

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Franciele Francisca Marmentini Rovani**

**ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO DO CULTIVO DA  
NOGUEIRA PECÃ (*Carya illinoensis*) PARA O RIO GRANDE DO SUL**

**Santa Maria, RS  
2016**



**Franciele Francisca Marmentini Rovani**

**ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO DO CULTIVO DA NOGUEIRA PECÃ  
(*Carya illinoensis*) PARA O RIO GRANDE DO SUL**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração de Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Geografia.**

**Orientador: Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann**

**Santa Maria, RS  
2016**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pela autora.

Rovani, Franciele Francisca Marmentini  
Zoneamento de Risco Climático para o cultivo da noqueira pecã  
(*Carya illinoensis*) para o Rio Grande do Sul / Franciele  
Francisca Marmentini Rovani. - 2016.  
232 p.; 30cm

Orientador: Cássio Arthur Wollmann  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia, RS, 2016.

1. Zoneamento de risco climático 2. Nogueira pecã  
3. Climatologia 4. Geotecnologias 5. Rio Grande do Sul  
I. Wollmann, Cássio Arthur II. Título.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Franciele Francisca Marmentini Rovani. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, “Prof. Mariano da Rocha Filho”, Av. Roraima, 1000, Prédio 17, Sala 1132, Bairro Camobi, CEP: 97105-900,  
End. Eletr.: franciele.rovani@yahoo.com.br

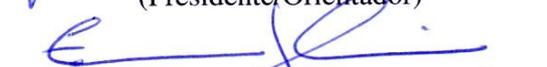
**Franciele Francisca Marmentini Rovani**

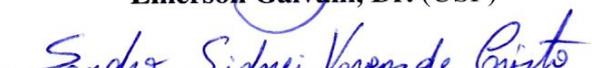
**ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO DO CULTIVO DA NOGUEIRA PECÃ  
(*Carya illinoensis*) PARA O RIO GRANDE DO SUL**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração de Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Geografia**.

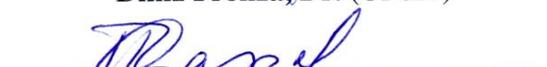
Aprovado em 07 de outubro de 2016:

  
Cássio Arthur Wollmann, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

  
Emerson Galvani, Dr. (USP)

  
Sandro Sidnei Vargas de Cristo, Dr. (UFT)

  
Diniz Fronza, Dr. (UFSM)

  
Roberto Cassol, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS  
2016



## DEDICATÓRIA

*Dedico esta pesquisa àquelas pessoas que fazem a diferença em minha vida, e que sempre acreditaram em minha capacidade: meus pais, **Ivanir e Francisco**, e ao **Márcio**.*



## AGRADECIMENTOS

Após este período de doutoramento a melhor palavra para expressar meu sentimento é a Gratidão. Quero lembrar aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica, profissional e espiritual e que culmina com a apresentação desta pesquisa, especialmente:

A *Deus*, presença constante em minha vida, pela luz e força nesta caminhada. Em nenhum momento senti estar sozinha, sabia que estavas sempre comigo.

À *Universidade Federal de Santa Maria* e ao *Programa de Pós-Graduação em Geografia*, que me concederam a oportunidade de ingressar no doutorado e concluí-lo.

À *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul* (FAPERGS) e à *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES), pela bolsa de estudos.

Ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche no exterior, na Universidade do Porto, durante o ano de 2015.

Ao orientador, *Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann*, pela orientação, incentivos, presteza, atenção e conselhos durante esta etapa e, principalmente, nos momentos de incertezas e dúvidas. Obrigada por tudo, sua confiança e apoio me fizeram caminhar muito mais tranquila nesta etapa e obter êxito na pesquisa.

À sempre professora e orientadora *Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria da Graça Barros Sartori* (*in memorian*) pelas palavras de incentivo, apoio e orientação. A saudade e a certeza de que fostes um exemplo para nós, permanecem.

À orientadora no exterior, *Prof. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Rodrigues Monteiro Souza*, pela orientação durante as dúvidas, presteza e acolhimento na Universidade do Porto.

Aos professores: *Dr<sup>a</sup>. Maria Elisa Zanella, Dr. Diniz Fronza, Dr. Roberto Cassol e Dr. Romário Trentin*, por aceitarem participar da banca de defesa de qualificação, pela leitura do trabalho e pelas contribuições deixadas.

Aos professores: *Dr. Emerson Galvani, Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo, Dr. Diniz Fronza e Dr. Roberto Cassol* por aceitarem participar da banca de defesa final, pelo tempo dedicado a leitura deste estudo e com certeza, pelas contribuições e sugestões deixadas.

Aos coordenadores da Pós-Graduação durante este período, **Prof. Dr. Cesar De David, Prof. Dr<sup>a</sup>. Eliane Maria Foletto e Prof. Dr. Romário Trentin** e à secretária, **Fátima Liliane Fernandes Bonilla**, pelos incentivos, ajuda e companheirismo.

Aos **professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia** pelos conhecimentos transmitidos, olhares críticos sobre a Geografia e amizade conquistada. Agradeço de modo especial ao **Prof. Dr. Roberto Cassol**, hoje amigo, que me possibilitou avançar no conhecimento científico sem deter-me às limitações. Obrigada pelos ensinamentos cartográficos, pelas orientações e apoio em todo meu processo acadêmico.

Aos colegas do **Laboratório de Climatologia Ambiental e Subtropical (LaCAS/UFSM)** e do grupo de pesquisa **Climate, Health and Environment (CHE/Universidade do Porto)** pelo companheirismo, troca de saberes e conversas geográficas.

Aos **colegas de doutorado**, por compartilharem conhecimento, dúvidas e conquistas. Agradeço especialmente às colegas, amigas e mestras **Luciane Bitencourt, Cristina Otsuschi e Gabriela Dambrós** pelas conversas geográficas e trocas de experiências, palavras de conforto e de sabedoria.

Aos **amigos** que a Universidade Federal de Santa Maria me permitiu conquistar especialmente durante minha experiência como professora substituta da Universidade, no Campus de Silveira Martins, **Márcio, Suzane, Anna, Suzimary e Roni**. Aos alunos, também agradeço.

As **empresas Divinut e Agroindústria Pitol** por possibilitarem a visita aos seus viveiros de noqueiras, pela troca de conhecimento e experiências transmitidas.

Ao **produtor de nozes Coronel João Tété** que nos possibilitou visitar seu sistema produtivo de nozes na região de Beja, no Alentejo, em Portugal.

Aos meus pais, **Ivanir e Francisco**, por acreditarem em minha capacidade e sempre me apoiarem e auxiliarem em minhas decisões. Apesar da distância, a saudade não me deixou esquecer de vocês e de seus ensinamentos.

Aos meus irmãos, **Simone, Sandra e Ivan**, pelo apoio, incentivo e amizade. Todos nós vencemos as dificuldades e com muito esforço realizamos nossos ideais.

Ao meu querido companheiro, **Márcio**, que muito me apoiou nesta pesquisa e com sua experiência, mostrou-me que podemos alcançar todos os nossos objetivos, se assim o desejarmos com o coração. Obrigada pelo amor, carinho, parceria nos trabalhos de campo, incentivo e motivação durante o intercâmbio, e acima de tudo, por compreender minha ausência durante este período.

*Saber viver*

*Não sei... se a vida é curta ou longa demais para nós,*

*Mas sei que nada do que vivemos tem sentido,*

*Se não tocarmos o coração das pessoas.*

*Muitas vezes basta ser:*

*Colo que acolhe,*

*Braço que envolve,*

*Palavra que conforta,*

*Silêncio que respeita,*

*Alegria que contagia,*

*Lágrima que corre,*

*Olhar que acaricia,*

*Desejo que sacia,*

*Amor que promove,*

*E isso não é coisa de outro mundo,*

*É o que dá sentido a vida.*

*É o que faz com que ela*

*Não seja nem curta,*

*Nem longa demais,*

*Mas que seja intensa,*

*Verdadeira, pura...*

*Enquanto durar.*

*(Cora Coralina)*



## RESUMO

### **ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO DO CULTIVO DA NOGUEIRA PECÃ (*Carya illinoensis*) PARA O RIO GRANDE DO SUL**

AUTORA: Franciele Francisca Marmentini Rovani  
ORIENTADOR: Cássio Arthur Wollmann

O objetivo desta pesquisa consistiu em realizar o Zoneamento de Risco Climático da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) para o Rio Grande do Sul. Para tanto, a fundamentação teórica pautou-se em leituras a respeito da Climatologia, dos Zoneamentos, das contribuições das Geotecnologias e do cultivo da noqueira pecã. A metodologia constou da coleta de dados climáticos das 23 estações meteorológicas do INMET no Estado, dados de produção e fases fenológicas do cultivo. Elaborou-se o banco de dados geográfico com auxílio do *software* ArcGis 10.2.2. Definiu-se cinco classes de risco: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto para os fenômenos climáticos adversos de temperatura superior a 35°C, excesso de precipitação, falta de horas de frio, estiagens e excesso de umidade relativa do ar nas diferentes fases fenológicas. Da integração dos cinco índices de risco obteve-se o zoneamento final. Utilizou-se da interpolação espacial de krigagem e da análise de regressão linear múltipla para a espacialização das variáveis climáticas sazonais e anuais e dos riscos climáticos. Os resultados destacam que o cultivo de noqueira está em expansão no Estado, com incremento significativo de área plantada. A dinâmica das variáveis climáticas aponta satisfação dos requerimentos climáticos do cultivo da noqueira pecã no Estado. Todos os índices de risco apresentaram ocorrência no território gaúcho principalmente das classes muito baixo e baixo. O índice de risco de estiagem na formação dos frutos foi o que apresentou menor ocorrência (3,1%) e o índice de risco de excesso de precipitação destacou-se por influenciar em quatro fases fenológicas do cultivo: expansão foliar, floração, formação dos frutos e colheita. O índice de temperaturas superiores a 35°C é mais evidente no desenvolvimento dos frutos, do que na floração. Com relação ao índice de falta de horas de frio destaca-se a presença das cinco classes de risco, com atuação do risco alto e muito alto principalmente no Vale do Uruguai. O índice de risco de excesso de umidade na floração destacou-se com os riscos médio e alto na Planície Litorânea. O Zoneamento de Risco Climático apresentou duas classes de risco em regiões climáticas distintas. A classe de risco muito baixo representa 41,8% do território gaúcho e compreende as áreas em que predominam os índices de risco muito baixo ou a ausência de riscos. A classe de risco baixo foi subdividida em duas classes: baixo - A e baixo - B. O risco baixo - A, representa 51,6% do território e contempla as áreas com risco de estiagem ao sul e risco muito baixo a médio de falta de horas de frio. E o risco baixo - B que representa 6,6% da área de estudo, distinguiu-se do anterior pelo fato de apresentar o predomínio da falta das horas de frio. Estas constatações evidenciam que o cultivo da noqueira pecã apresenta grande potencial para seu desenvolvimento no Rio Grande do Sul, desde que observadas às áreas de restrições quanto aos riscos climáticos.

**Palavras-chave:** Zoneamento de risco climático. Nogueira pecã. Climatologia. Geotecnologias. Rio Grande do Sul.



## ABSTRACT

### CLIMATIC RISK ZONING OF PECAN CROPPING (*Carya illinoensis*) IN RIO GRANDE DO SUL STATE

AUTHOR: Franciele Francisca Marmentini Rovani

ADVISER: Cássio Arthur Wollmann

This research has objective to elaborate the Climate Risk Zoning of pecan (*Carya illinoensis*) in Rio Grande do Sul State. The theoretical review was obtained by reading studies about Climatology, Zonings, contributions of Geotecnologies and the pecan cultivation. The methodology consisted of the collect of climate data in 23 weather stations of INMET distributed in the state territory, pecan production data and tree phenological phases t. The geographic database was elaborated in ArcGIS software 10.2.2. For climate risk zoning were defined the temperature above 35°C, excess rainfall, lack of chilling, drought and excessive relative humidity in different phenological phases. Each climate risk was classified in very low, low, medium, high and very high, and after your integration the zoning was obtained. Spatial interpolation kriging and multiple linear regression analysis were used for seasonal, annual climatic variable and climatic risk spatialization. The significant increase in planted area with pecan during the last years indicated that the pecan cultivation is expanding in Rio Grande do Sul State. The dynamics of climate variables in the state territory indicate that pecan climatic requirements is attended. . This is due to all risk index showed occurrence mainly in very low and low classes. The drought risk index in the fruits formation piorid showed the lowest occurrence (3.1%). However, excess rainfall risk index could affected in four tree phenological phases of the cultivation: foliar expansion, flowering, fruits formation and harvest. The temperatures higher than 35°C is more evident in the phase that the fruit is growingthan at flowering. For chilling lack was observed the five risk classes, with predominance of high and very high risk especially in the Valley of Uruguay River. