

Zoneamento de Risco Agroclimático do Mamoeiro (*Carica Papaya* L.) na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III

Nathan Felipe da Silva Caldana¹

Pablo Ricardo Nitsche²

Luiz Gustavo Batista Ferreira³

Alan Carlos Martelócio⁴

Paulo Vicente Contador Zaccheo⁵

Jorge Alberto Martins⁶

Resumo

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de mamão. A fruticultura é um segmento de destaque da agricultura brasileira. Apesar dos recentes avanços tecnológicos e científicos, o clima é ainda a variável mais importante na produtividade agrícola. Nesse contexto, o zoneamento agroclimático deve ser uma das primeiras informações a serem consideradas ao iniciar o cultivo de determinada cultura. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar o zoneamento de risco agroclimático para o Mamoeiro (*Carica Papaya* L.) na bacia do Rio Paraná III, estado do Paraná. Para isso, foram utilizados dados meteorológicos de 43 estações com recorte temporal de 1976-2018. A análise do risco agroclimático foi pautada nas exigências da espécie, sendo estas: precipitação, deficiência hídrica anual, temperatura média anual, insolação e risco de geada. A ocorrência de geadas foi o fator mais limitante para a produção na região. Esse fator meteorológico restringiu o plantio na porção centro-leste da bacia. Nas demais áreas, o risco é presente, mas foi garantida a aptidão para o plantio do mamoeiro.

Palavras-chave: Aptidão climática. Variabilidade Climática. Planejamento Agrícola.

Introdução

O clima é a variável que mais interfere no estabelecimento, propagação e adaptação das plantas agrícolas, sejam elas de espécies frutíferas, grãos, anuais ou perenes, além de ser importante na definição das potencialidades e vulnerabilidade das distintas regiões. O Brasil, país predominantemente de clima tropical, é um dos maiores produtores de mamão do mundo. Na colheita da frutífera em 2018, foram registrados cerca de 1 milhão e 600 mil toneladas (IBGE, 2019). O clima da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III é caracterizado por sua variabilidade, de regime hídrico e térmico com variações bem distintas durante o ano (CALDANA et al., 2019). Apesar de ser uma região economicamente

1 Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias. Doutorando em Agronomia. nathan.caldana@uel.br. Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380 – *Campus* Universitário, PR, 86057-970

2 Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR-EMATER). Doutor em Agronomia. Pesquisador.

3 IAPAR-EMATER. Mestre em Agricultura Conservacionista. luiz.gustavo@agronomo.eng.br.

4 Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI). Pesquisador bolsista. Mestre em Agricultura. amartelocio@agronomo.eng.br.

5 IAPAR-EMATER. Doutor em Agronomia. Pesquisador. paulo@idr.pr.gov.br.

6 Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Discente em Engenharia Ambiental. jmartins@utfpr.edu.br.

agrícola e promissora ao cultivo do mamão, em 2018 não houve registros de produção da frutífera na área que abrange a Bacia, enquanto o estado do Paraná no mesmo período produziu 1,6 mil toneladas em 81,0 hectares (IPARDES, 2019).

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, em que 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 distribuído durante o ano, somados à alta insolação (MATOS et al., 2012; CAMPOSTRINI et al., 2018).

A altitude ideal está em torno dos 200,0 m, com aptidão para produzir em altitudes mais elevadas, onde a temperatura é menor, no entanto, nesse caso a qualidade da fruta seria afetada, uma vez que 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 do ciclo da cultura, com redução de crescimento e alterações na qualidade dos frutos. Portanto, para se atingir a qualidade e produtividade e reduzir os riscos, a aplicabilidade de estudos dos elementos agrometeorológicos vem sendo estudada em escala planetária, abrindo campo para melhorar o manejo, a tomada de decisão, o planejamento agrícola e o cultivo do mamoeiro em zonas ainda inexploradas (MIGLIACCIO et al., 2010; VIVAS et al., 2015; PAN et al., 2017; TREVISAN, 2017; MAURYA et al., 2019; RODRIGUES et al., 2019; SALINAS et al., 2019; SILVERIO et al., 2019; URTASUN et al., 2020).

