

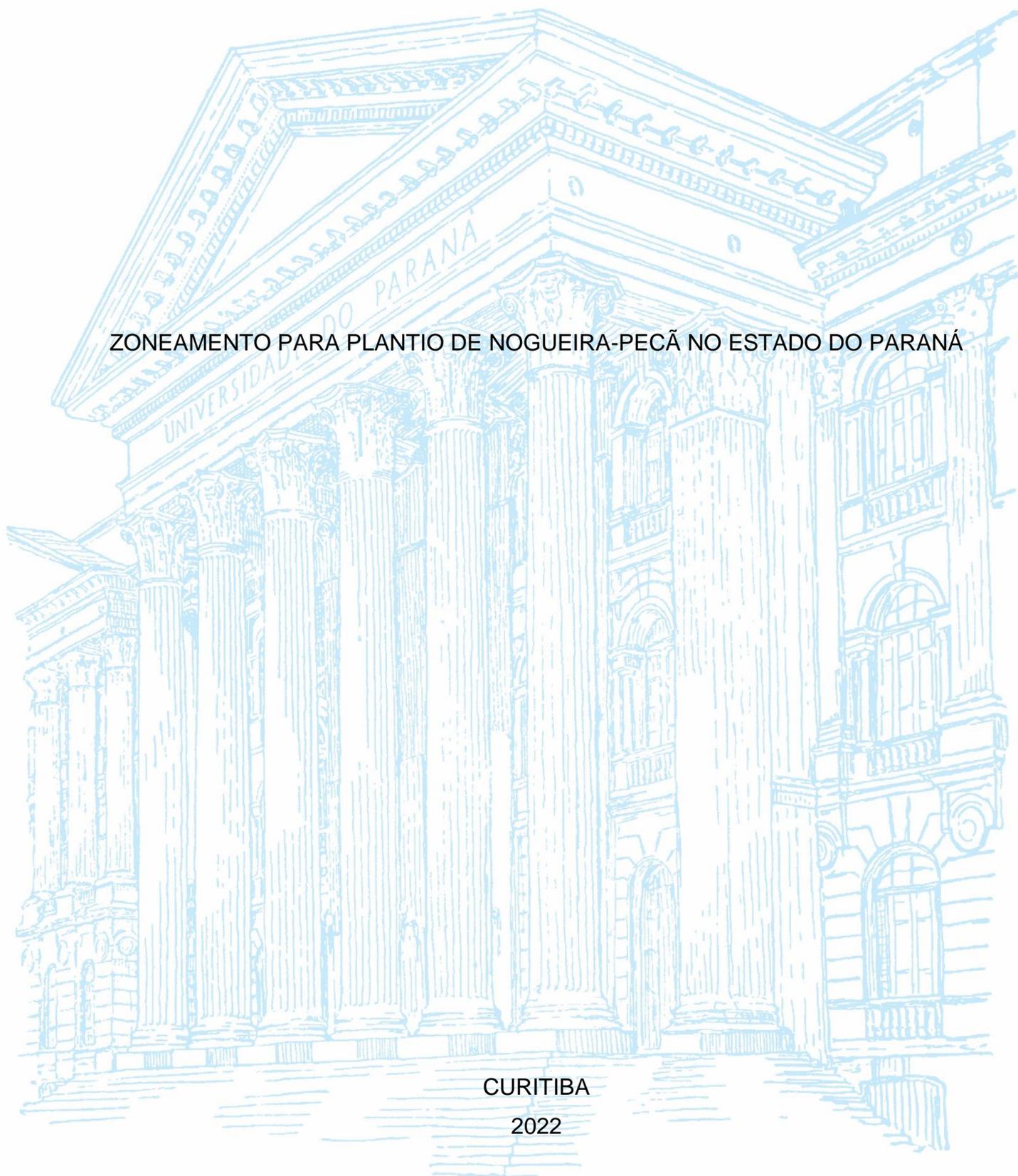
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO CESAR FALKIEVICZ

ZONEAMENTO PARA PLANTIO DE NOGUEIRA-PECÃ NO ESTADO DO PARANÁ

CURITIBA

2022



BRUNO CESAR FALKIEVICZ

ZONEAMENTO PARA PLANTIO DE NOGUEIRA-PECÃ NO ESTADO DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

CURITIBA

2022

TERMO DE APROVAÇÃO

BRUNO CESAR FALKIEVICZ

ZONEAMENTO PARA PLANTIO DE NOGUEIRA-PECÃ NO ESTADO DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Orientador – Departamento de Ciências Florestais, UFPR

Prof. Dr. Nilton José Sousa

Departamento de Ciências Florestais, UFPR

Prof. Dr. Diego Tyszka Martinez

Departamento de Ciências Florestais, UFPR

Cidade, 13 de setembro de 2022.

Dedico esse trabalho ao meu avô, Fernando, que por muito tempo assumiu o papel de pai na minha vida, tendo se tornado uma figura de extrema relevância e influência para mim. Ainda vejo a lua cheia e lembro de você. Também dedico ao meu primo, Matheus. Sua breve passagem por esse plano foi transformadora para todas as almas que você teve a possibilidade de tocar.

AGRADECIMENTOS

Estando no período em que concluo meu curso superior, me tornando o primeiro engenheiro da minha família, agradeço por sempre ter provido tudo que me era necessário para chegar até aqui.

Um agradecimento especial, principalmente às minhas irmãs, Daniele e Michele, com quem compartilhei grande parte dos momentos, principalmente os difíceis, durante a graduação e a vida.

Agradeço também minha avó, Rosa, minha madrinha, Fabiana, e meu pai, Anderson, por sempre terem estado disponíveis às minhas necessidades, desde os tempos mais remotos. Tudo que conquistei até hoje foi fruto do que me ajudaram a cultivar.

Ainda, um agradecimento também ao orientador desse trabalho, Alexandre França Tetto, que foi paciente e se fez disponível em todo o tempo necessário para a sua conclusão.

Por fim, agradeço ainda aos meus amigos, que têm sido minha fortaleza desde sempre. Em especial, ao Gabriel Melo, que embarcou comigo nessa empreitada e compartilhou muitos dos momentos da sua vida comigo a partir daí. Seguiremos aprendendo juntos.

*[...] Se soubesse que amanhã morria
E a primavera era depois de amanhã,
Morreria contente, porque ela era depois de amanhã.
Se esse é o seu tempo, quando havia ela de vir senão no seu tempo?
Gosto que tudo seja real e que tudo esteja certo;
E gosto porque assim seria, mesmo que eu não gostasse.
Por isso, se morrer agora, morro contente,
Porque tudo é real e tudo está certo [...].
(FERNANDO PESSOA, 1925)*

RESUMO

O desenvolvimento de um plantio florestal pode ser duramente afetado, caso esse seja implementado em um local que não se adeque às exigências da cultura em questão. Tendo isso em vista, o trabalho objetivou a criação de um zoneamento para o plantio da noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) para o estado do Paraná, por meio de um Sistema de Informações Geográficas, no *software* QGIS, onde foram cruzadas informações de três variáveis, imprescindíveis no cultivo da espécie, principalmente do ponto de vista fisiológico: umidade relativa, horas de frio e aptidão edáfica. Os dados referentes à umidade relativa e horas de frio foram gerados com auxílio do Atlas Climático da Região Sul, desenvolvido pela Embrapa, enquanto os relativos à aptidão edáfica foram obtidos através da plataforma digital do Instituto Água e Terra. Essas variáveis foram selecionadas e reclassificadas em faixas de horas de frio e aptidão de solo, de forma a se definir os melhores locais de cultivo. Com a geração do zoneamento, também foi possível realizar a quantificação das áreas. Os resultados, gráfico e qualitativo, obtidos, apontam que o cultivo da pecaneira no estado pode ser limitado pela necessidade dos esforços relacionados com a correção de fertilidade (baixa em regiões com mais horas de frio) e suscetibilidade de erosão do solo, se comparados com outras regiões produtoras, como o Rio Grande do Sul, onde se concentra a maior parte dos plantios atuais, além de também demonstrar que as regiões paranaenses analisadas não apresentam extensas áreas aptas para cultivares mais exigentes em horas de frio (acima de 100 horas). Em suma, grande parte das áreas paranaenses precisam de esforços relacionados com a correção do solo para o cultivo da espécie.

