados foi realizada por meio da interpolação, que é um método eficaz para a visualização espacial dos dados climáticos. Esta foi feita por meio de isoietas ou espacialmente preenchendo os valores por meio de estatísticas de regressões ajustadas e utilizando o algoritmo de interpolação espacial

Inverse Distance Weighted (IDW) (MUELER, 2004). Os mapas foram criados por meio do *Software Qgis*.

Quadro 3 - Profundidade efetiva (80%) das raízes das espécies frutíferas analisadas

Espécie	Profundidade Efetiva das raízes (cm)	Fonte
Abacateiro	100	ZARO et al. 2014
Abacaxizeiro	20	CUNHA et al. 2005
Bananeira	50	MIOTTI et al. 2013
Citros	30	SOUZA et al. 2006
Goiabeira	80	BASSOI et al. 2002
Mamoeiro	50	SOUZA et al. 2012
Mangueira	150	COELHO et al. 2001
Maracujazeiro	40	LUCAS et al. 2018
Videira	50	CHAVARRIA et al. 2009

Para complementar a análise da variabilidade pluviométrica e detecção de extremos, foram utilizados os gráficos de *Box Plot* ou diagrama de caixa. O principal recurso obtido em sua utilização é fornecer uma visualização rápida da distribuição dos dados. Se a distribuição é simétrica a caixa encontra-se equilibrada com a mediana se posicionando no centro da mesma. Já para distribuições assimétricas, há um desequilíbrio na caixa com relação à mediana” (SILVESTRE et al., 2014, p. 27). Os gráficos foram criados por meio do *software Statistica®*.

Os *box plots* representam cinco classificações de valores. Os *outliers* são divididos em discrepantes (valores acima do considerado máximo, mas que não são extremos) e extremos, sendo considerados quaisquer valores superiores a $Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$ ou inferior a $Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$. Os máximos e mínimos são considerados os maiores valores da série, mas que não são extremos ou discrepantes. Dentro da caixa são classificados três quartis com 25% dos dados cada, além do valor da mediana, equivalente ao segundo quartil, ou 50% dos dados (LEM et al., 2013; SCHNEIDER e DA SILVA, 2014).

Para a análise por meio de *Box plot* foram utilizados dados das estações pluviométricas de Matelândia, Santa Lucia, Terra Roxa e Bom Princípio (Toledo), levando-se como parâmetro os valores pluviométricos discrepantes da região.

Para identificar a probabilidade de ocorrência de veranicos foram determinadas as

frequências do número de dias consecutivos com precipitação igual ou inferior a 1 mm dia⁻¹ ou 10 mm decêndio⁻¹, com duração de pelo menos 10 dias. As análises de frequência foram realizadas por decêndios móveis (1-10/01, 2-11/01, 3-12/01, e assim por diante). Esse procedimento evita a omissão de períodos decendiais consecutivos sem chuva que podem ocorrer quando se considera somente os decêndios 1-10, 11-20 e 20-30 de cada mês. Apenas valores maiores ou iguais a 1 mm foram considerados como chuva.

Verificaram-se nas séries de dados as ocorrências de períodos consecutivos sem chuvas com duração de 20 dias ou mais e do maior período seco de cada ano (COSTA et al., 2009). Considerou-se dias com chuva aqueles em que a precipitação foi igual ou superior a 1,0 mm. Foi feita uma análise descritiva da média dos eventos que tiveram 20 dias ou mais sem chuva, além da estimativa erro e desvio padrão. Foram calculadas as frequências dos períodos secos e o ajuste do maior período seco anual à distribuição de valores extremos, cuja função densidade de probabilidade $f(X)$ e a função cumulativa de probabilidade $F(X)$ têm o seguinte formato (ASSIS et al., 1996; COSTA et al., 2009):

$$f(X) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x-a}{\beta}} e^{-e^{-\frac{x-a}{\beta}}}$$

$$F(X) = \frac{1}{\beta} - e^{-\frac{x-a}{\beta}}$$

X é a variável aleatória, α é o parâmetro que controla a posição da curva sobre o eixo das abscissas e β é o parâmetro que controla as dimensões da curva, dada uma forma constante. Utilizou-se o método de Lieblein para estimar os parâmetros α e β e o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, conforme descrito por Assis (1996) e Costa et al., (2009).

4.2.3 Balanço Hídrico Climatológico, Capacidade de Armazenamento de água de solo e Evapotranspiração

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi obtido pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando a equação com os valores de diversas variáveis meteorológicas e a capacidade de água disponível no solo (CAD) proporcional à profundidade efetiva das raízes das espécies analisadas. Foram considerados, os dados médios mensais de precipitação (extraídos dos totais mensais de cada ano) e a temperatura média mensal (extraída das médias mensais dos valores diários de cada ano). Em seguida, calculou-se a evapotranspiração

potencial (ETP) pelo método de Thornthwaite. Primeiramente, calculou-se a evapotranspiração potencial padrão (ETP_p, mm/mês) pela fórmula empírica:

i) Quando: $0 < T_n < 26,5^\circ\text{C}$

$$ETP_p = 16 \left(10 \frac{T_n}{I} \right)^a$$

ii) Quando: $T_n \geq 26,5^\circ\text{C}$

$$ETP_p = -415,85 + 32,24 T_n - 43,0 T_n^2$$

Em que: T_n - temperatura média do mês n , em $^\circ\text{C}$; e I é um índice que expressa o nível de calor da região. O subscrito n representa o mês, ou seja, $n=1$ é janeiro; $n=2$ é fevereiro; etc.

O valor de I depende do ritmo anual da temperatura do ar, integrando o efeito térmico de cada mês, sendo calculado pela fórmula:

$$I = 12(0,2 T_a)^{1,514}$$

O expoente “ a ”, sendo uma função de I , também é um índice térmico regional, e é calculado pela expressão:

$$a = 0,49239 + 1,7912 \times 10^{-2} I - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 6,75 \times 10^{-7} I^3$$

O valor de ETP_p representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12 horas de fotoperíodo (N). Portanto, a ETP_p deve ser corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP).

$$COR = \left(\frac{N}{12} \right) \left(\frac{NDP}{31} \right)$$

Por conseguinte, a classificação climática pelo método de Thornthwaite (1948), considera que após a obtenção do balanço hídrico climatológico (BHC) segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), assumindo uma capacidade de água disponível no solo (CAD) igual a profundidade efetiva das raízes em mm, devem ser avaliados os índices hídricos (I_h) segundo a equação abaixo:

$$I_h = \frac{EXC}{ETP} 100$$

Em que: EXC – excedente hídrico (mm); ETP – evapotranspiração de referência ou potencial (mm).

4.2.4 Temperatura do ar e geada

Para a espacialização dos dados de temperatura do ar (máxima, média, mínima) os valores medidos nas estações meteorológicas foram ajustados a equações de regressão linear múltipla, articulando os valores das estações meteorológicas com os fatores geográficos de altitude, latitude e longitude, obtendo-se equações de estimativa do tipo: $y = a + x.lat + y.long + z.alt$. Essa fórmula é aplicada no software de geoprocessamento Arcgis sobre o arquivo do SRTM, possibilitando gerar mapas de temperatura do ar com resolução espacial de 30m por pixel.

O método utilizado para a probabilidade de geada foi baseado nas séries históricas de temperatura mínima registrada dentro do abrigo meteorológico. Foram determinadas as probabilidades de ocorrerem valores menores que 2°C ou 0°C (utilizado para identificar geada severa), em que foram consideradas o risco conforme a sensibilidade a geadas de cada espécie.

Para determinar o período livre de geadas foi empregado o método descrito por Wrege et al. (2004b), que estima a ocorrência da primeira geada (outono) à última (primavera). O método consiste em identificar a geada ao nível da superfície do solo, quando a temperatura mínima de abrigo for inferior a 2,0°C. Assim, analisando-se a série de dados de cada estação, sempre que a temperatura de um dia era inferior ou igual a essa temperatura é associado o valor “1” e em caso contrário era atribuído o valor “0”. Em seguida foram calculadas as probabilidades de ocorrer pelo menos uma geada por decêndio.

Adotando-se este procedimento, se dentro de um dado decêndio houvesse uma ou mais geadas, aquele decêndio era computado como “1”, independentemente do número de vezes nos quais a geada ocorreu, caso contrário, era computado “0”. Com base nas sequências de “0” e “1” de toda a série histórica de cada estação, calculou-se a frequência acumulada de geadas ao longo do ano para cada estação. A data em que se acumulou 5% de probabilidade em cada uma das estações foi assumida como a primeira geada de outono, contando-se do início para o final do ano. A última geada de primavera também foi determinada para uma frequência acumulada de 5% de probabilidade, mas realizando-se os cálculos partindo-se do final para o início do ano (WREGE, et al. 2004b).

4.2.5 Graus dia

Para o cálculo da soma térmica em graus dia (GD) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$GD = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base}$$

Onde:

GD: soma térmica, em graus dia.

T_{máx}: Temperatura máxima diária do abrigo meteorológico (°C).

T_{min}: Temperatura mínima diária do abrigo meteorológico (°C).

T_{base}: Temperatura base para a cultura dos citros (T_{base} = 13°C).

A série histórica diária de cada estação meteorológica foi utilizada para calcular a soma térmica dos graus dia para a cultura do limão. Esses valores foram plotados em gráficos mensais e espacializados através de georreferenciamento por meio da regressão já citada que correlacionada a variável com os fatores geograficos da altitude, latitude e altitude (WREGGE et al., 2004a).

4.2.6 Insolação

Foram utilizadas as séries históricas de insolação observadas nas estações meteorológicas para calcular a insolação média anual e mensal para a análise do fotoperíodo ou tempo de exposição da espécie ao sol. Os totais médios anuais foram interpolados por krigagem para toda a área da bacia. Além disso, foi estimada a insolação por faixa latitudinal, sendo um dos parâmetros utilizados para as interpolações do zoneamento, como fator de risco, e uma das variáveis de entradas para a estimativa do balanço hídrico climatológico.

4.2.7 Zoneamento de Risco Agroclimático

Para o zoneamento agroclimático foram levantados dados de estações meteorológicas e pluviométricas distribuídas na área da bacia e em suas proximidades. Esta base de dados compreende 6 estações meteorológicas do IAPAR (1976-2018), 10 estações meteorológicas do SIMEPAR (1999-2018) e 27 estações pluviométricas do Instituto das Águas Paraná (1976-2018) (Figura 01).

Para algumas análises de risco climático foram utilizadas a escala temporal de decêndios (períodos de 10 dias). Essa técnica consiste em dividir os anos em 36 decêndios extraíndo a média de 10 dias para cada um. O método se mostra eficaz para o zoneamento por se tratar de uma escala reduzida de tempo e contribuir para o planejamento agrícola.

Foi utilizada a base do SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* para aplicar os valores metrológicos nos mapas na escala de 30m. Esse método é necessário para espacializar e regionalizar os dados para áreas que não possuem estações meteorológicas ou pluviométricas.

No *software* Arcgis, para a criação dos mapas temáticos e do mapa final do zoneamento, primeiramente os valores numéricos das estações meteorológicas são transformados em pontos conforme as coordenadas geográficas das estações. O passo seguinte é o de espacializar esses dados por meio da interpolação de IDW ou krigagem (precipitação, umidade e insolação) ou regressão linear múltipla (temperatura do ar, graus dia ou risco de geada). Para identificar o risco e analisar cada variável foram elaborados um mapa ou gráfico para cada risco climático por espécie, além do mapa final de zoneamento.

Após a espacialização dos dados, foram utilizadas as informações edafoclimáticas das espécies. Foi realizada a delimitação das faixas representativas das exigências climáticas das culturas. Dessa forma, são substituídos os valores das estações por "1. Apto" ou "2. Restrito" conforme as exigências fisiológicas para cada variável meteorológica analisada.

O próximo passo consiste na combinação das imagens matriciais. Para cada pixel são atribuídos os valores "1" ou "2", como já destacado. Se a combinação para um ponto for preenchida apenas por valores "1" a região será classificada como apta. Se tiver um valor "2" será restrita por determinada variável. Se forem registrados dois ou mais valores "2" o local será classificado como inapto.

Em seguida, foi realizado a uniformização dos pixels por classificações por meio da dissolução das classes vetoriais. Dessa forma, as classes do zoneamento agroclimático são agrupadas, criando assim, uma regionalização da aptidão para cada espécie.

O mapa final do zoneamento de risco agroclimático de cada cultura fornecerá estimativa da área representativa de cada classe de risco de 0 a 100% conforme as necessidades fisiológicas de cada espécie ou determinará a área apta para o plantio. Essa informação é determinante para a tomada de decisão e manejo das espécies e se necessários as recomendações de época de plantio e colheita, conforme a necessidade hídrica ou comercial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VARIABILIDADE CLIMÁTICA

5.1.1 Precipitação, umidade relativa e balanço hídrico

A precipitação na Bacia do Rio Paraná 3 apresentou grande discrepância regional (Figura 4). A menor altura pluviométrica média anual foi de 1.550mm no extremo norte da bacia, na região de Guaíra, enquanto os maiores valores médios se encontram na região de Cascavel e em parte da região sul da bacia com precipitação de 2.050 a 2.125mm.

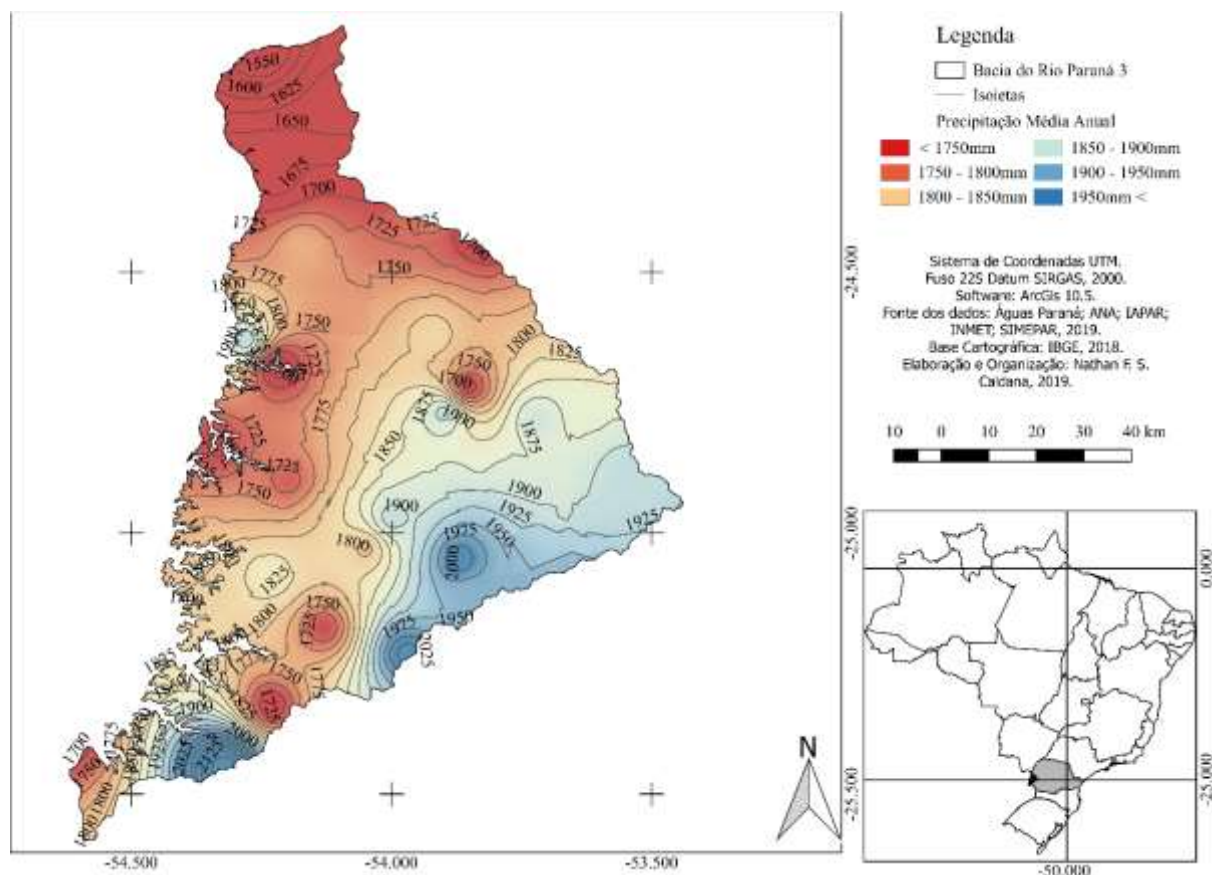


Figura 4 - Precipitação Média Anual na Bacia do Rio Paraná 3

A precipitação na região tem três principais meios de formação que interferem na sua distribuição regional. Primeiro as frentes frias, que são caracterizadas pelo encontro da Massa de Ar Polar com a massa de ar quente continental; com a advecção da umidade geram uma forte instabilidade atmosférica, podendo levar à formação de cumulonimbus e acarretar na formação de tempestades severas, podendo vir acompanhada de fortes rajadas de vento e de precipitação de granizo, ou ainda de chuva de intensidade fraca a moderada, mas com duração de dias, se essa vier a ser estacionária. (BEREZUK e SANT'ANNA NETO, 2006; KUNZ et al., 2009; BEREZUK, 2017; PUNGE et al., 2017; SANCHEZ et al., 2017; CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019a). Essas têm atuação, principalmente, no outono, inverno e início da primavera e são responsáveis pelas elevadas alturas pluviométricas nestas estações na região.

A Massa de Ar Polar tem trajetória favorecida pela calha do Rio Paraná e posteriormente Rio Iguaçu, tendo grande impacto na chuva da região, principalmente na porção Sul próximo

ao encontro dos dois rios em Foz do Iguaçu (CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019a). As frentes frias são identificadas em imagens de satélite por uma grande linha de instabilidade que avança no estado do Paraná no sentido Sudoeste – Nordeste. (BEREZUK e SANT'ANNA NETO, 2006; BEREZUK, 2017; CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019a). E como observado, o relevo na porção sul da região possui rápida ascensão, de 200 a 800m (Figura 3); esse choque com o relevo pode trazer mais chuva na porção mais alta da região, próximo a Cascavel.

Os outros dois principais meios de formação de precipitação na região são os Sistemas Convectivos e os Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM, que têm atuação durante todo o ano, mas com predomínio nas estações de primavera e verão (CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019a). Os CCM são identificados em imagens de satélite pelo seu formato aproximadamente circular e por uma vasta área de abrangência de tempestades. São definidos como um aglomerado de cumulonimbus cobertos por uma densa camada de cirros, sendo ainda sistemas de nuvens convectivas, com rápido crescimento vertical e horizontal num intervalo de tempo de 6 a 12 horas. Dependendo de sua intensidade, podem criar vários núcleos com formação de tempestades e incidência de granizo (HOLLEMAN, 2001; SCAGLIONI e SARAIVA, 2004; CALDANA e MARTELÓCIO, 2019). Seu deslocamento pelo Paraná é, normalmente, no sentido Oeste – Leste, advindos do Paraguai (CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019a). Cabe-se destacar que as altitudes da região ascendem também, no sentido Oeste-Leste, podendo contribuir para o atrito do sistema com o relevo (Figura 3).

Os sistemas convectivos se diferenciam dos CCM pela menor abrangência espacial, formando-se pelo processo de transferência de calor por condução que ocorre em intensos movimentos verticais, levando assim ao rápido processo de condensação e a formação de Cumulonimbus. Em ambos sistemas, o atrito com o relevo também pode contribuir para a ascensão do ar mais quente e úmido, formando núcleos de condensação e chuva (HOLLEMAN, 2001; MIDDLETON e MCWATERS, 2002; SCAGLIONI e SARAIVA, 2004; KUNZ et al., 2009). Isto explica as maiores alturas pluviométricas médias nas partes mais elevadas da região (CALDANA et al., 2018). Com o desenvolvimento e trajetória preferencial no mesmo sentido dos CCM, o relevo da região também pode contribuir para as maiores alturas pluviométricas estarem localizadas na porção mais alta da região (Figura 01).

Para complementar a análise da precipitação da região, a variabilidade foi analisada por meio do box plot (Figura 5), permitindo verificar a grande discrepância entre as alturas pluviométricas da estação de Matelândia em relação às demais. O intervalo entre o Q1 e o Q3,

para esta localidade, foi de 1.290 mm a 2.195 mm. A mediana foi de 1.975 mm e o valor máximo foi de 3.006 mm, sendo a maior altura pluviométrica anual registrada nas séries das estações analisadas.

Mesmo com altura pluviométrica máxima menor que a estação de Matelândia, as medianas das estações de Toledo e Santa Lucia mostraram valores próximos ao de Matelândia, com 1.860 e 1.805 mm, respectivamente. Os valores máximos registrados foram próximos também, com 2.620 e 2.610 mm, respectivamente.

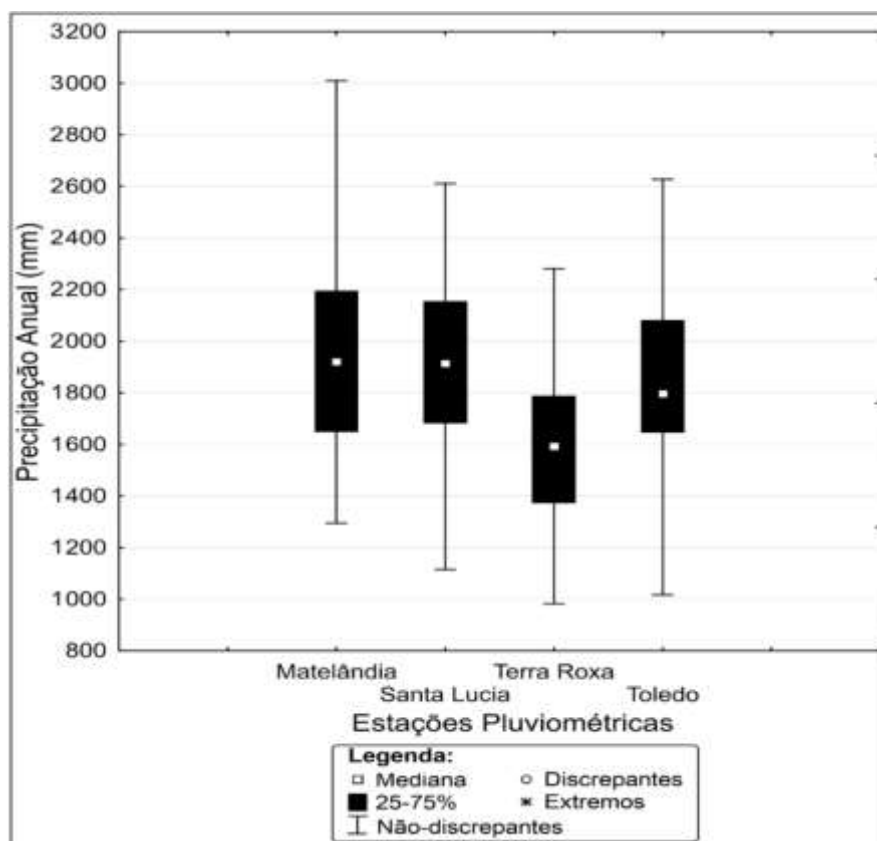


Figura 5 - Variabilidade pluviométrica anual na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3

Já a estação de Terra Roxa, apresentou valores com relativa dispersão para os demais. A mediana foi de 1.602 mm e os valores máximos e mínimos oscilaram de 2.260 a 960 mm, respectivamente. Esse último foi a menor altura pluviométrica anual registrada dentre as estações analisadas. O intervalo entre o Q1 e o Q3 de Terra Roxa foi de 1.798 a 1.385 mm, respectivamente. Mesmo com a discrepância entre as localidades, toda a região se demonstrou chuvosa pela média anual, não sendo um fator limitante para a produção de frutas.

Mensalmente (Figura 6), diferentes de outras regiões do Paraná que apresentam o mês mais chuvoso em janeiro (CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019; NITSCHKE, 2019), a bacia apresentou o mês de outubro com as maiores alturas pluviométricas e a maior mediana mensal.

A estação de Matelândia apresentou grande variação no mês de maio, com oscilação de 557mm no ano de 1992 a 2,5mm no ano de 2006. Apenas o mês de agosto de 1999 foi registrado sem chuva neste ponto. Foram identificados sete valores discrepantes e um extremo, concentrados principalmente nos meses de inverno e primavera.

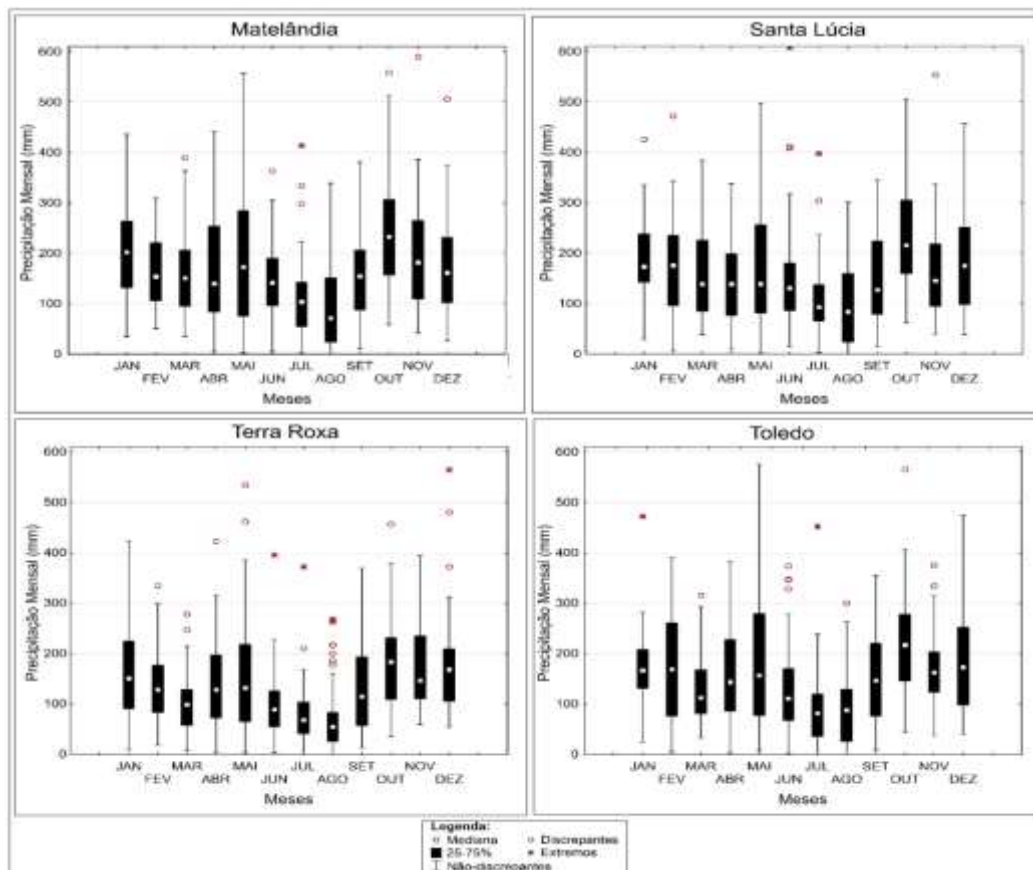


Figura 6 - Variabilidade pluviométrica mensal na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3

Em Santa Lucia foi identificada a maior altura pluviométrica mensal, que ocorreu no mês de junho de 2014 com 608mm. Foram cinco valores discrepantes e dois extremos nesta localidade. Comparativamente, houve diferença na distribuição das chuvas entre Matelândia e Santa Lucia, como o mês de dezembro mais chuvoso que novembro, nesta última, e fevereiro mais chuvoso que maio.

Enquanto em Terra Roxa houve a menor variação mensal entre Q1 e Q3, principalmente no mês de julho com oscilação de apenas 43mm. Em contraposto, houve a maior concentração de valores discrepantes (13) e extremos (5). Já em Toledo houve a maior variação entre quartis, no mês de maio, com oscilação de 202mm e de 566mm entre os valores máximos e mínimos.

Os resultados apresentaram grande variação mensal na precipitação da região, demonstrando a importância de se seguir o zoneamento e as melhores épocas de semeadura e práticas adequadas de manejo agrícola. Seguindo o exemplo de Toledo, com oscilação de 5 a

582mm no mês de maio. Sendo um mês considerado chuvoso, porém podendo apresentar déficit ou excesso de chuva, que pode vir a inviabilizar uma semeadura, se planejada para este mês.

As frequências relativas de veranicos nos decêndios móveis (Figura 7) mostram variação de zero a mais de 60% de risco de ocorrências na bacia do Paraná 3. Os períodos com menor risco são durante todo o mês de outubro, seguido de 10 de dezembro a 5 de janeiro.

Os maiores riscos de veranicos concentram-se na primeira metade do mês de setembro, com picos acima de 60% de risco de ocorrências no mês de agosto, mostrando a necessidade de planejamento agrícola para a região, que, mesmo com chuvas em grande quantidade e durante todo o ano, apresentam grandes variações e períodos sem chuva.

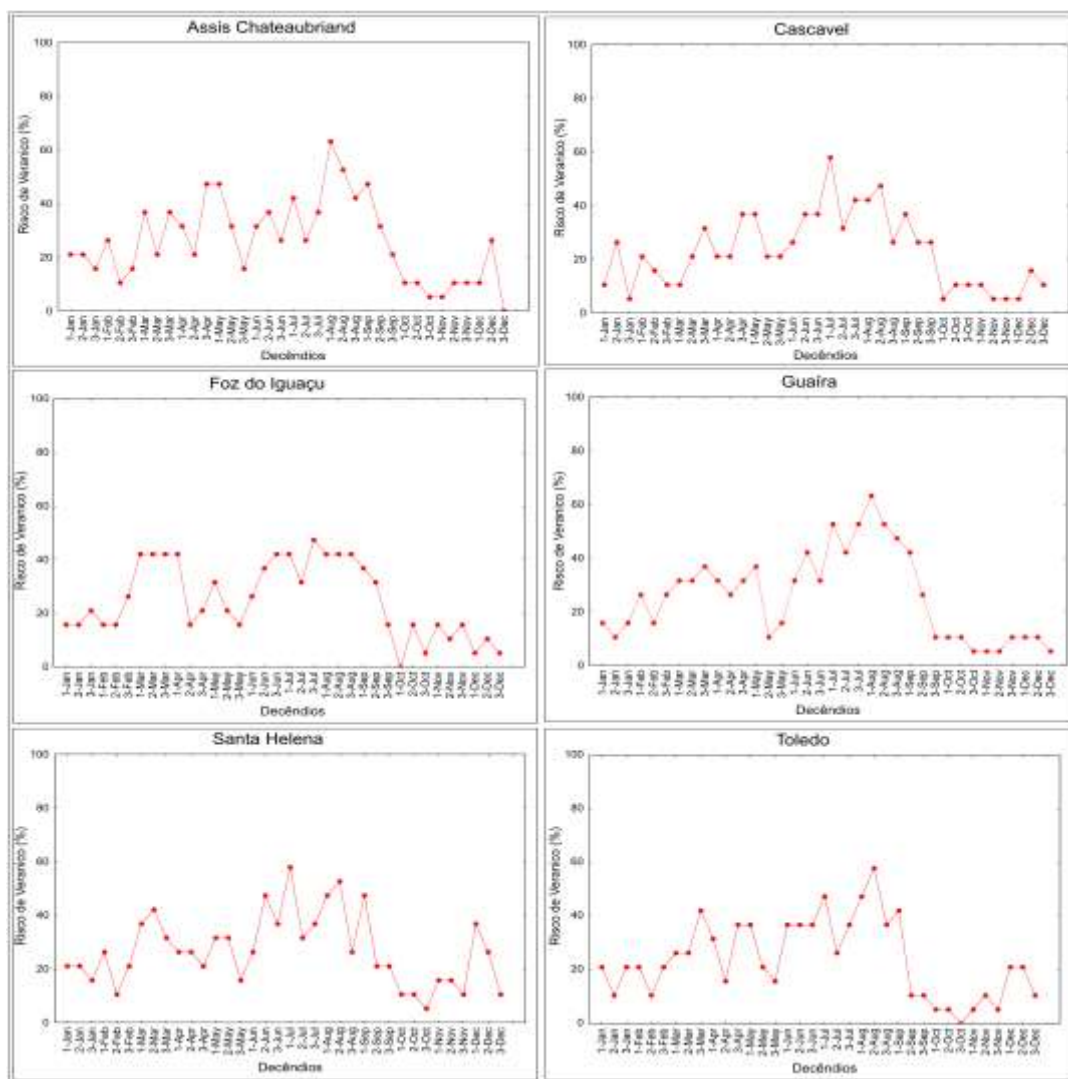


Figura 7 - Frequência de ocorrência de veranicos por decêndio móvel na Bacia do Rio Paraná 3

A maioria dos anos possui pelo menos um período de no mínimo 20 dias consecutivos sem chuva (Figura 8). O local com mais ocorrências anuais foi Terra Roxa com 106 ocorrências

entre 1986 e 2017. Apenas o ano de 2000 não teve pelo menos 20 dias sem chuva naquela localidade. Não foi possível identificar tendências de aumento ou diminuição destas ocorrências no período relativamente curto de dados para este propósito.