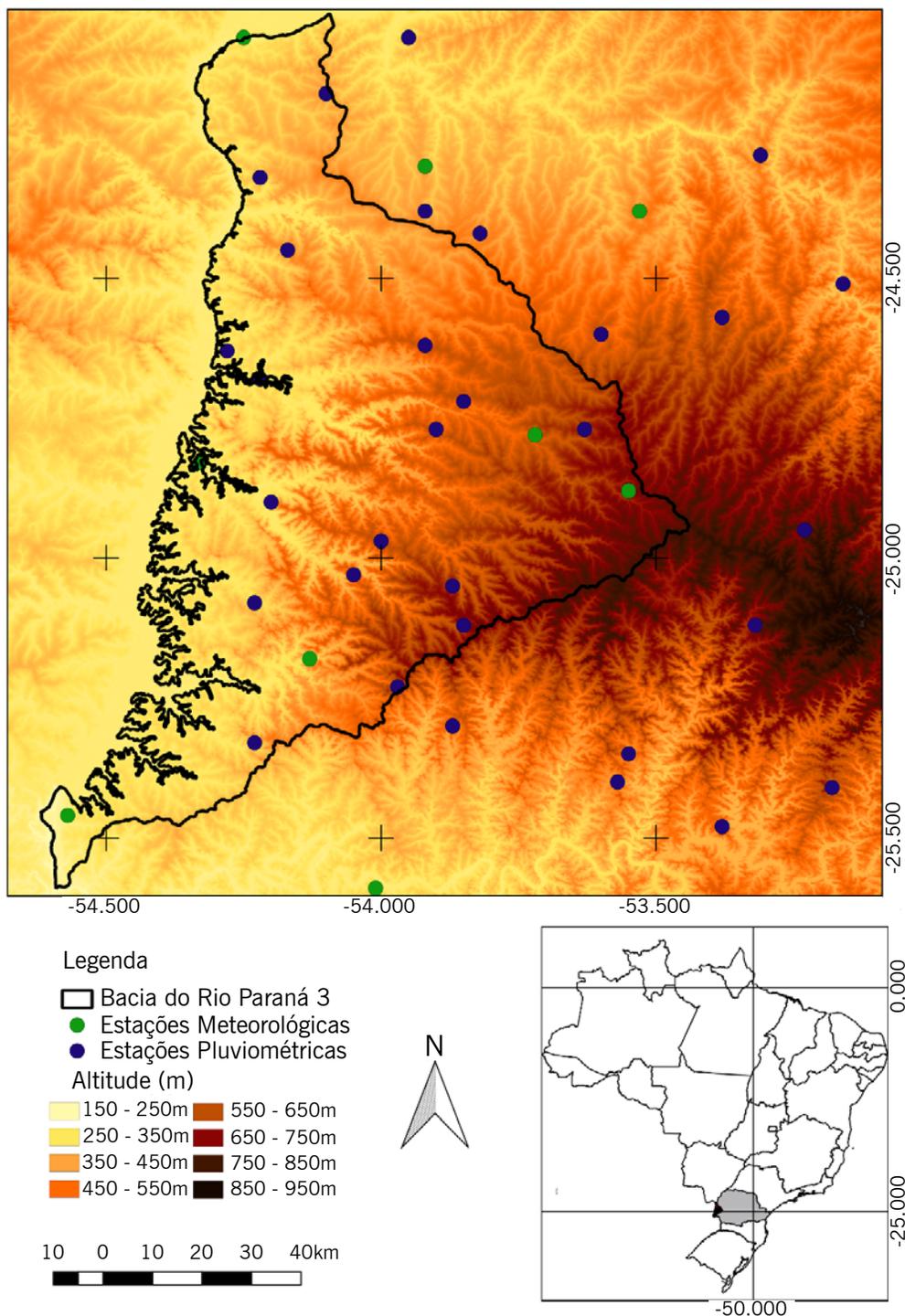
Neste sentido e considerando a inexpressividade do mamoeiro na área de estudo, o objetivo do trabalho foi realizar o zoneamento agrícola de risco climático para o mamoeiro na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III. Para isso, foram levantadas as exigências hidroclimáticas da espécie e os dados meteorológicos de séries temporais anual, sazonal, mensal e diária com o recorte temporal de 1976 a 2018 para conhecimento do clima local.

Material e métodos

Variabilidade climática

A região possui relevo (Figura 1) inclinado no sentido Oeste-Leste, com variação de 180 m a 800 m, o que propicia grande variabilidade climática e diversidade nas espécies que podem ser produzidas na região. O clima “Cfa” (subtropical, sem estação seca e verão quente) predomina em boa parte da região, abrangendo toda a porção oeste, sul, norte e centro da bacia. O clima “Cfb” (subtropical, sem estação seca e verão fresco) predomina na área leste da região, com altitudes superiores a 700 m (Figura 1), conforme a classificação climática de Köppen, de 1936 (NITSCHKE et al., 2019).

Figura 1 – Hipsometria e localização das estações meteorológicas utilizadas.



Fonte: Organizado pelos autores (2020).

Para analisar a variabilidade climática e realizar o zoneamento de risco climático, 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 Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (1976-2018), 10 estações meteorológicas do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR (2000-2018) e 27 estações pluviométricas do Instituto das Águas Paraná (1976-2018) (Figura 1).

Para a precipitação foram utilizados apenas os dados das estações pluviométricas, pois elas possuem séries longas de dados (1976-2018). A espacialização desses dados foi realizada por meio da interpolação, que é um método eficaz para a visualização espacial dos dados climáticos. A visualização deu-se por meio de isoietas e/ou de valores preenchidos espacialmente por estatísticas de regressões ajustadas utilizando o algoritmo de interpolação espacial *Inverse distance weighted* (IDW) (MUELER, 2004; LEM et al., 2013). Os mapas foram criados por meio do Software Qgis.

Os dados pontuais das estações pluviométricas foram inseridos no Software Qgis e transformados em um arquivo tipo *raster*, com auxílio do interpolador IDW. Este arquivo exibe uma superfície regular ajustada a estes dados pontuais de interesse com pixel de resolução espacial de 1,0 km por 1,0 km. Posteriormente foram inseridas isoietas e seus valores para melhor visualização das áreas com precipitação e/ou insolação similar, bem como regionalizá-las.

Foi utilizada a base do SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* para aplicar os valores meteorológicos nos mapas, usando os fatores geográficos do relevo e altitude na escala de 30,0 m. Esses fatores são utilizados, visto a influência sobre a temperatura. Esse método é necessário para espacializar e regionalizar os dados para áreas que não possuem dados de temperatura, com maior precisão.

Para a espacialização dos dados de temperatura média e geada, 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: $y = a + b.lat + c.long + d.alt$, em que a, b, c, d são coeficientes da regressão. Essa fórmula é aplicada no software de geoprocessamento Arcgis sobre o arquivo do SRTM, possibilitando gerar mapas, como já mencionado, com resolução espacial de 30,0 m.

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 iguais ou menores que 1,0 °C e posteriormente ajustadas também à equação $y = a + x.lat + y.long + z.alt$.

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 (ETPp, mm.mês⁻¹) 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 °C; e I é um índice que expressa o nível de calor da região. O subscrito n representa o mês, ou seja, n = 1 corresponde a janeiro; n = 2 corresponde a 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:

$$I = 12(0,2 Ta)^{1,514} \quad (1)$$

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

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

O valor de ETPp 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 ETPp deve ser corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP).

$$COR = \left(\frac{N}{12}\right) \left(\frac{NDP}{31}\right) \quad (3)$$

Zoneamento de risco agroclimático

Os fatores de risco selecionados para o zoneamento agrícola de risco climático foram:

- a. Precipitação anual: foram selecionados os dados de precipitação mensal e anual de séries meteorológicas de 27 estações pluviométricas da bacia. Os resultados obtidos foram interpolados em um sistema de informação geográfica para a geração dos mapas com a regionalização dos dados por meio do IDW. Foi considerado: Alto Risco: precipitação anual inferior a 1.200 mm e baixo risco, superior a 1.200 mm e inferior a 3.100 mm anuais bem distribuídos durante o ano (FONSECA et al., 2004).
- b. A Dha (deficiência hídrica anual) foi estimada de acordo com o método de Thornthwaite e Matter (1955), tendo sido obtida pelo cálculo do balanço hídrico climatológico normal para as estações meteorológicas. Utilizou-se do 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 1,0 m de perfil do solo. Os resultados obtidos foram interpolados no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGis 10.0 para a geração dos mapas de deficiência hídrica anual. Para o risco de deficiência hídrica, foram considerados: Alto Risco: Dha > 80 mm, Baixo Risco: Dha < 80 mm (FONSECA et al., 2004).
- c. Temperatura média anual foram utilizados dados meteorológicos das séries históricas de temperaturas médias observadas no interior de abrigos meteorológicos para estimar a temperatura média anual. Foi aplicada regressão em função da latitude, longitude e altitude para toda a bacia. Foram definidas as seguintes classes de risco para a Ta: Alto Risco: inferior a 22 °C e Baixo Risco: de 22 °C a 26 °C (COELHO FILHO et al., 2011; DANTAS; JUNGHANS, 2013).
- d. Umidade relativa do ar: Graças à propagação de doenças, foi considerado o limite superior de alto risco de > 85,0 % e o limite inferior por seca de < 60,0 %. Os valores de umidade nesse intervalo foram classificados como baixo risco (FONSECA et al., 2004; COELHO FILHO et al., 2011; DANTAS et al., 2013).
- e. Risco de geada: foram utilizados dados meteorológicos de temperatura mínima das séries históricas de 13 estações, considerando ocorrências de valores iguais ou inferiores a 1,0°C, observados no interior do abrigo meteorológico para calcular os riscos de geadas.

Foram calculadas as probabilidades de ocorrência anual e correlacionadas com altitude e latitude, obtendo-se uma equação de regressão para o risco de geadas. Utilizando as regressões ajustadas foram estimados como alto risco valores superiores a 20,0 % (COELHO FILHO et al., 2011; DANTAS e JUNGHANS, 2013).

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. Após a espacialização dos dados, foram utilizadas as informações edafoclimáticas das espécies. Foi realizada a delimitação das faixas representativas das exigências climáticas do abacaxizeiro. 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.

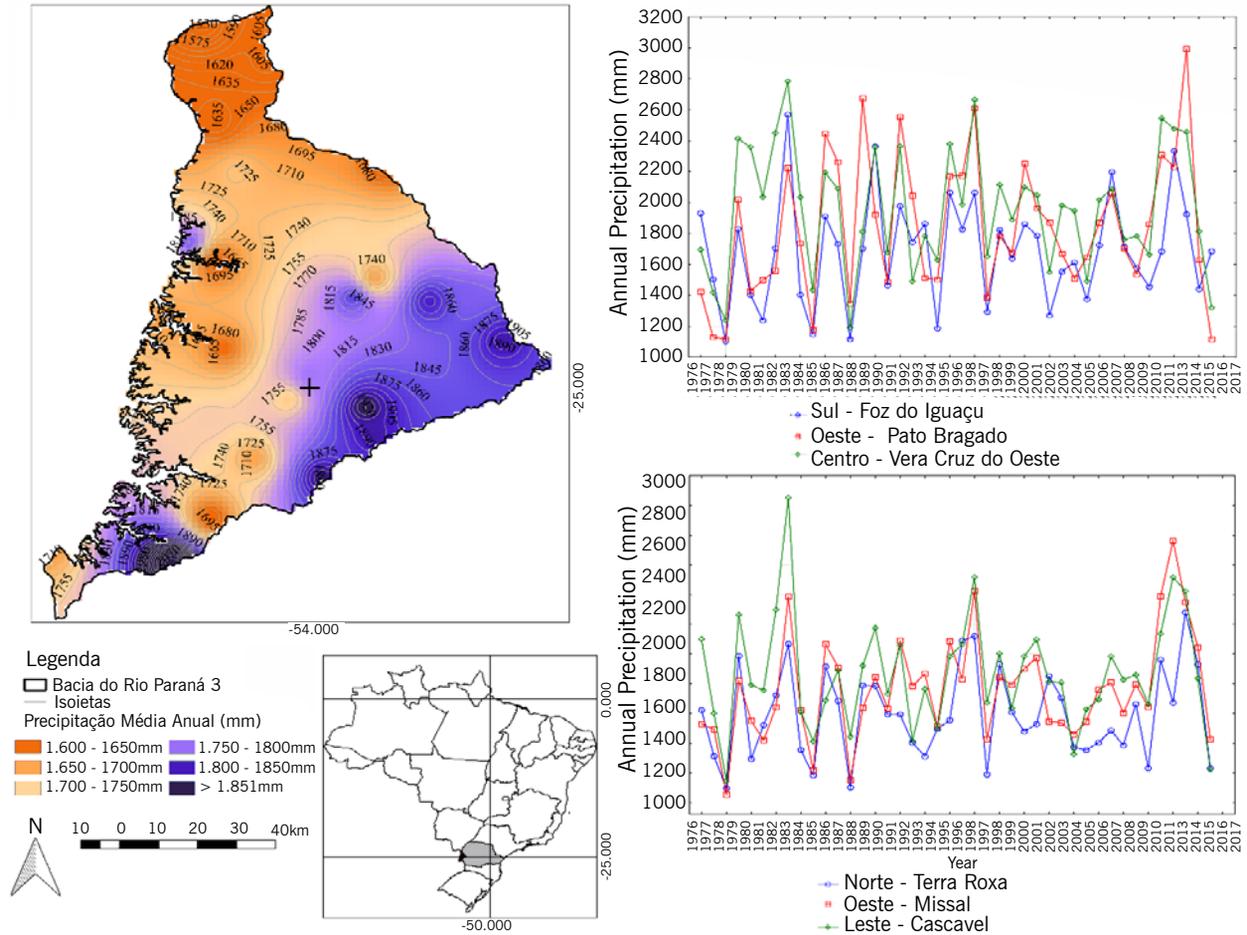
Em seguida, é realizada a uniformização dos pixels por classificações por meio da dissolução das classes vetoriais. Dessa forma, as classes do zoneamento agroclimático são agrupadas, criando uma regionalização da aptidão para cada espécie. O mapa final do zoneamento agroclimático de cada cultura fornecerá estimativa da área representativa de cada classe de risco, garantindo a sua aptidão ou não para o local.