Palavras-chave: Cultivares. Horas de frio. Geoprocessamento. Silvicultura. Noz-pecã.

ABSTRACT

The development of a forest plantation can be severely affected if it is implemented in a place that does not suit the requirements of the crop in question. With this in mind, this study aimed to develop a zoning for pecan tree for Paraná state, through a Geographic Information System, on the QGIS software, where three variables, essential informations for the cultivation of the species, mainly from a physiological point of view, were used: relative humidity, cold hours and edaphic suitability. Data about relative humidity and cold hours were generated through the Atlas Climático da Região Sul, document created by Embrapa, while those about edaphic suitability were downloaded from Instituto Água e Terra website. Then, those variables were selected and classified in cold hours and edaphic suitability ranges, in order to find the better spots to growth. With the zoning generated, it was also possible to measure the areas. The results, graphic and qualitative, obtained, indicate that the cultivation of pecan in the state may be limited by the need for efforts related to the correction of fertility (low in regions with more cold hours) and susceptibility to soil erosion, if compared with other producing regions, such as Rio Grande do Sul, where most of the current plantations are concentrated, in addition to demonstrating that the analyzed regions of Paraná do not have extensive areas suitable for more demanding cultivars in cold hours (above 100 hours). In short, Paraná areas need efforts related to soil correction for the cultivation of the species.

Keywords: Cultivars. Cold hours. Geoprocessing. Forestry. Pecan nut.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FLORES FEMININAS E MASCULINAS.....	16
FIGURA 2 – FRUTO EM DESENVOLVIMENTO E MADURO.....	16
FIGURA 3 – NOZ-PECÃ E AMÊNDOA DA CULTIVAR BARTON	18
FIGURA 4 – SISTEMA DE COORDENADAS UTM	23
FIGURA 5 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA (%) PARA OS MESES DE SETEMBRO A NOVEMBRO PARA O ESTADO DO PARANÁ	25
FIGURA 6 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DAS HORAS DE FRIO PARA OS MESES DE MAIO A SETEMBRO PARA O ESTADO DO PARANÁ	26
FIGURA 7 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO EDÁFICA DO ESTADO DO PARANÁ	27
FIGURA 8 – ZONEAMENTO PARA O PLANTIO DE NOGUEIRA-PECÃ PARA O ESTADO DO PARANÁ	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TABELA DE COEFICIENTES E PARÂMETROS.....	21
TABELA 2 – TABELA DE SIGLAS DO ZONEAMENTO.....	22
TABELA 3 – TABELA DE QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DO ZONEAMENTO.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 METODOLOGIA.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	15
2.2 CULTIVO E CULTIVARES	16
2.3 EXIGÊNCIA CLIMÁTICA.....	18
2.4 EXIGÊNCIA EDÁFICA	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	32
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

As nozes, como são conhecidos os frutos secos de algumas espécies vegetais, possuem alto valor agregado e são muito apreciadas atualmente, principalmente na culinária, pelos seus sabores e teores nutricionais. Tal fato, torna essas espécies potenciais fontes de renda e boas alternativas de investimento, já que, além de produzirem por décadas com pouca mão de obra, também podem ser plantadas em sistemas integrados de produção, levando em consideração os grandes espaçamentos utilizados nos plantios.

Mundialmente, o cultivo de amêndoas vem crescendo através dos anos e, com a noqueira-pecã (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch), não é diferente. Em 2004, a produção era de, aproximadamente, 68 mil toneladas, enquanto, no ano de 2017, a produção total foi de 124 mil toneladas, um salto de 74% em 13 anos. Contudo, do ano de 2013 a 2017, essa produção apresentou estabilidade, com uma média de 110 mil toneladas produzidas da noz (CAMPO E NEGÓCIOS, 2019).

Segundo Summit Agro (2020), o Brasil destacou-se na produção da noz-pecã no ano de 2019, se tornando o quarto maior produtor mundial da noz, ficando atrás apenas da África do Sul, Estados Unidos e México. Mesmo com uma produção relativamente pequena em comparação com os outros países, nos próximos anos, há uma expectativa de expansão desse mercado, tornando o país um potencial *player* no mercado mundial (REVISTA CULTIVAR, 2021).

Segundo Hamann (2018), existe uma demanda mundial estimada, para o ano de 2030, de 822.620 toneladas, um acréscimo de 40,61% em relação à de 2017. A projeção indica ainda que o México, um dos maiores produtores da noz no mundo, conseguirá atender apenas de 18 a 23% dessa demanda, evidenciando ainda mais o potencial brasileiro de assumir seu lugar nesse mercado.

Em termos de área, a quantidade plantada passou de 930 hectares, em 2004, para 10 mil hectares, em 2019, estando a maior parte desse valor presente no Rio Grande do Sul, com cerca de 70%, seguido por Santa Catarina, com 22%, e Paraná, com 8% (FILLIPINI-ALBA *et al.*, 2021).

No momento do planejamento de um possível empreendimento, principalmente aqueles com grandes horizontes de planejamento, como plantios florestais, é necessário embasar-se no maior número de informações disponíveis, a fim de tentar garantir o sucesso desse empreendimento. Uma das decisões a serem

feitas antes do plantio, é o local onde a espécie deverá ser plantada, de forma que esse supra todas as necessidades ecológicas para o seu bom desenvolvimento, e assim, haja uma otimização da utilização dos insumos e seja possível gerar, no futuro, a maior receita para os menores custos possíveis. Para isso, em um primeiro momento, pode-se utilizar um zoneamento edafoclimático para se escolher as regiões onde a implementação do cultivo de determinada espécie seria biologicamente viável.

Zoneamento edafoclimático é o nome dado ao resultado gráfico do cruzamento e classificação de variáveis edáficas (como declividade, fertilidade e profundidade efetiva), que podem ser transformadas pelo manejo do solo, com variáveis climáticas (como temperatura e precipitação), levando-se em consideração as especificidades e necessidades de cada espécie vegetal. O intuito desse trabalho foi o de desenvolver um projeto similar a um zoneamento edafoclimático, com características de solo não tão representativas, para a espécie *Carya illinoensis*.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cadeia produtiva do fruto gerado pela espécie, conhecido como noz-pecã, vem se consolidando, fato observado através de diversos fatores, como o crescimento das áreas de plantio e interesse de pequenos, médios e grandes agricultores, aumento no número de empresas interessadas no desenvolvimento e fabricação de equipamentos e surgimento de assistência técnica especializada, por exemplo. De forma complementar, ainda tem surgido, nos últimos anos, o apoio de entidades e instituições públicas, como o da própria Embrapa e de universidades, potencializando assim a escolha de agricultores interessados no cultivo da noz. Em contrapartida, o cultivo ainda carece de informações tecnológicas que subsidiem as tomadas de decisão dos envolvidos, principalmente aquelas relacionadas com o manejo e produção da noz-pecã (MARTINS *et al.*, 2021). Segundo Filippini-Alba *et al.* (2020), o zoneamento edafoclimático é um instrumento que serve de suporte para o sistema produtivo e políticas públicas, aprimorando a exploração de recursos, ajudando na proteção das áreas naturais e auxiliando na sustentabilidade dos empreendimentos socioeconômicos. Dessa forma, esse estudo tem sua importância pautada na elaboração de um zoneamento que sirva como suporte nas tomadas de decisão de empreendedores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Classificar e definir as melhores áreas de cultivo, para o cultivo da noqueira-pecã, no estado do Paraná.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- i. Definir as melhores áreas para o cultivo: através do cruzamento das variáveis que mais impactam no desenvolvimento da cultura, encontrar as áreas que podem ser utilizadas para a implantação de plantios.
- ii. Classificar as áreas selecionadas em função da aptidão para o cultivo da noqueira-pecã: tendo sido realizado o cruzamento das variáveis, classificar as áreas de forma a indicar os melhores locais para o cultivo, graficamente.
- iii. Quantificar as áreas classificadas para o estado do Paraná: por fim, com as novas classes de áreas, quantificá-las para mensurar, em porcentagem, a área do estado com potencial de cultivo.