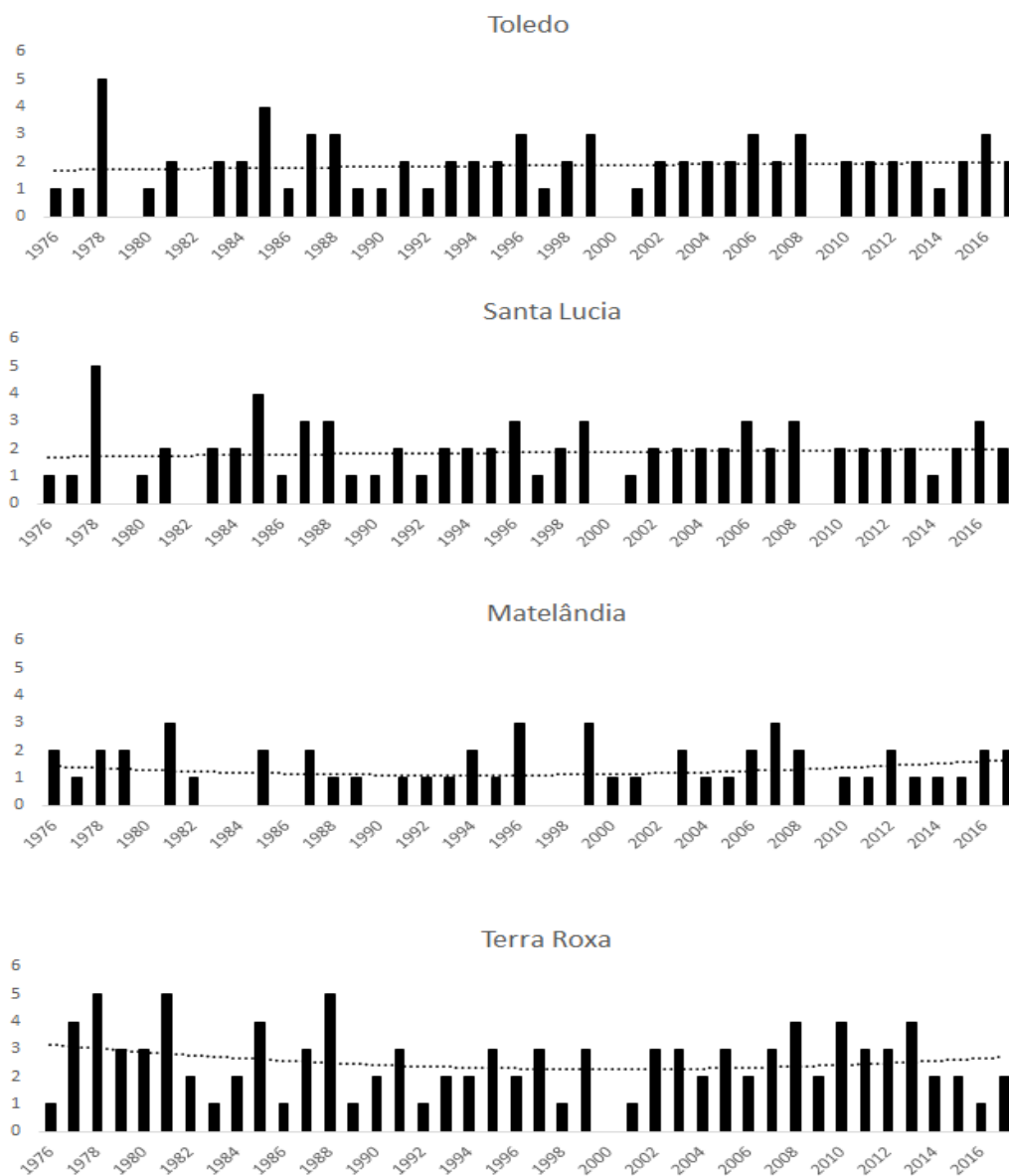


Figura 8 - Ocorrências de pelo menos 20 dias consecutivos sem chuva na Bacia do Rio Paraná 3

A estação com menor número de ocorrências foi Matelândia, com 53 ocorrências durante a série analisada. Foram identificados quatro anos na série sem nenhuma ocorrência de chuva no intervalo de 20 dias.

Por meio da distribuição de extremos acumulativos de dias secos (Figura 9) identificou-se que, mesmo a região registrando grandes alturas pluviométricas, o risco de atingir ao menos

20 dias sem chuva em Matelândia é próximo de 80%, enquanto para as demais é superior a 90%.

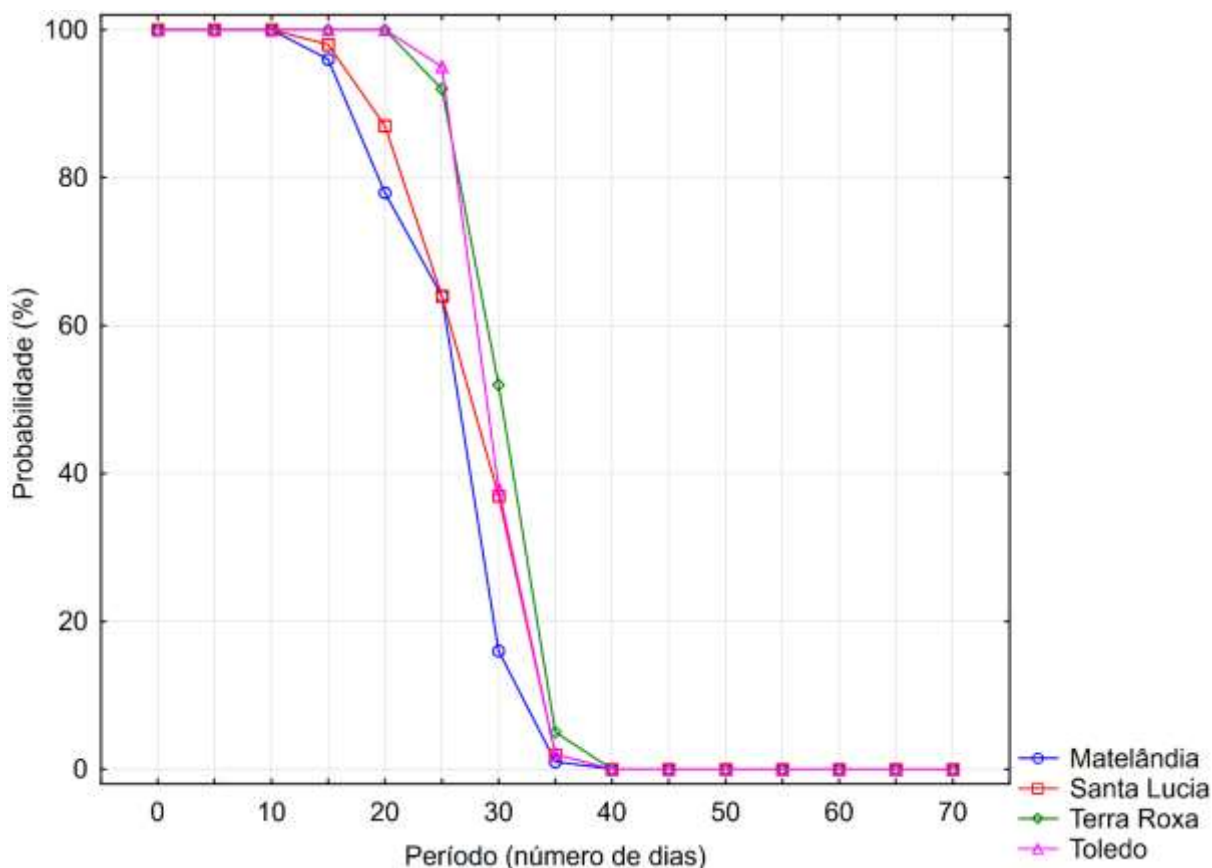


Figura 9 - Probabilidade cumulativa do maior período seco anual na Bacia do Rio Paraná 3, de acordo com a distribuição de extremos

O risco de mais de 35 dias sem chuva é praticamente nulo, nos locais observados, enquanto a partir de 40 dias consecutivos sem precipitação é de 0. Para a agricultura 30 dias sem chuva pode ser determinante no sucesso da lavoura. As espécies frutíferas, principalmente as arbóreas são mais tolerantes por terem profundidade efetiva das raízes mais profundas (Quadro 03), porém, na época de semeadura, emergência e na frutificação, períodos secos podem ser determinantes no desenvolvimento da espécie e na rentabilidade da comercialização dos frutos.

Já a umidade relativa na região não apresentou grande variação (Figura 10). Cabe destacar, que esta pode ser boa para as plantas, pois representa a quantidade de água disponível na atmosfera, mas por outro lado pode ser ruim, uma vez que, quando elevada, por longos períodos pode aumentar a proliferação de doenças (DE LIRA et al., 2018).

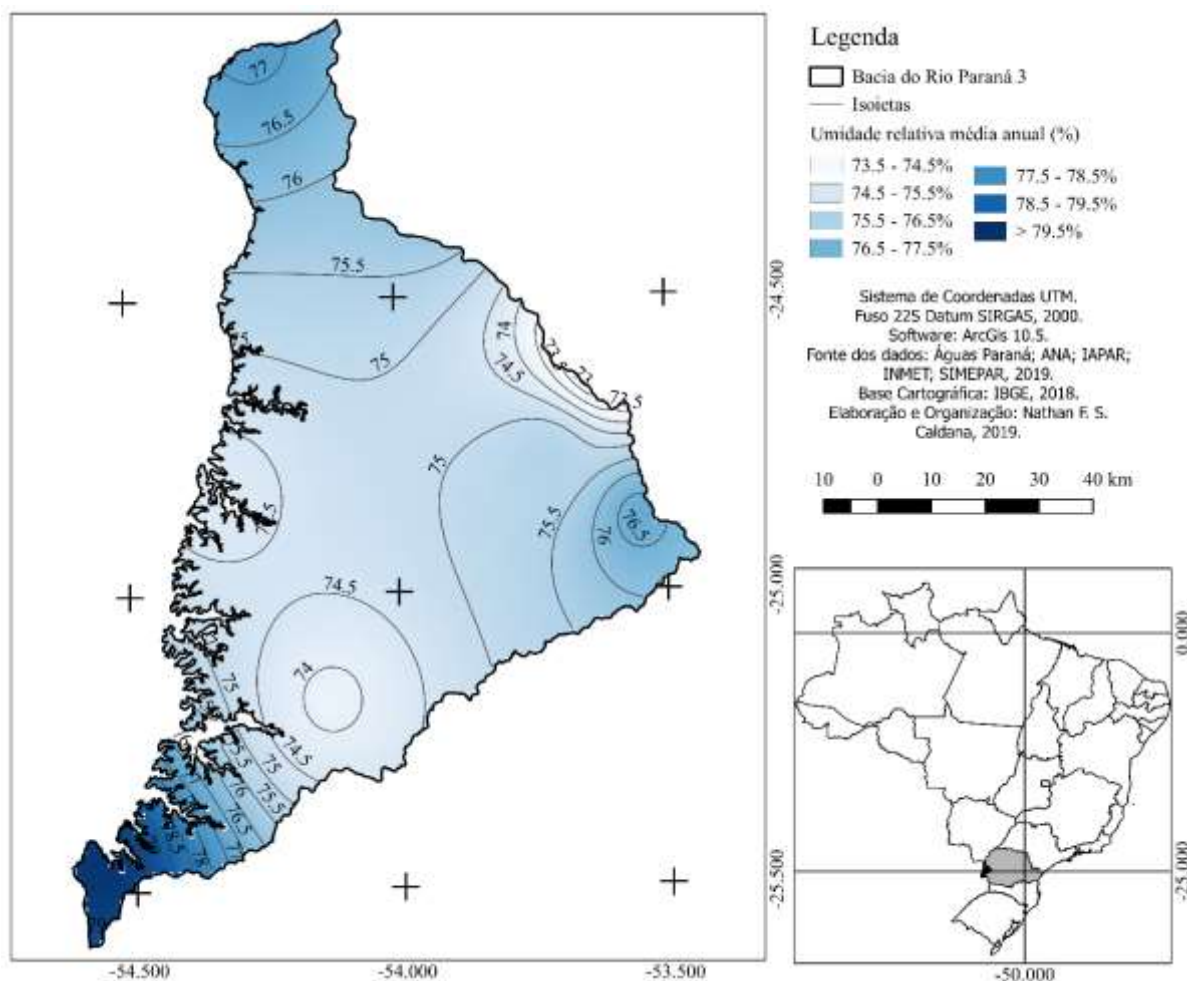


Figura 10 - Distribuição da umidade relativa média anual na Bacia do Rio Paraná 3

A umidade relativa média na região teve pico em Foz do Iguaçu, localizada nas bordas do Rio Iguaçu e Paraná, nesta localidade a umidade chegou a 79%. Enquanto nas bordas da região, próximo a Assis Chateaubriand houve redução da umidade, chegando a 73%. A umidade relativa média anual considerada favorável para o desenvolvimento de doenças fungicas em boa parte das espécies é superior a 80% (DE LIRA et al., 2018).

Enquanto que para o balanço hídrico da região (Figura 11) identificou-se que todos os meses na estação de Cascavel, São Miguel do Iguaçu e Toledo apresentaram excedente hídrico, demonstrando que pela média anual, para as espécies cultivadas com profundidade de raiz de no mínimo 30 cm, não há déficit hídrico proporcionado por deficiência. Anos atípicos, com chuvas bem abaixo da média, como em 1979 (Figura 05) podem apresentar discrepâncias no balanço hídrico.

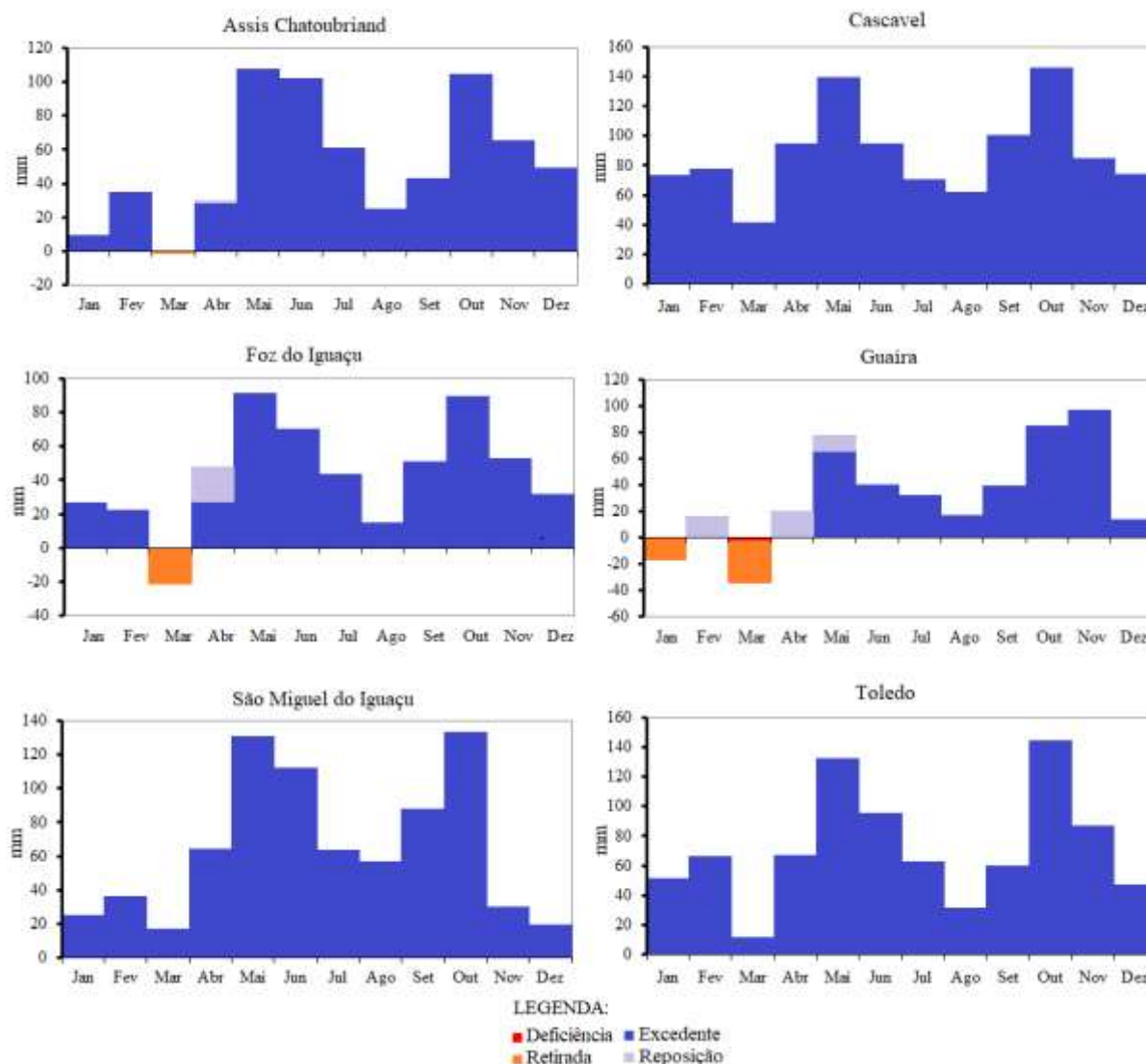


Figura 11 - Balanço hídrico climatológico na Bacia do Rio Paraná 3

Assis Chateabreand apresentou apenas 1,2mm no mês de março. Já em Foz Iguaçu e Guaíra apresentaram deficiência hídrica no mês de março com valores mais acentuados, sendo 22 e 37mm, respectivamente. A reposição em Guaíra é completada apenas no mês de maio. Como o risco avaliado era de acumulado 100mm anuais, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo do abacaxizeiro. Em Guaíra, que apresentou maior deficiência, o acumulado foi de 56mm.

Porém, em toda a região, anos secos, bem abaixo da média, podem ocorrer. Isso afeta diretamente o balanço hídrico e pode trazer severos impactos na produção agrícola da região. Pelo balanço hídrico climatológico médio, apenas em Guaíra houve deficiência hídrica. Porém, ao analisar os anos secos (Figura 12) identificou-se que toda a região pode apresentar altos valores de retirada de água do solo e de deficiência hídrica.

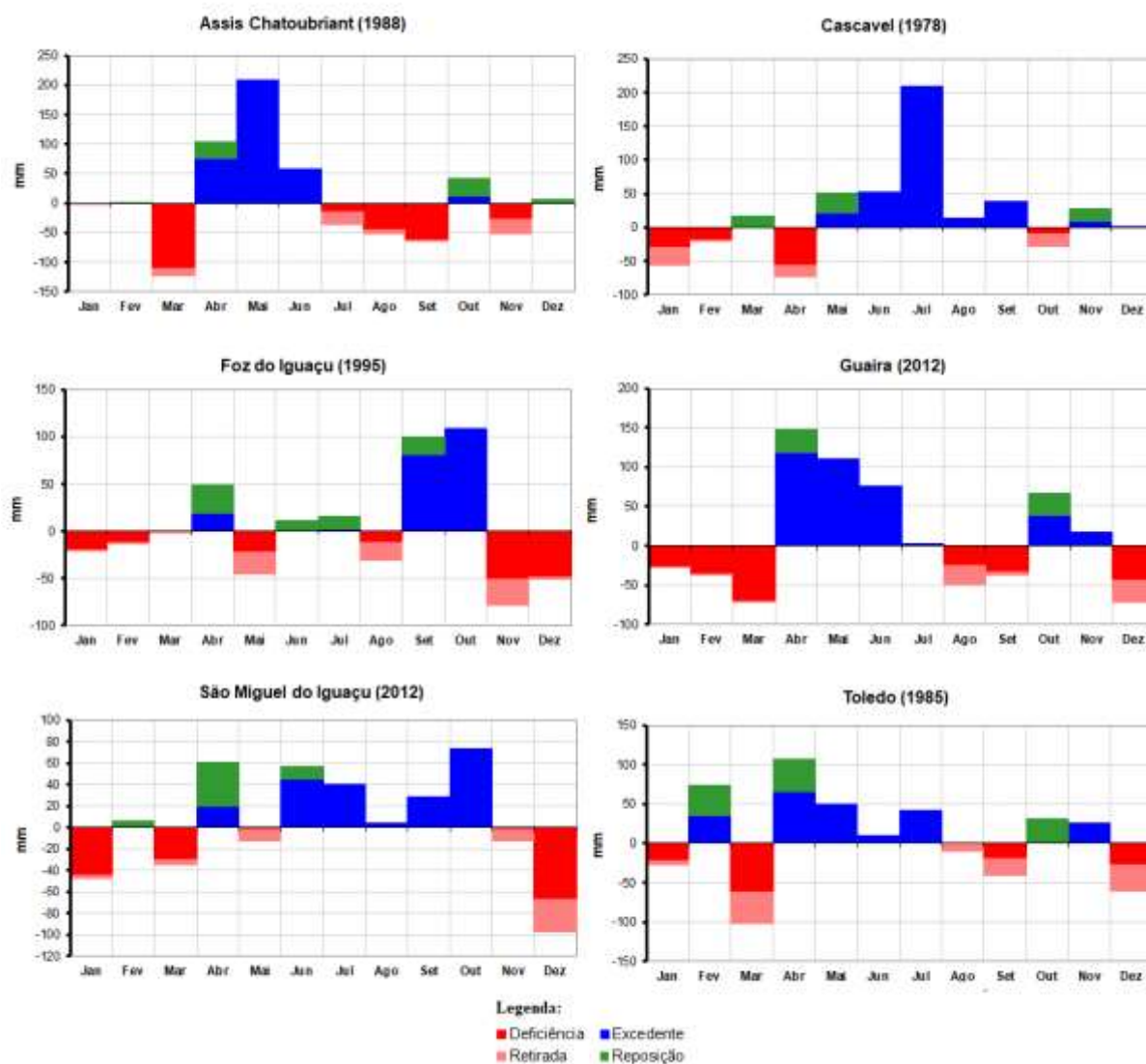


Figura 12 - Balanço hídrico para diferentes cenários de anos secos na Bacia do Rio Paraná 3

Em Assis Chateaubriand, no ano de 1988, a deficiência hídrica no mês de março chegou a superar os 100mm, enquanto a retirada de água no solo em Toledo e São Miguel do Iguazu, em 1985 e 2012, respectivamente, também superou os 100mm. Nos anos secos analisados, os valores são mais alarmantes nas estações de primavera e verão, uma vez que, mesmo sendo as estações do ano mais chuvosas, são as mais quentes, e com isso aumenta-se a evapotranspiração e evaporação, e conseqüentemente, tem impacto negativo no balanço hídrico.

5.1.2 Insolação

Já a insolação (Figura 13), para porção mais ao norte da região, apresentou a maior valor, 2.550 horas de sol por ano em média. O fator latitudinal demonstra ser determinante na insolação da região, com a variação de 50 a 100 horas entre as porções norte e sul.

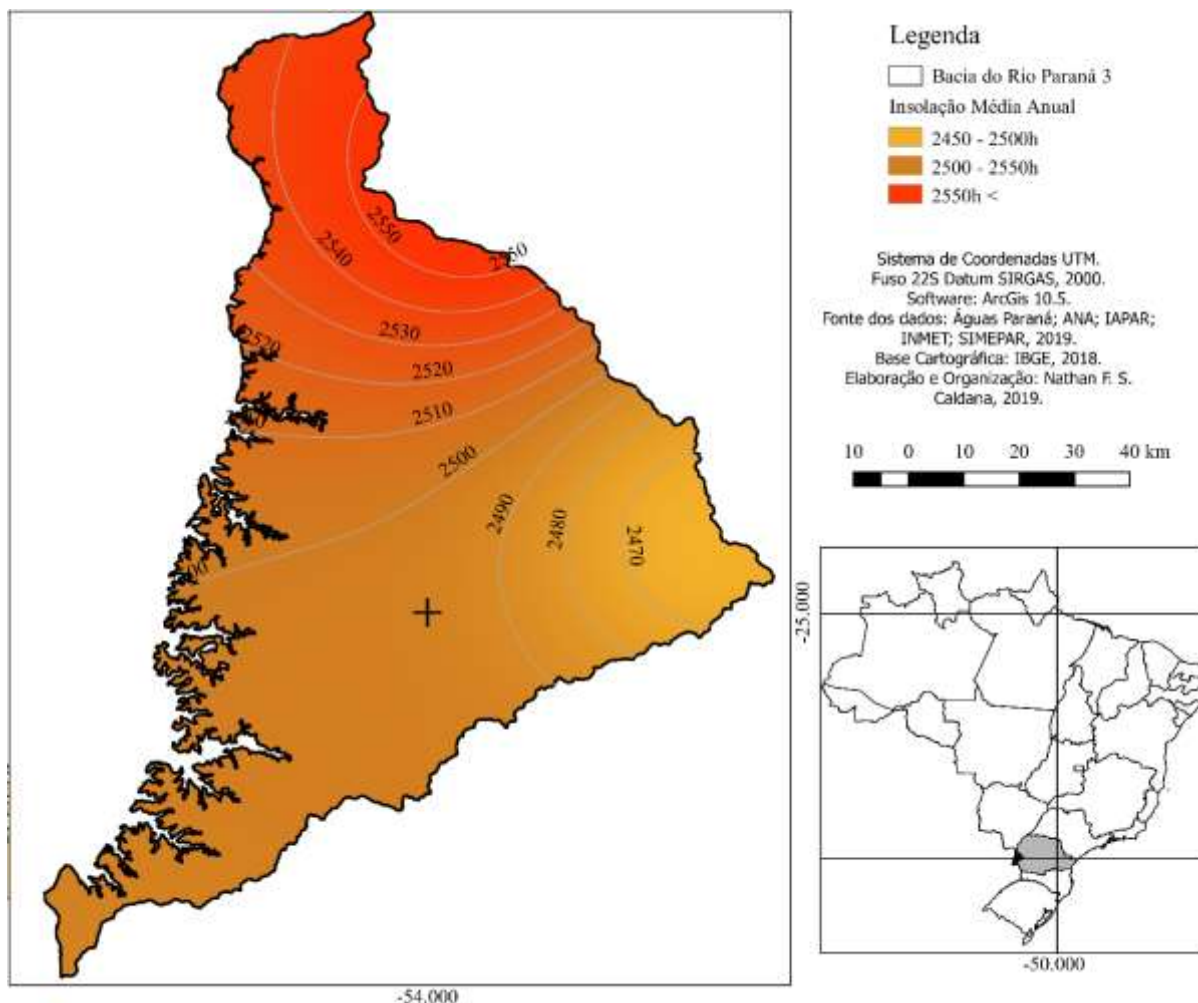


Figura 13 - Insolação Média Anual em total de horas na Bacia do Rio Paraná 3

A única porção da região que não responde ao fator latitude é a leste, com média de 2.440h podendo ser a discrepância respondida pela chuva, em que, nesta região, os valores médios chegam a ser em até 400mm a mais que na porção norte da região (Figura 04).

Pela variabilidade mensal da insolação (Figura 14) observou-se grande variação entre algumas localidades. Comparativamente, Assis Chateaubriand teve mais que uma hora de sol por dia que Cascavel. O mesmo ocorre com Foz do Iguaçu, mesmo que esteja localizada em faixa latitudinal mais a sul que Cascavel.

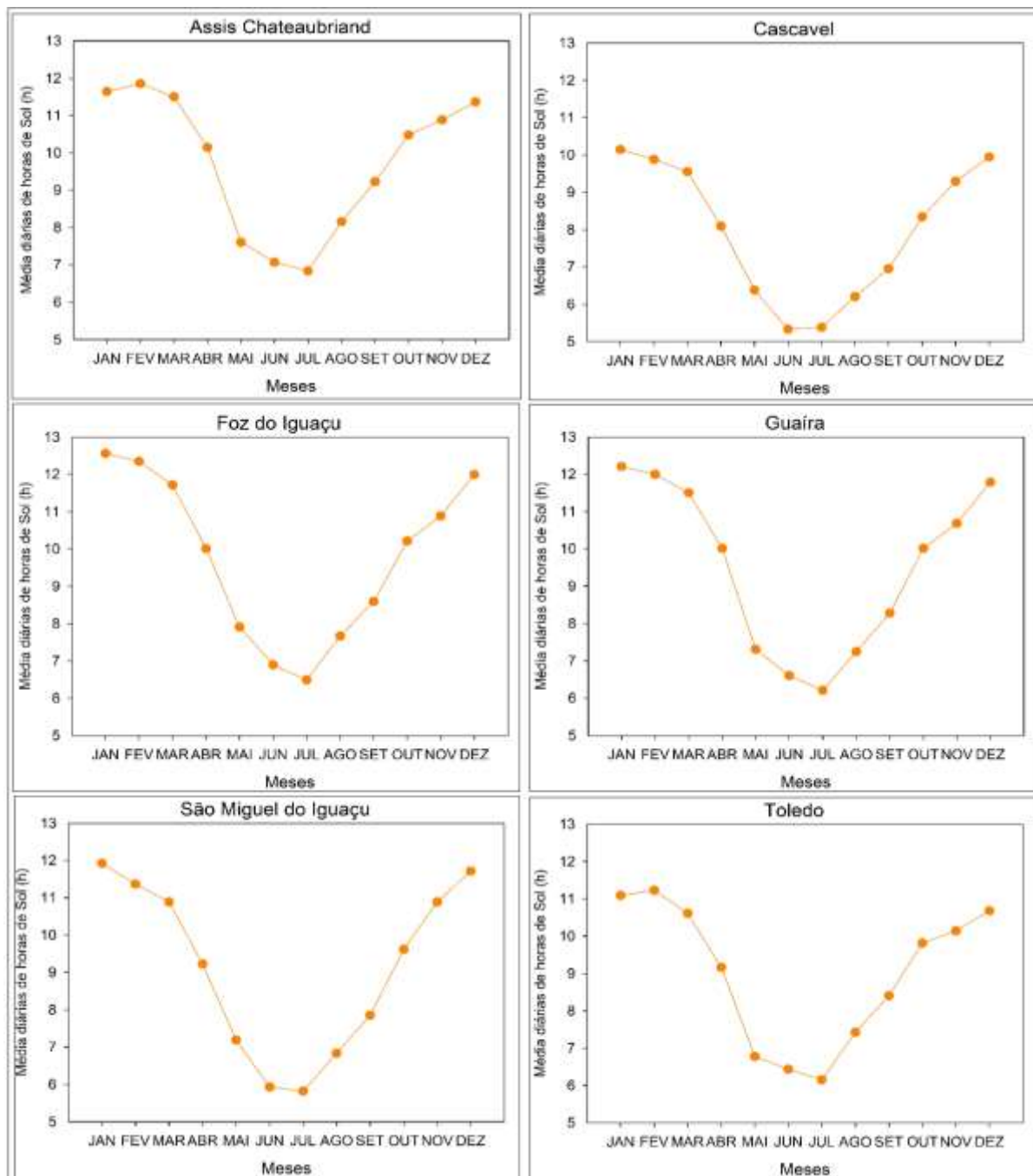


Figura 14 - Insolação Média Mensal estimada em total de horas na Bacia do Rio Paraná 3

5.1.3 Temperatura do ar, Soma Térmica e Geadas

A temperatura média anual (Figura 15) apresentou similaridade com a precipitação e a insolação (Figura 04 e 12). O que justifica essa distribuição são, novamente, as formas do relevo e a altitude da região.

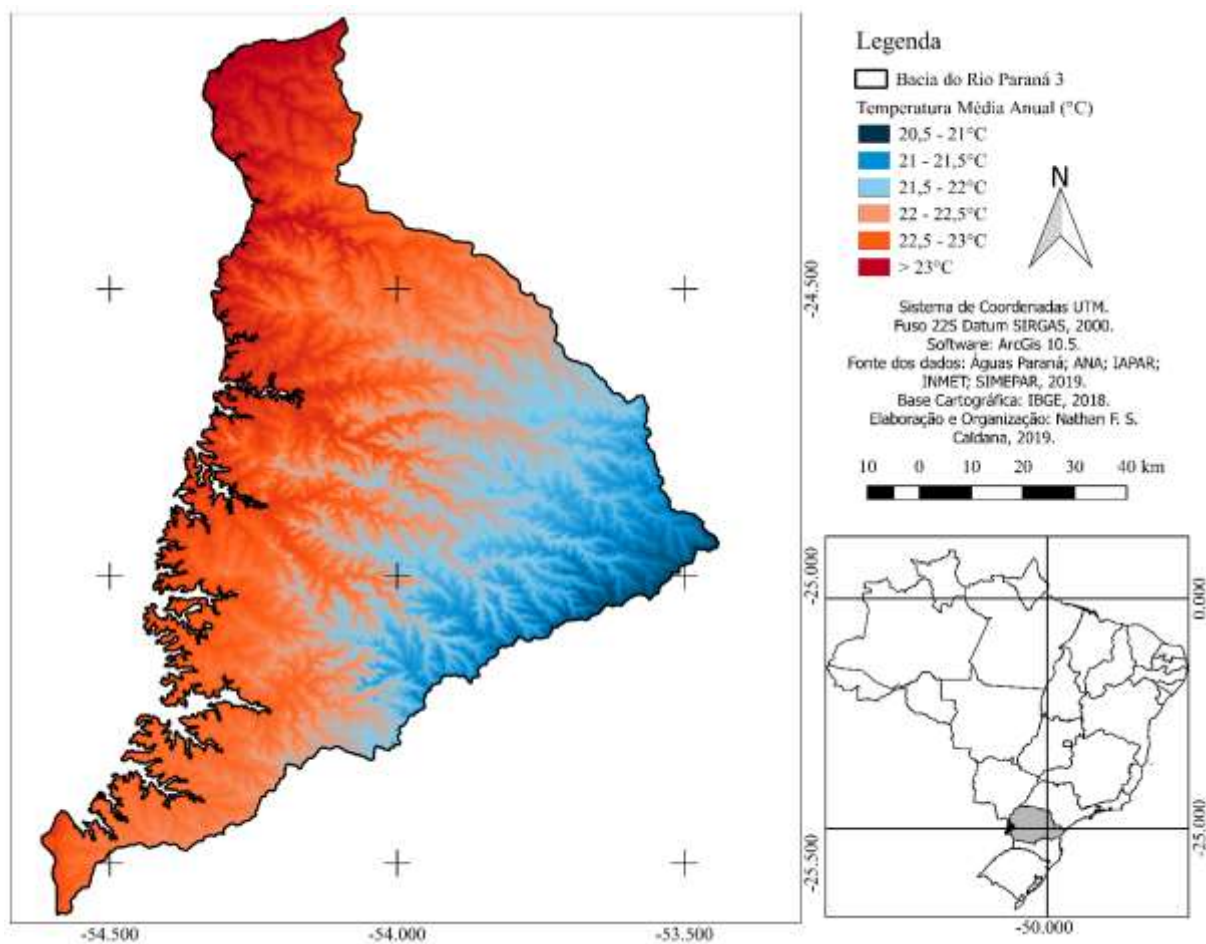


Figura 15 - Temperatura Média Anual na Bacia do Rio Paraná 3

Observou-se que a temperatura do ar na região responde mais ao fator geográfico da altitude (Figura 03), do que pela latitude, uma vez que a região de Cascavel, mesmo estando ao norte de Foz do Iguaçu, apresentou as menores temperaturas médias da região, em torno dos 21°C. As maiores temperaturas médias foram observadas na região de Guaíra, no extremo norte da bacia, chegando a superar os 23°C.

Para a temperatura média mensal (Figura 15), identificou-se que o mês mais quente, foi janeiro em Foz do Iguaçu, superando os 26,5°C. Enquanto o menor valor registrado no mês mais quente foi em Cascavel com 23,1°C.

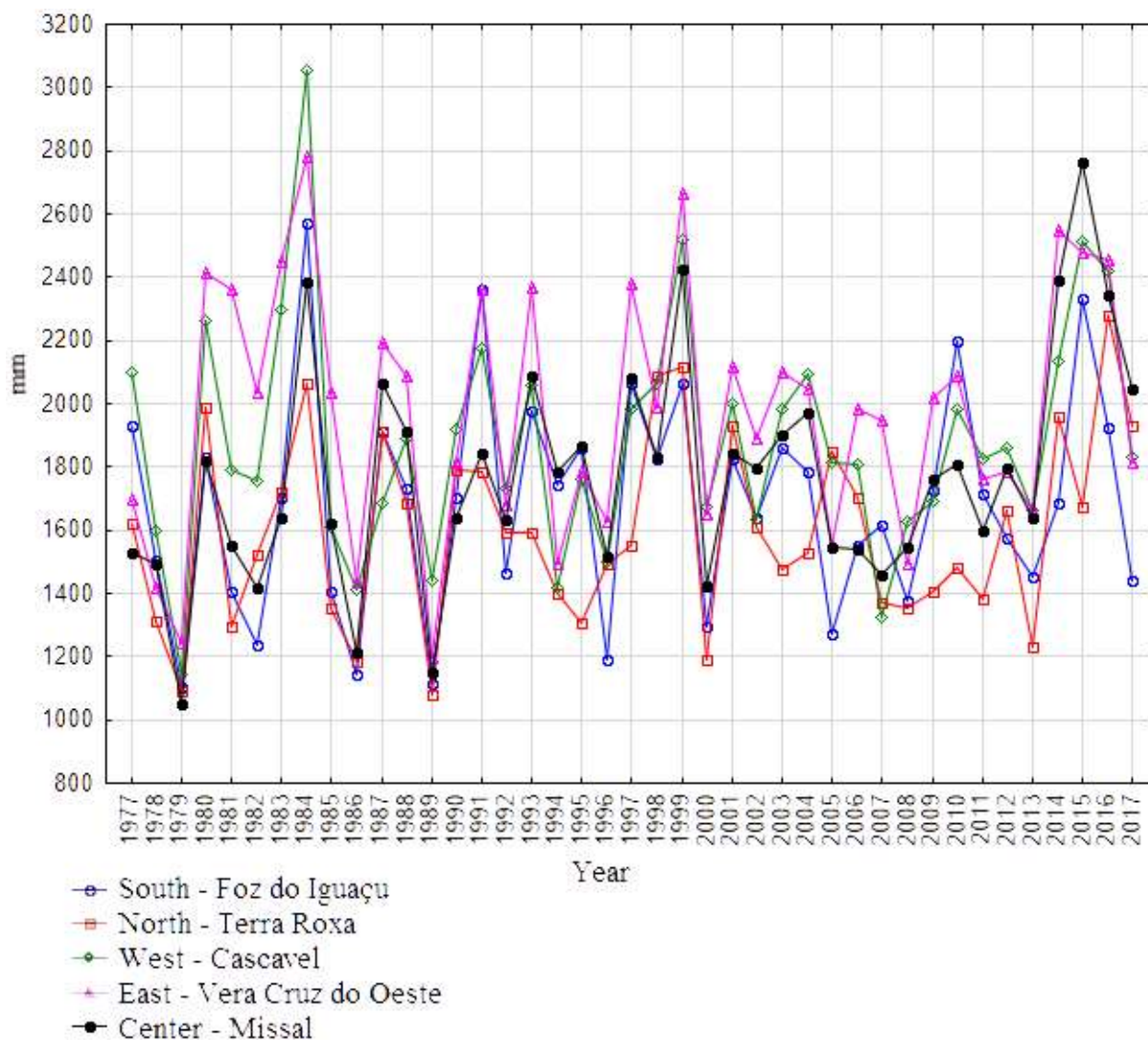


Figura 16 - Temperatura do ar média mensal (°C) na Bacia do Rio Paraná 3

A estação de Cascavel, foi a única a registrar o mês mais frio em junho, o valor médio é de 15,2°C. Para as outras cinco estações analisadas todas as ocorrências de temperatura média do mês mais frio foram no mês de julho. A média mais alta foi observada na estação de Santa Helena, localizada na porção extremo oeste da bacia com 17,8°C.

Nesse sentido, o risco de ocorrência de geada anual na região (Figura 17) também é maior na porção leste, próximo a Cascavel e Santa Tereza do Oeste, na porção mais alta da bacia, e em alguns fundos de vale da porção central.

Conforme as altitudes diminuem, o risco de geada também diminui na região. A porção central da bacia apresenta risco de 10 a 20% enquanto nas porções mais baixas, próximos ao vale do Rio Paraná 3, principalmente no eixo Norte-Sul de Guaira/Terra Roxa a Foz do Iguaçu/Santa Terezinha de Itaipu o risco cai para cerca de 5%.

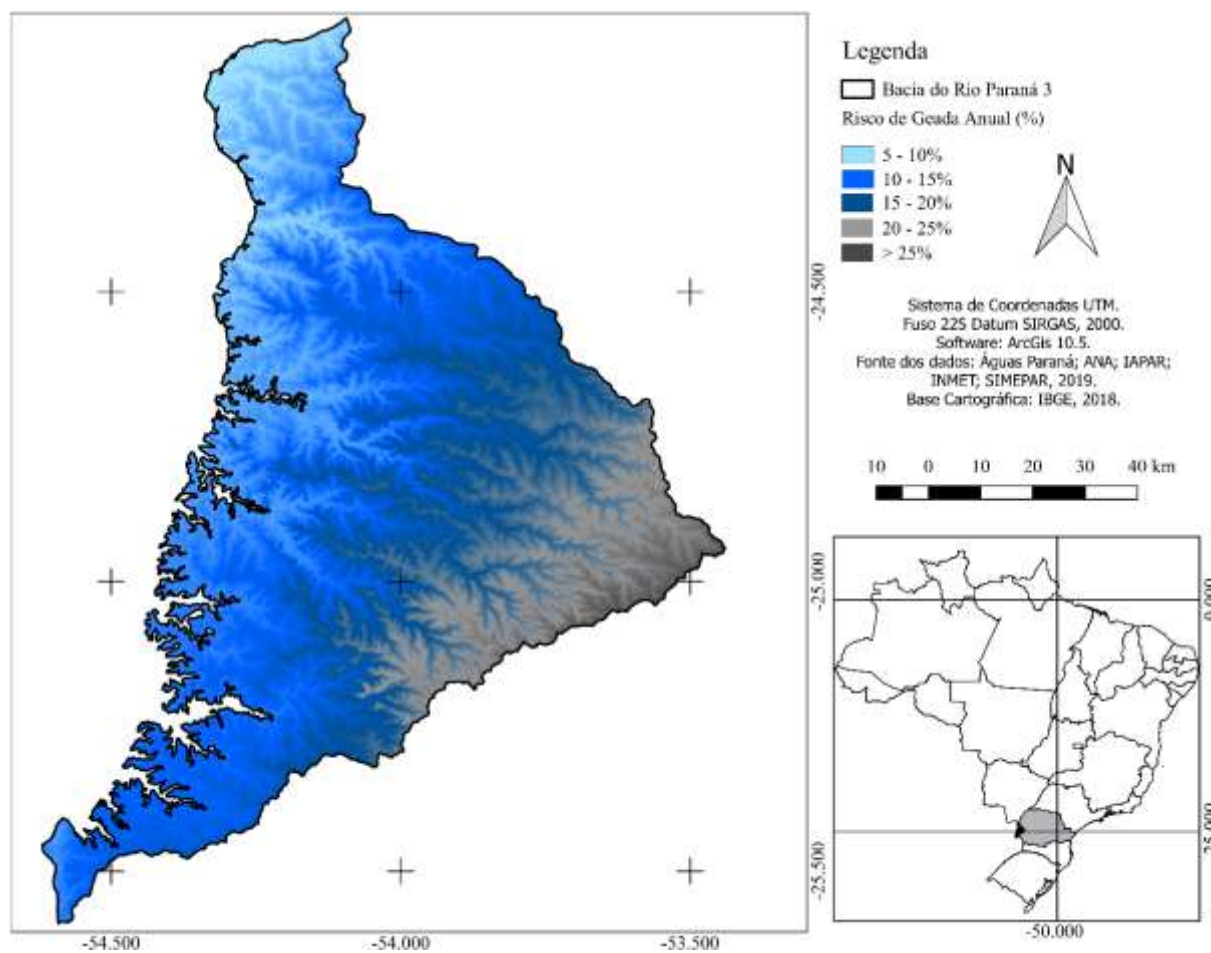


Figura 17 - Risco de Geada na Bacia do Rio Paraná 3

A temperatura limite de sobrevivência das espécies pode variar, dessa forma, além da geada estabelecida abaixo de 2°C, graças a inversão térmica, onde na relva pode atingir -2°C (CARAMORI e MANETTI FILHO, 1993). Averiguou-se também, o risco de geada severa, com temperatura negativa dentro do abrigo meteorológico, e podendo atingir temperaturas inferiores a -4°C na relva (Figura 18).

Nas áreas com maiores altitudes o risco de geada severa por ano chega a 15%, apresentando grandes riscos para o desenvolvimento de frutas tropicais. Porém, nas áreas próximo ao Rio Paraná o risco vai de 5% até 0%, demonstrando a possibilidade de cultivo de culturas tropicais na área.

O risco e ocorrência de geada é o principal fator restritivo da agricultura no Estado do Paraná (DE OLIVEIRA e BORROZZINO, 2018). Existem as geadas advectivas (também conhecidas como geadas negras) e as de radiação. As geadas que ocorrem com maior frequência no estado do Paraná são as de radiação. Formam-se regionalmente logo após a passagem das frentes frias e sob condições de céu limpo e ausência de vento (CARAMORI e MANETTI FILHO, 1993). O conhecimento do regime de geadas é um importante subsídio na tomada de

decisões do setor agropecuário. Informações como o número de geadas esperado em cada mês, a data de ocorrência da primeira geada de outono e da última geada de primavera, permitem o planejamento mais seguro de atividades como plantio das culturas anuais e manejo de podas, colheita e outras operações nas culturas perenes (DE OLIVEIRA e BORROZZINO, 2018).

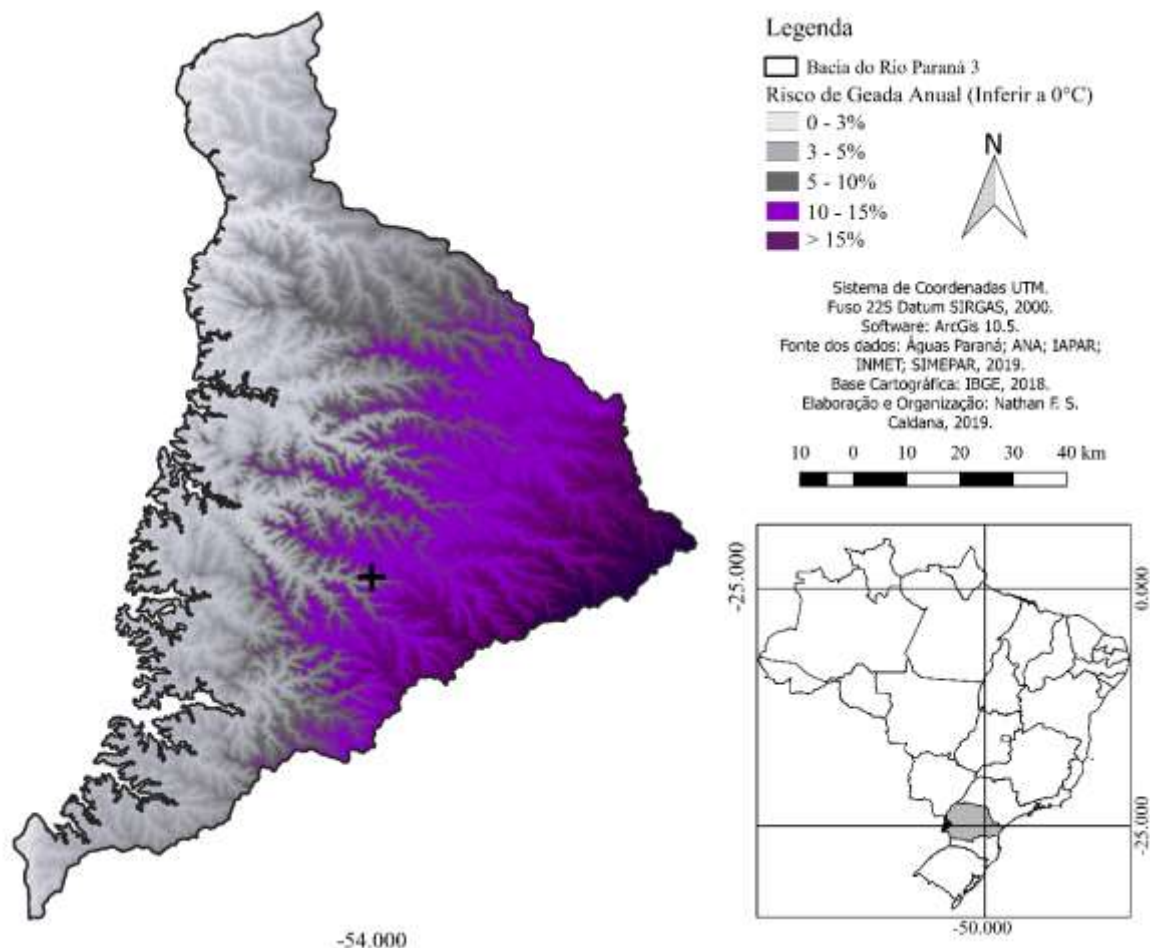


Figura 18 - Risco de Geada severa (abaixo de 0°C) na Bacia do Rio Paraná 3

Dessa forma, para melhor recomendar a época de plantio foi estimado o risco de geada decendial (Figura 19) uma vez que as espécies arbóreas ou frutíferas são mais sensíveis a geada até atingir um metro de altura, e algumas entram em período de dormência no período mais frio do ano (HAWERROTH et al., 2010).

Identificou-se risco maior nas estações de Toledo e Cascavel. Nesta primeira, o risco de geada nos decêndios 2 e 3 de julho chega a 30%, destacando-se também o risco elevado no primeiro decêndio de junho. Enquanto em Cascavel o único decêndio com risco superior a 20% foi 3 de julho, o mesmo decêndio mantém o risco elevado nas estações de Santa Helena e Foz do Iguaçu. Nas demais estações o período livre de geada pode ser observado na Tabela 01.

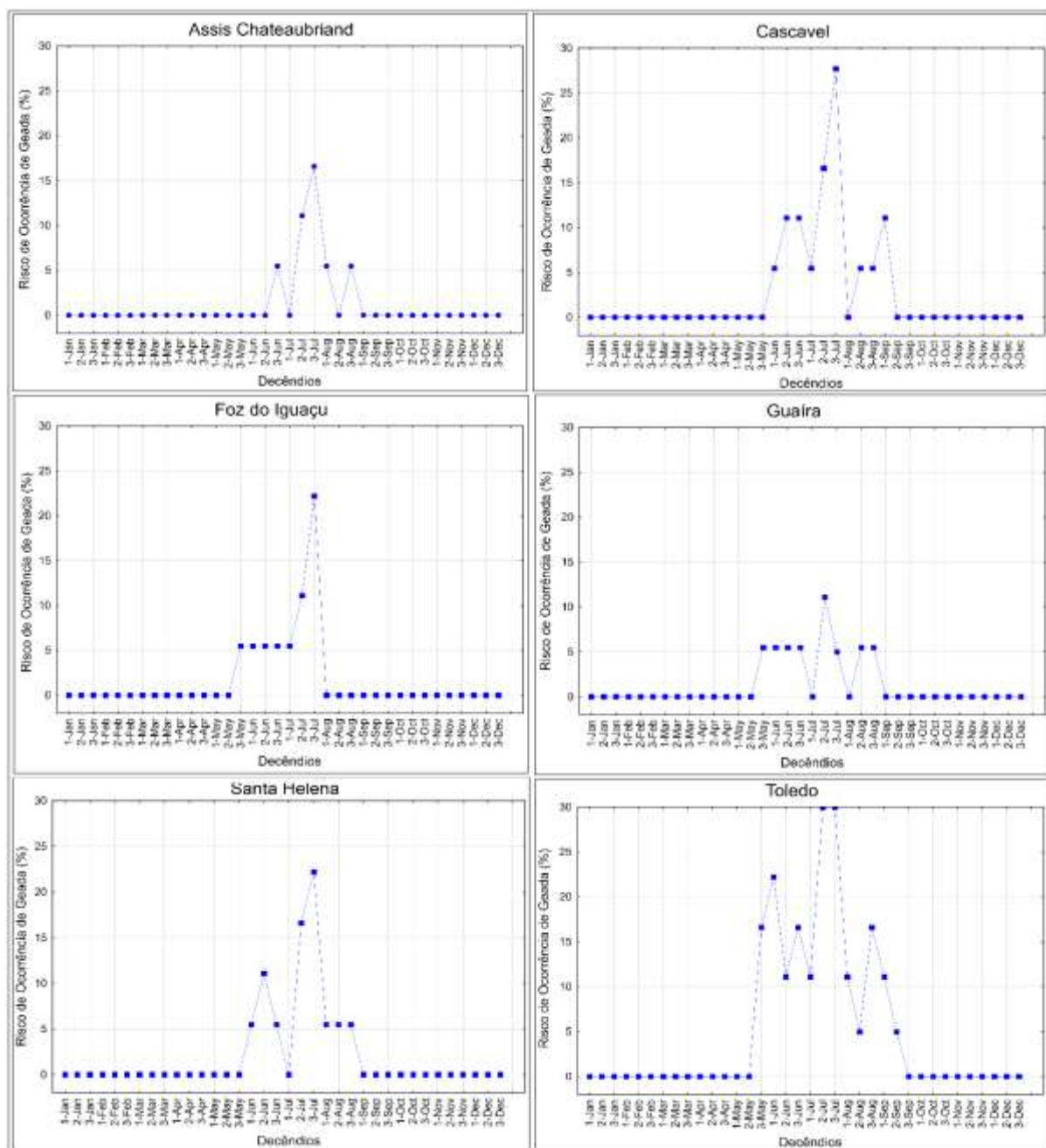


Figura 19 - Risco de ocorrência de geada por decênio na Bacia do Rio Paraná 3

O maior período livre de geada foi identificado em Foz do Iguaçu, localizado na porção sul da bacia e próximo à calha do Rio Paraná, com risco de geada entre os decênios 2-maio até 01-agosto. Regionalmente, o período livre de geadas vai do decênio 02-maio a 03-agosto. Sendo assim, recomenda-se o plantio das espécies frutíferas no primeiro decênio de outubro, sendo também o período mais chuvoso, contribuindo assim, na semeadura, e garantindo maior período livre de geada no desenvolvimento da muda.

Tabela 1 - Período livre de geada na Bacia do Rio Paraná 3

Estação Meteorológica	Período Livre de Geadas
Assis Chateaubriand	Primeira geada: Decêndio 2-jun Última geada: Decêndio 1-set
Cascavel	Primeira geada: Decêndio 3-mai Última geada: Decêndio 2-set
Foz do Iguaçu	Primeira geada: Decêndio 2-mai Última geada: Decêndio 1-ago
Guaíra	Primeira geada: Decêndio 2-mai Última geada: Decêndio 1-set
São Miguel do Iguaçu	Primeira geada: Decêndio 3-mai Última geada: Decêndio 1-set
Toledo	Primeira geada: Decêndio 2-mai Última geada: Decêndio 3-set

Fonte: autor (2019)

Ao comparar a região da Bacia do Rio Paraná 3 com as informações do trabalho de Oliveira e Borrozzino (2018) identificou-se que o número de ocorrência de geadas da região Oeste mais se assimila com o Norte do Paraná, principalmente na estação de Londrina, do que em estação do Centro e Sul do Paraná, como Guarapuava e Palmas, com mais de 1.000m de altitude. O número de geadas e de horas de frio abaixo de 7° C aumenta do norte para o sul do Paraná, variando de 4 até 23 eventos e de 45 até 445 horas de frio por ano.

5.1.4 Evapotranspiração

Pela evapotranspiração (Figura 20) estimada pelo método de Thorntwaite (1954) identificou-se padrão similar entre as estações analisadas, com maiores valores nos meses de verão, graças à maior quantidade de insolação (Figura 13) e temperaturas mais elevadas (Figura 16).

Nas estações de Assis Chateaubriand e Cascavel o mês com maior evapotranspiração foi dezembro, enquanto nas demais foi em janeiro. Os meses com menores evapotranspiração, também graças a baixas temperaturas (figura 16) e menor número de horas de sol (Figura 13), foram julho e agosto.

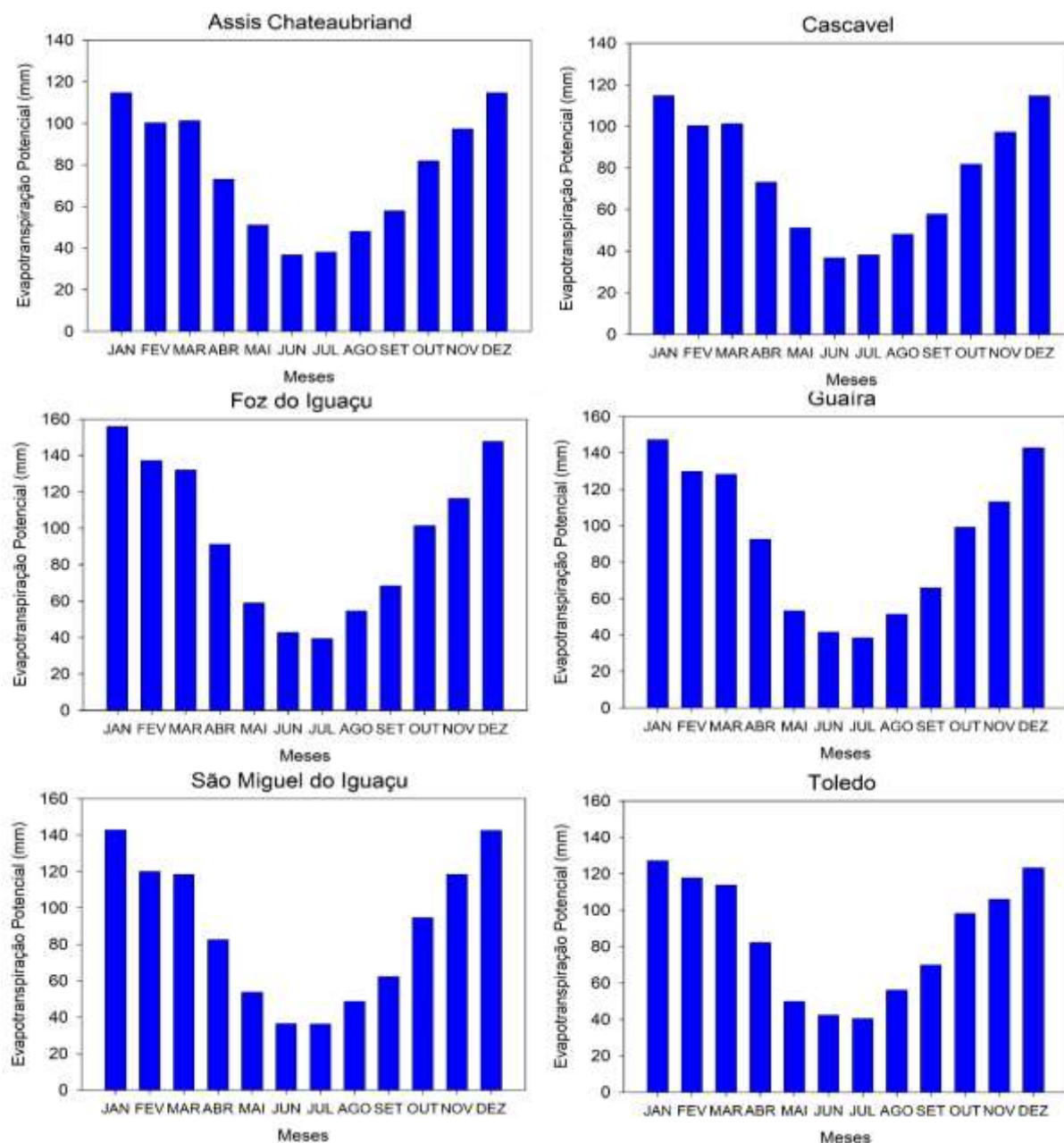


Figura 20 - Evapotranspiração estimada pelo método de Thornthwaite na Bacia do Rio Paraná 3

5.2 ZONEAMENTO DE RISCO AGROCLIMÁTICO

5.2.1. Abacateiro (*Persea Americana*)

O abacateiro (*Persea americana*), frutífera arbórea de clima tropical, ganha destaque, pela importância que tem para a agricultura sustentável, para as mudanças climáticas, e para a expansão do seu cultivo abaixo dos trópicos (ZARO et al., 2014). Trata-se de uma planta

pertencente à família Lauraceae, sendo originária do continente americano. O abacate tem versatilidade para se adaptar a muitos sistemas de produção agrícola. Essa condição é vista principalmente em sistemas agroflorestais. Os SAF's podem recuperar e até incrementar a fertilidade dos solos, além de dar estabilidade aos agregados (MENDONÇA e STOTT, 2003).

Entre outras vantagens, tem a capacidade de regular o ciclo hídrico (GIRALDO e JARAMILLO, 2004), aumentar a captura de dióxido de carbono e a biodiversidade local (PERFECTO et al., 2005). O abacateiro pode ser cultivado com outras espécies frutíferas, otimizando o uso do solo, e também sendo empregado no sombreamento do café (JARAMILLO-BOTERO et al., 2008; MEYLAN et al., 2013).

A frutificação comercial do abacateiro enxertado inicia-se a partir do 3º ou 4º ano de idade, com produção média de 12 a 30 kg/planta, variando por cultivares, clima, qualidade das mudas, fertilidade do solo e tratos culturais, podendo aumentar a produção gradualmente à medida que ocorre o desenvolvimento da planta (DUARTE FILHO et al., 2008; ARAUJO et al., 2018). O desenvolvimento da produção desta cultura tem sido intenso nos últimos anos, sendo motivada por suas qualidades nutricionais e versatilidade, sendo um fruto rico em vitaminas A, C, E, e do complexo B (FRANCISCO e BAPTISTELLA, 2005; ARAUJO et al., 2018).

O primeiro fator de risco analisado para o abacateiro foi a precipitação. Sendo determinado para o pleno desenvolvimento da espécie 1.500mm de média anual de chuva (ZARO et al., 2014). Como pode ser observado, a menor altura pluviométrica média anual foi de 1.550mm no extremo norte da bacia (Figura 04), na região de Guaíra, sendo assim, não apresentando restrição ao cultivo do abacateiro.

A Dha (Figura 22) para as estações meteorológicas foi avaliada considerando o valor de 100 mm para a CAD do solo, considerando que o sistema radicular do abacateiro explora uma profundidade superior a 1 metro de perfil do solo (ZARO et al., 2014). O risco avaliado foi de déficit de 100 mm máximos anuais.

Como identificado, nenhuma das estações analisadas apresentou Dha superior a 100mm (Figura 11). Mesmo na estação de Guaíra, na porção com menos chuva da região (Figura 04), o déficit anual não passa de 60mm. Os meses da primavera são os que apresentaram maior volume de excedente, principalmente no mês de outubro.

Para a temperatura média anual foram definidas as seguintes classes de risco para a Ta: Alto Risco: inferior a 19°C; Médio Risco: entre 19°C e 21°C e Baixo Risco: superior a 21°C (ZARO et al. 2014).

Como a espécie é sensível a geada apenas nos primeiros anos, foi considerado ocorrências de valores iguais ou inferiores a 0°C, observados no interior do abrigo meteorológico para calcular os riscos de geadas. Foi estimado como alto risco valores superiores a 20% (ZARO et al., 2014). Nesse sentido, o risco de ocorrência de geada severa anual na região (Figura 18) apresentou distribuição similar à temperatura média, com risco maior na porção leste, e em alguns fundos de vale na porção mais central da bacia. As altitudes da porção oeste, próximo a calha do rio Paraná, contribuem para o cultivo do abacate, reduzindo o risco de geada para cerca de 0 a 5%.

No mapa final do zoneamento de risco agroclimático do abacateiro (Figura 21) pode-se observar a porção com menores altitudes nas regiões norte, oeste e sul que apresentaram condições favoráveis para a produção de abacate em todas as variáveis analisadas. Apenas uma pequena faixa na porção extremo leste apresentou inaptidão vinculado à temperatura média e ao risco de ocorrência de geada severa superior a 15%.

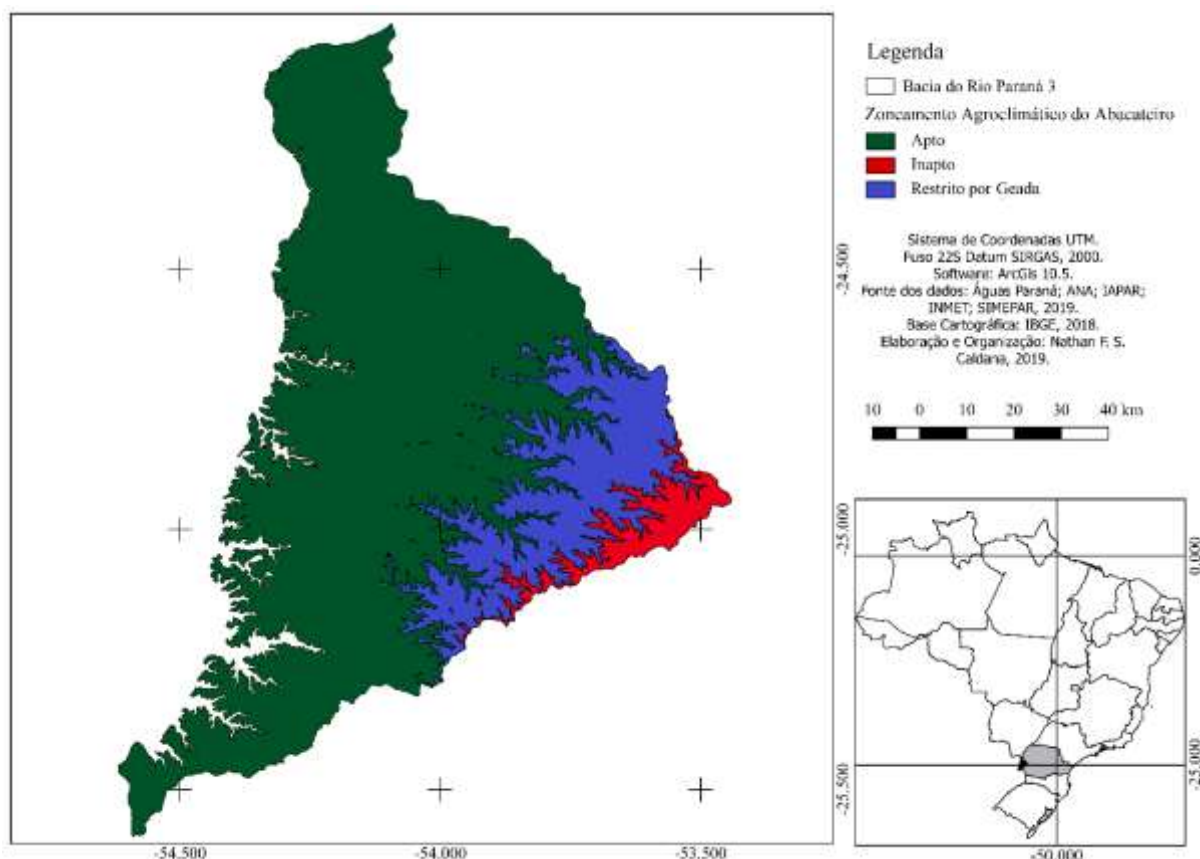


Figura 21 - Zoneamento de risco agroclimático do Abacateiro (*Persea Americana*) Bacia do Rio Paraná 3

Na porção central, de norte ao sul da bacia foi identificado uma região marginal para a produção, com restrição pelo fator da geada, uma vez que, todos os outros fatores

demonstraram aptidão. O risco de geada, como mencionado, é maior para a cultura para pomares recém-implantados, podendo buscar métodos de proteção nessa fase de desenvolvimento do abacateiro. Sendo assim, o produtor deve evitar os fundos de vale, finais das pendentes, e dar preferência ao cultivo em áreas não muito declivosas, para facilitar o escoamento do ar frio. Preferencialmente deve-se utilizar o topo do espigão e meia encosta, principalmente, nas faces voltadas para o norte, uma vez que, como já destacado, a frente fria tem deslocamento preferencial no sentido sul/sudoeste, sentido nordeste.

O plantio é recomendado para o primeiro decêndio de outubro pela necessidade hídrica (Figura 05 e 11) e maior tempo de desenvolvimento da espécie até o risco da primeira geada (Figura 19), práticas de proteção podem ser implantadas, principalmente nos primeiros anos da espécie. Em sua fase adulta, apenas o frio extremo pode trazer danos ao fruto, não levando a espécie a senescência. A faixa leste da região, com maiores altitudes e riscos de geadas, deve ser evitada para o cultivo.

No Estado do Paraná, Zaro et al., (2014) realizaram o zoneamento agroclimático para diferentes espécies do abacateiro e identificaram que o Estado do Paraná possui regiões aptas ao cultivo do abacate. O principal risco climático associado a essa cultura é a ocorrência de geadas. Uma alternativa é a utilização de cultivares mais tolerantes e métodos de proteção para pomares recém-implantados. A deficiência hídrica foi determinada como um fator não-limitante, mas em algumas épocas a irrigação pode ser necessária para a implantação da cultura, principalmente no período de inverno e o começo da primavera.

5.2.2. Abacaxizeiro (*Ananas comosus*)

O abacaxizeiro é uma planta de clima tropical, monocotiledônea, herbácea e perene da família Bromeliácea. O florescimento natural desta espécie ocorre no inverno. Por ser uma planta de dias curtos com a diminuição do fotoperíodo e redução da temperatura, a gema apical é induzida a produzir uma inflorescência ao invés de emitir folhas. A duração do ciclo natural pode variar de 12 a 36 meses, pois, além de condições climáticas, depende da época de plantio, do tipo e do peso das mudas utilizadas, e também das práticas de manejo adotadas (NASCENTE et al., 2005; RICCE et al., 2014).

O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de abacaxi, sendo o maior produtor na América do Sul. Entre os principais Estados produtores estão Minas Gerais, Pará e Paraíba (IBGE, 2018), com potencial de expansão da área produtiva para todo território.

Diversos trabalhos são realizados em todo mundo visando aprimorar a produção diminuir os riscos do abacaxizeiro (DELLACASSA et al., 2017; LIU e LIU, 2017; BANERJEE et al., 2018; MANEEINTR et al., 2018; SANGUANCHAIWONG e LEKSAWASDIJING, 2018; DAI et al., 2019; JING et al., 2019; YOUSUF e SRIVASTAVA, 2019)

O primeiro fator de risco analisado para o abacaxizeiro foi a precipitação. Foi considerado: Alto Risco: precipitação anual inferior a 1.000 mm, como médio risco entre 1.000 e 1.500mm e superior a 1.500mm como baixo risco (CUNHA et al., 2005; RICCE et al., 2014).

Por meio da média da precipitação anual (Figura 04), como mencionado, a menor altura pluviométrica média anual foi de 1.550mm no extremo norte da bacia, na região de Guaíra. Sendo assim, nenhuma área da bacia apresentou risco para o pleno desenvolvimento da cultura. Porém, anos com precipitação inferior a 1.500mm podem ocorrer esporadicamente na região (Figura 22), podendo o agricultor entrar com sistema de irrigação, ocasionalmente para garantir o sucesso no cultivo do abacaxi.

O risco também se mostra baixo ao analisar a variabilidade e a distribuição da precipitação anual na região (Figura 05 e 22). Na estação da porção sul, localizada em Foz do Iguaçu, a menor altura pluviométrica registrada foi de 1.105mm, no ano de 1979, enquanto a maior foi de 2.589mm em 1983, nenhum dos valores, e em nenhum dos anos, apresentou risco alto para a produção de abacaxi, ficando a baixo dos 1.000mm.

Na estação da porção norte de Terra Roxa, houve três valores de precipitação inferior a 1.200mm, porém nenhum com risco de precipitação inferior a 1.000mm. Enquanto na porção leste, de Cascavel, observou-se a maior altura pluviométrica da série com 3.051mm no ano de 1983 e nenhum risco para a produção, assim como nas estações de Vera Cruz do Oeste e Missal, localizada nas regiões centro e oeste, respectivamente.

Pelo balanço hídrico para a cultura do abacaxizeiro (Figura 23) utilizou-se como parâmetro a Dha. Para o risco de deficiência hídrica foi considerado: Alto Risco: Dha > 100 mm ou três meses com precipitação mensal inferior a 60 mm e Baixo Risco: Dha < 100 mm ou menos de três meses com precipitação mensal inferior a 60 mm.

Nenhuma estação apresentou risco por essa variável, mesmo em Guaíra que apresentou maior deficiência, o acumulado foi de 56mm. Além disso nenhuma estação, na média, apresentou deficiência hídrica por três meses consecutivos (Figura 11). E mesmo ao analisar os anos mais secos na região (Figura 12), o risco se mostrou presente.

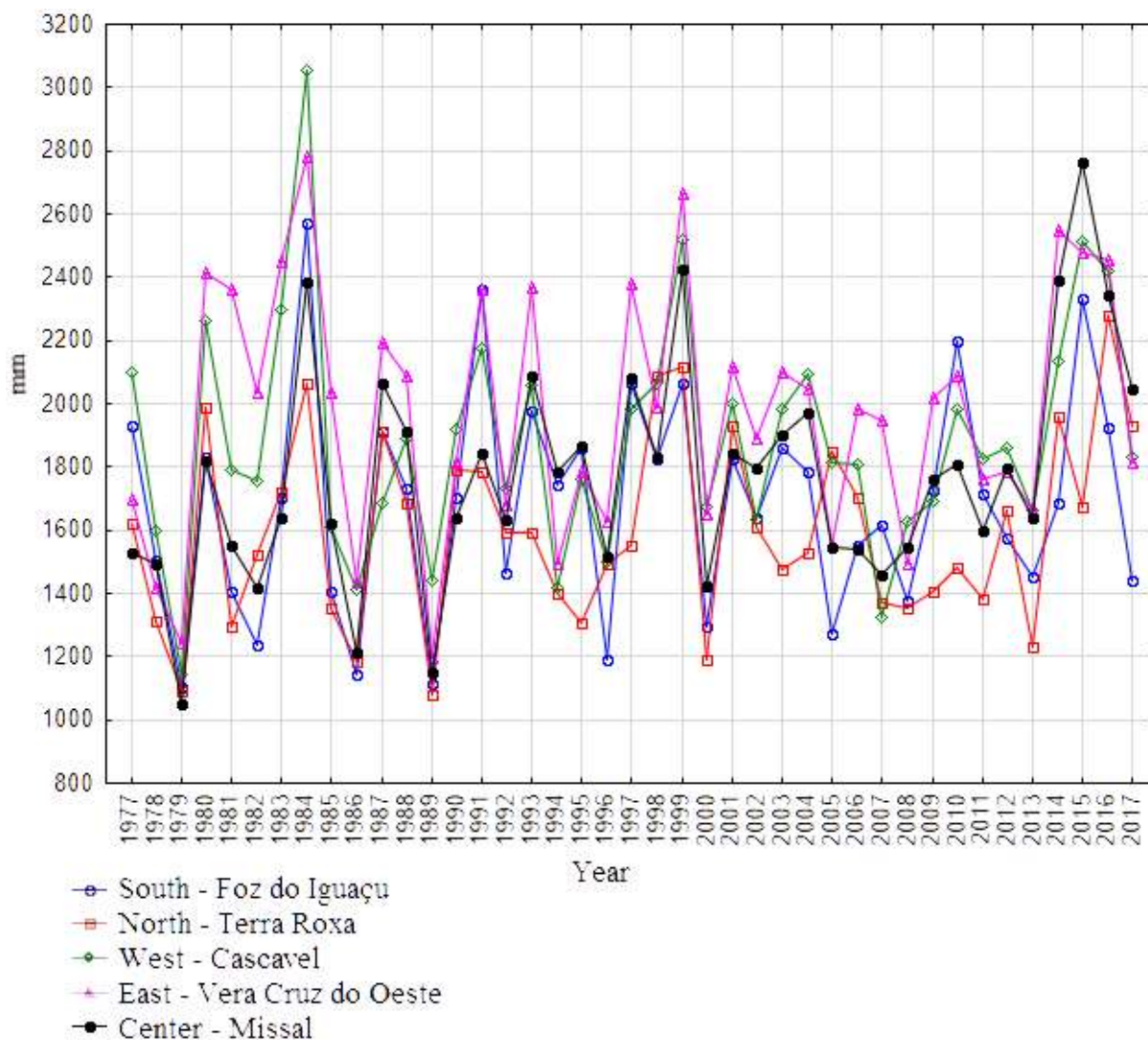


Figura 22 - Variabilidade da Precipitação Anual na Bacia do Rio Paraná 3

O terceiro risco avaliado para o pleno desenvolvimento do abacaxizeiro foi a Temperatura média anual. Foram definidas as seguintes classes de risco para a Ta: Alto Risco: inferior a 19°C; Médio Risco: entre 19°C e 22°C e Baixo Risco: superior a 22°C (CUNHA, 2005; RICCE et al., 2014).

A porção mais alta da região de Cascavel se demonstrou inapta para a produção (Figura 15), com valores em torno de 21°C. As bordas dos vales, também apresentaram restrição, com valores médios de 21,5°C. Já a porção sul, oeste e norte, mais próximas à calha do Rio Paraná apresentaram aptidão, com valores médios acima de 22°C. As maiores temperaturas médias foram observadas na região de Guaíra, no extremo norte da bacia, chegando a superar os 23°C.

Outro fator de risco para o desenvolvimento da espécie avaliado foi a Temperatura média do mês mais frio (Tmf). Foram definidas as seguintes classes de risco: Alto Risco: Tmf inferior a 15,5°C e Baixo Risco: Tmf superior a 15,5°C (CUNHA et al., 2009; RICCE et al.,

2014).

Dessa forma, identificou-se que o risco desse parâmetro não é presente na região (Figura 16). A estação de Cascavel, localizada no extremo leste da bacia, foi a única a registrar o mês mais frio em junho, o valor médio é de 15,2°C, bem próximo ao valor determinado como risco, porém ainda superior a este.

O risco de geada também foi avaliado sendo um dos elementos meteorológicos mais limitantes para a produção do abacaxizeiro. Foi estimado como alto risco a probabilidade de ocorrência de geada anual superior a 20% (CUNHA, 2005; RICCE et al., 2014). E ainda sendo a geada o principal fator restritivo para a cultura no Sul do Brasil (RICCE et al., 2014).

O risco de geada (Figura 17) apresentou distribuição similar à temperatura média, com risco maior na porção leste, e em alguns fundos de vale na porção mais central da bacia, inviabilizando o plantio nestas áreas. As altitudes da porção oeste, próximo à calha do rio Paraná, contribuem para o cultivo do abacaxi, reduzindo o risco de geada para cerca de 5%.

Pelo risco decenal de geada (Figura 18 e Tabela 01), identificou-se risco maior nas estações de Toledo e Cascavel, nesta primeira, o risco de geada nos decênios 2 e 3 de julho chega a 30%. E período livre de geada na região correspondendo aos decênios 01-outubro a 02-maio. Sendo indicado o plantio do abacaxizeiro no primeiro decênio de outubro, sendo um dos períodos mais chuvosos da região (Figura 04 e 05) e para garantir um maior desenvolvimento da espécie até o risco da primeira geada.

No mapa final do zoneamento de risco agroclimático do abacaxizeiro (Figura 22) pode-se observar a porção com menores altitudes nas regiões norte, oeste e sul apresentaram condições favoráveis para a produção de abacaxi em todas as variáveis analisadas.

Na porção central da bacia foi identificado uma região marginal para a produção, com restrição pelo fator da geada, uma vez que, todos os outros fatores demonstraram aptidão. Essa porção da bacia, apresenta dessa forma, que o plantio pode ser realizado com maior risco. Sendo assim, o produtor da região pode utilizar da declividade, evitando os vales, e para facilitar o escoamento do ar frio, preferencialmente utilizar o topo do espigão e meia encosta, principalmente, nas faces voltadas para o norte, uma vez que, como já destacado a frente fria tem deslocamento preferencial no sentido sul/sudoeste, sentido nordeste. A utilização de barreiras naturais e a construção de quebra ventos, também pode contribuir para mitigar o risco.

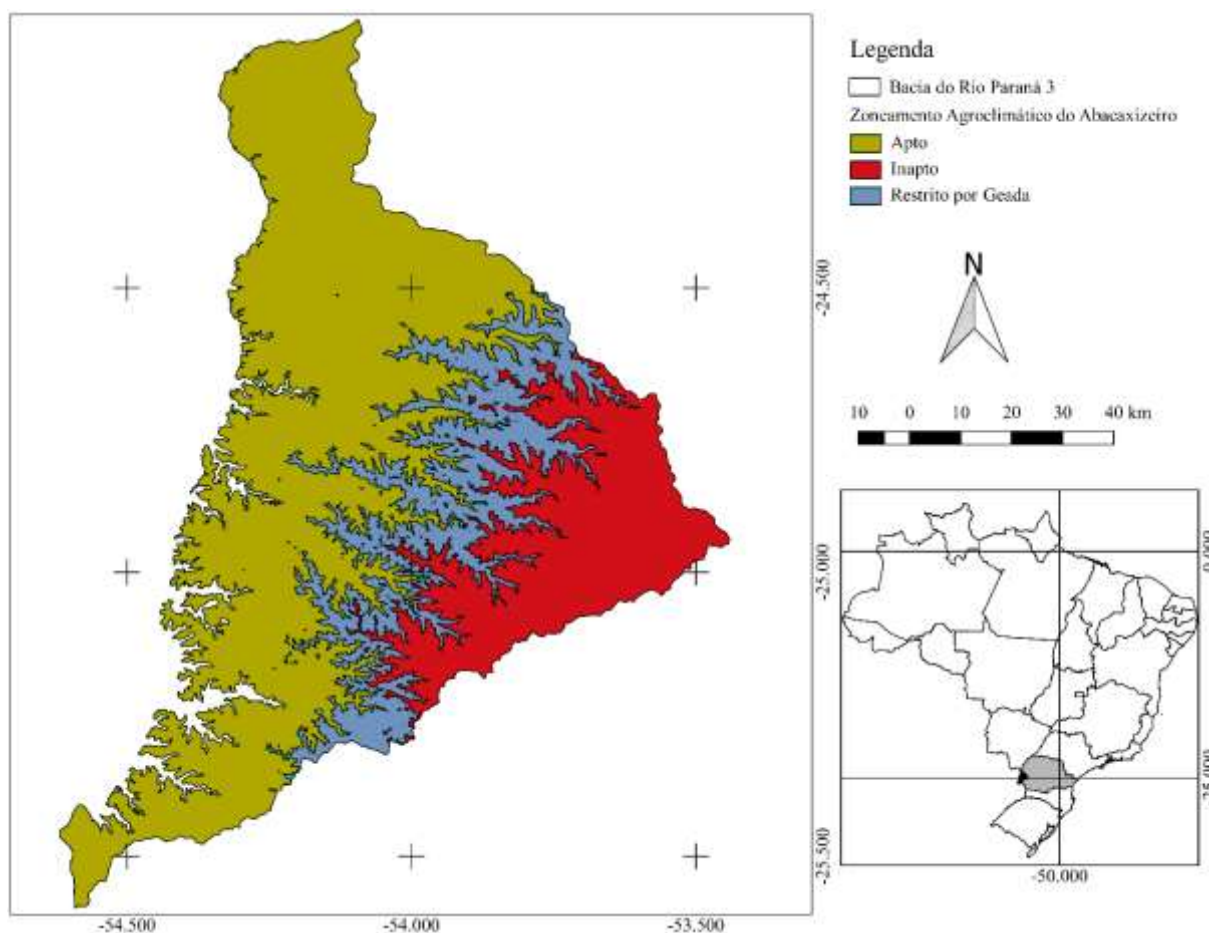


Figura 23 - Zoneamento de risco agroclimático do Abacaxizeiro (*Ananas comosus*) Bacia do Rio Paraná 3

Ricce, et al., (2014b) realizaram o zoneamento agroclimático para a cultura do abacaxizeiro, desta vez, para todo o Estado do Paraná. Considerando os limites adequados das variáveis climáticas de temperatura média anual, a temperatura do mês mais frio, o risco anual de geadas, o risco de deficiência hídrica, o número de horas de insolação anual e o fotoperíodo no Estado. Identificaram que o Paraná possui regiões com baixo risco climático para a cultura do abacaxizeiro. Além da região Oeste, parcialmente apta, como destacado nesse trabalho, os autores identificaram que as regiões Noroeste e Norte do Estado são as mais recomendadas ao cultivo. Enquanto as regiões Centro, Sul e Leste, não são recomendadas.

5.2.3. Bananeira (*Musa sp*)

A bananeira (*Musa sp.*), frutífera arbórea de clima tropical, ganha destaque, por ser uma das frutas mais consumidas do mundo, sendo o Brasil o quarto maior produtor mundial deste fruto (FAO, 2019), contribuindo com 7 milhões de toneladas em uma área cultivada de aproximadamente 450 mil ha. Entretanto, a produtividade nacional está muito aquém de sua

capacidade, e os aspectos nutricionais e hídricos estão entre as principais causas, apesar do país possuir condições favoráveis para o seu cultivo em quase toda sua extensão. No Brasil, o consumo chega em torno de 25 kg/ano por pessoa (ARAUJO et al., 2019).

É uma espécie de fácil manejo e baixo custo de produção comparada com outras espécies frutíferas. Além disso, a espécie possui diversas vitaminas e rico valor nutritivo (RAMPINELLI et al., 2010). O estado do Paraná registrou em 2018, uma produção de 147 toneladas de banana, sobre uma área de aproximadamente 7.800 hectares (IPARDES, 2019). Diversos trabalhos são realizados em todo o mundo visando aprimorar técnicas de cultivo e manejo para a produção de banana (PARRE et al., 2019; SEYEDABADI et al., 2019; YANG et al., 2019)

O primeiro risco avaliado para a cultura da Bananeira na Bacia do Rio Paraná 3 foi a precipitação, sendo considerado: Alto Risco: precipitação anual inferior a 1.200 mm e como baixo risco superior este (COELHO, et al., 2009; COELHO et al., 2016; ARAUJO et al., 2019). A menor altura pluviométrica média anual foi de 1.550mm no extremo norte da bacia, na região de Guaíra. Como o risco avaliado foi de 1.200mm anuais, nenhuma das regiões da bacia apresentou risco para a produção por essa variável meteorológica (Figura 04).

Ao analisar o risco pela variabilidade e a distribuição da precipitação anual na região, utilizando uma estação por região da bacia (Figura 06 e 22), identificou-se baixo risco. Na estação de Missal (Oeste), Cascavel (Sul) e Vera Cruz do Oeste, o risco foi mínimo com duas ocorrências dentre os 41 anos analisados, com 4,8% de risco anual de precipitação inferior a 1.200mm.

Enquanto as estações de Foz do Iguaçu (Sul) e Terra Roxa (Norte) apresentaram quatro ocorrências na série. O risco estimado de ocorrência anual foi de 9,8%. Nenhuma das estações apresentaram frequência alta de risco de precipitação inferior a 1.200mm anuais, como o padrão para o zoneamento é de risco de no máximo 20%, nenhuma das estações analisadas apresentaram risco por essa variável.

As próximas variáveis de risco analisadas foram Dha e a Deficiência Hídrica Mensal (Dhm). Utilizou-se o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD) no solo, considerando que o sistema radicular da bananeira explora uma profundidade superior a 50 cm de perfil do solo (MIOTTI et al. 2013). Para o risco de deficiência hídrica, foram considerados: Alto Risco: $Dha > 80$ mm, e Baixo Risco: $Dha < 80$ mm. A Dhm foi analisada pelo risco de deficiência superior a três meses seguidos, ou maior que 50mm por mês (COELHO, et al., 2009; ARAUJO et al., 2019).

Como o risco avaliado era o acumulado de 80mm anuais, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo da bananeira. Em Guaíra que apresentou maior deficiência o acumulado foi de 56mm. Apenas em anos secos pode ocorrer deficit por três meses consecutivos (Figura 12), demonstrando que o produtor deve ter atenção a longos períodos sem chuva. Como a espécie tem raízes profundas, a planta consegue extrair água de zonas mais profundas do solo (MIOTTI et al., 2013). Os extratos mostram balanço hídrico menos favorável nos meses de janeiro a abril, devido a elevadas temperaturas e aumento na evapotranspiração. A Dha nesses meses não se mostrou limitante para a implantação da cultura na região, apenas deve-se adequar o período de plantio para fugir de períodos de seca.

Para a Insolação média anual a aptidão foi determinada pelas seguintes categorias: Alto Risco: Ia inferior a 2.000 horas e baixo risco: Ia superior a 2.000 horas (COELHO, et al., 2009; ARAUJO et al., 2019). A Ia não foi limitante para o pleno desenvolvimento da bananeira. Como destacado, o limite para o desenvolvimento é de 2.000 horas, sendo o menor valor observado apenas na região de Cascavel, na porção leste da região, que apresentou valores médios de 2.450 horas de sol por ano. A porção mais ao norte da região apresentou a maior quantidade de insolação, com 2.550 horas de sol por ano em média.

Foi identificado que a distribuição da temperatura máxima média na Bacia do Rio Paraná 3 (Figura 24) também apresentou similaridade com o relevo da região (Figura 02). O que justifica essa distribuição, foi que mais uma vez as áreas com maiores altitudes, próximo a Cascavel, apresentaram as menores temperaturas máximas médias, em torno de 25°C.

A porção sul, oeste e norte, mais próximas a calha do Rio Paraná, apresentaram valores médios superiores a 26°C, em toda sua extensão. As maiores temperaturas médias foram observadas na região de Guaíra, no extremo norte da bacia, chegando a superar os 27,5°C.

O risco para essa variável foi identificado por decêndio com probabilidade de ocorrência de temperaturas máximas absolutas superiores a 35°C e 38°C (Figura 24). As temperaturas altas induzem o fechamento dos estômatos, reduzindo bruscamente a taxa fotossintética, levando a uma paralisação do crescimento. As temperaturas superiores a 35°C, acarretam inibição do desenvolvimento da planta, com a desidratação dos tecidos, principalmente das folhas (BORGES, 2004; COELHO et al., 2009). Para temperaturas superiores a 38°C, cessa o crescimento, levando a folha a apresentar o limbo estreito, curto e reduzido ao nível do pecíolo (BORGES, 2004), sendo classificado sua frequência superior a 20% por decêndio como risco para o pleno desenvolvimento da cultura.

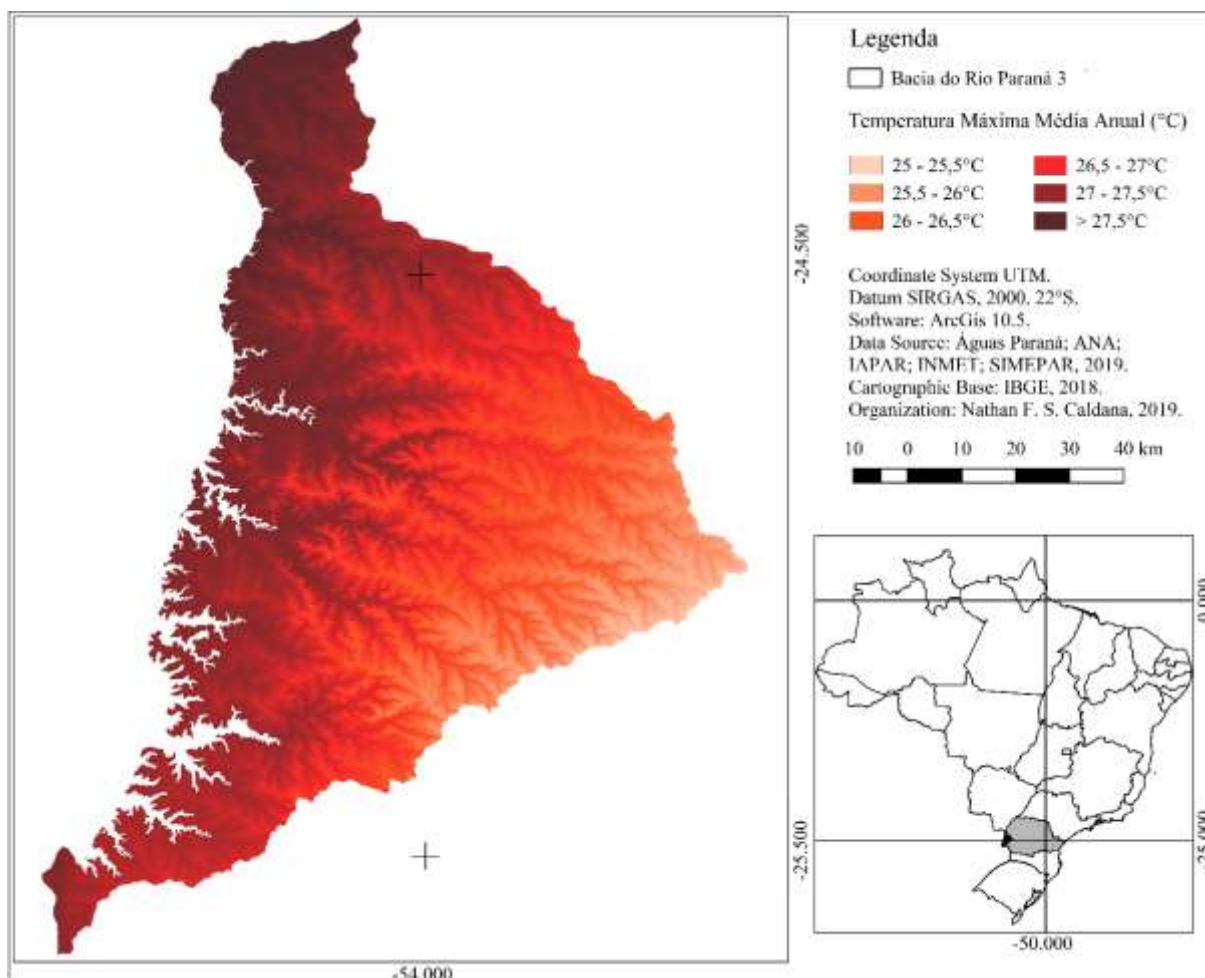


Figura 24 - Temperatura do ar Máxima Média Anual na Bacia do Rio Paraná 3

Identificou-se risco de 38°C em apenas um decêndio de Cascavel, com probabilidade de ocorrência de 4%, mesmo considerando temperaturas superiores a 35°C o risco permanece baixo nesta estação, não superando os 30% em poucos decêndios. Em Toledo o risco se mantém baixo também, não superando a probabilidade de ocorrência de 10% por decêndio.

Em Santa Helena, Assis Chateaubriand e Guaíra temperaturas superiores a 35°C apresentaram alta frequência nos meses de primavera e verão. O risco de temperaturas superiores a 38°C aumenta nessas três estações, porém não apresentando risco superior a 20%. Santa Helena e Assis Chateaubriand ainda apresentaram a maior probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 35°C, com 65% em três decêndios analisados (03-jan e 01-fev; 02-out, respectivamente nas estações).

A única estação a apresentar risco superior a 20% em temperaturas superiores a 38°C e inaptidão por essa variável analisada foi Foz do Iguaçu, no decêndio 02 de outubro com probabilidade de ocorrência de 25%. Nas regiões que apresentaram risco elevado de temperaturas elevadas, algumas práticas podem ser tomadas para garantir o sucesso do cultivo

da banana. Em áreas com sistema de irrigação, pode-se optar por monitorar as temperaturas e utilizar a água como moderador térmico quando a temperatura atingir o limite exigido pela espécie. Outra alternativa é a integração do plantio com outras espécies de porte arbóreo, podendo mudar o microclima da área de cultivo (MORAIS et al., 2006; NICOLETI e MOLER, 2006).

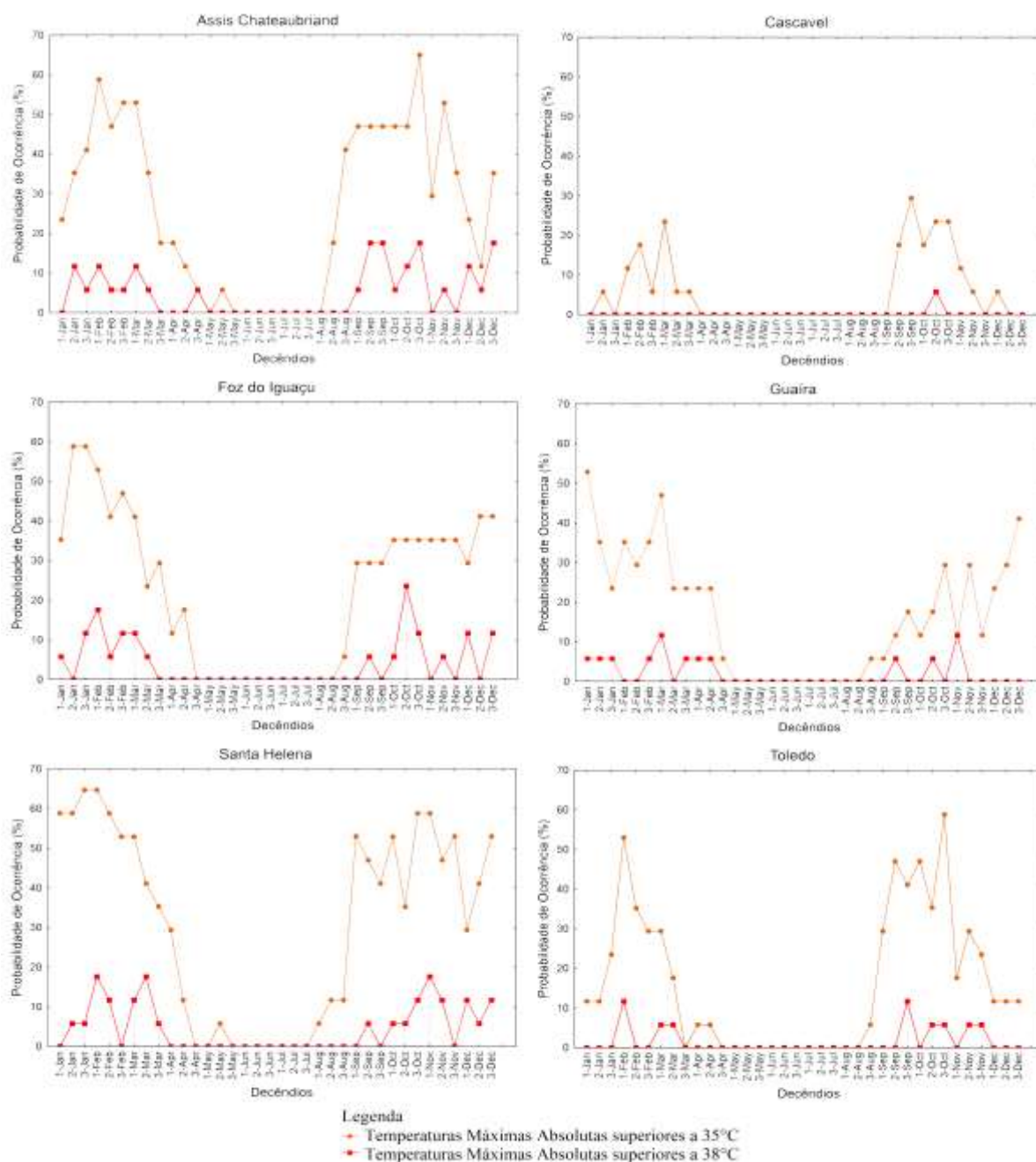


Figura 25 - Probabilidade de ocorrência de Temperaturas Máximas Superiores a 35 e 38°C na Bacia do Rio Paraná 3

Outro parâmetro de risco avaliado foi a Temperatura mínima média do mês mais frio

(Figura 16), não devendo ser inferior a 15°C para a aptidão do plantio (COELHO, et al., 2009; ARAUJO et al., 2019). A estação de Cascavel, localizada no extremo leste da bacia, foi a única a registrar o mês mais frio em junho, o valor médio é de 15,2°C, bem próximo ao valor determinado como risco, porém ainda superior a este. Dessa forma, nenhuma das localidades avaliadas apresentou risco.

Outra variável relacionada a temperatura avaliada foi o risco de ocorrência de geada anual na região (Figura 17), com risco máximo avaliado de 20%. Assim, como as demais frutas tropicais estudadas, as altitudes da porção oeste, próximo a calha do rio Paraná, contribuem para o cultivo da bananeira, reduzindo o risco de geada para cerca de 5%.

A única região inapta é a extremo leste, próximo a Cascavel e Santa Tereza do Oeste que apresentaram risco de geada superior a 25%. A bananeira é muito sensível a baixas temperaturas. O frio intenso mata os órgãos vegetativos, tais como as folhas, ou perturba as funções dos órgãos restantes, o frio ainda destrói os frutos em formação e, os que sobrevivem, ficam malformados. O frio intenso e prolongado é suficiente para provocar a morte da planta (BORGES, 2004; COELHO et al., 2009).

Enquanto a formação de geada destrói um grande número de flores, impedindo, assim, que muitas delas se transformem em frutos. Geadas causam problemas de queima das plantas e podem prejudicar os frutos em formação, prejudicando o seu cultivo. Temperaturas inferiores a 2°C já são suficientes para provocar a necrose em tecidos mais vulneráveis como bordo das folhas, enquanto na relva, essa temperatura pode atingir até -2°C levando a formação de geada. Por isso, a ocorrência de geadas leva a parte aérea da planta à morte, com prejuízos significativos no desenvolvimento da cultura. Normalmente, as plantas não senescem, visto que o rizoma, abaixo do nível do solo, dificilmente é afetado, entretanto a geada é um dos fatores mais restritivos para o seu sucesso quando produzida comercialmente (BORGES, 2004; COELHO et al., 2009; ARAUJO et al., 2019).

No mapa final do zoneamento de risco agroclimático da bananeira (Figura 24) pode-se observar a porção com menores altitudes nas regiões norte, oeste e sul apresentaram condições favoráveis para a produção de banana em todas as variáveis analisadas.

A exceção se encontra na porção com menores altitudes da região, próximo a calha do Rio Paraná 3, graças a frequência de temperaturas máximas absolutas superiores a 38°C, não sendo um fator que garante inaptidão, podendo ser trabalhado com práticas de manejo que mitiguem o risco, como já mencionado, com irrigação ocasional, sombreamento, dentre outras.