Resultados e discussão

A precipitação da bacia do Rio Paraná III não apresentou restrição para o cultivo do mamoeiro (Figura 2). Como o risco avaliado era de precipitação inferior a 1.200,0 mm na média anual, o menor registro foi de 1680,0 mm no extremo norte da bacia na região de Guaíra.

Ao avaliar o risco anual nos exemplos de estações pluviométricas espalhadas pela região, houve poucas ocorrências de precipitação inferior a 1.200,0 mm mesmo nos anos extremamente secos. As estações de Foz do Iguaçu e Missal, localizadas no extremo sul e oeste, respectivamente, foram as que mais apresentaram ocorrências, com apenas três cada, e todas superiores a 1.000,0 mm.

Figura 2 – Precipitação média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III.

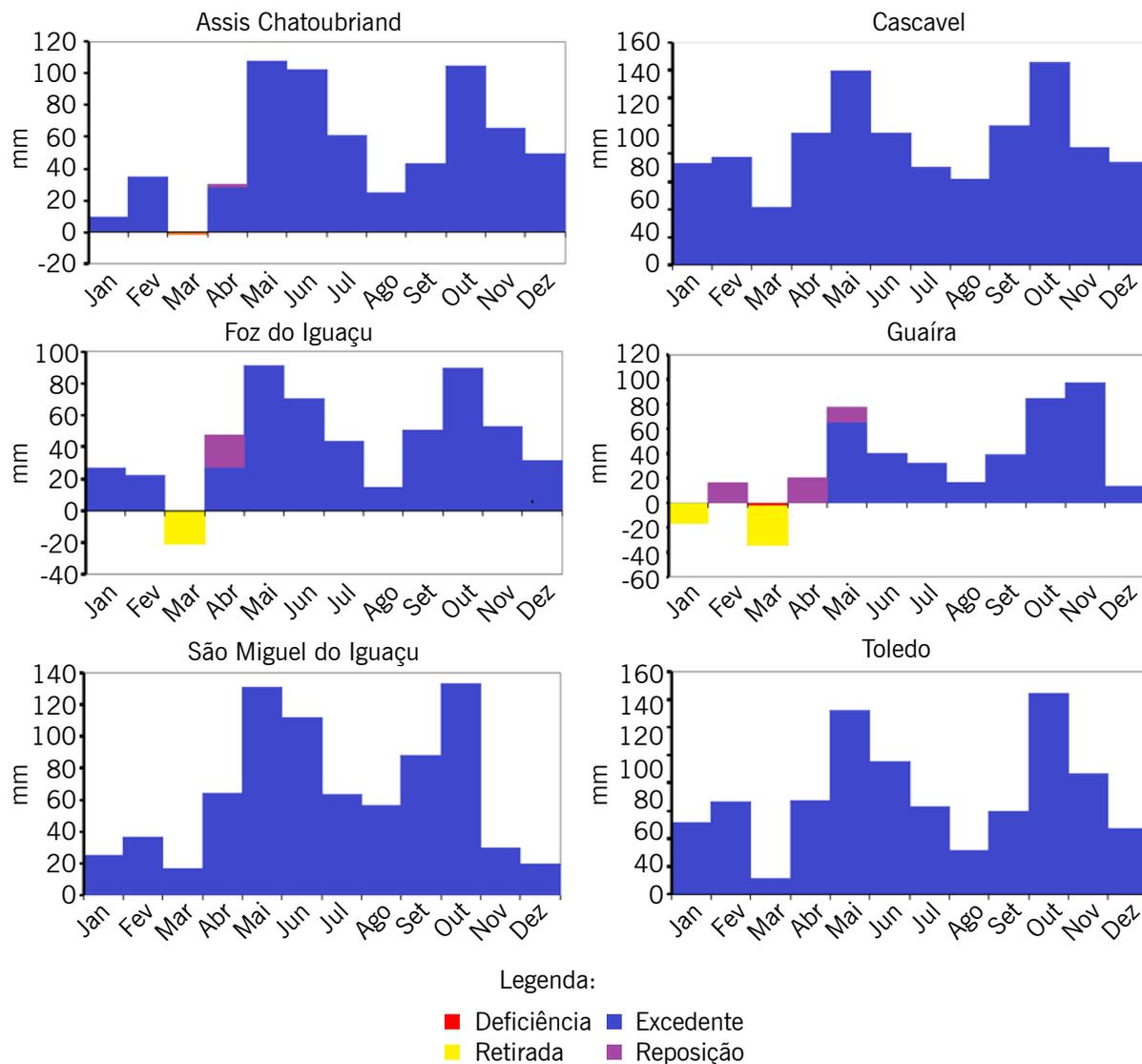


Fonte: Organizado pelos autores (2020).

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. Como o mamoeiro é sensível ao encharcamento deve-se evitar o método de irrigação por inundação (DANTAS et al., 2013). A necessidade hídrica para o mamoeiro na Bacia do Rio Paraná III foi avaliada por meio balanço hídrico (Figura 3).

Como o risco avaliado era de 80,0 mm acumulados ao ano, nenhuma estação apresentou risco para o cultivo do mamoeiro. Em Guaíra que apresentou maior deficiência, o acumulado foi de 56,0 mm. 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 à espécie nesse período e em casos extremos entrar com a irrigação, mesmo que de forma pontual.

Figura 3 – Balanço hídrico para a cultura do Mamoeiro na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III.

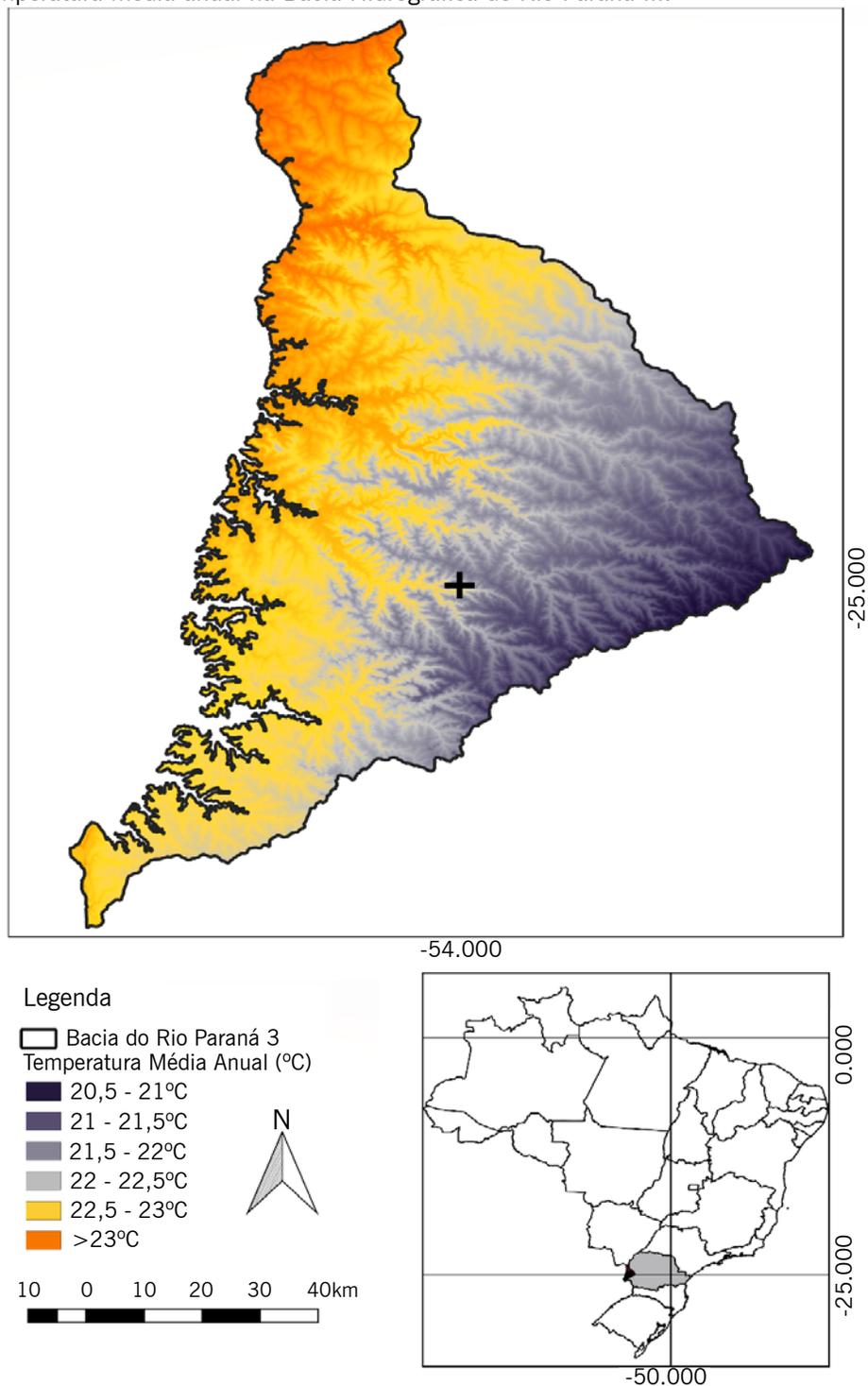


Fonte: Organizado pelos autores (2020).

O mamoeiro é uma planta tipicamente tropical, vegetando bem em regiões de alta insolação, com temperaturas variando de 22,0 °C a 26,0 °C (DANTAS et al., 2013). Observou-se que a temperatura na região responde mais ao fator geográfico da altitude (FIGURA 4) 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 21,0 °C. Classificou-se assim toda a faixa centro-leste como inapta.

As maiores temperaturas médias foram observadas na região de Guairá, no extremo norte da bacia, chegando a superar os 23,0 °C. A faixa em cinza claro no mapa apresenta a porção apta para o pleno desenvolvimento do mamoeiro na região, abrangendo ainda toda a região oeste, próxima à calha do Rio Paraná III.

Figura 4 – Temperatura média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III.



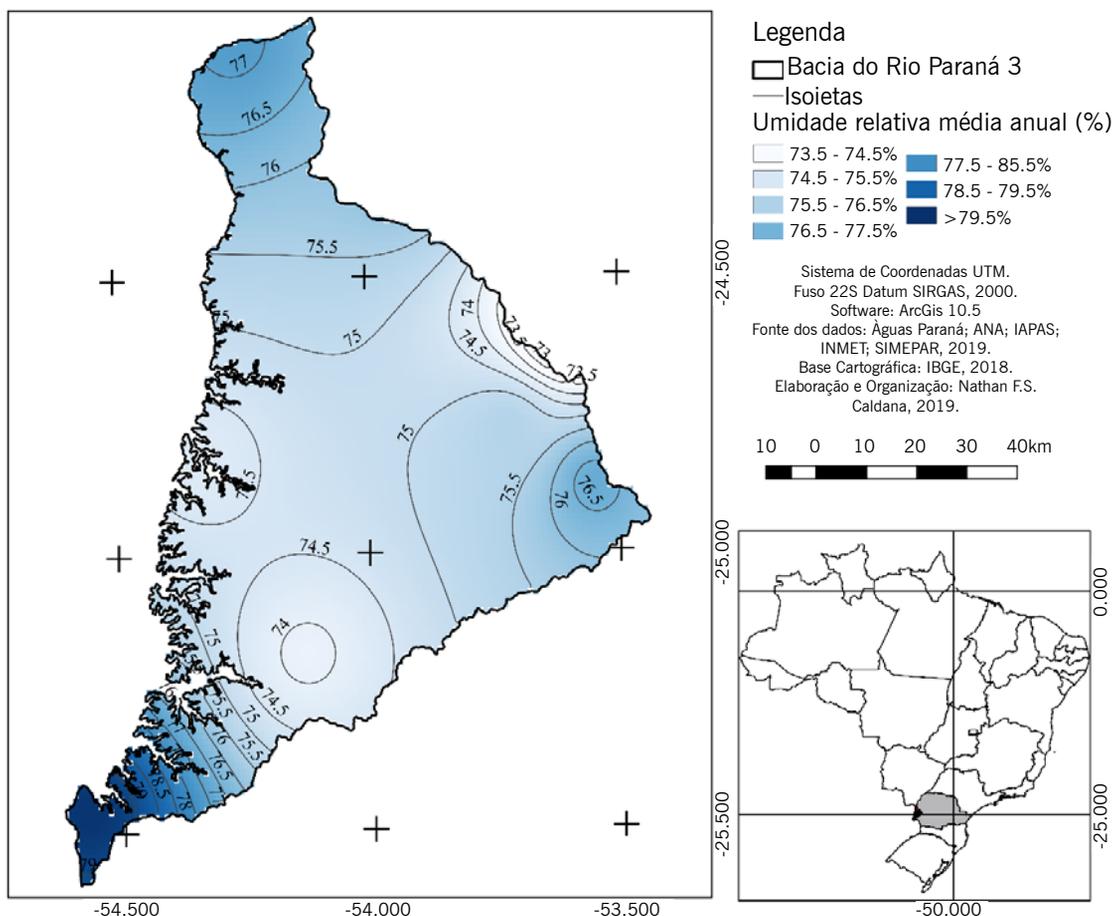
Fonte: Organizado pelos autores (2020).

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, na qual os autores consideraram apto para o cultivo de mamão a partir de 900,0 mm anuais. Por meio das projeções do IPCC, as simulações testadas

sugerem que até 2070, o mamoeiro teria redução de aproximadamente 100,0 % da sua área de produção na Bahia, com temperaturas médias podendo superar 31,0 °C, demonstrando, assim, a importância dessa variável na restrição do plantio do mamão, principalmente em áreas mais quentes, sem a ocorrência de geadas.

A umidade elevada (Figura 5) 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 85,0%, enquanto a mínima, apresentando a preocupação com a necessidade hídrica da espécie, é de 60,0 %.

Figura 5 – Distribuição da umidade relativa média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III, de acordo com a distribuição de extremos.



Fonte: Organizado pelos autores (2020).