1.3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, que consistem no processamento de dados georreferenciados. O *software* utilizado para tal fim foi o QGIS, que permitiu a criação, leitura, manipulação e análise das informações geográficas da área de interesse estudada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) ocorre naturalmente nas regiões temperadas, do sul dos Estados Unidos até o México. Devido às condições de clima e solo encontradas nos seus locais de origem, há uma boa adaptação da planta na região Sul do Brasil, devido às similaridades no clima, também temperado (ou subtropical de altitude), além do regime de frio adequado e temperaturas e pluviosidade adequadas no verão (NOGARA, 2018).

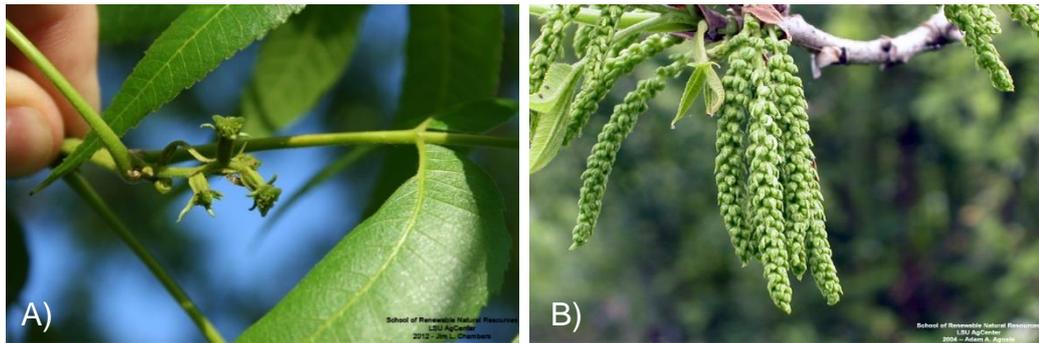
Sua história teve início no Brasil no ano de 1865, quando Dom Pedro II, tendo interesse na expansão do cultivo do algodão, criou um cenário atrativo para que imigrantes norte-americanos viessem ao país. Entre 1865 e 1875, até 4.000 imigrantes chegaram ao país, introduzindo culturas como a da melancia, do pessegueiro e da noqueira-pecã (WELLS, 2017).

2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

A família Juglandaceae abrange cerca de 59 espécies, distribuídas em 7 diferentes gêneros. Dentre eles, o gênero *Carya*, que contempla uma média de 18 espécies, incluindo a espécie-alvo desse estudo, a *Carya illinoensis* (STONE, 2020).

Segundo Martins *et al.* (2021), as árvores da noqueira-pecã são decíduas e podem ultrapassar os 40 metros de altura. É uma planta monoica, ou seja, suas flores são femininas ou masculinas, distribuídas no mesmo indivíduo. As flores, por sua vez, são dioicas, apresentando órgãos reprodutores masculinos e femininos separados. A feminina não possui pétalas e tem perigônio escamoso, enquanto a masculina não possui perigônio e forma amentilhos (FIGURA 1).

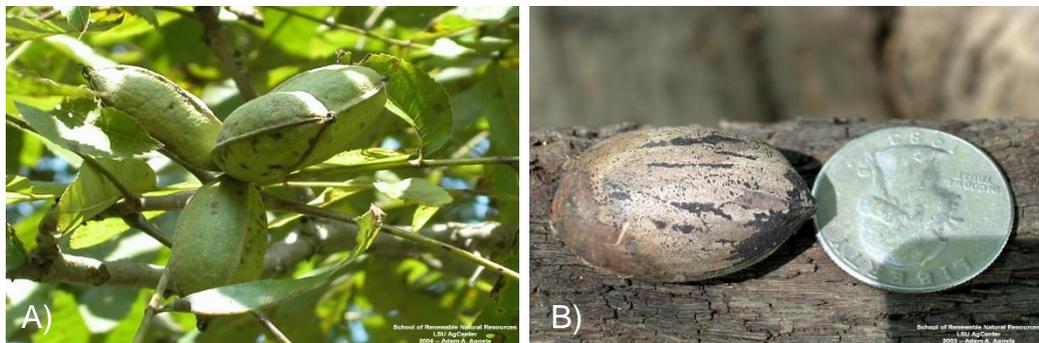
FIGURA 1 – (A) FLORES FEMININAS E (B) MASCULINAS



FONTE: Chambers (2012-A); Agosta (2004-B).

Seu fruto é uma drupa, ou seja, um fruto carnoso que contém apenas uma semente, e agrupa-se em cachos, com cerca de 3 a 7 unidades (FIGURA 2). A parte que é aproveitável do fruto varia entre 40 e 60%. Suas folhas são imparipenadas (com 9 a 17 folíolos) e duram apenas uma estação, que vai de setembro a maio (DIVINUT, 2016).

FIGURA 2 – FRUTO EM DESENVOLVIMENTO (A) E MADURO (B)



FONTE: Agosta (2004-A); Agosta (2003-B).

2.2 CULTIVO E CULTIVARES

A noqueira-pecã é uma espécie alógama, ou seja, que realiza, preferencialmente, polinização cruzada (com outros indivíduos da mesma espécie). Juntamente a esse fator, a espécie também apresenta dicogamia (amadurecimento de flores estaminadas e pistiladas em diferentes períodos), dificultando a autofecundação. A dicogamia apresentada pode ser protândria, quando flores masculinas ficam maduras antes das femininas, e também protogínia, quando as

femininas amadurecem anteriormente às masculinas. Ainda em relação à polinização, as pecaneiras têm síndrome de dispersão caracterizada como anemófila, podendo, seu pólen, atingir até 900 metros de distância. Em plantios comerciais, há evidências de deficiência na polinização em distâncias maiores que 50 metros (HAMANN *et al.*, 2018). Tendo em vista os motivos anteriormente citados, é de extrema importância que o plantio seja planejado com espaçamento adequado e cultivares que possuam período reprodutivo sobrepostos, viabilizando a fecundação. Aquelas cultivares denominadas de principais são as encontradas em maior proporção no pomar, enquanto aquelas denominadas de polinizadoras são as encontradas em menor proporção.

Outro componente de importância elevada, quando se trata da implantação do plantio da noqueira, é a qualidade e quantidade do vento que incide sobre os espécimes. O espaçamento deve ser pensado de forma a permitir sua circulação, além de permitir a incidência de raios solares, que diminuem o risco de desenvolvimento de sarna (WANVESTRAUT *et al.*, 2004). Em contrapartida, ventos muito fortes podem ocasionar danos, desde a quebra de galhos até desidratação do pólen, por isso, é interessante a implantação de quebra-ventos (MARTINS *et al.*, 2019).

A principal doença encontrada na cultura é a sarna, provocada pelo fungo *Venturia effusa*. Os sintomas podem ser observados nos folíolos, pecíolos, pedúnculos e frutos, sendo as folhas e frutos os mais suscetíveis ao desenvolvimento precoce da doença. Inicialmente, são pequenas manchas circulares verde-oliva, que, posteriormente, se tornam marrons. As manchas reduzem a área fotossintética, causando danos nos frutos e reduzindo a qualidade da noz. As cultivares consideradas mais resistentes são a *Sucess*, *Jackson*, *Stuart* e *Diserable*. Como não existe nenhum fungicida registrado para a cultura no Brasil, recomenda-se a utilização de cultivares resistentes, espaçamentos maiores de plantio e realização de podas e desbastes (WALKER *et al.*, 2019).