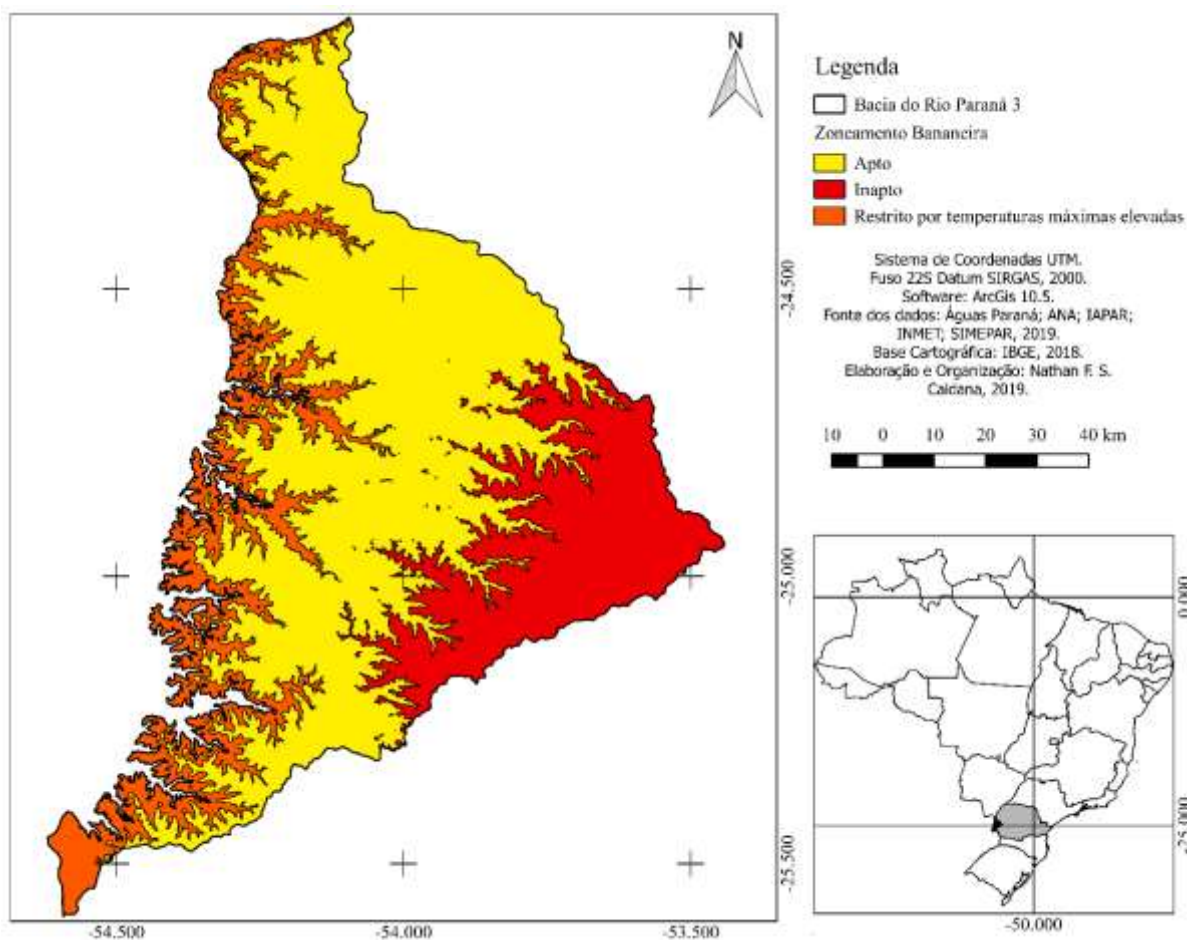


Figura 26 - Zoneamento Agrícola de risco climático da Bananeira (*Musa sp*) Bacia do Rio Paraná 3

Na porção leste e centro-leste o risco que garantiu a inaptidão foi a geada, pois, como já mencionado, a Bananeira é extremamente sensível a baixas temperaturas e geada. A ocorrência de temperaturas baixas, mesmo que não levando a senescência da espécie, pode trazer danos aos frutos, inviabilizando seu cultivo comercialmente e o sucesso da cultura na região. Mesmo nas regiões aptas, o risco de geada permanece, dessa forma, o produtor deve evitar os fundos de vale, finais das pendentes, e dar preferência ao cultivo em áreas não muito declivosas, para facilitar o deslocamento do ar frio (CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019; CALDANA e MARTELÓCIO, 2019), e seguir as recomendações já mencionadas para o abacateiro

Utilizando as projeções do IPCC referentes aos aumentos das temperaturas Coelho Filho et al., (2011) buscaram identificar os padrões de alteração no zoneamento da Bananeira para o Estado da Bahia. Apenas a variável térmica e a precipitação foram avaliadas, e as projeções foram realizadas para os anos de, 2010, 2020, 2050 e 2070. Os impactos do aquecimento global para aptidão da cultura da bananeira ocorrerão nas zonas de transição,

sendo que as mais afetadas serão as do litoral norte do Estado (parte da região metropolitana e na região nordeste) e centro Sul do Estado. Regiões produtoras Sul do Estado e do Recôncavo Sul serão menos afetadas, apesar do aumento dos riscos.

5.2.4. Goiabeira (*Psidium guajava*)

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma planta perene, de porte arbóreo, com altura de 3 a 10 metros, pertencendo à família *Mirtaceae*. É uma planta rústica e nativa dos trópicos, apresenta fácil adaptação às variações ambientais, podendo se desenvolver em climas tropicais e subtropicais. Em regiões de clima tropical, a goiabeira pode florescer e frutificar continuamente, ou seja, durante o ano todo, desde que haja disponibilidade hídrica no solo (MEDINA et al., 1991), demonstrando assim, seu potencial econômico.

Na região Sul do Brasil, a produção de goiaba se destaca no Estado do Rio Grande do Sul com a maior área cultivada (DE ALMEIDA et al., 2014). Enquanto o estado do Paraná é inexpressivo na produção de goiaba comparado a outras frutíferas. Registrou em 2018, uma produção de 7 toneladas, sobre uma área de aproximadamente 670 hectares (IPARDES, 2019). Diversos trabalhos são realizados em todo o mundo, visando aprimorar técnicas de manejo e aumentar a produção e a produtividade da goiabeira (SALAZAR et al., 2006; DE REZENDE et al., 2015; ABDEL-RAHIM e ABO-ELYOUSR, 2017; MOON et al., 2018; ADHIAMBO et al., 2019; BLANCO et al., 2019).

O primeiro risco avaliado para a cultura da goiabeira na Bacia do Rio Paraná 3 foi a precipitação. Foi considerado: Alto Risco: precipitação anual inferior a 1.000 mm e como baixo risco entre 1.000 a 2.000mm anuais bem distribuídos durante o ano (LAZZAROTTO et al., 2005; SOUSA et al., 2013; DE ALMEIDA et al., 2014). Identificou-se que a menor altura pluviométrica média anual foi de 1.550mm no extremo norte da bacia, na região de Guaíra, dessa forma, nenhuma das regiões da bacia apresentou risco para a produção por essa variável meteorológica (Figura 04). O risco também mostrou inexistente ao analisar a variabilidade e a distribuição da precipitação anual na região (Figura 22). Uma vez que na estação de Foz do Iguaçu, por exemplo, a menor altura pluviométrica registrada foi de 1.105mm, no ano de 1978.

Para a Dha utilizou-se o valor de 80 mm para a capacidade de água disponível (CAD) no solo, considerando que o sistema radicular da goiabeira explora uma profundidade superior a 90 cm de perfil do solo (BASSOI et al. 2002). Para o risco de deficiência hídrica, foram considerados Dha superior a 100 mm (LAZZAROTTO et al., 2005; SOUSA et al., 2013; DE ALMEIDA et al., 2014).

Como o risco avaliado era de acumulado 100mm anuais, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo da goiabeira. Em Guaíra que apresentou maior deficiência o acumulado foi de 56mm anuais na média.

Por ser uma espécie considerada rústica a goiabeira tem boa resistência a temperaturas tanto elevadas, quanto baixas (LAZZAROTTO et al., 2005). Porém, para seu sucesso comercial, é delimitado uma faixa de temperatura em que espécie tem maior chance de ter uma boa produção. Para a temperatura média anual foi determinado como alto risco a T_a inferior a 19°C (SENTELHAS et al., 1996; LAZZAROTTO et al., 2005; SOUSA et al., 2013; DE ALMEIDA et al., 2014). Também não apresentando risco para a produção, com os menores valores médio na faixa de $20,5^{\circ}\text{C}$ (Figura 15).

Enquanto para o risco de geada é estimada a faixa de temperatura média mínima do mês mais frio, foram definidas as seguintes alto risco T_{mf} inferior a 14°C (SENTELHAS et al., 1996). Dessa forma, identificou-se que o risco desse parâmetro não é presente na região, uma vez que o menor registro foi em Cascavel, com $15,2^{\circ}\text{C}$ no mês de junho.

O risco de ocorrência de geada, é o principal elemento que restringe a produção em boa parte da região Sul do Brasil (DE ALMEIDA, et al., 2014). Em condições de geada, a goiabeira pode apresentar queima das folhas e dos ramos, o que impossibilita a recuperação dos pomares atingidos (MEDINA et al., 1991).

O risco anual de geada severa na região (Figura 18) foi presente apenas na porção leste, e em alguns fundos de vale na porção mais central da bacia. Ainda assim, o risco se mostra presente apenas nos anos iniciais de cultivo, podendo-se utilizar práticas de proteção em períodos de geada, principalmente nos primeiros anos após o plantio.

No mapa final do zoneamento agrícola de risco climático da goiabeira (Figura 25) pode-se observar a porção com menores altitudes nas regiões centro, norte, oeste e sul apresentaram condições favoráveis para a produção de goiaba em todas as variáveis analisadas.

Na porção extremo leste houve restrição pela ocorrência de geada severa, porém como o risco é identificado apenas para os primeiros anos de cultivo e pode-se adotar práticas de proteção dos pomares, não foi aderido a classe de inaptidão.

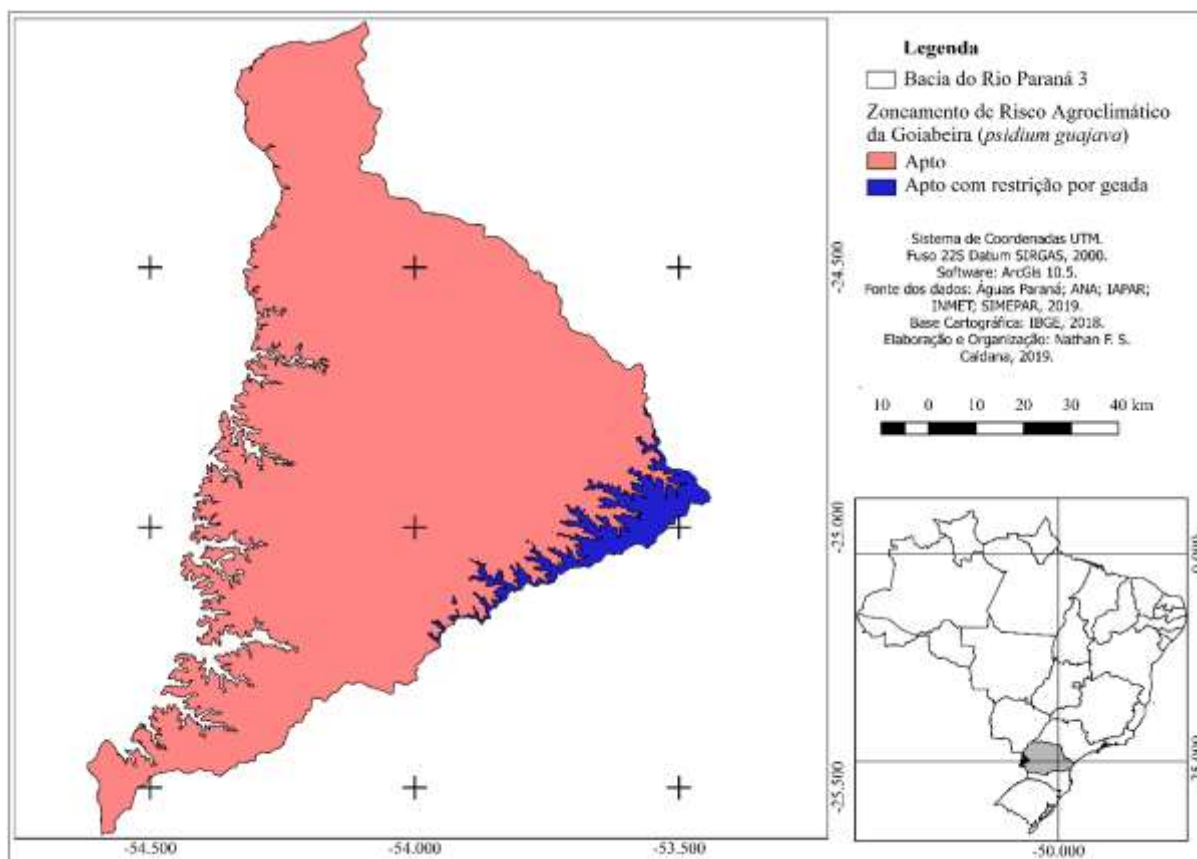


Figura 27 - Zoneamento de Risco Agroclimático da Goiabeira (*psidium guajava*) Bacia do Rio Paraná 3

Devem-se evitar áreas com possibilidades de ocorrência de geadas de forte intensidade, o que pode causar até mesmo a morte de plantas jovens. Em plantas adultas, os riscos de danos por geadas são menores. Devem-se evitar, também, áreas com problemas de drenagem, uma vez que o excesso de umidade do solo pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. Como a goiabeira é uma planta frutífera de grande porte, devem-se utilizar espaçamentos variando de 5 m a 7 m entre filas e de 4 m a 7m entre plantas. Espaçamentos adensados causam problemas para a realização dos tratamentos fitossanitários, bem como o deslocamento de máquinas, equipamentos e pessoas (NACHTIGAL e MIGLIORINI, 2011).

5.2.5. Limão (*Citrus aurantifolia*)

A lima ácida Tahiti, mais conhecida popularmente como limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tan) está entre as dez variedades de frutas mais importantes produzidas no Brasil (FAO, 2017). O Brasil, onde em seu território predomina clima tropical, tem destaque na produção de limão, ocupando a quinta posição na produção mundial de limão, produzindo aproximadamente 1,3

milhão de toneladas (FAO, 2019).

A Bacia do Rio Paraná 3 possui áreas de grande potencial agrícola devido sua variabilidade climática. O seu regime térmico e hídrico possui variações bem distintas durante o ano (CALDANA et al., 2019). O limão ainda possui produção inexpressiva na região. Os números da safra de 2017 e 2018 firmam essa condição. As produções registradas não foram maiores que 400 toneladas (391 e 400 respectivamente), colhidas em 40 hectares (IPARDES, 2019). Não houve expansão de áreas, indicando que a produção está concentrada nas mãos de poucos produtores. O estado do Paraná, no mesmo período, produziu cerca de 16 mil toneladas de limão (IPARDES, 2019).

A lima ácida Tahiti é caracterizada por produzir frutos com tamanho médio a grande de 70 a 100g e desprovidos de sementes. A planta apresenta porte médio a grande, floresce o ano inteiro e a maturação dos frutos é completada entre 120 e 170 dias após a floração (MARCONDES, 1991; STUCHI et al., 2003). O desenvolvimento dos frutos varia de acordo com a variedade copa, porta-enxerto utilizado, regime térmico e disponibilidade hídrica da região produtora (SAM et al., 1988). O florescimento nos citros ocorre após temperaturas baixas ou déficit hídrico, que atuam na diferenciação e quebra de dormência de gemas floríferas, principalmente em ramos com 6 a 18 meses que não possuam frutos (MATTOS et al., 2003b).

A partir disso, o destino dos frutos são o consumo in natura, tanto nos mercados internos quanto nos mercados externos ou para suco concentrado. O óleo essencial extraído da casca tem emprego industrial como aromatizantes de alimentos e ingredientes de perfumaria. Além disso, apresenta propriedades medicinais, como estimulantes da digestão, antioxidante e antissépticos, tendo amplo uso nas formulações homeopáticas (MATTOS et al., 2003a).

A precipitação da bacia do Rio Paraná 3 não apresentou restrição para o cultivo do limão (Figura 04). As exigências anuais dos citros situam-se entre 900 mm e 1.500 mm (SANTOS FILHO et al., 2005). Como observado nos gráficos, precipitações inferiores a 1.000mm não ocorrem na região, porém inferiores a 1.500mm podem acontecer com frequência, mas não apresentando risco para a produção (Figuras 05 e 22). Pela média anual, o menor registro foi de 1.550mm no extremo norte da bacia na região de Guaíra (Figura 04).

O limoeiro uma espécie tolerante a seca. Nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil, regiões aptas são classificadas com excedentes hídricos acima de zero e deficiência hídrica anual abaixo de até 300 mm. Para o limite de sucesso de produção na região Sul, o limite aceitável no balanço hídrico foi de Dha inferior a 100mm (SANTOS FILHO et al., 2005). Porém, como observado, mesmo em anos extremamente secos, como em 1978 (Figura 11), o

balanço hídrico supera a faixa aceitável de déficit hídrico para a produção no Brasil, jamais ficando com déficit hídrico superior aos 300mm. Como o risco médio avaliado foi de 100 mm anuais, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo do limoeiro.

O produtor deve ficar atento, pois, em ocorrência de seca extrema ou veranicos prolongados, a deficiência hídrica causa enrolamento das folhas dos citros, sintoma mais evidente em regiões com clima mais quente e seco. Este sintoma acarreta posteriormente em fechamento parcial dos estômatos e pela redução da transpiração e da fotossíntese, em decorrência da desidratação da copa das plantas, em condições de limitação hídrica, podendo causar sérios prejuízos a produção (SILVA et al., 2005; VOLPE et al., 2009).

A temperatura é o fator condicionante da cor interna e externa do fruto cítrico. A cor da casca está associada às temperaturas baixas ($<13^{\circ}\text{C}$) na maturação. As faixas de temperatura entre 25°C e 30°C , durante o dia, e de 10°C a 15°C , durante a noite, são as mais indicadas para a coloração, sabor e tamanho dos frutos. Dessa forma, determina-se o padrão médio de temperatura na faixa de no mínimo 18°C na média anual (SANTOS FILHO et al., 2005). Sendo que, nenhuma área na bacia apresentou inaptidão por essas variáveis, as menores temperaturas médias foram de $20,5^{\circ}\text{C}$, na região de Cascavel (Figura 15).

As temperaturas máximas extremas também interferem no desenvolvimento do limão, uma vez que, a partir de 32°C , observa-se um decréscimo na taxa de crescimento, até cessar por completo acima de 39°C . Em temperaturas iguais ou superiores a 36°C , observa-se que a taxa de respiração é maior que a de fotossíntese. Com o aquecimento excessivo das folhas, há destruição da clorofila e bloqueio da translocação da água resultando na desorganização do balanço nutricional da planta (SANTOS FILHO et al., 2005). Dessa forma, estimou-se o risco para as temperaturas máximas por decêndio com probabilidade de ocorrência superior a 20%.

Por meio dos gráficos, identificou-se risco de 38°C em apenas um decêndio de Cascavel, com probabilidade de ocorrência de 4%, mesmo o de temperaturas superiores a 35°C permanece baixo nesta estação, não superando os 30%. Em Toledo o risco se mantém baixo também, não superando a probabilidade de ocorrência de 10% por decêndio.

Em Guaíra temperaturas superiores a 35°C apresentaram alta frequência nos meses de primavera e verão. O risco de temperaturas superiores a 38°C aumenta nessa estação, porém não apresentando risco superior a 20%. Dessa forma, a faixa próximo a calha do Rio Paraná não é inapta para o cultivo por essa variável, porém, apresenta restrição, podendo o agricultor dessa área, utilizar práticas que protejam as cultivares quando os termômetros alcançarem essas temperaturas.

O conhecimento do acumulado de graus dia (Gd) para a implantação das culturas de citros são importantes para orientar o produtor na avaliação do desenvolvimento vegetativo e época de colheita numa nova região climática (SANTOS FILHO et al., 2005). O risco avaliado para o acúmulo anual foi de 2.000Gd por ano, e como identificado os menores valores anuais foram de 2.900 graus dia acumulado na região de Cascavel (Figura 28), dessa forma, não apresentando restrição para a produção, por essa variável analisada. Os maiores valores chegam quase ao dobro do exigido pela espécie, nas bordas do Rio Paraná, no extremo norte da região, chegando a superar os 3.700°C anuais na média.

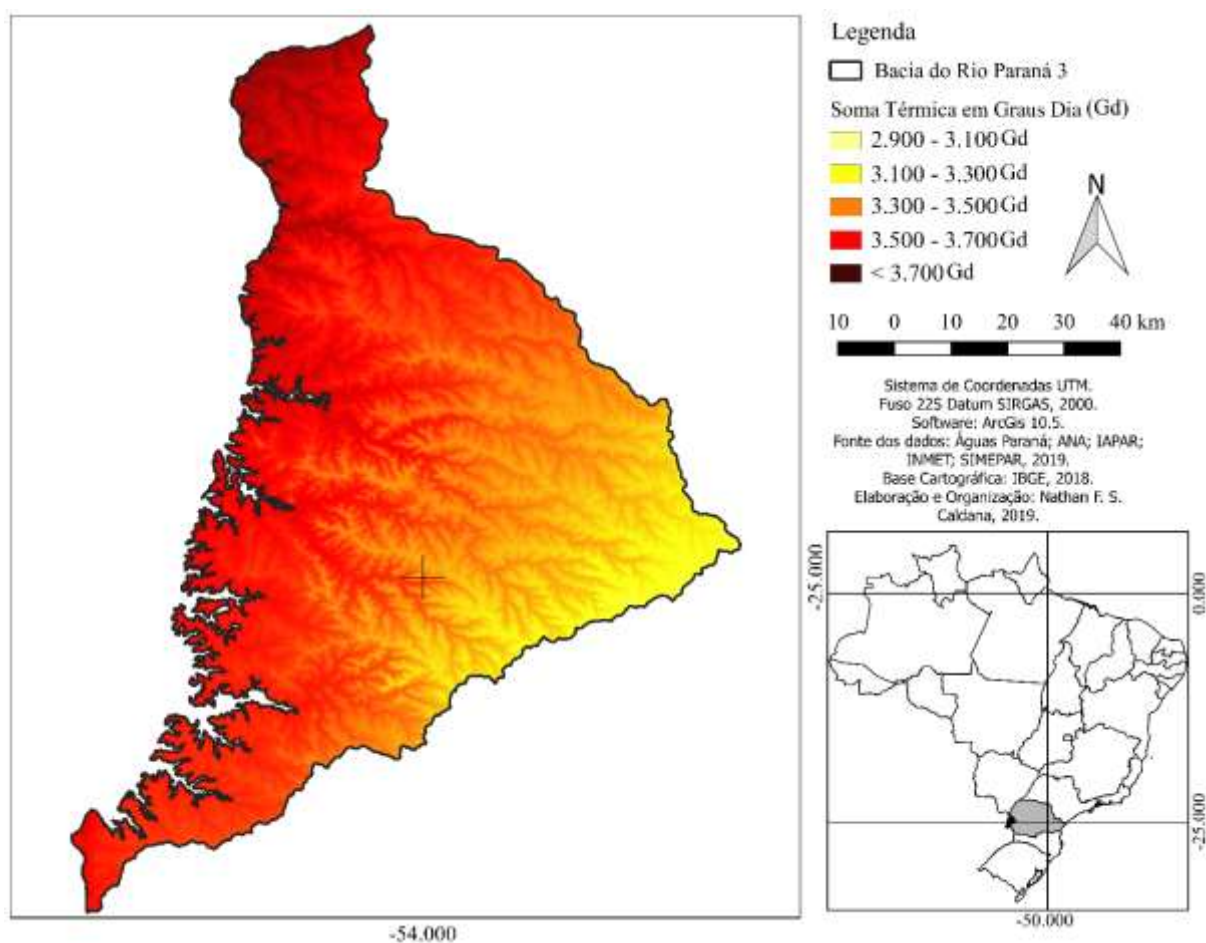


Figura 28 - Distribuição da média anual da soma térmica em graus dia para a cultura do limoeiro na Bacia do Rio Paraná 3

Para recomendar a época de plantio deve-se ter atenção ao fato que os citros são mais sensíveis ao déficit hídrico durante a brotação, a emissão de botões florais, a frutificação e do início do desenvolvimento do fruto até ele atingir 2,5 cm de diâmetro, quando a demanda de água é maior (SANTOS FILHO et al., 2005). Dessa forma, o plantio, principalmente de mudas,

deve ser realizado, na primavera, principalmente, em outubro com baixo risco de déficit hídrico em toda a região.

Dessa forma, considerando-se o acúmulo de 2.000gd para o ciclo anual da espécie, identificou-se que a partir de outubro, os graus dia seguem crescentes até o mês de março, podendo completar-se o ciclo da espécie, em boa parte da região, antes da chegada do inverno (Figura 27).

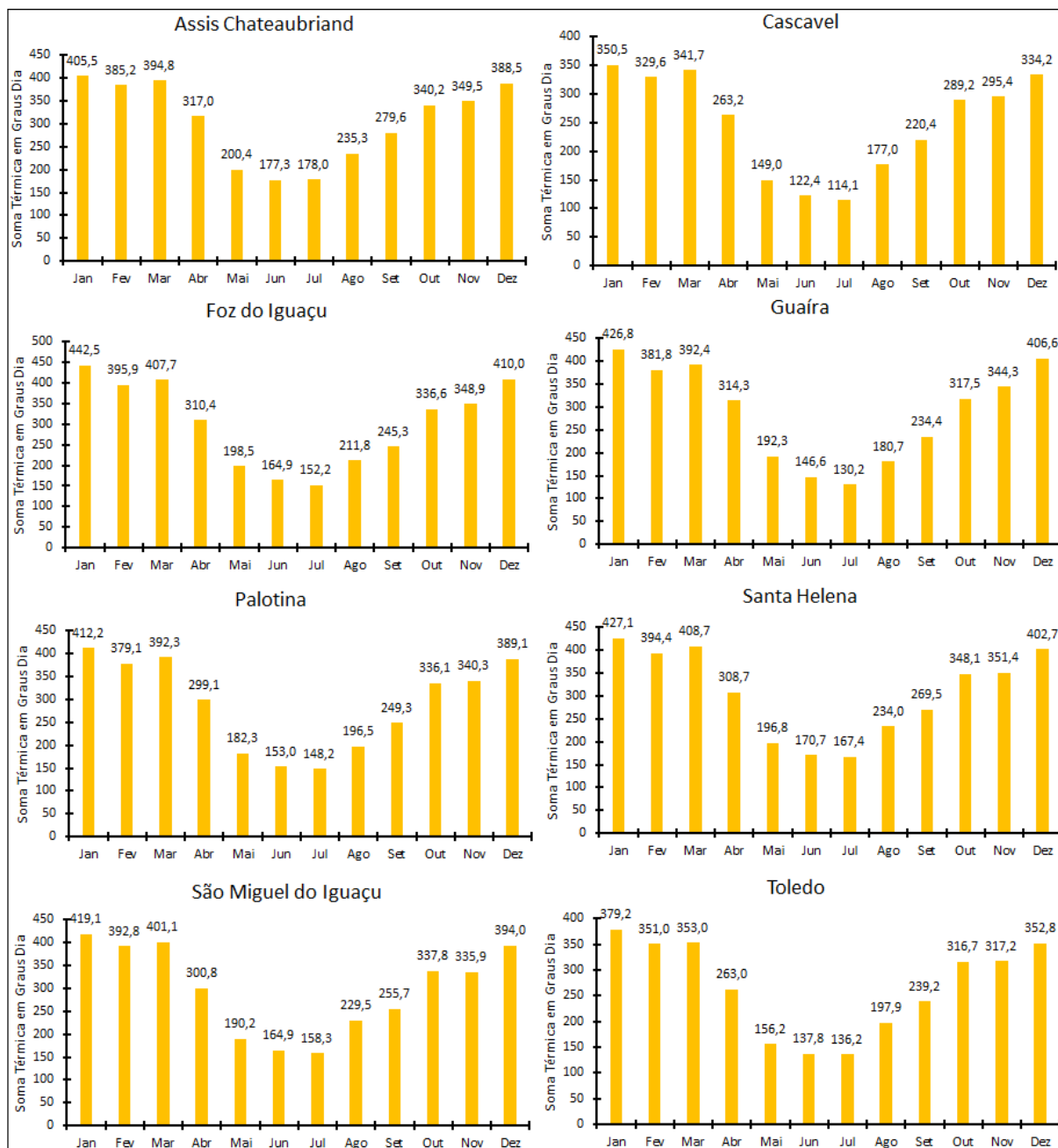


Figura 29 - Média mensal da soma térmica em graus dia para a cultura do limoeiro

Em Assis Chateaubriand, por exemplo, considerando o tempo de outubro a março, o acúmulo de graus dia chega a atingir, na média, o valor de 2.200, enquanto na região mais fria,

de Cascavel, o ciclo completaria apenas no mês de abril.

Os citros, em geral, possuem boa resistência a ventos frios e geada, sendo que as de fraca intensidade, não causam danos severos (SANTOS FILHO et al., 2005). O risco de geada severa (abaixo de 0°C) na região (Figura 18) apresentou distribuição similar a temperatura média, com risco maior na porção leste, próximo a Cascavel e Santa Tereza do Oeste, na porção mais alta da bacia, e em alguns fundos de vale da porção central. Enquanto a porção central da bacia apresenta risco de 5 a 10% enquanto nas porções mais baixas, próximos ao vale do Rio Paraná 3, principalmente no eixo Norte-Sul de Guaíra/Terra Roxa a Foz do Iguaçu/Santa Terezinha de Itaipu, o risco cai para 0%.

O mapa final do zoneamento (Figura 29) foi definido, principalmente, pelas restrições já mencionadas de temperatura máxima e geada de forte intensidade, a primeira interferindo no pleno desenvolvimento da espécie e qualidade do fruto, e a última podendo levar a senescência da espécie (COELHO et al., 1998).

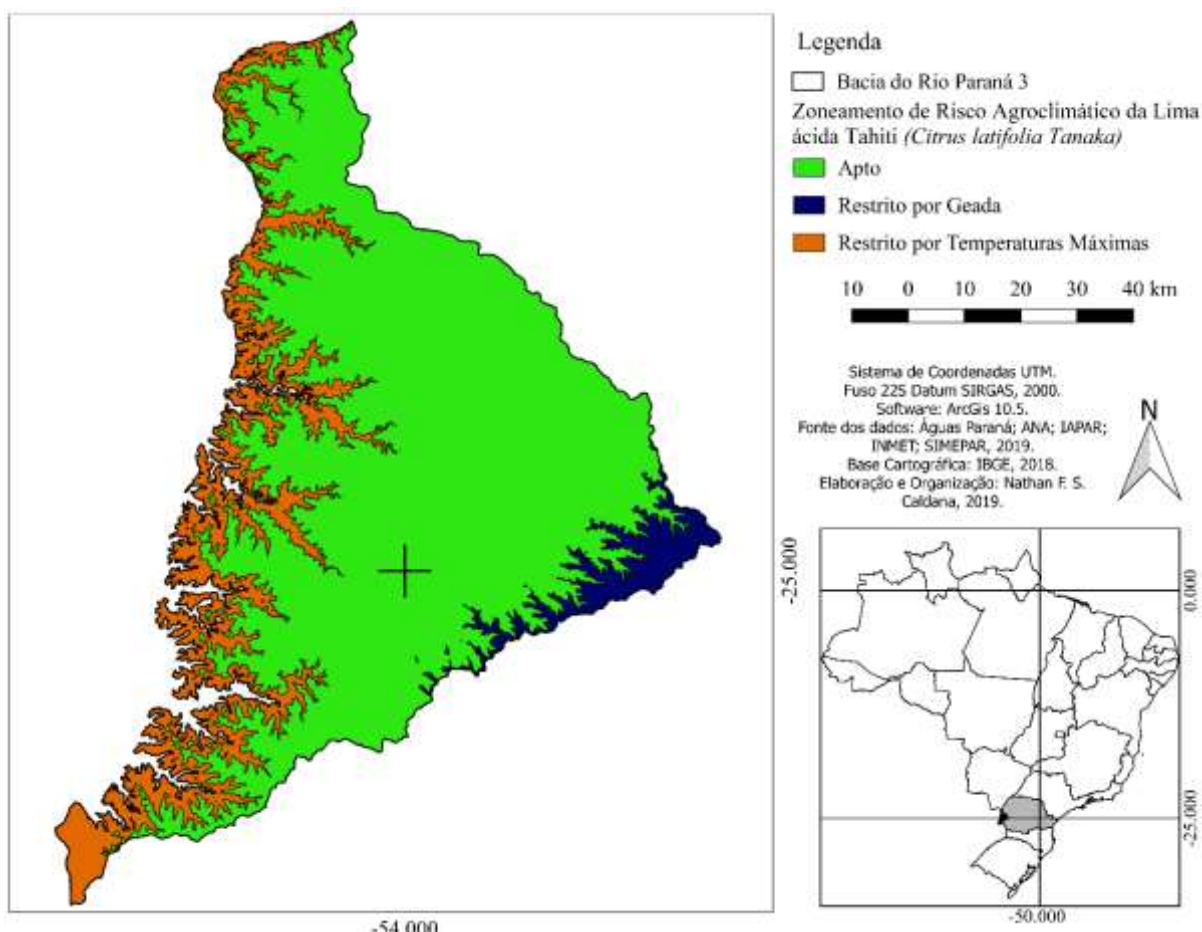


Figura 30 - Zoneamento De Risco Agroclimático do Limão (*Citrus latifolia Tanaka*) Na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3

Dessa forma, a porção mais alta (Figura 03) e conseqüentemente mais fria (Figura 15)

apresentou restrição para o cultivo. Toda a porção central e leste da bacia foi classificada como apta. Uma pequena área localizada nas faixas intermediárias foi classificada como restrita, onde o risco de geada é de 10%, sendo que, se o produtor for realizar o plantio, deve estar sempre atento à ocorrência de geadas.

WREGGE et al., (2005) realizaram o zoneamento para cultivares de citros para o Rio Grande do Sul. A tolerância a geada foi avaliada a partir de 2°C, por ter uma gama maior de espécies, além de averiguarem a soma térmica dos graus dia e a precipitação. Apenas uma pequena faixa no noroeste do estado se mostrou apta, o restante do estado deve-se utilizar porta enxertos resistentes ao frio extremo, ou ainda, apresentaram soma térmica insuficiente. O fator latitudinal interfere para a produção dos citros, uma vez, que essas adversidades não se mostraram presentes na Bacia do Rio Paraná 3.

5.2.6. Mamoeiro (*Carica papaya*)

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta popular e saborosa, pertencente à família Caricaceae, que se enquadra nas mais importantes frutas tropicais e subtropicais atualmente cultivadas no mundo (AKTARUZZAMAN et al., 2018; CAMPOSTRINI et al., 2018). É uma planta herbácea perene, onde as plantações são renovadas de 2 a 3 anos, sendo o fruto o principal produto de consumo. Para se atingir a qualidade satisfatória, dentre outros fatores, a exigência em água e temperatura se destacam. Para isso, a planta necessita de regime hídrico bem distribuídos durante o ano, somados à alta insolação (MATOS et al., 2012; CAMPOSTRINI et al., 2018). O Brasil, país predominantemente tropical, é um dos maiores produtores de mamão do mundo. Na colheita da frutífera em 2018, foram registrados 1,060 milhões de toneladas (IBGE, 2019).

A altitude ideal está em torno dos 200 m, contudo, pode crescer e produzir em altitudes mais elevadas, onde a temperatura é mais baixa, porém a qualidade do fruto é geralmente afetada, porquanto o mamoeiro paralisa seu desenvolvimento vegetativo, reduz o florescimento, atrasa a maturação e produz frutos de baixa qualidade (CAMPOSTRINI et al., 2018; PRADHAN et al., 2019; SALINAS, 2019).