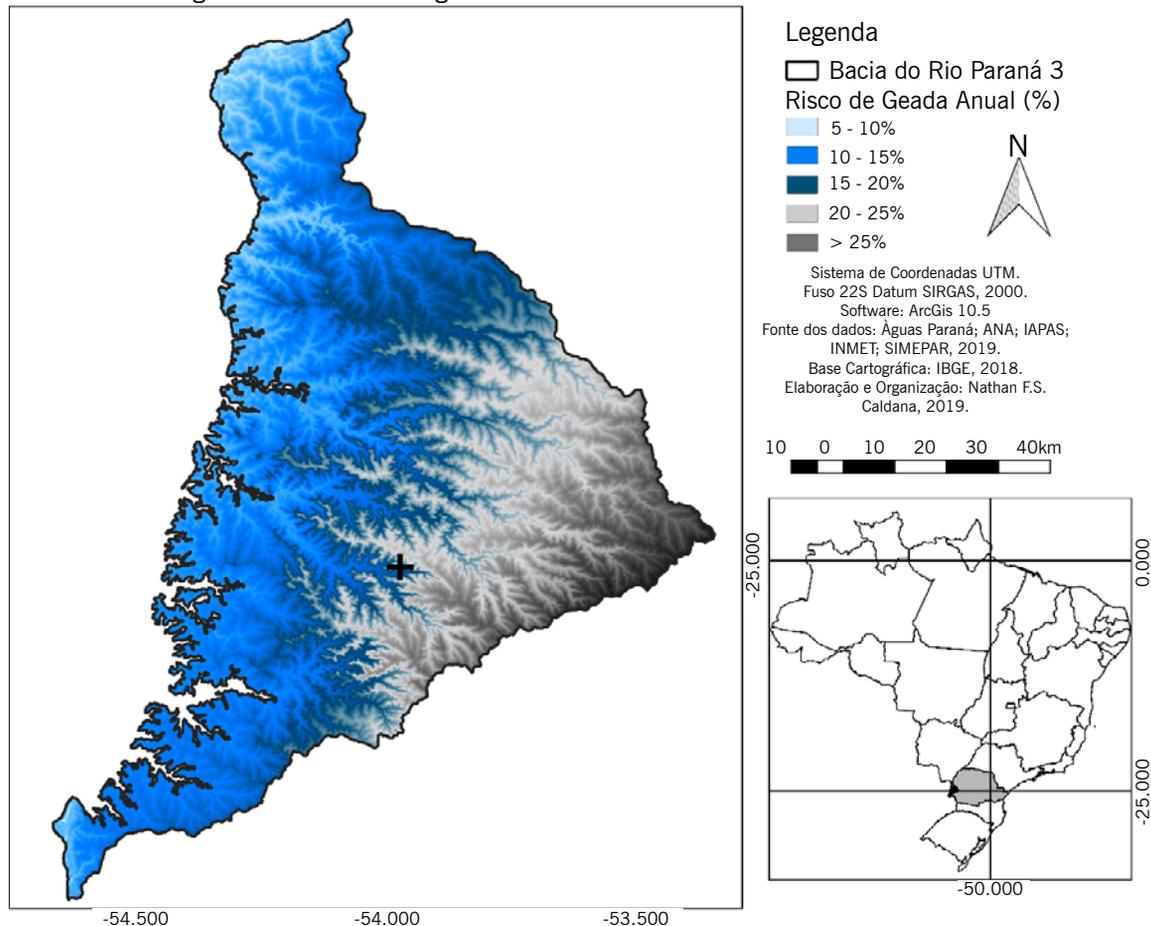
A umidade relativa média na região teve pico em Foz do Iguaçu, localizada nas bordas do Rio Iguaçu e Paraná, nesta localidade a umidade chegou a 79,0 %. Enquanto nas bordas da região, próximo a Assis Chateaubriand, houve redução da umidade, chegando a 73,0 %. Dessa forma, por essa variável, nenhuma das regiões apresentou restrição pela umidade relativa.

Em temperaturas baixas, o mamoeiro paralisa 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.

O risco de geada na região (FIGURA 6) apresentou distribuição similar à 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 10,0% a 20,0%, 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 cerca de 5,0 %.

Figura 6 – Risco de geada na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III.

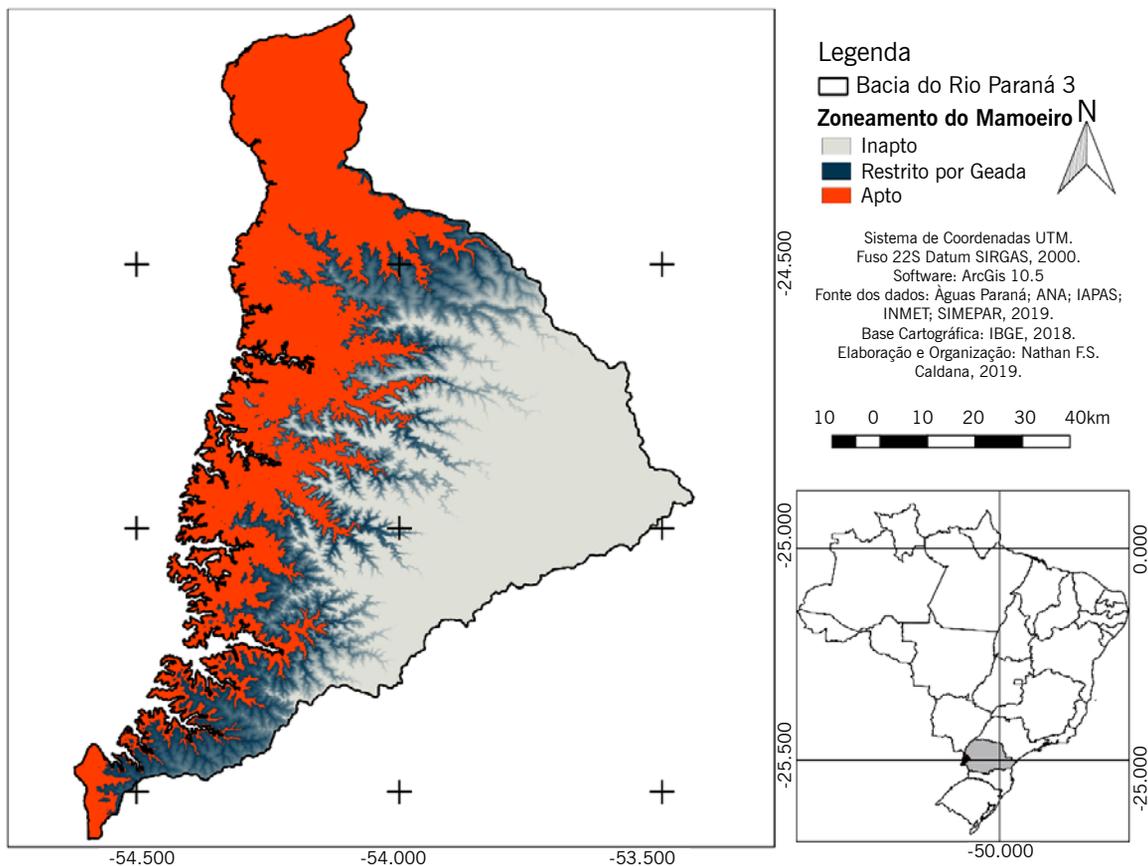


Fonte: Organizado pelos autores (2020).

O mapa final do zoneamento (Figura 7) 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 1) e conseqüentemente mais fria (Figura 3) 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 é de 10,0%, sendo que, se o produtor for realizar o plantio, deve estar sempre atento à ocorrência de geadas.