Outros fatores que também precisam ser levados em consideração, ao se tratar de cultivares, são: rendimento de amêndoa, tamanho da noz, espessura da casca, cor da amêndoa, precocidade, produção por planta, alternância de produção, hábito de crescimento, resistência dos ramos e época de maturação. No Brasil, existem mais de 40 cultivares no Registro Nacional de Cultivares, sendo a Barton (FIGURA 3) a mais utilizada como cultivar principal, por possuir alta resistência à

sarna, uma das principais causadoras de doença em pecaneiras, e bom rendimento, cerca de 52% (BARROS *et al.*, 2018).

FIGURA 3 – NOZ-PECÃ E AMÊNDOA DA CULTIVAR BARTON



FONTE: Lanzetta (2018).

2.3 EXIGÊNCIA CLIMÁTICA

Uma das principais variáveis contabilizadas, quando se trata do cultivo da noqueira, visando a extração das nozes, são as horas de frio (geralmente calculadas em horas de temperatura abaixo de 7,2 °C). É de grande importância assegurar sua qualidade, já que pode influenciar na brotação e na uniformidade da floração. O requerimento da espécie, em horas de frio, depende dos cultivares utilizados e sua genética, sendo divididos, em grande parte, em uma faixa de 0 a 300, entre 400 e 600 e acima de 600 horas de frio. Temperaturas muito elevadas (acima de 30 °C) podem influenciar na floração, através da queima de flores, e no enchimento dos frutos, além de poderem causar queda prematura (MARTINS *et al.*, 2017).

A umidade relativa em excesso pode, também, ser considerada um fator limitante, principalmente por afetar a liberação do pólen e a receptividade dos estigmas das flores da espécie, sendo assim, mais indicadas para o cultivo, áreas com umidade relativa, no período de polinização (de setembro a outubro), abaixo de 80% (MARTINS *et al.*, 2017). Ressalta-se que, nesse estudo, foram consideradas

inaptas para o cultivo apenas aquelas áreas com umidade relativa acima de 82%, da mesma forma sugerida por Filippini Alba *et al.* (2020).

Como possui elevado porte e desenvolvimento radicular, a espécie necessita de grande oferta hídrica e de incidência solar, principalmente no período de frutificação. Sendo assim, longos períodos de estiagem (de 15 a 20 dias) podem prejudicar a produção de nozes, tanto em qualidade, quanto em quantidade. Mesmo com um aumento na demanda hídrica no período de frutificação, volumes excessivos de chuva podem aumentar o risco de desenvolvimento de doenças, além de, em solos em que a drenagem ocorre de forma rápida, comprometer a viabilidade das plantas (MARTINS *et al.*, 2017).

2.4 EXIGÊNCIA EDÁFICA

Os solos considerados ótimos para o cultivo da noqueira-pecã são aqueles considerados profundos, de boa fertilidade, com alto teor de matéria orgânica e pH de valor, aproximadamente, 6,0. A cultura não tolera solos compactados e encharcados ou mal drenados, podendo ser esses fatores limitantes (MARTINS *et al.*, 2017).

Assim como na implantação de qualquer plantio, é necessária a realização de análises de solo, para que seu manejo seja realizado da forma mais precisa possível, favorecendo o desenvolvimento das plantas e também otimizando a quantidade necessária de insumos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo, as variáveis utilizadas para a criação do zoneamento de áreas para plantio foram: horas de frio, umidade relativa e aptidão edáfica. A obtenção das variáveis climáticas foi possível através de dados de estações meteorológicas, disponíveis no Atlas Climático da Região Sul, desenvolvido por Embrapa (2012), para algumas localidades do estado (disponível para 32 municípios, em relação às horas de frio e 26 municípios, em relação à umidade relativa). O *shapefile* referente aos dados de aptidão edáfica foi elaborado pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências, ITCG (2008), e obtido na base virtual do Instituto Água e Terra. Os dados foram então concatenados e reclassificados, criando-se o zoneamento com as possíveis áreas de plantio para o estado do Paraná. A seguir, os procedimentos utilizados para a obtenção de cada variável e a classificação final para o zoneamento são descritos de forma detalhada.

- a) Umidade Relativa (%): Os dados de umidade relativa utilizados foram baseados nos meses em que a variável é limitante (de setembro a novembro), para o cultivo da espécie, acima de 80%, conforme as razões já citadas no documento. Esses dados são provenientes de 26 estações meteorológicas, fornecidos pelo Atlas Climático do Estado do Paraná, e obtidos ao longo de 10 a 30 anos.

No ambiente SIG, foi realizada uma interpolação pelo método de Ponderação pelo Inverso da Distância, ou IDW, onde as amostras de pontos existentes recebem pesos, que declinam com a distância, em direção aos novos pontos criados, gerando dados de umidade relativa para todo o território determinado. O *raster* criado foi então poligonizado, sendo transformado em *vector*, para, posteriormente, ter sua tabela de atributos utilizada.

- b) Horas de Frio (h): Os dados para 32 municípios foram obtidos através do Atlas Climático da Região Sul. O mesmo documento, forneceu ainda a equação resultante da regressão linear, assim como os valores de seus coeficientes (a, b, c e d), para o cálculo das demais horas de frio, para aqueles municípios onde a informação ainda não existia. A equação e seus parâmetros são:

$$y = a + b.\textit{latitude} + c.\textit{longitude} + d.\textit{altitude}$$

Os coeficientes, obtidos para os meses de interesse (entre maio e setembro, conforme a especificidade da espécie, já mencionada), são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1 – TABELA DE COEFICIENTES E PARÂMETROS

Coeficiente ou Parâmetro	Valor
<i>a</i>	-1214,557
<i>b</i>	-53,205
<i>c</i>	3,064
<i>d</i>	0,351
R ²	0,736

FONTE: Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (2012).

Os dados secundários, como altitude, longitude e latitude, necessários para o cálculo através da equação, foram obtidos através da base de dados do trabalho desenvolvido por Alvares *et al.*, (2013).

- c) Aptidão edáfica: Com a finalidade de simplificar a obtenção das informações necessárias, foi obtido, através do *website* do Instituto Água e Terra, um *shapefile* de aptidão edáfica dos solos do estado do Paraná, elaborado por ITCG (2008), com as seguintes classificações: “bom”, “regular - erosão”, “regular - fertilidade”, “regular - erosão e fertilidade”, “regular excesso hídrico”, “restrito - erosão”, “restrito - mecanização”, “restrito excesso hídrico”, “área urbana”, “unidade de conservação” e “corpo hídrico”.

As tabelas de atributo dos *shapefiles* referentes à umidade relativa e horas de frio foram unidas (através da função “*Join Attributes by Location*”) ao *shapefile* com maior riqueza de detalhes por polígono, referente à aptidão edáfica, para que se criasse o maior nível de detalhamento possível no zoneamento final. É importante destacar que, para uma pequena região do leste do estado, não havia classificação edáfica existente. Porém, ao se comparar com as áreas de umidade relativa acima de 82%, notou-se que a área inexistente estaria contida na região inapta para cultivo, sendo essa, redundante para a quantificação do potencial produtivo da espécie.

A reclassificação das áreas aconteceu em duas etapas: uma, onde as áreas com umidade relativa acima de 82% e áreas classificadas como “afloramento rochoso”, “áreas urbanas”, “corpo d’água”, “inapto - erosão”, “inapto - excesso hídrico”, “regular - excesso hídrico”, “restrito - mecanização” e “unidade de conservação” foram automaticamente classificadas como inaptas, e uma segunda, onde houve uma combinação de horas de frio, em intervalos de 0 a 100, 101 a 200, 201 a 300, 301 a 400 e 401 a 500 com a classificação edáfica original remanescente, sendo “bom”, “regular - erosão”, “regular - fertilidade”, “regular - erosão e fertilidade”, “regular excesso hídrico”, “restrito - erosão”, “restrito - mecanização”, resultando em 26 classificações possíveis para a área. As siglas, assim como suas nomenclaturas, são demonstradas na Tabela 2.

TABELA 2 – TABELA DE SIGLAS DO ZONEAMENTO

Sigla	Classificação da área
P100	Preferencial para até 100 horas de frio
P200	Preferencial para até 200 horas de frio
P300	Preferencial para até 300 horas de frio
P400	Preferencial para até 400 horas de frio
RE100	Regular por erosão para até 100 horas de frio
RE200	Regular por erosão para até 200 horas de frio
RE300	Regular por erosão para até 300 horas de frio
RE400	Regular por erosão para até 400 horas de frio
ReE100	Restrita por erosão para até 100 horas de frio
ReE200	Restrita por erosão para até 200 horas de frio
ReE300	Restrita por erosão para até 300 horas de frio
ReE400	Restrita por erosão para até 400 horas de frio
REF100	Regular por erosão e fertilidade para até 100 horas de frio
REF200	Regular por erosão e fertilidade para até 200 horas de frio
REF300	Regular por erosão e fertilidade para até 300 horas de frio
REF400	Regular por erosão e fertilidade para até 400 horas de frio
REF500	Regular por erosão e fertilidade para até 500 horas de frio
ReM300	Restrita por mecanização para até 300 horas de frio
ReM400	Restrita por mecanização para até 400 horas de frio
ReM500	Restrita por mecanização para até 500 horas de frio
RF100	Regular por fertilidade para até 100 horas de frio
RF200	Regular por fertilidade para até 200 horas de frio
RF300	Regular por fertilidade para até 300 horas de frio
RF400	Regular por fertilidade para até 400 horas de frio
RF500	Regular por fertilidade para até 500 horas de frio
Inapto	Área inapta para o cultivo

FONTE: O autor (2022).

Após a reclassificação total das áreas existentes, o *shapefile* resultante foi então personalizado por categorias e é apresentado na próxima seção, em *layout* contendo suas respectivas cores e legendas. Todo o geoprocessamento foi

realizado no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, SIRGAS2000, na zona UTM (Universal Transversa de Mercator) 22 S, referente ao estado do Paraná, conforme a FIGURA 4.

FIGURA 4 – SISTEMA DE COORDENADAS UTM



FONTE: XMS Wiki (2017).

Com o zoneamento de áreas para plantio definido, foram ainda calculadas as áreas, em hectares, assim como suas representatividades, em porcentagem, em relação à área total do estudo, para todas as categorias criadas.

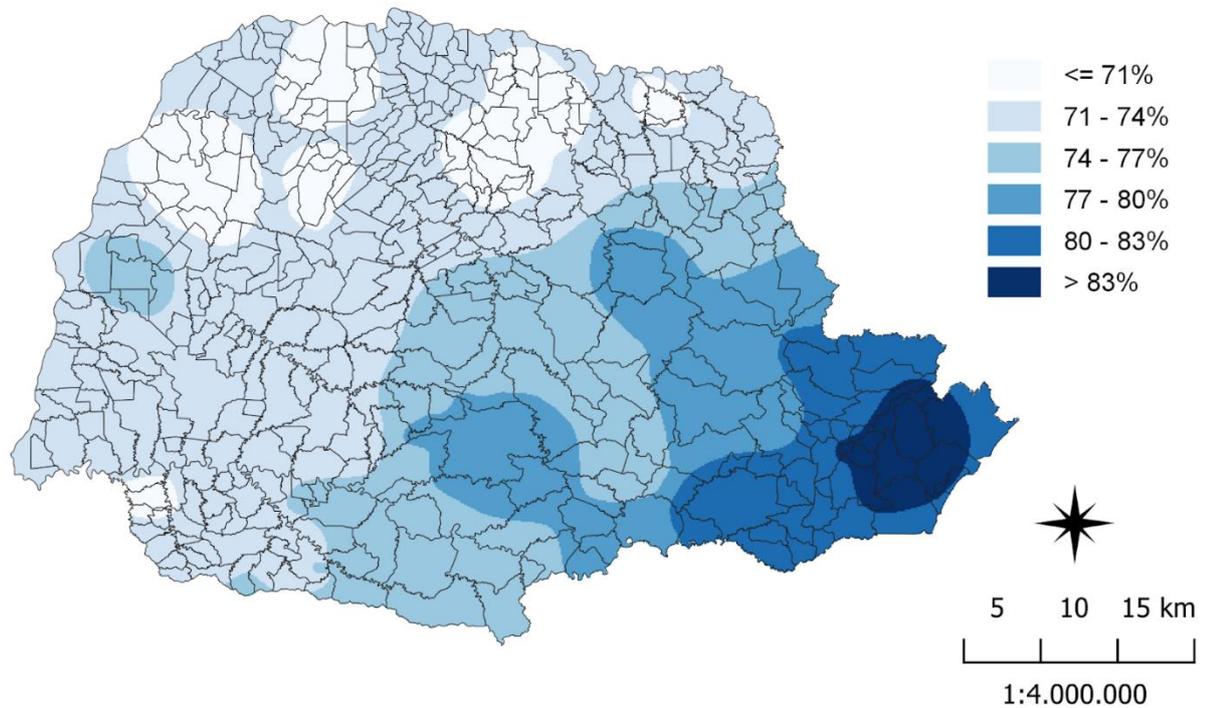
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Levando-se em consideração as etapas intermediárias da geração do zoneamento, pôde-se, também, gerar informações gráficas das variáveis específicas:

- a) Umidade Relativa: a classificação, em faixas de valores, possibilita a observação da dinâmica histórica da umidade relativa do ar nos meses de setembro, outubro e novembro, no estado do Paraná (FIGURA 5). Existe um gradiente de umidade, que se inicia em maior concentração próximo à faixa leste, já que a proximidade com o Oceano Atlântico interfere mais fortemente nos processos atmosféricos locais. Quanto maior a distância do litoral, maior também é a variação relacionada com a temperatura (amplitude térmica), já que, com a menor concentração de umidade no ar, há também tendência de que o clima seja mais seco em meses mais quentes. Em contrapartida, há tendência de que, nos meses mais frios, a quantidade baixa de umidade do ar nos locais mais distantes do litoral propicie temperaturas mais baixas, o que é benéfico para o desenvolvimento da cultura em questão (ALVES; BARDUCO, 2011).

Pode-se observar que, caso tivessem sido consideradas inaptas aquelas regiões onde a umidade relativa era acima de 80% (e não a partir de 82%), nos meses em questão, uma área extensa, ao leste do estado, se mostraria inapta ao cultivo, no zoneamento final.

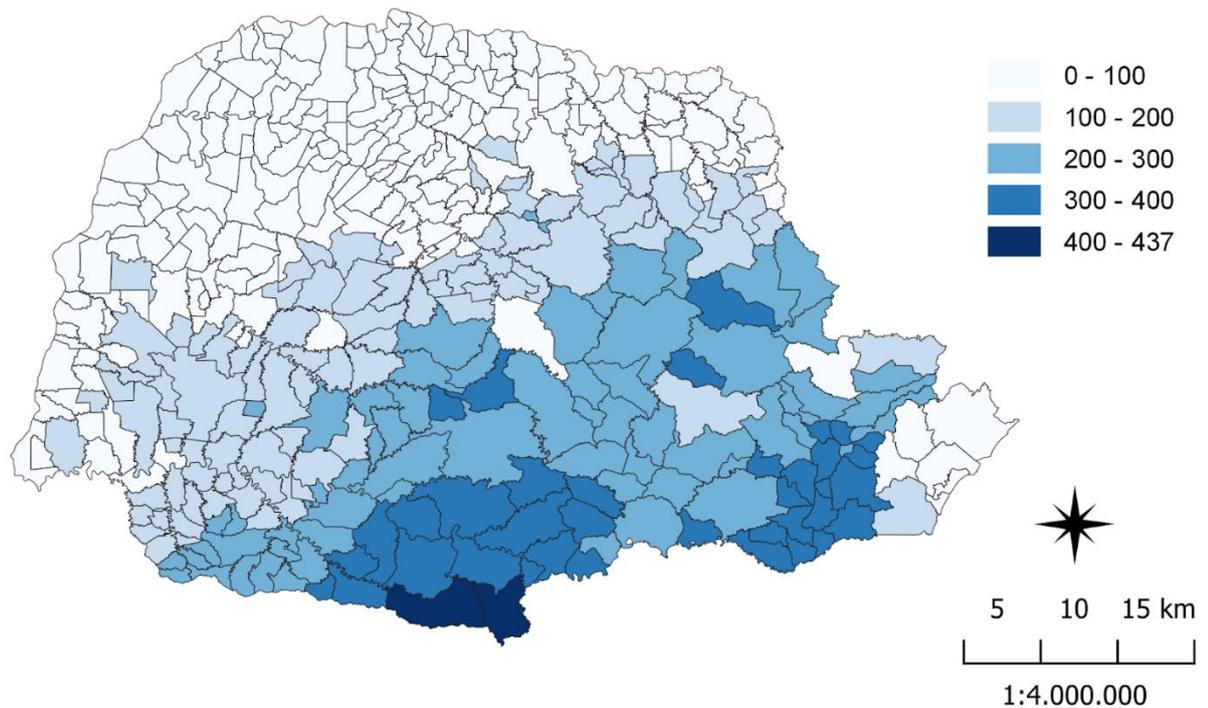
FIGURA 5 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA (%) PARA OS MESES DE SETEMBRO A NOVEMBRO PARA O ESTADO DO PARANÁ



FONTE: O autor (2022).

- b) Horas de Frio: em relação às horas de frio nos meses de interesse (maio a setembro), observa-se, também, um gradiente que indica uma diminuição na variável, do sul ao norte, seguindo uma tendência já esperada, tendo em vista o aumento esperado da temperatura à medida que se aproxima da linha do Equador, conforme estudos realizados (SANTOS *et al.*, 2019). Outros fatores como relevo e altitude também interferem nessa variável (FIGURA 6).

FIGURA 6 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DAS HORAS DE FRIO PARA OS MESES DE MAIO A SETEMBRO PARA O ESTADO DO PARANÁ



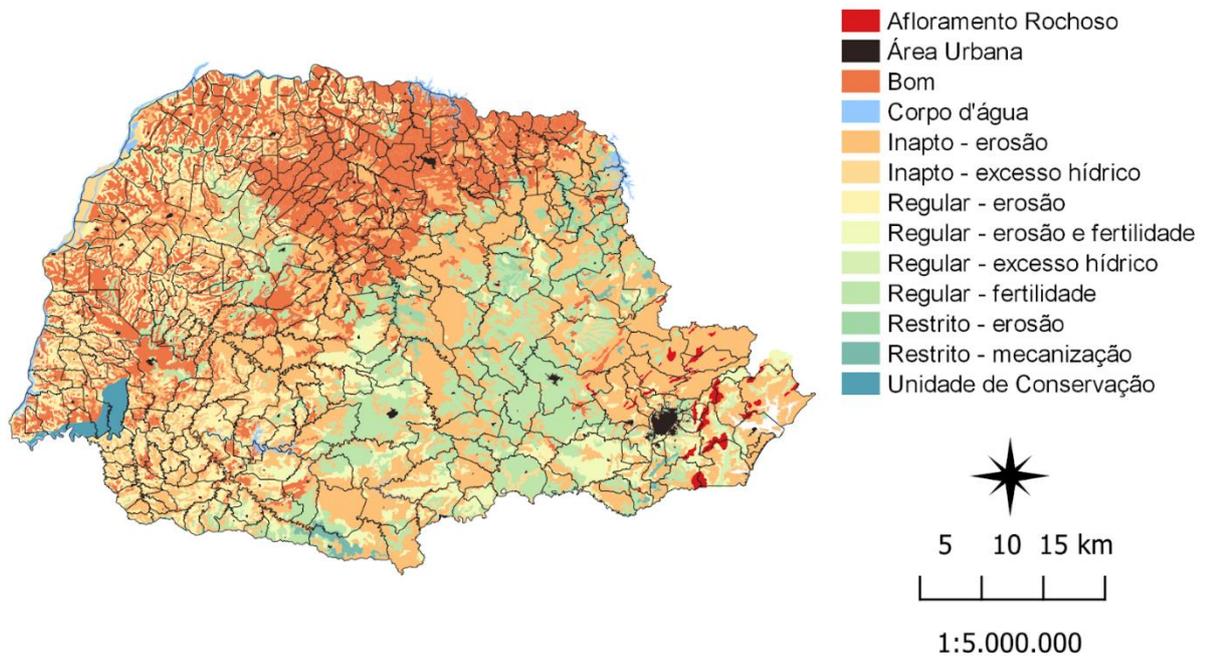
FONTE: O autor (2022).

- c) Aptidão Edáfica: o *shapefile*, disponibilizado pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (2008), classifica as áreas existentes no Estado de forma a se considerar o grau de investimento progressivo necessário no manejo do solo para o cultivo de espécies vegetais na região. Observa-se que, a região norte do Paraná apresenta uma ampla área de terras consideradas ótimas para o cultivo de espécies vegetais, mesmo estando presentes algumas manchas relacionadas a solos com problemas erosivos. Grande parte da extensão territorial paranaense apresenta problemas relacionados, principalmente, com fertilidade e erosão, podendo serem esses, fatores limitantes na atração de investidores da área florestal e agrônômica, que podem encontrar, em outras regiões, como no Rio Grande do Sul, solos com melhores condições para o cultivo (LEMOS *et al.*, 1973) (FIGURA 7). Em contrapartida, solos declivosos e menos férteis podem ter custos bem inferiores àqueles em condições ótimas, e, dependendo do caso, o balanço no investimento na sua compra e correção pode se mostrar mais

vantajoso e atraente do que o alto investimento na compra de solos em melhores condições, o que não exclui as áreas do Paraná do radar de empreendedores interessados nesse tipo de negócio.

As áreas relacionadas com afloramento rochoso, unidade de conservação e urbanas foram consideradas como inaptas no zoneamento final, mas também podem possuir algum potencial produtivo, não tendo sido consideradas como áreas de cultivo justamente por terem sido classificadas dessa forma por ITCG (2008), havendo aí um *lack* de informação.

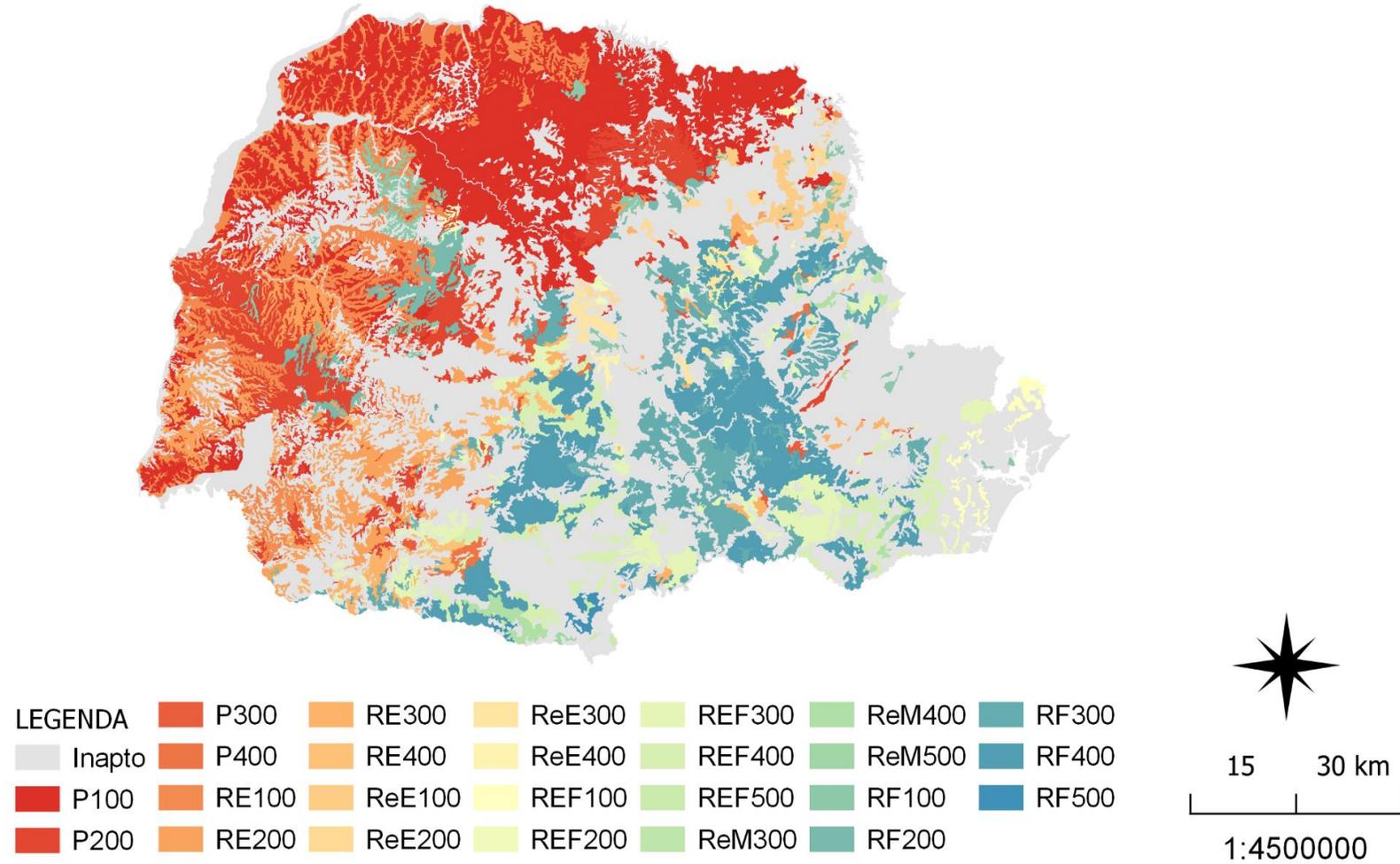
FIGURA 7 – MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO EDÁFICA DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: ITCG (2008).

d) Zoneamento de áreas para plantio: Resultante de todas as etapas supracitadas, o zoneamento de regiões propícias para o cultivo, para o estado do Paraná, é apresentado a seguir, em escala 1:4.500.000, na FIGURA 8.

FIGURA 8 – ZONEAMENTO PARA O PLANTIO DE NOGUEIRA-PECÃ PARA O ESTADO DO PARANÁ



FONTE: O autor (2022).

Proveniente das análises espaciais, a quantificação das áreas foi elaborada, com a finalidade de se descobrir o potencial produtivo do estado e suas regiões, sendo apresentada na TABELA 3.

TABELA 3 – TABELA DE QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DO ZONEAMENTO

Sigla	Área (ha)	Área (%)
P100	4,45E+09	25,3362
P200	4,51E+08	2,5678
P300	4,68E+06	0,0266
P400	3,07E+05	0,0017
RE100	1,95E+08	1,1087
RE200	6,74E+07	0,3836
RE300	5,40E+06	0,0307
RE400	4,45E+05	0,0025
ReE100	1,42E+07	0,0805
ReE200	1,75E+07	0,0996
ReE300	4,36E+06	0,0248
ReE400	5,94E+04	0,0003
REF100	8,49E+05	0,0048
REF200	7,78E+05	0,0044
REF300	7,65E+05	0,0435
REF400	8,89E+06	0,0506
REF500	8,75E+04	0,0005
ReM300	3,58E+04	0,0002
ReM400	5,37E+05	0,0031
ReM500	1,93E+05	0,0011
RF100	8,07E+06	0,0459
RF200	6,94E+07	0,3945
RF300	2,08E+08	1,1814
RF400	5,05E+07	0,2874
RF500	6,12E+05	0,0035
Inapto	1,20E+10	68,3158

FONTE: O autor (2022).

O cruzamento das variáveis climáticas e de solo demonstram, graficamente, um cenário pouco animador para o cultivo da noqueira-pecã no Estado. Aproximadamente 70% da extensão territorial estudada apresenta inaptidão para o cultivo da espécie, principalmente por conta da existência de regiões muito suscetíveis à erosão, além daquelas com excesso hídrico, fator muito limitante para o desenvolvimento da espécie.

A região com maior potencial de produção, representando cerca de 25% do Estado, na região norte, está associada com solos de boa fertilidade e drenagem, e de relevo menos acentuado (o que facilita a mecanização), porém, é indicado apenas para cultivares da espécie que não sejam tão exigentes em horas de frio (0 a 100). Em associação com essas áreas, estão aquelas consideradas regulares para

erosão, onde seriam necessários mais esforços relacionados com a suscetibilidade do solo ao escoamento superficial e possível desenvolvimento de voçorocas. Essa área representa cerca de 1% do Estado e também é indicada para cultivares pouco exigentes (de 0 a 100 horas de frio).

De forma menos significativa que a anterior, as áreas propícias para o desenvolvimento de cultivares com exigência de 100 até 200 horas de frio se distribuem em manchas, na região norte e oeste, e representam cerca de 2,5% da área total do estudo.

As últimas áreas de significativa importância quantitativa são aquelas compreendidas em manchas espalhadas pelo sul, centro-sul e centro-leste, com solos de fertilidade regular, que podem demandar aporte nutricional, mas com potencial climático para desenvolver cultivares mais exigentes em relação às horas de frio, de 100 a 200 horas (com aproximadamente 0,4%), de 200 a 300 horas (com pouco mais de 1%), e de 300 a 400 horas (com aproximadamente 0,3% de abrangência).

As demais regiões existentes não apresentam características ótimas para o cultivo, mas, mesmo apresentando maiores necessidades relacionadas com seus solos, podem ser consideradas quando se trata de cultivares com maior demanda por horas de frio, já que nessa categoria estão inclusas aquelas áreas com o potencial máximo dessa variável, de 400 a 437 horas.

Segundo o Zoneamento Edafoclimático para a Nogueira-pecã para a Região Sul do Brasil, elaborado por Filippini Alba *et al.* (2020), existem algumas convergências e divergências, com o atual trabalho, que serão apresentadas a seguir:

- I. No estudo da Embrapa, não são consideradas as regiões com menos de 100 horas de frio, de forma que essas áreas são consideradas inaptas. Levando-se em conta que, em um futuro, podem-se, através do melhoramento genético, gerar cultivares pouco exigentes, essas áreas podem ser interessantes;
- II. A classe “Não Recomendável” do estudo é de 63,8% do território, enquanto aqui, é de 68,31%. Ao somar as áreas consideradas separadamente, no primeiro estudo, como corpos hídricos e áreas urbanas, as áreas inaptas seriam muito parecidas, de 68,2% e 68,31%, como já mencionado;

- III. As áreas relacionadas com classificações voltadas à baixa fertilidade e necessidades de correção são, também, muito parecidas, concentradas mais ao leste do estado;
- IV. As regiões com melhores condições para o cultivo da noqueira, tanto em relação ao solo, quanto em horas de frio, são encontradas, em ambos estudos, na parte oeste do estado, porém, as encontradas pelo estudo da Embrapa, indicam áreas menores. Tal fato pode ser reflexo do número de variáveis utilizadas, muito superior no estudo citado, o que proporciona fatores mais limitantes e, conseqüentemente, áreas melhor delimitadas;
- V. Como já citado, o estudo da Embrapa utilizou diversas variáveis para os solos, relacionadas com as necessidades da espécie em questão. As diferenças encontradas nos dois estudos se dão, principalmente, pelas diferenças na quantidade dessas variáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que haja superação da dormência fisiológica, os indivíduos da espécie necessitam de um período de inverno com um mínimo de horas de frio, abaixo de 7,2 °C. Segundo Wells (2017), quando o número de horas de frio em um ano é inferior a 100 horas, podem haver alterações prejudiciais ao cultivo, como distúrbios fisiológicos, irregularidade de brotação e influências, tanto no padrão quanto no período de florescimento. Tendo em vista que, nos resultados obtidos através do geoprocessamento, o estado do Paraná apresenta um número de áreas com horas de frio satisfatórias (acima de 100 horas) pouco representativas, sendo, em sua maioria, representadas por aquelas com menos de 100 horas de frio, são necessários cultivares pouco exigentes em relação a esse fator. Ainda assim, caso o produtor esteja disposto a investir em aspectos correlacionados com a correção do solo, melhorando sua fertilidade e fragilidade à erosão, existem áreas disponíveis, representando um total de, aproximadamente, 5,12% de terras, com capacidade para desenvolver cultivares mais exigentes (mais de 100 horas de frio).

Atualmente, no mercado, não existem cultivares tão pouco exigentes, o que torna o Estado uma área não tão promissora em relação ao cultivo da noqueira-pecã, se comparado com o maior produtor brasileiro atual (Rio Grande do Sul), por exemplo. Em contrapartida, ainda existem áreas climaticamente boas para o desenvolvimento da cultura e, se houverem esforços voltados ao preparo e correção dos solos, essas também podem ser boas opções.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Na confecção de um zoneamento edafoclimático, recomenda-se a utilização de uma gama mais ampla de variáveis, principalmente aquelas relacionadas a solos, para que, assim, seja possível delimitar as áreas de forma mais assertiva.

Estudos relacionados com as horas de frio demandadas por diferentes cultivares ainda são escassos, sendo, também, necessários esforços para a elaboração de uma maior quantidade de informações sobre o comportamento desses indivíduos cultivados sob a variável em questão.

Outro ponto limitante na elaboração desse estudo foi a disponibilidade dos dados existentes, assim como sua metodologia de elaboração, tendo sido esse um

dos principais motivos para a falta de utilização de uma quantidade mais rica de variáveis. A criação de uma base de dados a nível de instituição, ou até mesmo nacional, seria ideal no fluxo dessas informações, mesmo essa ideia não passando de uma possível utopia.

REFERÊNCIAS

- AGOSTA, A. A. **Sweet pecan**, 2004. Disponível em: <http://www.rnr.lsu.edu/plantid/species/sweetpecan/sweetpecan.htm>. Acesso em 18 ago. 2022.
- ALVES, R. R.; BARDUCO, G. L. Análise da influência da continentalidade e maritimidade em municípios brasileiros localizados em uma mesma latitude. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, v. 14, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rogério-Rozolen/publication/261871208_ANALISE_DA_INFLUENCIA_DA_CONTINENTALIDADE_E_MARITIMIDADE_EM_MUNICIPIOS_BRASILEIROS_LOCALIZADOS_EM_UMA_MESMA_LATITUDE/links/0c960535aae8ad5d29000000/ANALISE-DA-INFLUENCIA-DA-CONTINENTALIDADE-E-MARITIMIDADE-EM-MUNICIPIOS-BRASILEIROS-LOCALIZADOS-EM-UMA-MESMA-LATITUDE.pdf. Acesso em: 26 ago. 2022.
- BARROS *et al.* Cultivares de noqueira-pecã no Brasil. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, p. 48, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1103744>. Acesso em: 21 ago. 2022.
- CAMPO E NEGÓCIOS. **Qual o panorama mundial da noz-pecã?**, 2019. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/qual-o-panorama-mundial-da-noz-pecã/>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- CHAMBERS, J. L. **Sweet pecan**, 2012. Disponível em: <http://www.rnr.lsu.edu/plantid/species/sweetpecan/sweetpecan.htm>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- DIVINUT. **A Noqueira-pecã**, 2016. Disponível em: <https://www.divinut.com.br/blog/309/a-noqueira-pecã>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- FILIPPINI ALBA *et al.* Zoneamento edafoclimático da noqueira-pecã para a região sul do Brasil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218227/1/DOCUMENTOS-492-versao-2.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- HAMANN, J. J. **Determinação do período de receptividade do estigma e liberação do pólen em cultivares de noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) cultivadas em Cachoeira do Sul e Santa Maria (RS)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Concentração de Fisiologia e Manejo de Culturas Agrícolas) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15608/DIS_PPGAGRONOMIA_2018_HAMANN_JONAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 ago. 2022.
- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Aptidão do Solo – Estado do Paraná**, 2008. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos>. Acesso em 25 jul. 2022.
- LANZETTA, P. **Cultivares de Noqueira-pecã no Brasil**, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190468/1/DOCUMENTO-478.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022. LEMOS *et al.* Levantamento de Reconhecimento

dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul, 1973. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/331173>. Acesso em 27 ago. 2022.

NOGARA W. J. P. **Cultura da noz-pecã (*Carya illinoensis*):** aspectos de produção, comercialização e perspectivas futuras na região sul do Brasil. 61 f. Monografia de pós-graduação (MBA em Gestão de Agronegócio) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SANTOS *et al.* Propriedades Multifractais da Temperatura do Ar Diária no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 34, p. 23-31, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/PdczZXxDFtmK7DjXMBQg84x/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 26 ago. 2022.

STONE, D. E. Juglandaceae. In: Flora of North America, 2020. Disponível em: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=10460. Acesso em: 16 ago. 2022.

SUMMIT Agro. **Brasil se destaca na produção mundial de noz-pecã**, 2020. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/comercio-exterior/brasil-se-destaca-na-producao-mundial-de-noz-peca-2/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

MARTINS *et al.* Aspectos e critérios básicos para implantação de pomar de noqueira-pecã. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1109531/1/COMUNICADOTECNICO367.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

MARTINS *et al.* Cultura da noz-pecã para a agricultura familiar. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, p. 65-81, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168069/1/Carlos-Roberto-Martins-Documento-443-web.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2022.

MARTINS *et al.* Práticas básicas do plantio à colheita de noz-pecã. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228468/1/CIRCULAR-225.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2022.

REVISTA CULTIVAR. **Safra 2021 da noz-pecã traz boas expectativas aos produtores e indústrias**, 2021. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/safra-2021-da-noz-peca-traz-boas-expectativas-aos-produtores-e-industrias>. Acesso em: 18 ago. 2022.

WALKER *et al.* Identificação e prevenção da sarna da noqueira-pecã na Região Sul do Brasil. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206336/1/COMUNICADOTECNICO-372.pdf>. Acesso em 18 set. 2022.

WANVESTRAUT *et al.* Competition for water in a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch) – cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the southern United States. **Agroforestry Systems**, 2004. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1023/B:AGFO.0000013292.29487.7a>. Acesso em 18 set. 2022.

WELLS, L. **Pecan**: America's Native Nut Tree. University of Alabama, 2017.XMS Wiki. **UTM Coordinate System**, 2017. Disponível em: https://www.xmswiki.com/wiki/UTM_Coordinate_System. Acesso em: 16 ago. 2022.