Conforme reportado por Kist e Manica (1995), quanto mais distantes do ideal climático forem os cultivos, maior será a duração das fases fenológicas, com redução de crescimento e alterações na qualidade dos frutos. Portanto, para se atingir a qualidade, aliada à maximização da produtividade e redução dos riscos, a aplicabilidade de estudos dos elementos

agrometeorológicos vem sendo estudada em escala planetária, abrindo campo para melhorar o manejo, tomada de decisão, planejamento agrícola e o cultivo do mamoeiro em zonas ainda inexploradas (MIGLIACCIO et al., 2010; PAN et al., 2017; RODRIGUES et al., 2019; SALINAS et al., 2019; SILVERIO et al., 2019; MAURYA et al., 2020; URTASUN et al., 2020).

A precipitação da bacia do Rio Paraná 3, foi a primeira variável analisada e não apresentou restrição para o cultivo do mamoeiro (Figura 04). Como o risco avaliado era de precipitação inferior a 1.200mm na média anual, o menor registro foi de 1.550mm no extremo norte da bacia na região de Guaíra.

Como observado para as demais frutas, mesmo ao avaliar o risco anual nos exemplos de estações pluviométricas espalhadas pela região (Figura 05 e 22), houve poucas ocorrências de precipitação inferior a 1.200mm mesmo nos anos extremamente secos.

O mamoeiro é uma planta muito exigente em água, tanto no período de crescimento quanto no período de produção, sendo necessário irrigar a cultura em regiões com déficit hídrico acentuado e/ou má distribuição de chuvas (DANTAS et al., 2013).

A necessidade hídrica para o mamoeiro na Bacia do rio Paraná 3 foi avaliada por meio do balanço hídrico (Figura 11). Considerando assim, a CAD foi estimada por meio da profundidade efetiva das raízes do mamoeiro, que chegam a alcançar 50 cm (SOUZA et al., 2012). Como o risco avaliado da Dha era de acumulado 80 mm anuais, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo do mamoeiro.

O mamoeiro é uma planta tipicamente tropical, vegetando bem em regiões de alta insolação, com temperaturas variando de 22°C a 26°C (DANTAS et al., 2013). Mais uma vez a região de Cascavel demonstrou-se inapta para o plantio de frutas tropicais, apresentando as menores temperaturas médias da região, em torno dos 21°C. Classificou-se assim, toda a faixa centro-leste como inapta para o cultivo do mamoeiro, por restrição térmica, por prolongar o ciclo e retardar o desenvolvimento da espécie sob baixas temperaturas no outono e inverno.

Nesse sentido, Coelho Filho (et al., 2011) averiguaram a aptidão climática da cultura do mamoeiro e perspectivas de mudanças climáticas para o Estado da Bahia, Brasil. A principal diferença nos parâmetros de risco foi a precipitação, em que, os autores consideraram apto a partir de 900mm anuais. Por meio das projeções do IPCC, as simulações experimentadas sugerem que até 2070, o mamoeiro teria redução de aproximadamente 100% da sua área de produção na Bahia, com temperaturas médias podendo superar os 31°C. Demonstrando assim, a importância dessa variável na restrição do plantio do mamão, inclusive em áreas mais quentes,

sem a ocorrência de geadas.

A umidade elevada (Figura 10) associada a temperaturas relativamente baixas predispõe a cultura a um forte ataque de fungos e vírus. A máxima umidade classificada como apta para o plantio do mamão é de 85%, enquanto a mínima, já apresentando a preocupação com a necessidade hídrica da espécie, é de 60% (DANTAS et al., 2013).

A umidade relativa média na região teve pico em Foz do Iguaçu, localizada nas bordas do Rio Iguaçu e Paraná, nesta localidade a umidade chegou a 79%. Enquanto nas bordas da região, próximo a Assis Chateaubriand houve redução da umidade, chegando a 73%. Dessa forma, por essa variável, nenhuma das regiões apresentou restrição pela umidade relativa.

Em temperaturas baixas, o mamoeiro paralisa o seu desenvolvimento vegetativo, reduz o florescimento, atrasa a maturação e produz frutos de baixa qualidade. Os ventos frios e geadas provocam a queima das folhas, reduzindo a área de fotossíntese e, conseqüentemente, a produção. Dessa forma a ocorrência de geada é o principal parâmetro a ser avaliado para se planejar o plantio do mamão, por ser extremamente danosa para a cultura (DANTAS et al., 2013).

O risco de geada na região (Figura 17) apresentou aptidão apenas no eixo Norte-Sul de Guaíra/Terra Roxa a Foz do Iguaçu/Santa Terezinha de Itaipu em que risco cai para cerca de 5%, próximo a calha do Rio Paraná. Nas demais áreas, com frequência de geada forte a pelo menos cada 3 anos, foi classificado como inapto (Figura 17).

O mapa final do zoneamento (Figura 31) foi definido, principalmente, pelas restrições já mencionadas de temperatura média e geada, a primeira interferindo no pleno desenvolvimento da espécie, e a última podendo levar a senescência da espécie.

Dessa forma, porção mais alta (Figura 03) e conseqüentemente mais fria (Figura 15) apresentou restrição para o cultivo. Toda a porção central e leste da bacia foi classificada como inapta. Uma pequena área localizada nas faixas intermediárias foi classificada como restrita, onde o risco de geada chega no máximo 10%, sendo que, se o produtor for realizar o plantio, deve estar sempre atento a ocorrência de geadas.

Para o plantio, em áreas sem irrigação, como já mencionado, não viáveis na região, as mudas devem ser levadas para campo no início das chuvas e plantadas em dias nublados ou chuvosos. O mamoeiro inicia sua produção cerca de 8 a 10 meses após o plantio das mudas no campo, dependendo da região (DANTAS et al., 2013), dessa forma, a melhor época para o plantio na região é na primavera, principalmente no mês de outubro.

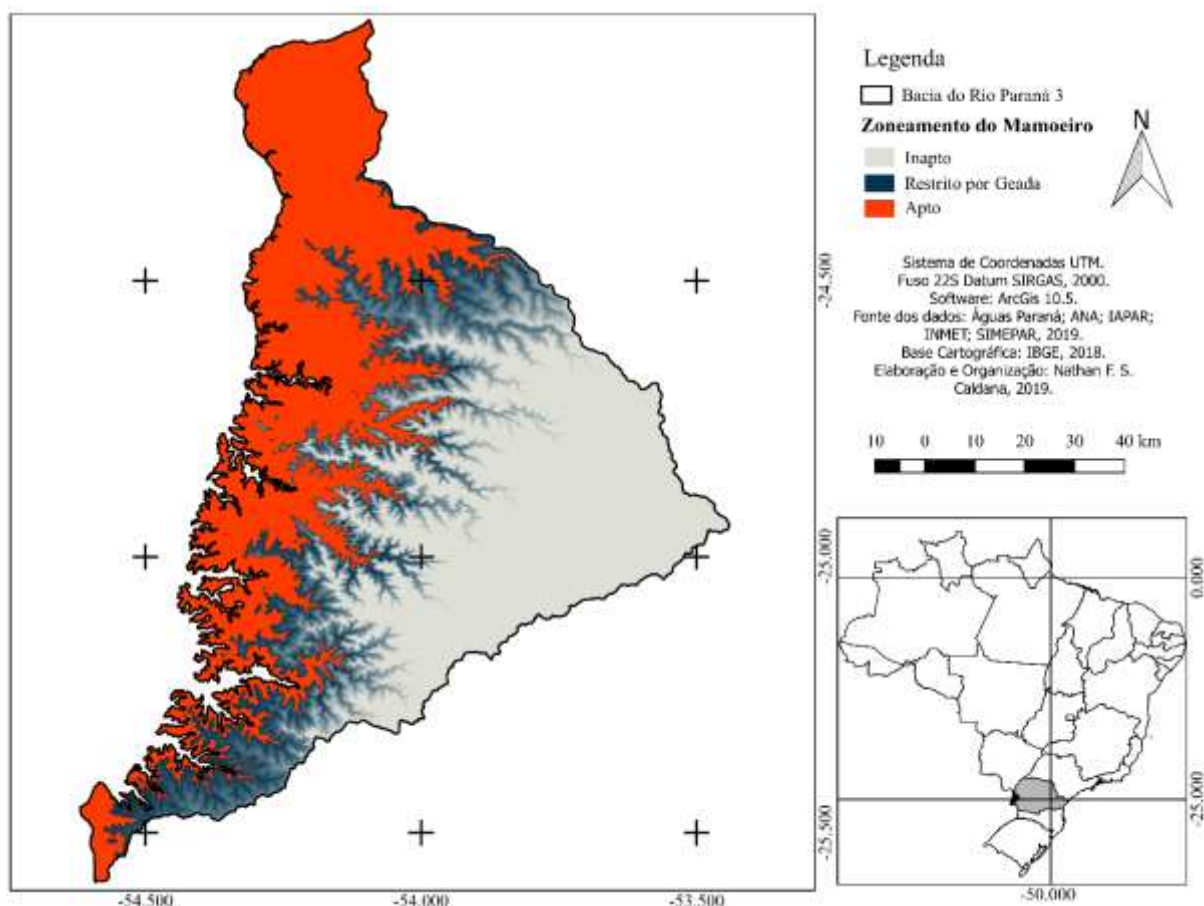


Figura 31 - Zoneamento de Risco Agroclimático do Mamoeiro (*Carica papaya*)

5.2.7. Mangueira (*Mangifera indica*)

A mangicultura é uma das principais atividades do agronegócio frutícola nacional, apresentando desempenho crescente nos últimos anos (AGUIAR e DO NASCIAMENTO, 2011). Principalmente pela sua resistência a episódios de seca, porém para a região Sul do Brasil a espécie apresenta vulnerabilidade graças a sua sensibilidade a ocorrência de geadas, demonstrando a importância de estudos climáticos para aprimorar suas técnicas de produção e manejo (OLSON e ALVARADO-CÁRDENAS, 2016).

O Brasil é atualmente o nono maior produtor mundial de manga e o segundo maior exportador dessa fruta (FAO, 2019), e ainda, vem ampliando sua participação nas exportações mundiais e gerando empregos e renda em todo o território nacional, especialmente no Nordeste (PEREIRA et al., 2005). Dada a sua importância econômica, promovida pelo seu excelente sabor e boas condições nutritivas, a manga é a sétima cultura mais plantada no mundo e a terceira mais cultivada nas regiões tropicais, em aproximadamente 94 países (OLSON and

ALVARADO-CÁRDENAS, 2016). No Brasil, ocupa uma área de 21,83 mil hectares, dos quais apenas 3,1 mil hectares encontram-se em plena produção (IPARDES, 2019).

Em termos de exigências hídricas, a mangueira é resistente à seca, graças ao seu sistema radicular capaz de atingir grandes profundidades, sobrevivendo até 8 meses sem chuvas, nas regiões onde não é irrigada. As regiões de cultivo incluem áreas onde a ocorrência de baixas precipitações e alta demanda evapotranspiratória impõem o fornecimento de água por meio da irrigação. Nessas condições, mesmo irrigada, a mangueira sofre um certo grau de estresse hídrico. O excesso de chuvas, por outro lado, combinado com temperaturas elevadas, torna a cultura muito suscetível a doenças fúngicas e pragas, sendo conveniente que não ocorram precipitações durante todo o período vegetativo. Um período seco precedendo o florescimento favorece a produção, porém, a cultura requer umidade edáfica do início da frutificação à maturação, o que também influencia na promoção de novo crescimento vegetativo (MOUCO, 2010). Portanto, em regiões com baixas taxas de precipitações pluviométricas é recomendável a irrigação com base nas exigências de água da cultura (PEREIRA et al., 2005). A precipitação estimada para o pleno desenvolvimento comercial da espécie na região vai de 1.500 a 1.900mm, sendo que os valores anuais superiores a esse último, favorecem a proliferação de doenças.

A precipitação na bacia do Rio Paraná 3 (Figura 04) apresentou restrição apenas na porção leste, para a produção de manga, a variável em destaque não garante inaptidão, porém, o produtor deve estar atento a períodos com elevada precipitação e/ou umidade relativa do ar, o que permite a proliferação de doenças. Nesta área a precipitação chega a atingir médias superiores a 1.900mm.

Além disso, a mangueira necessita de uma estação seca para melhor desenvolvimento da espécie na época de florescimento. A ocorrência de chuvas na época do florescimento acarreta em uma série de danos como: a retirada o grão de pólen depositado no estigma; dilui o fluido estigmático; favorece a perda da viscosidade e a não retenção do pólen; contribui para a queda de flores e frutos; prejudica a polinização por insetos; e ainda favorece a proliferação de doenças como oídio e antracnose (MOUCO, 2010).

A região não apresenta estação seca definida (Figura 06), o mês mais seco pela média mensal foi agosto em Terra Roxa, com 56mm. Há grande discrepância entre os meses mais chuvosos e secos, como em Matelândia em que, outubro possui mediana de 213mm e agosto 65mm. Essa diferença entre a precipitação mensal durante o verão e inverno, pode favorecer para a produção da manga na bacia.

A mangueira é resistente a seca, esta se desenvolve e frutifica em regiões do semiárido brasileiro onde a precipitação pluvial chega a ser 240mm anuais (PEREIRA et al., 2005). Entretanto, para o maior sucesso comercial, é recomendado que a espécie não passe mais que dois meses consecutivos sob déficit hídrico, dessa forma, estabelece-se que para o zoneamento, o limite de dois meses sob deficiência superior a 10mm como restritivos para o cultivo.

Apesar do verão ser a estação mais chuvosa na região (Figura 06), é neste período que ocorre os maiores registros de temperatura e evapotranspiração (Figura 15 e 20). Dessa forma, mesmo o inverno sendo a estação mais seca, é no verão onde ocorre déficit hídrico na região. Como identificado, nenhuma das estações analisadas apresentou Dh_m em dois meses consecutivos, não apresentando risco para a produção (Figura 11). Mesmo na estação de Guaíra, na porção mais seca da região, o déficit anual não passa de 60mm. Os meses da primavera são os que apresentaram maior volume de excedente, principalmente no mês de outubro. Mesmo em anos secos, que podem ocorrer déficit em até três meses consecutivos (Figura 12) a espécie pode não atingir todo o potencial produtivo, mas como averiguado, o déficit hídrico da região não é restritivo para a produção.

A temperatura do ar é o fator climático de maior importância para as mangueiras, principalmente pela influência sobre seu florescimento. As temperaturas baixas paralisam o crescimento das mangueiras, de importância fundamental para a ocorrência do florescimento. As plantas tendem a crescer vegetativamente e a florescer irregularmente em condições de temperaturas elevadas (> 30°C dia/25°C noite). A 15°C já ocorre paralisação do crescimento do ramo, estimulando intenso florescimento. A iniciação das brotações florais depende dos dias de frio que ocorrem de junho a outubro, no Hemisfério Sul (PEREIRA et al., 2005).

A temperatura não apresentou restrições para o cultivo da mangueira (Figura 15). Os menores registros ocorreram na porção com maiores altitudes (Figura 03) com temperatura média em torno de 20,5°C, como a restrição avaliada foi de 20°C, não houve risco. No sentido oeste da bacia, os valores médios chegam a superar os 23°C.

Sob condições subtropicais o manejo da cultura torna-se relativamente fácil devido às baixas temperaturas facilitarem a indução da floração, embora o crescimento e a qualidade do fruto possam ser comprometidos por essas temperaturas (SARKHOSH et al., 2018). Dessa forma, a manga não suporta temperaturas inferiores a 10°C. Por isso, as regiões Sudeste e Nordeste do país respondem por mais de 90% da produção nacional. A ocorrência de geada se torna extremamente danosa para a produção, uma vez que, leva os frutos a senescência, mesmo que a árvore sobreviva, inviabilizando assim, a produção comercial do fruto (MOUCO, 2010).

Identificou-se que a região apresenta risco de geada em toda a sua área (Figura 17), porém apresenta grande variação regional. Na porção leste da bacia, próximo a Cascavel, a probabilidade é de mais de 25% de ocorrência de geada por ano. Enquanto no sentido oeste, sentido a calha do Rio Paraná, o risco é reduzido a menos de 5%.

Dessa forma, inviabiliza-se o plantio comercial da manga em áreas onde o risco anual de geada ultrapasse os 10%, representando mais de uma geada forte a cada cinco anos. A única área apta a apresentar risco inferior fica na borda do Rio Paraná, onde as altitudes não superam os 300m (Figura 03).

O mapa final do zoneamento de risco agroclimático da mangueira (Figura 32) apresenta a junção de camadas dos mapas agroclimáticos para determinar a aptidão da espécie na região. Como mencionado, a ocorrência e frequência de geada foi a principal variável que restringiu o cultivo da manga na região, uma vez que a mangueira é extremamente sensível a baixas temperaturas e geada. Tornando apenas a porção extremo oeste da bacia apta para o cultivo.

Além disso, a região abriga uma pequena área marginal, na faixa azul do mapa do zoneamento, onde o risco de geada vai de 10 a 15%, ainda assim, práticas de manejo devem ser tomadas visando a proteção dos cultivares, para que se evite perdas.

Mesmo nas regiões aptas, o risco de geada permanece, dessa forma, o produtor deve evitar os fundos de vale, finais das pendentes, e dar preferência ao cultivo em áreas não muito declivosas, assim como mencionado para o abacateiro e bananeira, com melhor época de plantio também para o início da primavera.

Além disso, a região abriga uma pequena área marginal, na faixa azul do mapa do zoneamento, onde o risco de geada vai de 10 a 15%, ainda assim, práticas de manejo devem ser tomadas visando a proteção dos cultivares, para que se evite perdas.

Mesmo nas regiões aptas, o risco de geada permanece, dessa forma, o produtor deve evitar os fundos de vale, finais das pendentes, e dar preferência ao cultivo em áreas não muito declivosas, assim como mencionado para o abacateiro e bananeira, com melhor época de plantio também para o início da primavera.

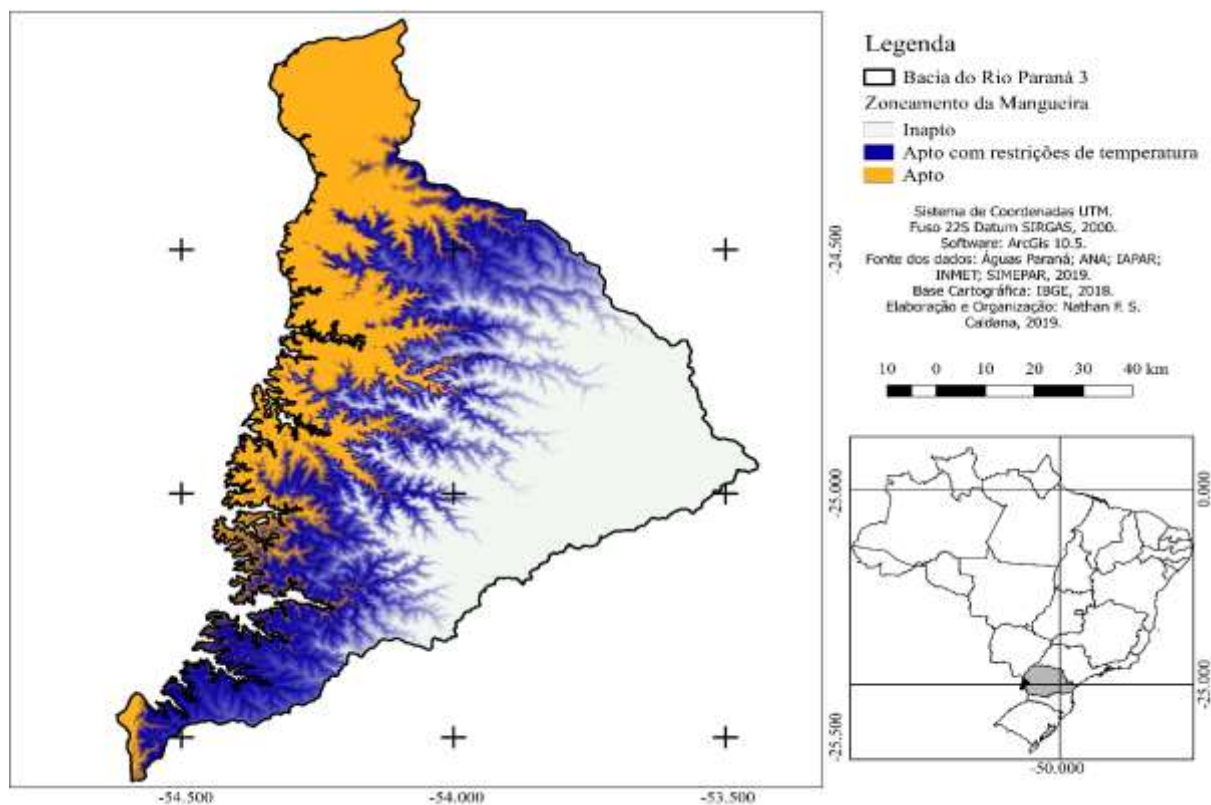


Figura 32 - Zoneamento Agrícola de Risco Climático da (*Mangifera indica*) Bacia do Rio Paraná 3

5.2.8. Maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims*)

O cultivo do maracujá tem grande importância social na geração de empregos no campo, no setor de venda de insumos, nas agroindústrias e nas cidades, além de ser importante opção de geração de renda, sendo ótima opção para fruticultores, por gerar renda semanal ao longo de todo o ano, com diferentes opções de mercado e de agregação de valor ao produto (LIMA et al., 2017; BEZERRA et al., 2019). O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de maracujá, chegando a atingir aproximadamente 1 milhão de toneladas por ano. Entretanto, a produtividade média ainda é baixa, em torno de 14 t/ha/ano, visto que pelo mundo, produtores chegam a produzir mais de 50 t/ha/ano (FALEIRO et al., 2019), demonstrando a necessidade de trabalhos que possibilitem a expansão de seu cultivo.

O cultivo do maracujazeiro vem sofrendo constantes oscilações na área plantada, produção e produtividade em todo o país. Isso se deve aos altos custos de produção, variações climáticas, adubações inadequadas, e, ainda, a incidência de pragas e doenças (COSTA et al., 2012; MOREIRA et al., 2019; ROSADO et al., 2019). A baixa produtividade normalmente se

reverte em baixa rentabilidade, desmotivando muitos produtores a continuarem na atividade.

A demanda hídrica do maracujazeiro é de aproximadamente 2.500mm entre todo o seu ciclo, que pode durar até 24 meses, e que cada fase da cultura (fase inicial, floração, produção) tem uma demanda hídrica diferente e carece de boa distribuição das chuvas assim, o maracujazeiro em regime de sequeiro pode passar por algum tipo de estresse hídrico, em períodos de seca. Normalmente, a espécie é produzida, na maior parte do Brasil, em regime de irrigação (FALEIRO e JUNQUEIRA, 2016; FALEIRO et al., 2019). Porém, com 1.500mm de chuva bem distribuída durante o ano podem garantir boa produção do maracujá.

Pela precipitação média anual (Figura 04) a região apresenta aptidão para todas os postos pluviométricos da região. A porção norte da bacia, próximo aos municípios de Guaíra e Terra Roxa apresentam precipitação média de 1.580-1.600mm. Porém, anos com precipitação inferior aos 1.100mm, podem acontecer com baixa frequência, principalmente nestas áreas citada.

Terra Roxa apresentou mais de 25% dos anos de 1976 a 2018 com precipitação inferior a 1.400mm (Figura 05), não apresentando inaptidão para o cultivo, porém sendo necessário um manejo adequado e o agricultor podendo aplicar o uso de irrigação, principalmente, em períodos de veranico ou longo períodos com déficit hídrico. A região com menor risco foi a de Matelândia, porém, também ainda se mostrou presente.

A deficiência hídrica é prejudicial em todas as fases de desenvolvimento do maracujazeiro, mas, se coincidir com os picos de florescimento e de desenvolvimento inicial dos frutos, acarretará maiores prejuízos com redução do potencial produtivo. Durante a fase vegetativa, a deficiência hídrica pode resultar na redução da área foliar, o que também limita a produção potencial da planta (FALEIRO e JUNQUEIRA, 2016; FALEIRO et al., 2019).

Por meio do balanço hídrico (Figura 11) o risco avaliado para o cultivo do maracujazeiro foi de no máximo 100mm acumulados anualmente, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo. Em Guaíra que apresentou maior deficiência o acumulado foi de 56mm. Os extratos mostram balanço hídrico menos favorável nos meses de janeiro a abril, graças a elevadas temperaturas e aumento na evapotranspiração, devendo o agricultor dar grande atenção a espécie nesse período, e em casos extremos entrar com a irrigação, mesmo que de forma pontual.

A faixa de temperatura entre 21 e 25°C é considerada como a mais favorável ao crescimento da planta (FALEIRO e JUNQUEIRA, 2016; FALEIRO et al., 2019). Toda a região apresentou aptidão por essa variável meteorológica (Figura 15). Apenas as áreas com maiores

altitudes, na região de Cascavel que apresentou as menores temperaturas médias, em torno de 20,5°C, com restrição a produção.

Locais sujeitos a ventos frios e a geadas são limitantes à cultura do maracujá. Os ventos frios e geadas provocam a queima das folhas, reduzindo a área de fotossíntese e, conseqüentemente, a produção (SENTELHAS et al., 1996). O risco de geada é presente em toda a região, mesmo que em menores proporções na área com altitudes mais baixas, próximo a calha do Rio Paraná (Figura 17). Por essa variável e a combinação com a temperatura média, toda a região centro-leste apresentou inaptidão para o cultivo.

O maracujazeiro produz mais em regiões com 2.200 ou mais horas de luz por ano (FALEIRO e JUNQUEIRA, 2016). O maracujazeiro-azedo floresce com muito mais intensidade, se cultivado em regiões ou em épocas do ano com 11 ou mais horas de luz por dia. A região apresenta insolação mínima na porção leste da bacia, com 2.450 horas de sol, em média, por ano, não restringindo assim, a produção (Figura 13).

No mapa final do zoneamento de risco agroclimático do maracujazeiro (Figura 27) pode-se observar a porção com menores altitudes nas regiões norte, oeste e sul apresentaram condições favoráveis para a produção do maracujá em todas as variáveis analisadas. Sendo a geada o principal fator limitante, o plantio do maracujá pode ser realizado nessa área da bacia, porém está sujeito a maiores riscos.

Ferreira et al. (2002) trabalharam com o zoneamento agroclimático do maracujazeiro para planejamento do período entressafra nos Estados de Goiás e Distrito Federal, sendo que, para a região, a espécie só tem pleno desenvolvimento comercial com a utilização de irrigação, diferente da Bacia do Rio Paraná 3. Além disso, foram avaliados insolação mínima de 11h18m e, temperatura mínima diária superior a 16°C. Apenas uma faixa da porção norte do estado de Goiás apresentou aptidão, desde que utilize irrigação, e a maior parte dos estados, foi classificada como inapta ou tolerante (classificação utilizada pelos autores em substituição a marginal ou restrita).

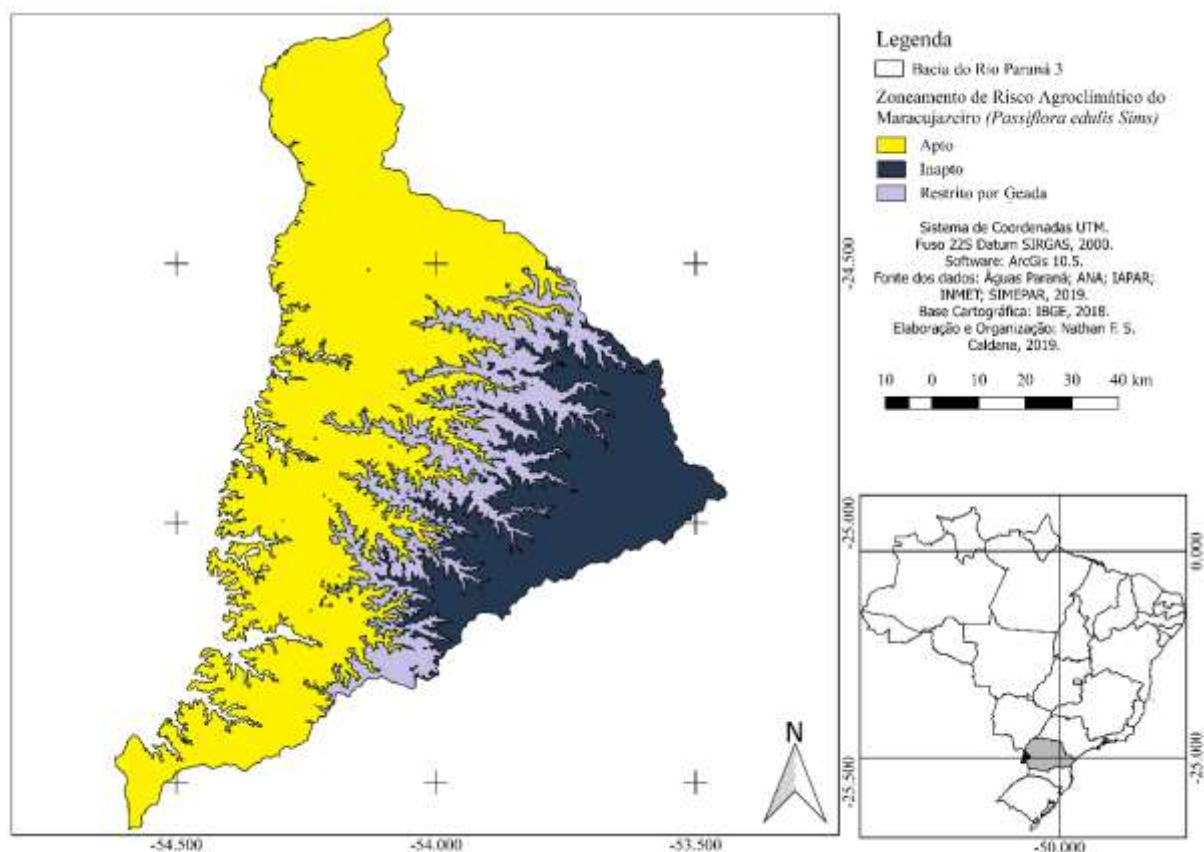


Figura 33 - Zoneamento de Risco Agroclimático do Maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims*) Bacia do Rio Paraná 3

5.2.9. Videira (*Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*)

Foram analisadas as variedades Uvas rústicas (*Vitis labrusca*), Uvas finas de mesa (*Vitis vinifera*) e uvas finas para vinificação (*Vitis vinifera*).

A produção vitícola é uma atividade fortemente influenciada pelo clima, sendo este importante na definição das potencialidades e vulnerabilidades das distintas regiões (MANDELLI et al., 2009). Na safra de 2018 no Brasil, o cultivo da uva ocupou uma área de 230 hectares, produzindo cerca de 3 mil toneladas. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3 corresponde a 5,2% da produção paranaense de uvas (IPARDES, 2019).

A temperatura do ar é um dos elementos mais importantes para a videira, e o seu aumento pode ter impactos na produção da uva e causar modificação na área de cultivo e nas variedades cultivadas (RANA et al., 2004; CHAVARRIA et al., 2007). O excesso de chuvas, por outro lado, combinado com temperaturas elevadas, torna a cultura muito susceptível a doenças fúngicas e pragas, sendo conveniente que não ocorram precipitações durante todo o período vegetativo, pois estas, no começo do ciclo favorecem o ataque de fungos aos brotos jovens, durante a floração impedem a fecundação das flores e no final da maturação podem

produzir ruptura e podridão dos frutos (CAMILI et al., 2007; BACK et al., 2012). Os elementos meteorológicos que mais influenciam o crescimento e o desenvolvimento da videira são: radiação solar, temperatura do ar, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e vento (KISHINO, 2007).

Normalmente, a maior incidência de doenças fúngicas para a videira estão associadas a condições de alta umidade relativa do ar, chuva excessivas e a altas temperaturas. O excesso de chuvas pode provocar o encharcamento dos solos e, conseqüentemente, afetar o desenvolvimento das raízes e a produção de uvas. Assim, há a necessidade, muitas vezes, do emprego de sistemas de drenagem. As principais doenças vinculadas ao excesso de chuvas ou alta umidade são o míldio e as podridões do cacho, que são prejudiciais à produção e à maturação das uvas (NACHTIGAL and MAZZAROLO, 2008). A falta de chuvas pode prejudicar o desenvolvimento da cultura e, em situações mais graves, impedir a produção caso não exista irrigação. Em regiões onde ocorre grande déficit hídrico para a videira, há a necessidade, normalmente, de utilizar irrigação (ZANUS e MANDELLI, 2004).

Graças a restrição de excedente de chuva, as três variedades apresentaram limites de 1.800 a 2.000mm máximos anuais. Grande parte da região Leste, Sul e um pequeno fragmento da região oeste apresentaram precipitações superiores aos valores limites para a proliferação de doenças, como pode ser observado nas áreas em azul da Figura 04. O maior registro foi de 2.125mm. Enquanto que para o balanço hídrico (Figura 11), como o risco avaliado era de acumulado 100mm anuais, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo da videira.

A faixa de temperatura do ar limite para o desenvolvimento das três variedades de uvas analisadas foi de inferior a 20°C na média. Nenhuma das regiões da Bacia do Rio Paraná 3 apresentou esses valores. A porção mais fria, na área limite ao leste da bacia, apresentou valores em torno de 20,5°C. Enquanto na porção oeste os valores chegam a ser superiores a 23°C (Figura 14).

Algumas práticas são indicadas para evitar a propagação de doenças fúngicas. Inicialmente, deve-se adquirir mudas ou estacas de sanidade comprovada e de boa procedência, pois isso evita o plantio de materiais propagativos contaminados. Outras recomendações: destruir restos culturais infectados; realizar poda verde, para melhor arejamento da planta; e pulverizar com caldas antifúngicas (NACHTIGAL, 2009).

O molhamento foliar é o fator que mais influencia o desenvolvimento das doenças fúngicas. Para as doenças da videira, com exceção do oídio, quanto maior a duração do molhamento foliar, maior será a severidade das doenças. A temperatura acelera ou retarda o

desenvolvimento das epidemias (NACHTIGAL, 2009). Dessa forma, a umidade relativa média anual indicada para o desenvolvimento das variedades de uvas analisadas variou de 75%, para à mais sensível a propagação de doenças, até 85% (Figura 10).