Figura 7 – Zoneamento de risco agroclimático do mamoeiro (*Carica papaya* L.) na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III.



Fonte: Organizado pelos autores (2020).

Mesmo nas regiões aptas, o risco de geada permanece, dessa forma, o produtor deve evitar os fundos de vale, e conceder preferência ao cultivo em áreas não muito declivosas, para facilitar o deslocamento 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 destacado a frente fria tem deslocamento preferencial no sentido sul/sudoeste, sentido nordeste (CALDANA et al., 2018; CALDANA et al., 2019; CALDANA; MARTELÓCIO, 2019).

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.

Cabe-se destacar que o zoneamento não elimina os riscos, apenas apresenta condições mais favoráveis para o desenvolvimento da bananeira. Sendo a agricultura uma atividade de risco, todas as atividades estão suscetíveis a qualquer evento extremo, podendo ou não trazer prejuízos. O zoneamento vem para dar maior segurança nas tomadas de decisões, no planejamento agrícola e em cenários de alterações climáticas, principalmente na Bacia do Rio Paraná III.

Conclusões

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III possui uma pequena faixa, na porção oeste, com baixo risco climático para a cultura do mamoeiro, principalmente nas áreas com menores altitudes, nas bordas do Rio Paraná.

A precipitação e o balanço hídrico apresentaram valores suficientes em todos os cenários testados para a produção do mamão.

O fator mais limitante para a produção é a ocorrência de geadas graças aos danos causados à árvore e aos frutos, bem como a temperatura média, restringindo o desenvolvimento da espécie. Limitou-se, assim, o plantio em toda a porção centro-leste da bacia.

Tomadas de decisão associadas a técnicas de manejo conservacionista contribuem redução do risco de geada e evitar áreas com maior incidência do fenômeno, garantindo maior sucesso no cultivo do mamão na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Itaipu Binacional, ao Projeto Ibatiba e à Fundação Apoio à Pesquisa Desenvolvimento do Agronegócio (FAPEAGRO), pela bolsa de estudos do primeiro autor.

Agroclimatic Risk Zoning of Papaya (*Carica papaya* L.) in the Hydrographic Basin of Paraná River III, Brazil

Abstract

Brazil is the largest producer and consumer of papaya (*Carica papaya* L.) in the world. Despite modern technological and scientific advances, climate is still the most important meteorological variable in agricultural production. In this context, agroclimatic risk zoning should be one of the first things to be considered when planning cultivation. The purpose of this study was to carry out climatic risk zoning for papaya cultivation in the Basin of Paraná River III, Paraná state, Brazil. Were used meteorological data from 1976 to 2018, collected from 43 stations. The climatic risk analysis was based on the precipitation, water balance, average annual temperature, average insolation, and frost tolerance required for papaya cultivation. The occurrence of frosts is the key limiting factor for production in the study area. This meteorological factor limits the viability of papaya cultivation in the Center-East region of the Basin. In other areas, risk remains, however, the papaya is apt for cultivation.

Keywords: Climate aptitude. Climate variability. Agricultural planning.

Referências

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.

CALDANA, N. F. S.; 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.

CALDANA, N. F. S.; MARTELÓCIO A. C. Gênese, frequência e intensidade das precipitações de granizo nas Mesorregiões Centro Oriental e Sudeste Paranaense, Brasil. **Geo textos**, v. 15, p. 205-229, 2019.

CALDANA, N. F. 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, 2019.

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**, 2018. p. 481-505.

COELHO FILHO, M. A.; DA SILVA, T. S. M.; DE ALMEIDA, C. O.; ALBUQUERQUE, A. F. A.; SILVA, O. S. M. da. **Impacto do aquecimento global na aptidão do Estado da Bahia para o cultivo do mamoeiro**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011.

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

FONSECA, E. L.; BOLFE, E. L.; DA SILVA JÚNIOR, J. F. **Zoneamento agrícola para espécies frutíferas tropicais do Centro-Sul do Estado de Sergipe-Abacaxi, Banana, Mamão e Mangaba**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Estatísticas da Produção Agrícola**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>. Acesso: Dezembro de 2019.

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES. **Produção de Mamão**. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso: dez. 2019.

KIST, H.; MANICA, I. Densidades de plantio, crescimento e produção do mamoeiro Formosa (*Carica Papaya* L.) em Porto Lucena, RS. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 30, n. 5, p. 657-666, 1995.

LEM, S.; ONGHENA, P.; VERSCHAFFEL, L.; VAN DOOREN, W. The heuristic interpretation of box plots. **Learning and Instruction**, v. 26, p. 22-35, 2013.

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

MAURYA, N. K.; GOSWAMI, A. K.; SINGH, S. K.; PRAKASH, J.; GOSWAMI, S.; CHINNUSAMY, V.; TALUKDAR, A.; PRADHAN, S.; 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.

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.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. D. S.; PINTO, L. F. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR. 2019. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>. Acesso em: 21 dez. 2019

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.

PRADHAN, S.; GOSWAMI, A. K.; SINGH, S. K.; PRAKASH, J.; GOSWAMI, S.; CHINNUSAMY, V.; TALUKDAR, A.; 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.

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.

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.

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.

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

TREVISAN, E. **Microclima sob a copa do mamoeiro cultivado com café e em diferentes orientações de plantio, ao longo do ano**. Dissertação de mestrado defendida na Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória 2017.

URTASUN, M. M.; GIAMMINOLA, E. M.; BASKIN, C. C.; VIANA, M. L. de; 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. 109-134, 2020.

VIVAS, J. M. S.; VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F. da. Effect of temperature on in vitro growth and sporulation of hyperparasites fungi of *Asperisporium caricae*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 73-81, 2015.

Recebido em: 22 de janeiro de 2020

Aceito em: 04 de maio de 2020