Para as uvas rústicas e uvas finas para a viticultura não houve restrição. Os maiores valores de umidade registrados foram na região de Foz do Iguaçu com 80%. Porém, esse valor, já apresenta restrição para as uvas finas de mesa, sendo a variedade analisada mais sensível e podendo apresentar alto risco para a propagação de doença.

Enquanto que para as geadas, quando ocorrem no período de dormência da videira são benéficas, pois as baixas temperaturas no inverno contribuem para a quebra de dormência das gemas, melhoram a brotação da videira e a maturação dos ramos, eliminando, ainda, alguns parasitas (MANDELLI et al., 2009). Iniciada a abertura das gemas, a ocorrência de geadas passa a ser extremamente prejudicial, pois pode causar sérios danos às plantas e graves prejuízos econômicos aos viticultores. No estágio de início do intumescimento da gema, a videira pode resistir até $-3,5^{\circ}\text{C}$ (FACHINELLO et al., 2011; BACK et al., 2012).

As geadas podem causar sérios danos, sobretudo quando elas ocorrem durante o período de desenvolvimento da videira. Normalmente, as geadas tardias do final de inverno/início da primavera são as mais prejudiciais, pois “queimam” a vegetação, o que pode comprometer total ou parcialmente a produção de uvas de uma safra e afetar inclusive a safra seguinte (MANDELLI et al., 2009).

Identificou-se risco maior nas estações de Toledo e Cascavel, nesta primeira, o risco de geada nos decêndios 2 e 3 de julho chega a 30%, destaca-se também o risco elevado no primeiro decêndio de junho. Enquanto em Cascavel o único decêndio com risco superior a 20% foi 3 de julho. Nestes períodos, a ocorrência de geada não traz risco para a cultura da videira. O mesmo decêndio mantém o risco elevado nas estações de Santa Helena e Foz do Iguaçu. Nas demais estações o período livre de geada pode ser observado na Tabela 01.

Como observado, geadas tardias podem ocorrer na região, com ênfase na porção leste no final da estação de inverno, nos decêndios 9-1 em Cascavel, e 9-2 em Toledo. Como o risco de ocorrência é baixo, não garante a inaptidão. Sistemas de irrigação por aspersão podem ser empregados para proteger a cultura contra geadas, nas áreas com risco, outra prática de manejo recomendada é a poda tardia em todos os anos, nas demais áreas a poda é recomendada na época de repouso da videira (NACHTIGAL et al., 2009).

No mapa final do zoneamento de risco agroclimático da videira (Figura 28) pode-se observar que as espécies de uvas finas para vitificação e uvas rústicas apresentaram aptidão em

toda a bacia, única medida a ser tomada é na proteção contra geada tardia.

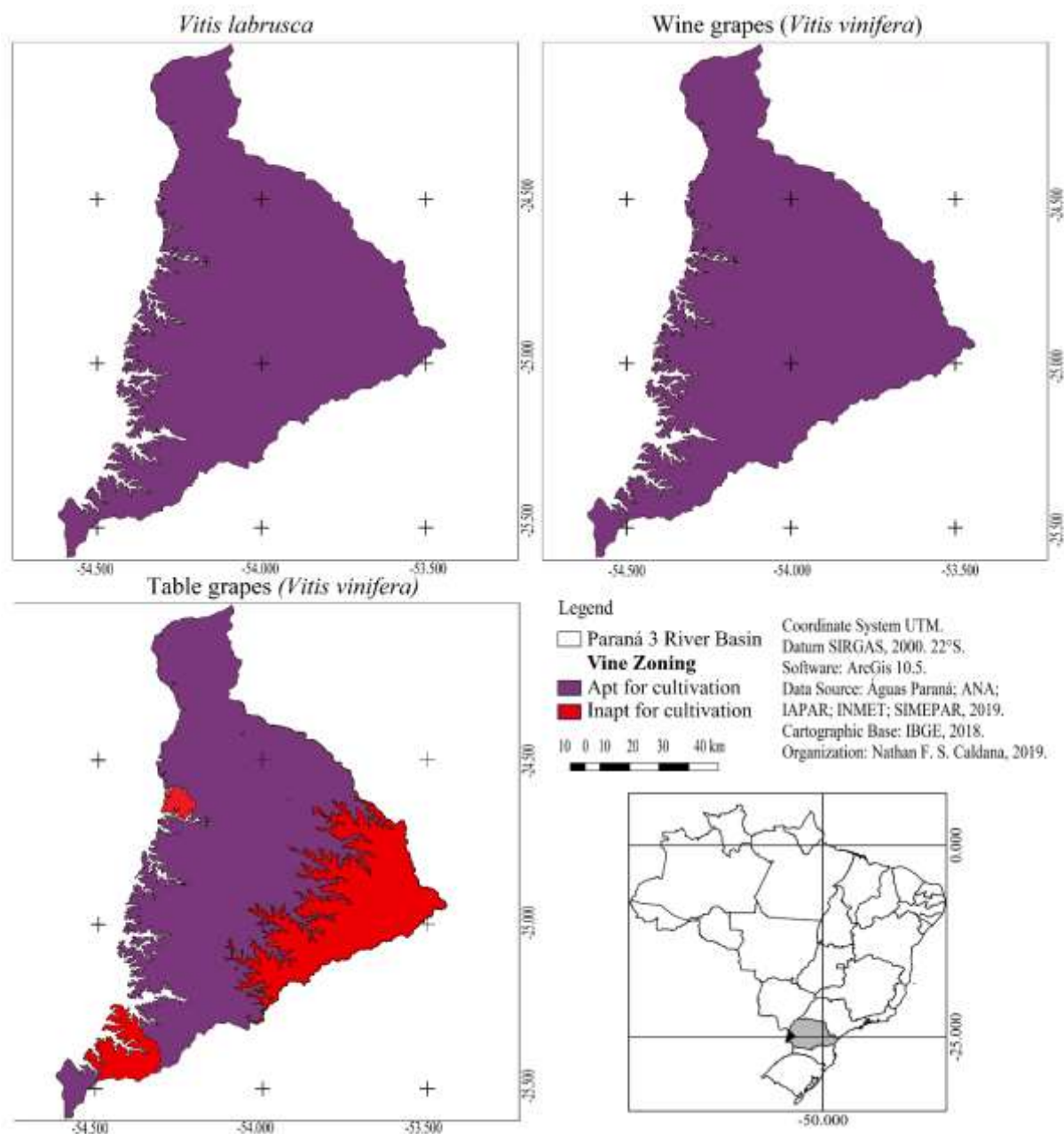


Figura 34 - Zoneamento de risco agroclimático para variedades da Videira na Bacia do Rio Paraná 3

Para as uvas finas de mesa, três áreas apresentaram inaptidão para o cultivo, pela combinação de precipitação elevada e umidade relativa média anual acima do recomendado graças a proliferação de doença. Das três espécies analisadas essa é a mais sensível, exigindo a umidade relativa máxima de 75%, dessa forma apresentando menor área apta para a produção, conforme também identificado por Ricce (et al, 2014). As áreas inaptas são similares, apenas a porção oeste, no município de Pato Bragado, não foi destacado como inapto, e a porção leste

apresentou maior abstração, pela elaboração do zoneamento em uma área maior, podendo ser observado com maior refinamento, quando analisado em áreas menores, como uma bacia hidrográfica ou mesorregião.

Nas regiões de clima temperado, o plantio deve ser feito no inverno (julho/agosto), retardando ao máximo em locais sujeitos a geadas. Nas regiões de clima tropical, deve-se preferir o plantio nos meses de outubro a dezembro – meses chuvosos –, dispensando a irrigação (NACHTIGAL et al., 2009).

Para o Estado do Piauí Andrade Júnior (et al., 2009) fizeram o zoneamento da videira cruzando as informações agrometeorológicas da variabilidade do índice de umidade anual de Thornthwaite e Mather (1955) e a temperatura, sendo que diferente do Paraná, a restrição foi garantida pelo Balanço Hídrico.

Medeiros et al., 2017 também elaboraram o zoneamento para a videira, mas no estado do Paraíba. Assim como Andrade Júnior (et al., 2009) utilizaram dados de índice de umidade do solo e temperatura para determinar o zoneamento. Nenhuma área no Estado foi classificada como apta. Grande parte foi restrita ou inapta graças ao alto risco de propagação de doenças.

CONCLUSÃO

No presente trabalho realizou-se o zoneamento de risco agroclimático para espécies frutíferas na bacia do Rio Paraná 3, que contemplou as seguintes espécies: abacate, abacaxi, banana, goiaba, lima ácida tahiti, mamão, manga, maracujá e uvas rústicas. Por meio do zoneamento foi possível recomendar por cultura e área/município a viabilidade, períodos e época de plantio indicados por meio do zoneamento, além de determinar os riscos de produção para cada espécie frutífera.

As principais conclusões do trabalho são apresentadas a seguir:

1. De acordo com os critérios estabelecidos para a compreensão da variabilidade climática da região, identificou-se grande diferença em todas as variáveis meteorológicas analisadas mesmo sendo uma área relativamente pequena do Estado do Paraná. Por estar localizado em região de transição climática, toda a área apresentou aptidão agrícola e potencialidades para o cultivo de uma série de espécies frutíferas e, outros estudos sobre zoneamentos agroclimáticos para a região podem trazer perspectivas para mais uma gama de espécies diferentes.

2. O zoneamento realizado promove, uma maior biodiversidade para o campo da região; maior segurança para os produtores, visando a possibilidade de conseguirem financiamento e crédito agrícola por meio do zoneamento; culminando em uma maior sustentabilidade regional, plantando espécies que poderão ser cultivadas com o que o ambiente fornece para estas; maiores oportunidades de renda para trabalhadores visto serem espécies que precisam de mão de obra para serem produzidas; dentre outros benefícios sociais e ambientais que podem ser conseguidos com o auxílio de demais pesquisas agrônômicas e ambientais na região.
3. Espacialmente observou-se que a região na margem do Rio Paraná, com menores altitudes, apresentou maior aptidão para boa parte das frutas tropicais. O fator da altimetria garantiu maiores temperaturas, e menores risco de geada, mesmo sendo uma área relativamente mais seca, perto do restante da bacia. A precipitação e o balanço hídrico se mostraram suficientes, em todos os cenários analisados para o cultivo de frutas. Porém, como constatado, anos secos podem ocorrer, por serem espécies de porte arbóreo e raízes profundas os déficits hídricos não se mostraram limitrofes para a produção.
4. O elemento meteorológico que mais limita a produção de frutas na região são as temperaturas mínimas, intensificadas por meio da geada. Toda a região apresenta risco de geada, o que restringe o plantio de frutíferas na região com maiores altitudes, próximo a Cascavel. Ainda assim, espécies como abacateiro, goiabeira, limoeiro e videira podem trazer bons resultados nesta área, porém práticas de manejo e de proteção dos cultivares devem ser tomadas.
5. A combinação do período mais chuvoso do ano e maior tempo hábil para o desenvolvimento das espécies antes do risco da primeira geada resultou na recomendação de plantio das espécies para o início da primavera, no mês de outubro.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, A. M., BURKEY, K. O., & MASHAHEET, A. M. Reduction of plant water consumption through anti-transpirants foliar application in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L). **Scientia Horticulturae**, v. 235, p. 373-381, 2018.
- ABDEL-RAHIM, I. R.; ABO-ELYOUSR, K. A. M. Using of endophytic *Saccharomycopsis fibuligera* and thyme oil for management of gray mold rot of guava fruits. **Biological control**, v. 110, p. 124-131, 2017.
- ADHIAMBO, R., MUYEKHO, F., CREED, I. F., ENANGA, E., SHIVOGA, W., TRICK, C. G., & OBIRI, J. Managing the invasion of guava trees to enhance carbon storage in tropical forests. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 623-630, 2019.
- AGOVINO, M., CASACCIA, M., CIOMMI, M., FERRARA, M., & MARCHESANO, K. Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 525-543, 2019.
- AGUIAR, W. M. M.; DO NASCIMENTO, A. S. Análise dos custos do programa de controle das moscas-das-frutas na cultura da manga no polo frutícola do Vale do Rio Brumado, BA. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.
- AKTARUZZAMAN, M., AFROZ, T., LEE, Y. G., & KIM, B. S. Post-harvest anthracnose of papaya caused by *Colletotrichum truncatum* in Korea. **European journal of plant pathology**, v. 150, n. 1, p. 259-265, 2018.
- DA SILVA ALBUQUERQUE, F., DE FRANÇA, Ê. F., LOPES, P. M. O., DE ALBUQUERQUE MOURA, G. B., DA SILVA, B. B., & BARROS, A. H. C. Aptidão climática de culturas agrícolas importantes para comunidades indígenas do semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 59, 2018.
- DE ALMEIDA, I. R., NACHTIGAL, J. C., STEINMETZ, S., JÚNIOR, C. R., & CUADRA, S. V. Zoneamento agroclimático da cultura da goiabeira na região sul do Brasil. **Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E)**. 2014.
- DO AMARAL, L. F. O papel da agricultura brasileira nas mudanças climáticas. **Pontes**, v. 5, n. 4, p. 17, 2018.
- AMSLER, M. L., RAMONELL, C. G., & TONIOLO, H. A. Morphologic changes in the Parana River channel (Argentina) in the light of the climate variability during the 20th century. **Geomorphology**, v. 70, n. 3-4, p. 257-278, 2005.
- DE ANDRADE, A. R., BEREZE, J., DOS SANTOS, R. M., & BEDNARZ, J. A. Disponibilidade térmica para diferentes culturas agrícolas em região de clima subtropical úmido obtida através da utilização de índice bioclimático. **Geosul**, v. 32, n. 64, p. 66-83, 2017.
- DE ANDRADE JÚNIOR, A. S., BASTOS, E. A., & DA SILVA, C. O., **Zoneamento de aptidão climática para a videira europeia no Estado do Piauí**. Embrapa Meio-Norte-Documents (INFOTECA-E), 2009.

ANTAL, T., HARJU, E., PIHLGREN, L., LASTUSAARI, M., TYYSTJÄRVI, T., HÖLSÄ, J., & TYYSTJÄRVI, E. Use of near-infrared radiation for oxygenic photosynthesis via photon up-conversion. **International Journal Of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 10, p. 8859-8863, 2012.

APURI, I., PEPRAH, K., & ACHANA, G. T. W. Climate Change Adaptation Through Agroforestry: The Case of Kassena Nankana West District, Ghana. **Environmental Development**, v. 28, p. 32-41 2018.

ARAUJO, M. B. F., MACHADO, N. A. F., DE ANDRADE, H. A. F., LEITE, M. R. L., PINHEIRO, J. B. S., & DA SILVA-MATOS, R. R. S. Produtividade da bananeira 'Nanicão' sob doses crescentes de potássio associado a cobertura do solo com palha de carnaúba. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 10, n. 2, 2019.

ARAÚJO, R. G., RODRIGUEZ-JASSO, R. M., RUIZ, H. A., PINTADO, M. M. E., & AGUILAR, C. N. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p. 51-60, 2018.

ARCHIE, K. M., CHAPMAN, R., & FLOOD, S. Climate change response in New Zealand communities: Local scale adaptation and mitigation planning. **Environmental development**, v. 28, p. 19-31, 2018.

ASSAD, E. D., MACEDO, M. A. D., ZULLO JÚNIOR, J., PINTO, H. S., & BRUNINI, O. Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 161-171, 2003.

ASSAD, E. D., PINTO, H. S., ZULLO JUNIOR, J., & ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

ASSIS, F. D., ARRUDA, H. D., & PEREIRA, A. D. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: UFPel, 1996. 161 p.

AUSTIN, S. E., FORD, J. D., BERRANG-FORD, L., BIESBROEK, R., & ROSS, N. A. Enabling local public health adaptation to climate change. **Social Science & Medicine**, v. 220, p. 236-244, 2019.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. **Difel**, 2006.

AZEVEDO, A. M. M. A agricultura orgânica como forma sustentável de ocupação do solo e de fixação do homem no campo. **Anais do XII Encontro Nacional da Abep**, 2000.

BACK, Á. J., BRUNA, E. D., & VIEIRA, H. J. Tendências climáticas e produção de uva na região dos Vales da Uva Goethe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 497-504, 2012.

BALBINO, L. C., CORDEIRO, L. A. M., PORFÍRIO-DA-SILVA, V., MORAES, A. D., MARTÍNEZ, G. B., ALVARENGA, R. C., ... & GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, 2011.

BANERJEE, S., RANGANATHAN, V., PATTI, A., & ARORA, A. Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 82, p. 60-70, 2018.

BASSOI, L. H., SILVA, J. A. M., DA SILVA, E. E. G., FERREIRA, M., MAIA, J. L. T., & TARGINO, E. D. L. **Informações Sobre a Distribuição das Raízes da Goiabeira Para o Manejo de Irrigação**. Embrapa Semi-Árido, 2002.

BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. M. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p. 9-22, 2006.

BEREZUK, A. G. Eventos Extremos: Estudo da Chuva de Granizo de 21 de Abril de 2008 na Cidade de Maringá-PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 5, p. 153-164, 2017.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. **Porto Alegre: Ed. da UFRGS**, 2003. 110p.

BERNETTI, I., MENGHINI, S., MARINELLI, N., SACCHELLI, S., & SOTTINI, V. A. Assessment of climate change impact on viticulture: economic evaluations and adaptation strategies analysis for the Tuscan wine sector. **Wine Economics and Policy**, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2012.

BEZERRA, A. D. M., PACHECO FILHO, A. J., BOMFIM, I. G., SMAGGHE, G., & FREITAS, B. M. Agricultural area losses and pollinator mismatch due to climate changes endanger passion fruit production in the Neotropics. **Agricultural systems**, v. 169, p. 49-57, 2019.

BHERING, S. B., SANTOS, H. D., MANZATTO, C. V., BOGNOLA, I., CARVALHO, A. P., POTTER, O., ... & CARVALHO JUNIOR, W. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 2007.

BIGELOW, D. P.; ZHANG, H. Supplemental irrigation water rights and climate change adaptation. **Ecological Economics**, v. 154, p. 156-167, 2018.

BLANCO, V. C. P., BURBANO, O. I. I., SARMIENTO-NAIZAQUE, Z. X., & DURÁN, J. R. Guava borer worm (Lepidoptera: Cossidae), a limiting pest in guava: biology, lifecycle and management alternatives. **Heliyon**, v. 5, n. 2, p. e01252, 2019.

BORGES, A. C. M. R., DE MATOS, L. M. S., DE MATOS, G. B., ARAGÃO, D. V. D., DE ANDRADE, J. P., KATO, O. R., ... & SÁ, T. D. A. Diálogo, reflexão e planejamento para a mudança de práticas agrícolas na Amazônia. In: Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE). **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

BORGES, C. V., BELIN, M. A. F., AMORIM, E. P., MINATEL, I. O., MONTEIRO, G. C., GOMEZ, H. A. G., ... & LIMA, G. P. P. Bioactive amines changes during the ripening and thermal processes of bananas and plantains. **Food Chemistry**, v. 298, p. 125020, 2019.

- DE BRUIJN, K., BUURMAN, J., MENS, M., DAHM, R., & KLIJN, F. Resilience in practice: Five principles to enable societies to cope with extreme weather events. **Environmental Science & Policy**, v. 70, p. 21-30, 2017.
- BUAINAIN, A. M. (ED.). **Cadeia produtiva de frutas**. Bib. Orton IICA/CATIE, 2007.
- CABRAL, L., FAVARETO, A., MUKWEREZA, L., & AMANOR, K. Brazil's agricultural politics in Africa: More food international and the disputed meanings of "family farming". **World Development**, v. 81, p. 47-60, 2016.
- CAI, Y., BANDARA, J. S., & NEWTH, D. A framework for integrated assessment of food production economics in South Asia under climate change. **Environmental Modelling & Software**, v. 75, p. 459-497, 2016.
- CAJAMARCA, F. A., LANCHEROS, A. F., ARAÚJO, P. M., MIZUBUTI, I. Y., SIMONELLI, S. M., IDA, E. I., ... & GUIMARÃES, M. F. Evaluation of various species of winter oleaginous plants for the production of biodiesel in the State of Parana, Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 126, p. 113-118, 2018.
- DA SILVA CALDANA, N. F., JUNIOR, G. M. Y., DE MOURA, D. A. V., DA COSTA, A. B. F., & CARAMORI, P. H. Ocorrências de Alagamentos, Enxurradas e Inundações e a Variabilidade Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 343-355, 2018.
- DA SILVA CALDANA, N. F., RUDKE, A. P., DA SILVA, I., NITSCHKE, P. R., & CARAMORI, P. H. Gênese, Impacto e a Variabilidade das Precipitações de Granizo na Mesorregião Centro-Sul Paranaense, Brasil. **Caderno De Geografia**, v. 29, p. 61-80, 2019a.
- CALDANA, N. F. D. S., NITSCHKE, P. R., MARTELÓCIO, A. C., RUDKE, A. P., ZARO, G. C., BATISTA FERREIRA, L. G., ... & MARTINS, J. A. Agroclimatic Risk Zoning of Avocado (*Persea americana*) in the Hydrographic Basin of Paraná River III, Brazil. **Agriculture**, v. 9, n. 263, p. 1-11, 2019b.
- CALDANA, N. F. S.; MARTELÓCIO A. C. Gênese, frequência e intensidade das precipitações de granizo nas Mesorregiões Centro Oriental e Sudeste Paranaense, Brasil. **Geotextos**, v. 15, p. 205-229, 2019.
- CAMBUI, E. C. B., DE VASCONCELOS, R. N., MARIANO-NETO, E., VIANA, B. F., & CARDOSO, M. Z. Positive forestry: The effect of rubber tree plantations on fruit feeding butterfly assemblages in the Brazilian Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 397, p. 150-156, 2017.
- CAMILI, E. C., BENATO, E. A., PASCHOLATI, S. F., & CIA, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva'Itália'contra Botrytis cinerea. **Summa Phytopathologica**, p. 215-221, 2007.
- CAMILLONI, I. A.; BARROS, V. R. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. **Journal of Hydrology**, v. 278, n. 1-4, p. 94-106, 2003.

- DE CAMPOS, A. G., MELLO, G. J., COVARI, L., CARBO, L., DA SILVA, J. L., SENRA, R. E. F., & COELHO, M. D. F. B. A agroecologia como ciência mediadora entre a formação do agrônomo e a agricultura sustentável. **Interciencia**, v. 40, n. 3, p. 172-178, 2015.
- CAMPOSTRINI, E., SCHAFFER, B., RAMALHO, J. D., GONZÁLEZ, J. C., RODRIGUES, W. P., DA SILVA, J. R., & LIMA, R. S. Environmental Factors Controlling Carbon Assimilation, Growth, and Yield of Papaya (*Carica papaya* L.) Under Water-Scarcity Scenarios. In: Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment. **Academic Press**, p. 481-505, 2018.
- CARAMORI, P. H.; MANETTI FILHO, J. **Proteção dos cafeeiros contra geadas**. Londrina, IAPAR, 1993. 28p.
- CARAMORI, P. H., CAVIGLIONE, J. H., WREGE, M. S., GONÇALVES, S. L., FARIA, R. D., ANDROCIOLI FILHO, A., ... & KOGUISHI, M. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p.486-494, 2001.
- CARAMORI, P., ANDROCIOLI FILHO, A., MORAIS, H., CARNEIRO FILHO, F., & DUQUIA, C. Sistema de alerta para geadas na cafeicultura do Paraná. **Informe Agropecuário**, p. 66-71, 2007.
- CARAMORI, P. H., CAVIGLIONE, J. H., WREGE, M. S., HERTER, F. G., HAUAGGE, R., GONÇALVES, S. L., ... & RICCE, W. D. S. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1040-1044, 2008.
- CARAMORI, P. H., NITSCHKE, P. R., DEPPE, F., LEITE, E. A., TSUKAHARA, R. Y., & BORROZZINO, E. Agrometeorologia operacional no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 24, n. 1, 2016.
- CARNEIRO, M. de F. B. Agricultura Urbana e Segurança Alimentar no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista Desenvolvimento Social**, v. 19, n. 3, p. 51-61, 2019.
- CARVALHO, A. A., DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A., SANTOS, C. S., & SILVA, T. G. F. Zoneamento agrometeorológico da moringa para o Estado de Pernambuco em condições atuais e projeções futuras. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 194-202, 2017.
- CARVALHO, J. L. N., AVANZI, J. C., SILVA, M. L. N., MELLO, C. R. D., & CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.
- CATALDO, J., DURANÓN, V., PIENIKA, R., PAIS, P., & GRAVINA, A. Wind damage on citrus fruit study: Wind tunnel tests. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 116, p. 1-6, 2013.
- CATTELAN, M. D. P., MAURER, P., GARCIA, F., BERRO, L. F., MACHADO, M. M., MANFREDINI, V., & PICCOLI, J. D. C. E. Occupational exposure to pesticides in family agriculture and the oxidative, biochemical and hematological profile in this agricultural model. **Life sciences**, v. 203, p. 177-183, 2018.

- CHAVARRIA, G., DOS SANTOS, H. P., SONEGO, O. R., MARODIN, G. A. B., BERGAMASCHI, H., & CARDOSO, L. S. Incidence of diseases and needs of control in overhead covered grapes. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 477-482, 2007.
- CHAVARRIA, G., CARDOSO, L. S., BERGAMASCHI, H., SANTOS, H. P. D., MANDELLI, F., & MARODIN, G. A. B. Microclima de vinhedos sob cultivo protegido. **Ciência rural**. v. 39, n. 7, p. 2029-2034, 2009.
- CHRIEST, A.; NILES, M. The role of community social capital for food security following an extreme weather event. **Journal of Rural Studies**, v. 64, p. 80-90, 2018.
- COELHO, E. F., OLIVEIRA, F. D. C., ARAÚJO, E. C. E., VASCONCELOS, L. F. L., & LIMA, D. M. **Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de Tabuleiros Costeiros**. Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2001.
- COELHO, E. F. et al. Banana. in. MONTEIRO, J. E. B A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, p. 321-332, 2009.
- COELHO, G. O. Agro-climatic zoning to banana-growing in the mesoregion of Vale do Rio Doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, 2016.
- COELHO FILHO, M. A., DA SILVA, T. S. M., DE ALMEIDA, C. O., DE ALBUQUERQUE, A. F. A., & DA SILVA, O. S. M. Impacto do Aquecimento Global na Aptidão do Estado da Bahia para o Cultivo do Mamoeiro. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**. 2011.
- COELHO, Y. D. S., DA CUNHA SOBRINHO, A. P., MAGALHAES, A. D. J., PASSOS, O. S., DO NASCIMENTO, A. S., SANTOS FILHO, H. P., & SOARES FILHO, W. D. S. A cultura do limão-taiti. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**, 1998.
- COMER, P. J. Ecoregional planning and climate change adaptation. **Encyclopedia of the Anthropocene**, v. 2, p. 245-256, 2018.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Índices hídricos climáticos para a viticultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 6, p. 765-768, 2018.
- CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra livre**, v. 1, n. 20, p. 193-204, 2015.
- DA COSTA, Â. B. F., MORAIS, H., CARAMORI, P. H., DA SILVA RICCE, W., ATAÍDE, L. T., & YADA, I. F. U. **Análise climatológica de dias consecutivos sem chuva no Estado do Paraná**. In: III Simpósio Internacional de Climatologia, 2009, Canela - RS. Mudanças de Clima e Extremos e Avaliação de riscos futuros, planejamentos e desenvolvimento sustentável, 2009.
- COSTA, J. L., JESUS, O. N. D., OLIVEIRA, G. A. F., & OLIVEIRA, E. J. D. Effect of selection on genetic variability in yellow passion fruit. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, 253-260, 2012.

CUNHA, G. A. P. da. Applied aspects of pineapple flowering. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 499-516, 2005.

Monteiro, J. E. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009.

CUNHA, G. D., REINHARDT, D. H., ALMEIDA, O. D., & SOUZA, L. D. S. Abacaxi. **MONTEIRO, JEB A. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, p. 15-32, 2009.

DAI, H., ZHANG, Y., MA, L., ZHANG, H., & HUANG, H. Synthesis and response of pineapple peel carboxymethyl cellulose-g-poly (acrylic acid-co-acrylamide)/graphene oxide hydrogels. **Carbohydrate polymers**, v. 215, p. 366-376, 2019.

DAMASCENA, A. P., FÁVARIS, N. A. B., & BARBIERO, N. Z. Zoneamento Agroclimático Para o Cultivo do Abacaxi no Espírito Santo Mediante Interpolação Espacial. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 327, 2017.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MENDONÇA, F. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de texto. 2007.

DANTAS, J. L. L., JUNGHANS, D. T., & DE LIMA, J. F. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

DEY, A.; CHAUDHURI, P. S. Quantifying earthworm species richness in the pineapple and mixed fruit plantations of West Tripura, India—A non-parametric approach. **European journal of soil biology**, v. 59, p. 31-35, 2013.

DUARTE FILHO, J. et al., Ecofisiologia do abacateiro. In: LEONEL, S.; SAMPAIO, A.C. **Abacate: aspectos técnicos da produção**. São Paulo: UNESP; Cultura Acadêma Editora, 2008. p. 25-36.

EL-KHOULY, M. E., EL-MOHSNAWY, E., & FUKUZUMI, S. Solar energy conversion: From natural to artificial photosynthesis. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 31, p. 36-83, 2017.

FACHINELLO, J. C., PASA, M. D. S., SCHMTIZ, J. D., & BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2011.

FALASCA, S. L., ULBERICH, A. C., & ULBERICH, E. Developing An Agro-Climatic Zoning Model To Determine Potential Production Areas For Castor Bean (*Ricinus Communis* L.). **Industrial Crops and products**, v. 40, p. 185-191, 2012.

FALASCA, S., PITTA-ALVAREZ, S., & DEL FRESNO, C. M. Salvadora Persica Agro-Ecological Suitability For Oil Production In Argentine Dryland Salinity. **Science of the Total Environment**, v. 538, p. 844-854, 2015.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Maracujá**. Embrapa Cerrados. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016.

FALEIRO, F., ROCHA, F. D. C., ROCHA, G., & ROCHA, L. D. T. Expedição Safra Brasília: Maracujá: prospecção de demandas para pesquisa, extensão rural e políticas públicas baseadas na adoção e no impacto de tecnologias. **Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2019.

FAO. **Fruit Production**. Disponível em: <
<http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=BRA>> Acesso em 12 de outubro de 2019.

FERREIRA, E. T., EVANGELISTA, B. A., DE AGUIAR, J. L. P., & JUNQUEIRA, N. T. V. Zoneamento agroclimático do maracujazeiro para produção no período de entressafra no estado de Goiás e no Distrito Federal. **Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2002.

FERREIRA, R. N., NISSENBAUM, M. R., & RICKENBACH, T. M. Climate change effects on summertime precipitation organization in the Southeast United States. **Atmospheric Research**, v. 214, p. 348-363, 2018.

FERREIRA, V. R., SOUZA, P. M. D., PONCIANO, N. J., & CARVALHO, A. J. C. D. A fruticultura como alternativa para a produção familiar no âmbito do Pronaf nos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana—RJ. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 436-439, 2003.

FLØTTUM, K., GASPER, D., & CLAIR, A. L. S. Asuncion Lera St. Synthesizing a policy-relevant perspective from the three IPCC “Worlds”—A comparison of topics and frames in the SPMs of the Fifth Assessment Report. **Global Environmental Change**, v. 38, p. 118-129, 2016.

FRANCISCO, V. D. S., CASER, D. V., & AMARO, A. A. Perfil da cultura da manga em São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n. 3, 2003.

FRANCISCO, V. L. F. S.; BAPTISTELLA, C. S. L. Cultura do abacate no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 35, n. 5, p. 27–41, 2005.

FRITZSONS, E., MANTOVANI, L. E., & DE AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.

ELCER, E., FRAISSE, C. W., ZOTARELLI, L., STEVENS, F. R., PERONDI, D., BARRETO, D. D., ... & SOUTHWORTH, J. Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 316-328, 2018.

GERUM, A. D. A., SANTOS, G., SANTANA, M. D. A., SOUZA, J. D. S., & CARDOSO, C. Fruticultura tropical: potenciais riscos e seus impactos. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documentos (INFOTECA-E)**, 2019.

GHINOI, S., JUNIOR, V. J. W., & PIRAS, S. Political debates and agricultural policies: Discourse coalitions behind the creation of Brazil’s Pronaf. **Land use policy**, v. 76, p. 68-80, 2018.

GIRALDO, J.; JARAMILLO, R. Ciclo hídrico y transporte de nutrientes en cafetales bajo diferentes densidades de sombrero de guamo. **Cenicafé**, v.55, n.1, p.52-68, 2004.

GREENE, C. Broadening understandings of drought—The climate vulnerability of farmworkers and rural communities in California (USA). **Environmental Science & Policy**, v. 89, p. 283-291, 2018.

GUO, R., LI, W., WANG, X., CHEN, B., HUANG, Z., LIU, T., ... & LAI, Z. Effect of photoperiod on the formation of cherry radish root. **Scientia Horticulturae**, v. 244, p. 193-199, 2019.

HART, P. S.; FELDMAN, L. Would it be better to not talk about climate change? The impact of climate change and air pollution frames on support for regulating power plant emissions. **Journal of Environmental Psychology**, v. 60, p. 1-8, 2018.

HAWERROTH, F. J., HERTER, F. G., PETRI, J. L., LEITE, G. B., & PEREIRA, J. F. M. **Dormência em frutíferas de clima temperado**. Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E), 2010.

HERNANDEZ-OCHOA, I. M., ASSENG, S., KASSIE, B. T., XIONG, W., ROBERTSON, R., PEQUENO, D. N. L., ... & HOOGENBOOM, G. Climate change impact on Mexico wheat production. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 263, p. 373-387, 2018.

HO, D. T. K. Climate change in Malaysia: Trends, contributors, impacts, mitigation and adaptations. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 1858-1871, 2019.

HUSSAIN, M., LIU, G., YOUSAF, B., AHMED, R., UZMA, F., ALI, M. U., ... & BUTT, A. R. Regional and sectoral assessment on climate-change in Pakistan: Social norms and indigenous perceptions on climate-change adaptation and mitigation in relation to global context. **Journal of Cleaner Production**, v. 200, p. 791-808, 2018.

IMSLAND, A. K., HANGSTAD, T. A., JONASSEN, T. M., STEFANSSON, S. O., NILSEN, T. O., HOVGAARD, P., ... & NORBERG, B. The use of photoperiods to provide year round spawning in lumpfish *Cyclopterus lumpus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 228, p. 62-70, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa agropecuária**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>>. Acesso em 19 de Março de 2019.

IPCC. **Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

JARAMILLO-BOTERO, C., SANTOS, R. H. S., FARDIM, M. P., PONTES, T. M., & SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.

- JING, Y., HUANG, J., & YU, X. Maintenance of the antioxidant capacity of fresh-cut pineapple by procyanidin-grafted chitosan. **Postharvest Biology and Technology**, v. 154, p. 79-86, 2019.
- KARIMI, V., KARAMI, E., & KESHAVARZ, M. Vulnerability and adaptation of livestock producers to climate variability and change. **Rangeland Ecology & Management**, v. 71, n. 2, p. 175-184, 2018.
- KIM, B. T., BROWN, C. L., & KIM, D. H. Assessment on the vulnerability of Korean aquaculture to climate change. **Marine Policy**, v. 99, p. 111-122, 2019.
- KISHINO, A. Y. **Viticultura tropical: o sistema de produção do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2007. 366 p.
- KUNZ, M., SANDER, J., & KOTTMEIER, C. Recent trends of thunderstorm and hailstorm frequency and their relation to atmospheric characteristics in southwest Germany. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 29, n. 15, p. 2283-2297, 2009.
- LAZZAROTTO, C., FORNASIERI, J. L., COMUNELLO, E., SORIANO, B. M. A., ARAÚJO, M. R., & SANDRINI, M. **Zoneamento para a fruticultura em Mato Grosso do Sul**. Embrapa Agropecuária Oeste-Documentos (INFOTECA-E), 2005.
- LEM, S., ONGHENA, P., VERSCHAFFEL, L., & VAN DOOREN, W. The heuristic interpretation of box plots. **Learning and Instruction**, v. 26, p. 22-35, 2013
- LIMA, L. K. S., SOARES, T. L., DE SOUZA, E. H., DE JESUS, O. N., & GIRARDI, E. A. Initial vegetative growth and graft region anatomy of yellow passion fruit on *Passiflora* spp. rootstocks. **Scientia horticultrae**, v. 215, p. 134-141, 2017.
- DE LIRA, M. M. C., DA SILVA, L. O. D., DO VALE, C. N. C., DE SOUZA LEÃO, P. C., & DE MOURA, M. S. B. Influência dos sistemas de condução no microclima da videira 'Chenin blanc'. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, 2018.
- LIU, C.; LIU, Y. Fruit quality and differentially expressed genes of winter-harvested pineapple in response to elevated temperature over a short postharvest period. **Postharvest biology and technology**, v. 130, p. 21-27, 2017.
- LUCAS, A. A. T., FREIZZONE, J. A., & COELHO FILHO, M. A. Características da distribuição radicular de maracujazeiro sob fertirrigação. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 245, 2018.
- LUCENA, A. F., HEJAZI, M., VASQUEZ-ARROYO, E., TURNER, S., KÖBERLE, A. C., DAENZER, K., ... & GERNAAT, D. Interactions between climate change mitigation and adaptation: The case of hydropower in Brazil. **Energy**, v. 164, p. 1161-1177, 2018.
- LUNGARSKA, A; CHAKIR, R. Climate-induced land use change in France: Impacts of agricultural adaptation and climate change mitigation. **Ecological Economics**, v. 147, p. 134-154, 2018.
- MACHADO, J. Agricultura de Precisão em cultivo de morango. **Revista Geama**, v. 4, n. 1, p. 54-58, 2018.

- DA SILVA MACHADO, T., DA SILVA NEVES, S. M. A., JUNIOR, S. S., & NEVES, R. J. Zoneamento Agroclimático do Melão na Região Sudoeste de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 169-181, 2017.
- MAHAPATRA, B., WALIA, M., & SAGGURTI, N. Extreme weather events induced deaths in India 2001–2014: Trends and differentials by region, sex and age group. **Weather and climate extremes**, v. 21, p. 110-116, 2018.
- MAIA, A. G., MIYAMOTO, B. C. B., & GARCIA, J. R. Climate Change and Agriculture: Do Environmental Preservation and Ecosystem Services Matter?. **Ecological Economics**, v. 152, p. 27-39, 2018.
- MANCILLAS, R. G., LÓPEZ, J. F. J., NAVARRO, L. A. A., HERNÁNDEZ, B. R., & PEÑA, A. G. Zonificación edafoclimática para el cultivo de *Jatropha curcas* L., en Tabasco, México. Investigaciones Geográficas, **Boletín del Instituto de Geografía**, v. 2015, n. 86, p. 25-37, 2015.
- MARCONDES, P. T. S. **Manejo do florescimento e da produção de lima ácida Tahiti com reguladores de crescimento e crescimento de derrixa**. Dissertação (Mestrado em Fruticultura Tropical) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1991.
- MANDELLI, F., MIELE, A., & TONIETTO, J. **Uva em clima temperado**. Embrapa Uva e Vinho-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2009.
- MANEETR, K., LEEWISUTTIKUL, T., KERDSUK, S., & CHARINPANITKUL, T. Hydrothermal and enzymatic treatments of pineapple waste for energy production. **Energy Procedia**, v. 152, p. 1260-1265, 2018.
- MARCONDES, P. T. S. **Manejo do florescimento e da produção de lima ácida Tahiti com reguladores de crescimento e crescimento de derrixa**. Dissertação (Mestrado em Fruticultura Tropical) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1991.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 215-226, 2005.
- MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 61-80, 2019.
- MARTINS, J. A., BRAND, V. S., CAPUCIM, M. N., FELIX, R. R., MARTINS, L. D., FREITAS, E. D., ... & CECIL, D. J. Climatology of destructive hailstorms in Brazil. **Atmospheric Research**, v. 184, p. 126-138, 2017.
- MASON, S. G.; FRAGKIAS, M. Metropolitan planning organizations and climate change action. **Urban Climate**, v. 25, p. 37-50, 2018.
- MASSETTI, E., CARRARO, C., GUPTA, S., HARNISH, J., & KOPP, R. J. Investments in and macroeconomic costs of climate mitigation in the Working Group III contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC. **Energy Policy**, v. 109, p. 414-417, 2017.

DE MATOS, A. P., BORGES, A., OLIVEIRA, D. D. A., DOS SANTOS, G. R., CAMPOS, G., GEBLER, L., ... & CORDEIRO, Z. **Produção integrada de fruteiras tropicais**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Livro científico (ALICE), 2012.

DE MATOS, R. M., DA SILVA, P. F., BORGES, V. E., SOBRINHO, T. G., NETO, J. D., & SABOYA, L. M. F. Agroclimatic Potential For Mango Culture in the Municipality of Barbalha CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2366, 2018.

MATTOS J. R., D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo. In: Mattos, JR., D. et al. (Eds.). *Lima ácida Tahiti*. Campinas: IAC. p.67-80, 2003a.

MATTOS J. R., D.; DE NEGRI., D. J.; FIGUEIREDO., J.O. **lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico. Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”, 2003b.

MATYSEK, M., LEAKE, J., BANWART, S., JOHNSON, I., PAGE, S., KADUK, J., ... & ZONA, D. Impact of fertiliser, water table, and warming on celery yield and CO₂ and CH₄ emissions from fenland agricultural peat. **Science of The Total Environment**, v. 667, p. 179-190, 2019.

MAURYA, N. K., GOSWAMI, A. K., SINGH, S. K., PRAKASH, J., GOSWAMI, S., CHINNUSAMY, V., ... & KUMARI, A. Studies on expression of CBF1 and CBF2 genes and anti-oxidant enzyme activities in papaya genotypes exposed to low temperature stress. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 108914, 2020.

MEDEIROS, G. B.; ZANÃO JUNIOR, L. A. Agricultura e Produtividade da Soja no Entorno do Reservatório de Itaipu. In: ZANÃO JUNIOR, et al. **Produtividade da Soja no Entorno do Reservatório de Itaipu**. IAPAR. 2015.

DE MEDEIROS, R. M., DE MATOS, R. M., SABOYA, L. M. F., & DA SILVA, P. F. Aptidão agroclimática para o cultivo da videira (*Vitis vinifera* L.) no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1492-1499, 2017.

MEDEIROS, R. M., NUNES, J. C., DE HOLANDA, R. M., & DE FRANÇA, M. V. Aptidões climáticas: caju, palma forrageira e milho no município de São Bento do Una-PE, Brasil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 3, p. 310-318, 2018.

MEDINA, J. C. et al. **Goiaba: da cultura ao processamento e comercialização**. 2. ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991.

MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.57, n.2, p.117-125, 2003.

MEYLAN, L., MEROT, A., GARY, C., & RAPIDEL, B. Combining a typology and a conceptual model of cropping system to explore the diversity of relationships between ecosystem services: The case of erosion control in coffee-based agroforestry systems in Costa Rica. **Agricultural systems**, v. 118, p. 52-64, 2013.

MEZHER, R. N., DOYLE, M., & BARROS, V. Climatology of hail in Argentina. **Atmospheric research**, v. 114, p. 70-82, 2012.

- MICHLER, J. D., BAYLIS, K., ARENDS-KUENNING, M., & MAZVIMAVI, K. Conservation agriculture and climate resilience. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 93, p. 148-169, 2018.
- MIDDLETON, S.; MCWATERS, A. Hail netting of apple orchards Australian experience. **Compact Fruit Tree**, v. 35, n. 2, p. 51-55, 2002.
- MIGLIACCIO, K. W., SCHAFFER, B., CRANE, J. H., & DAVIES, F. S. Plant response to evapotranspiration and soil water sensor irrigation scheduling methods for papaya production in south Florida. **Agricultural water management**, v. 97, n. 10, p. 1452-1460, 2010.
- MIOTTI, A. A., COSTA, M. C. G., FERREIRA, T. O., & ROMERO, R. E. Profundidade e atributos físicos do solo e seus impactos nas raízes de bananeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 536-545, 2013.
- MOELETSI, M. E.; WALKER, S. A. simple agroclimatic index to delineate suitable growing areas for rainfed maize production in the Free State Province of South Africa. **Agricultural and forest meteorology**, v. 162, p. 63-70, 2012.
- MOON, P., FU, Y., BAI, J., PLOTTO, A., CRANE, J., & CHAMBERS, A. Assessment of fruit aroma for twenty-seven guava (*Psidium guajava*) accessions through three fruit developmental stages. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 375-383, 2018.
- MORAIS, H.; CARBONIERI, J. Horas e unidades de frio em pomares de maçã com diferentes microclimas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 001-012, 2015.
- MORENO-ORTEGA, G., PLIEGO, C., SARMIENTO, D., BARCELÓ, A., & MARTÍNEZ-FERRI, E. Yield and fruit quality of avocado trees under different regimes of water supply in the subtropical coast of Spain. **Agricultural Water Management**, v. 221, p. 192-201, 2019.
- MOREIRA, R. A., DA CRUZ, M. D. C. M., DOS SANTOS, A. M., FERNANDES, D. R., & DE OLIVEIRA, J. Rentabilidade do Maracujazeiro-Amarelo com Redução do Espaçamento de Cultivo. **Revista Ciência Agrícola**, v. 17, n. 1, p. 23-30, 2019.
- MOUCO, M. A. do C. Cultivo da mangueira. **Embrapa Semiárido-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**, 2010.
- DE MOURA, M. S. B., OLIVEIRA, L. D. S., EVANGELISTA, S. R. M., MOUCO, M. D. C., DE SOUZA, L. S. B., & SILVA, T. Aptidão climática da mangueira frente ao clima atual e aos cenários futuros. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 08, número especial IV SMUD. 496-509. 2015.
- MUELLER, T. G., PUSULURI, N. B., MATHIAS, K. K., CORNELIUS, P. L., BARNHISEL, R. I., & SHEARER, S. A. Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 6, p. 2042-2047, 2004.
- NACHTIGAL, J. C.; MIGLIORINI, L. C. **Recomendações para o cultivo da goiabeira no Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2011.
- NACHTIGAL, J. N.; MAZZAROLO, A. **500 Perguntas sobre a Uva**. Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

NACHTIGAL, J. C. Novas alternativas de cultivo para a metade sul do Rio Grande do Sul: uvas de mesa e de suco. **Embrapa Clima Temperado-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2009.

NASCENTE, A. S., DA COSTA, R. S. C., & COSTA, J. N. M. **Cultivo do abacaxi em Rondônia**, Embrapa Rondônia. 2005.

NEAMATOLLAHI, E., BANNAYAN, M., JAHANSUZ, M. R., STRUIK, P., & FARID, A. Agro-ecological zoning for wheat (*Triticum aestivum*), sugar beet (*Beta vulgaris*) and corn (*Zea mays*) on the Mashhad plain, Khorasan Razavi province. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 15, n. 1, p. 99-112, 2012.

NICO, M., MIRALLES, D. J., & KANTOLIC, A. G. Natural post-flowering photoperiod and photoperiod sensitivity: Roles in yield-determining processes in soybean. **Field Crops Research**, v. 231, p. 141-152, 2019.

NITSCHÉ, P. R., et al., **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR. 2019. Available in: <
<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677> > Acesso em: 12 de outubro de 2019.

NÓIA JÚNIOR, R. S.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize succession in Brazil: Impacts of sowing dates on climate variability, yields and economic profitability. **European Journal of Agronomy**, v. 103, p. 140-151, 2019.

OLIVEIRA, A., AMARO, A. L., & PINTADO, M. Impact of food matrix components on nutritional and functional properties of fruit-based products. **Current Opinion in Food Science**, v. 22, p. 153-159, 2018.

DE OLIVEIRA JÚNIOR, A. J., DE SOUZA, S. R. L., DA CRUZ, V. F., VICENTIN, T. A., & GLAVINA, A. S. G. Development of an android APP to calculate thermal comfort indexes on animals and people. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 151, p. 175-184, 2018.

DE OLIVEIRA JÚNIOR, A. J., DE SOUZA, S. R. L., DAL PAI, E., RODRIGUES, B. T., & DE SOUZA, V. C. Aurora: Mobile application for analysis of spatial variability of thermal comfort indexes of animals and people, using IDW interpolation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 157, p. 98-101, 2019.

DE OLIVEIRA, D.; BORROZZINO, E. Risco de geada e ocorrência de horas de frio abaixo de 7° C em Londrina, Guarapuava e Palmas, no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, 2018.

OLSON, M. E.; ALVARADO-CÁRDENAS, L. O. ¿ Dónde cultivar el árbol milagro, Moringa oleifera, en México? Un análisis de su distribución potencial. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 87, n. 3, p. 1089-1102, 2016.

OLUFAYO, A. A., STIGTER, C. J., & BALDY, C. On needs and deeds in agrometeorology in tropical Africa. **Agricultural and forest meteorology**, v. 92, n. 4, p. 227-240, 1998.

OMM. **Commission for Agricultural Meteorology (CAgM)**. The First Fifty Years. WMO-No. 999, Geneva, 2006. 44 pp.

- PAILLER, S.; TSANEVA, M. The effects of climate variability on psychological well-being in India. **World Development**, v. 106, p. 15-26, 2018.
- PAN, Y. G., YUAN, M. Q., ZHANG, W. M., & ZHANG, Z. K. Effect of low temperatures on chilling injury in relation to energy status in papaya fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 125, p. 181-187, 2017.
- PANDEY, G. Challenges and future prospects of agri-nanotechnology for sustainable agriculture in India. **Environmental Technology & Innovation**, 2018.
- PANDOLFO¹, C., DA SILVA RICCE, W., DE NOVAES VIANNA, L. F., & MASSIGNAM, A. M. Zoneamento agroclimático do mirtilo irrigado em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 30, p. 84-88, 2017.
- PARANÁ, Bacias Hidrográficas. **Série Histórica. Governo do Estado do Paraná**. 2ª Edição. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA, p. 1-140, 2015. Disponível em: <
http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_2015.pdf> Acesso em: 16 de dezembro de 2018.
- PARRE, A., KARTHIKEYAN, B., BALAJI, A., & UDHAYASANKAR, R. Investigation of chemical, thermal and morphological properties of untreated and NaOH treated banana fiber. **Materials Today: Proceedings**, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.655>. 2019.
- PASSOS, M. L. F. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-Ma. **Scientia zgraria**, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.
- PATHMESWARAN, C., LOKUPITIYA, E., WAIDYARATHNE, K. P., & LOKUPITIYA, R. S. Impact of extreme weather events on coconut productivity in three climatic zones of Sri Lanka. **European Journal of Agronomy**, v. 96, p. 47-53, 2018.
- PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R., & SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478p.
- PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 92-108, 2011.
- PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N; SOUZA, F. D. G.. Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**, 2005.
- PEZZOPANE, J. R. M., NICODEMO, M. L. F., BOSI, C., GARCIA, A. R., & LULU, J. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal of thermal biology**, v. 79, p. 103-111, 2019.
- POWELL, J. P.; REINHARD, S. Measuring the effects of extreme weather events on yields. **Weather and Climate extremes**, v. 12, p. 69-79, 2016.

- PIETRAPERIOSA, F., SALVIA, M., HURTADO, S. D. G., D'ALONZO, V., CHURCH, J. M., GENELETTI, D., ... & RECKIEN, D. Urban climate change mitigation and adaptation planning: Are Italian cities ready?. **Cities**, v. 91, p. 93-105, 2019.
- PRADHAN, S., GOSWAMI, A. K., SINGH, S. K., PRAKASH, J., GOSWAMI, S., CHINNUSAMY, V., ... & MAURYA, N. K. Low temperature stress induced physiological and biochemical alterations in papaya genotypes. **South African Journal of Botany**, v. 123, p. 133-141, 2019.
- PUNGE, H. J., BEDKA, K. M., KUNZ, M., & REINBOLD, A. Hail frequency estimation across Europe based on a combination of overshooting top detections and the ERA-INTERIM reanalysis. **Atmospheric Research**, v. 198, p. 34-43, 2017.
- QI, W., LIU, J., & LEUNG, F. A framework to quantify impacts of elevated CO₂ concentration, global warming and leaf area changes on seasonal variations of water resources on a river basin scale. **Journal of Hydrology**, v. 570, p. 508-522, 2019.
- RAMPINELLI, J. R., SILVEIRA, M. L. L., GERN, R. M. M., FURLAN, S. A., NINOW, J. L., & WISBECK, E. Valor nutricional de Pleurotus djamor cultivado em palha de bananeira Nutritional value of Pleurotus djamor cultivated in banana straw. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 2, p. 197-202, 2010.
- RANA, G., KATERJI, N., INTRONA, M., & HAMMAMI, A. Microclimate and plant water relationship of the “overhead” table grape vineyard managed with three different covering techniques. **Scientia Horticulturae**, v. 102, p. 105-120, 2004.
- RAVESTEIN, P., VAN DER SCHRIER, G., HAARSMA, R., SCHEELE, R., & VAN DEN BROEK, M. Vulnerability of European intermittent renewable energy supply to climate change and climate variability. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 97, p. 497-508, 2018.
- RAVINDRA, K., AGARWAL, N., KAUR-SIDHU, M., & MOR, S. Appraisal of thermal comfort in rural household kitchens of Punjab, India and adaptation strategies for better health. **Environment international**, v. 124, p. 431-440, 2019.
- RECKIEN, D., SALVIA, M., HEIDRICH, O., CHURCH, J. M., PIETRAPERIOSA, F., DE GREGORIO-HURTADO, S., ... & ORRU, H. How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. **Journal of cleaner production**, v. 191, p. 207-219, 2018.
- DOS REIS, L. S., DOS REIS, R. J., GUIMARÃES, D. P., & DA SILVA, C. H. F. Zoneamento agroclimático de cultivos com potencial energético no estado de Minas Gerais. **Revista Espinhaço**, p. 50-63, 2017.
- DE REZENDE, F. M., DE SOUZA, A. P., BUCKERIDGE, M. S., & FURLAN, C. M. Is guava phenolic metabolism influenced by elevated atmospheric CO₂?. **Environmental Pollution**, v. 196, p. 483-488, 2015.
- RICCE, W. da S. **Zoneamento agroclimático da cultura da videira para o estado do Paraná**. 2012. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

- RICCE, W. D. S., CARAMORI, P. H., & ROBERTO, S. R. Potencial climático para a produção de uvas em sistema de dupla poda anual no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 408-415, 2013.
- DA SILVA RICCE, W., DE CARVALHO, S. L. C., CARAMORI, P. H., & ROBERTO, S. R. Zoneamento agroclimático da cultura da videira no Estado do Paraná. Londrina. **SEMINA: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2327-2336, 2014a.
- DA SILVA RICCE, W., DE CARVALHO, S. L. C., CARAMORI, P. H., AULER, P. A. M., & ROBERTO, S. R. Zoneamento agroclimático da cultura do abacaxizeiro no Estado do Paraná. **Semina. Ciências Agrárias (Impresso)**, v. 35, p. 2337-2346, 2014b.
- RICCE, W. da S. Agroclimatic zoning for winemaking grape production in the State of Paraná. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 4, p. 14-21, 2018.
- RODRIGUES, L. G. G., MAZZUTTI, S., VITALI, L., MICKE, G. A., & FERREIRA, S. R. S. Recovery of bioactive phenolic compounds from papaya seeds agroindustrial residue using subcritical water extraction. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 101367, 2019.
- ROSADO, R. D., ROSADO, L. D., BORGES, L. L., BRUCKNER, C. H., CRUZ, C. D., & DOS SANTOS, C. E. Genetic Diversity of Sour Passion Fruit Revealed by Predicted Genetic Values. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 1, p. 165-174, 2019.
- SALAZAR, D. M., MELGAREJO, P., MARTÍNEZ, R., MARTÍNEZ, J. J., HERNÁNDEZ, F., & BURGUERA, M. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 108, n. 2, p. 157-161, 2006.
- SALINAS, I.; HUESO, J. J.; CUEVAS, J. Fruit growth model, thermal requirements and fruit size determinants in papaya cultivars grown under subtropical conditions. **Scientia horticulturae**, v. 246, p. 1022-1027, 2019.
- SALLUSTIO, L., PETTENELLA, D., MERLINI, P., ROMANO, R., SALVATI, L., MARCHETTI, M., & CORONA, P. Assessing the economic marginality of agricultural lands in Italy to support land use planning. **Land use policy**, v. 76, p. 526-534, 2018.
- SAM, O.; ROSADO, F.; GONZALEZ, M. E. **Crecimiento y desarrollo de frutos de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan) durante dos años en las condiciones del sureste de la Habana.** Universidad Central de las Villas, Santa Clara (Cuba)., 1988.
- SAMPAIO, L. M. B. Modelo Principal-Agente para contratos entre pequenos produtores e empresa exportadora de manga no Rio Grande do Norte. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 4, p. 879-898, 2007.
- DE OLIVEIRA SANCHES, F., VERDUM, R., & FISCH, G. Tendência de longo prazo das chuvas diárias no Sudoeste do Rio Grande do Sul: os eventos extremos e a arenização. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 1100-1109, n. 2014.
- SANCHEZ, J. L., MERINO, A., MELCÓN, P., GARCÍA-ORTEGA, E., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, S., BERTHET, C., & DESSENS, J. Are meteorological conditions favoring hail

precipitation change in Southern Europe? Analysis of the period 1948–2015. **Atmospheric Research**, v. 198, p. 1-10, 2017.

SANGUANCHAIWONG, V.; LEKSAWASDI, N. Butanol production by *Clostridium beijerinckii* from pineapple waste juice. **Energy Procedia**, v. 153, p. 231-236, 2018.

SANTI, A., VICARI, M. B., PANDOLFO, C., DALMAGO, G. A., MASSIGNAM, A. M., & PASINATO, A. Impacto de cenários futuros de clima no zoneamento agroclimático do trigo na região Sul do Brasil. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, p. 303-311, 2018.

SANTOS FILHO, H. P. Citros: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**, 2005.

SARKHOSH, A., MCCONCHIE, C., & KHADIVI, A. The effects of different tip-pruning times on flowering, yield, and maturity of two mango cultivars in subtropical climate of Northern Territory (Katherine region) from Australia. **Scientia horticultrae**, v. 234, p. 140-145, 2018.

SCAGLIONI, T. P.; SARAIVA, J. M. B. **Climatologia dos sistemas precipitantes para o período de fevereiro a dezembro de 2003**, no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2004.

SCHNEIDER, H.; DA SILVA, C. A. O uso do modelo box plot na identificação de anos padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B de A. **Agrometeorologia dos cultivos**. Brasília, DF: INMET, 2009.

SENTELHAS, P. C. Temperatura letal de diferentes plantas frutíferas tropicais. **Bragantia**, v. 55, n. 2, p. 231-235, 1996.

SENTELHAS, P. C. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais da sua medida, variabilidade espacial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith**. Piracicaba: ESALQ/USP (Tese de Livre-Docência). 2004. 161p.

SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J.(Org.). **Citros**. Campinas: IAC/FUNDAG, 2005. p. 319-344.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: informações para uma agricultura sustentável**. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola, v. 1, p. 4-12, 2009.

SEYEDABADI, E., KHOJASTEHPOUR, M., & ABBASPOUR-FARD, M. H. Online measuring of quality changes of banana slabs during convective drying. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 12, n. 1, p. 111-117, 2019.

- SILVA, C. R. D., FOLEGATTI, M. V., SILVA, T. J. A. D., ALVES JÚNIOR, J., SOUZA, C. F., & RIBEIRO, R. V. Water relations and photosynthesis as criteria for adequate irrigation management in 'Tahiti' lime trees. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 415-422, 2005.
- SILVERIO, T. C., MARTELLETO, L. A. P., REZENDE, N. C., PIVOTO, H. C., & FERREIRA, L. I. Influência das variáveis climáticas na incidência da varíola do mamoeiro "Sunrise Golden" em diferentes densidades de cultivo sob manejo orgânico de produção. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 4, 2019.
- SILVESTRE, M. R., SANT'ANNA NETO, J. L., & FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, v. 2, n. 20, p. 23-53, 2013.
- SIVAKUMAR, M. V. K., GOMMES, R., & BAIER, W. Agrometeorology and sustainable agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, n. 1-2, p. 11-26, 2000.
- SOMBOONSUKE, B., PHITTHAYAPHINANT, P., SDOODEE, S., & KONGMANEE, C. Farmers' perceptions of impacts of climate variability on agriculture and adaptation strategies in Songkhla. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, v. 39, n. 2, p. 277-283, 2018.
- SOTO-MONTES-DE-OCA, G.; ALFIE-COHEN, M.. Impact of climate change in Mexican peri-urban areas with risk of drought. **Journal of Arid Environments**, v. 162, p. 74-88, 2019.
- DE MORAES SOUSA, F., PORTELA, G. L. F., DE LIMA, M. G., & SOUSA, M. Zoneamento agroclimático da cultura da goiabeira no estado do Piauí, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 3, p. 81-86, 2013.
- DE SOUSA, J. W. ; DE OLIVEIRA, P. F. Risco climático para o café Conilon (*Coffea canephora*) nos municípios de Rio Branco, Tarauacá e Cruzeiro do Sul, AC. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 7, n. 2, p. 31-40, 2018.
- SOUSA, W. D. Sustentabilidade Da Agricultura Familiar No Município De Barro-CE. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 302-327, 2017.
- DE SOUZA, D. C. F., DA SILVA LIMA, I., SANTOS, J. A. S., DE ALMEIDA, A. Q., DA SILVA GONZAGA, M. I., & LIMA, J. F. Zoneamento Agroclimático da Palma Forrageira (*Opuntia* Sp) Para o Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2338, 2018.
- SOUZA, L. D., RIBEIRO, L. D. S., SOUZA, L. D. S., LEDO, C. A. D. S., & CUNHA SOBRINHO, A. P. D. Distribuição das raízes dos citros em função da profundidade da cova de plantio em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 87-91, 2006.
- SOUZA, L. D. Distribuição de raízes e manejo do solo em cultivo de mamão nos Tabuleiros Costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 1937-1947, 2017.
- STIGTER, C. J. Agrometeorology from science to extension: Assessment of needs and provision of services. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 126, n. 3-4, p. 153-157, 2008.

STUCHI, E.S.; CYRILLO, F.L.L. **Lima ácida “Tahiti”**. Funep, 1998.

SZULEJKO, J. E., KUMAR, P., DEEP, A., & KIM, K. H. Global warming projections to 2100 using simple CO₂ greenhouse gas modeling and comments on CO₂ climate sensitivity factor. **Atmospheric Pollution Research**, v. 8, n. 1, p. 136-140, 2017.

TAGOUR, R. M. H.; MOSAAD, I. S. M. Effect of the foliar enrichment and herbicides on maize and associated weeds irrigated with drainage water. **Annals of Agricultural Sciences**, 2017.

THOMAS, A. Agricultural water balance of Yunnan Province, PR China: agroclimatic zoning with a Geographical Information System. **Agricultural water management**, v. 21, n. 4, p. 249-263, 1992.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. The water balance. Centerton: Laboratory of Climatology. **Publications in Climatology**, v.8, n.1. 104 p, 1955.

THORPE, A.; FIGGE, F. Climate change and globalisation as ‘Double Exposure’: Implications for policy development. **Environmental Science & Policy**, v. 90, p. 54-64, 2018.

TREFALT, S., MARTYNOV, A., BARRAS, H., BESIC, N., HERING, A. M., LENGGENHAGER, S., ... & MARTIUS, O. A Severe Hail Storm in Complex Topography in Switzerland - Observations And Processes. **Atmospheric Research**, v. 209, p. 76-94, 2018.

TSAVDAROGLU, M., AL-JIBOURI, S. H., BLES, T., & HALMAN, J. I. Proposed methodology for risk analysis of interdependent critical infrastructures to extreme weather events. **International journal of critical infrastructure protection**, v. 21, p. 57-71, 2018.

URTASUN, M. M., GIAMMINOLA, E. M., BASKIN, C. C., DE VIANA, M. L., MORANDINI, M. N., LAMAS, C. Y., & ROJAS, M. F. Dormancy release, germination and ex situ conservation of the southern highland papaya (*Vasconcellea quercifolia*, Caricaceae), a wild crop relative. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109134, 2020.

VIVAS, M., SILVEIRA, S. F., PIO-VIANA, A., AMARAL-JÚNIOR, A. T., FERREGUETTI, G. A., & PEREIRA, M. G. Resistance to multiple foliar diseases in papaya genotypes in Brazil. **Crop Protection**, v. 71, p. 138-143, 2015.

VOLPE, C. A. et al. Citros. in. MONTEIRO, J. E. B A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, p. 321-332, 2009.

VON MÖLLENDORFF, C.; HIRSCHFELD, J. Measuring impacts of extreme weather events using the life satisfaction approach. **Ecological Economics**, v. 121, p. 108-116, 2016.

WADT, P. G. S. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. **Embrapa Acre-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

WALDHEIM, P. V., CARVALHO, V. S. B., CORREA, E., & DE ALMEIDA FRANÇA, J. R. Zoneamento climático da cana-de-açúcar, da laranja e do algodão herbáceo para a região Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 29, n. 2, p. 30-43, 2006.

- WANG, S., FU, B., CHEN, H., & LIU, Y. Regional development boundary of China's Loess Plateau: Water limit and land shortage. **Land Use Policy**, v. 74, p. 130-136, 2018.
- WESSEH JR, P. K.; LIN, B. Climate change and agriculture under CO₂ fertilization effects and farm level adaptation: Where do the models meet?. **Applied energy**, v. 195, p. 556-571, 2017.
- WHEELER, T.; VON BRAUN, J. Climate change impacts on global food security. **Science**, v. 341, n. 6145, p. 508-513, 2013.
- WIRÉHN, L. Nordic agriculture under climate change: A systematic review of challenges, opportunities and adaptation strategies for crop production. **Land Use Policy**, v. 77, p. 63-74, 2018.
- WREGE, M. S. et al. **Zoneamento agroclimático para produção de limas ácidas e de limões no Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, 2004a.
- WREGE, M. S., CARAMORI, P. H., GONÇALVES, A. C. A., BERTONHA, A., CAVIGLIONE, J. H., FARIA, R. T., ... & GONÇALVES, S. Ocorrência da primeira geada de outono e última de primavera no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 143-150, 2004b.
- WREGE, M. S., DE OLIVEIRA, R. P., JOÃO, P. L., HERTER, F. G., STEINMETZ, S., CARLOS JÚNIOR, R., ... & PEREIRA, I. D. S. **Zoneamento agroclimático para a cultura dos citros no Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E), 2004c.
- YANG, J., ZENG, J., WEN, L., ZHU, H., JIANG, Y., JOHN, A., ... & YANG, B. Effect of morin on the degradation of water-soluble polysaccharides in banana during softening. **Food chemistry**, v. 287, p. 346-353, 2019.
- YLÄ-ANTTILA, T., GRONOW, A., STODDART, M. C., BROADBENT, J., SCHNEIDER, V., & TINDALL, D. B. Climate Change Policy Networks: Why and How to Compare Them Across Countries. **Energy Research & Social Science**, v. 45, p. 258-265, 2018.
- YOUSUF, B.; SRIVASTAVA, A. K. Impact of honey treatments and soy protein isolate-based coating on fresh-cut pineapple during storage at 4° C. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 21, p. 100361, 2019.
- ZANUS, M.; MANDELLI, F. Safra da uva na Serra Gaúcha: perspectiva de vinhos tintos de alta qualidade e de sabor mais intenso. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 6 p.
- ZARO, G. C., RICCE, W. D. S., CARAMORI, P. H., CARVALHO, S. L. C., & VICENTINI, M. E. Zoneamento Agroclimático para a cultura do abacateiro no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 85-94, 2014.
- ZARO, G. C., CARAMORI, P. H., RICCE, W. D. S., NITSCHKE, P. R., WERNER, S. S., ROSISCA, J. R., ... & DA COSTA, A. B. Inter-annual analysis of soybean and corn yield in relation to water deficit in a transitional zone between subtropical and tropical climate. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 4, p. 511, 2018.

ZHAI, Z. J.; HELMAN, J. M. Implications of climate changes to building energy and design. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 511-519, 2019.

ZHANG, Z., ZHU, Q., HU, M., GAO, Z., AN, F., LI, M., & JIANG, Y. Low-temperature conditioning induces chilling tolerance in stored mango fruit. **Food Chemistry**, v. 219, p. 76-84, 2018.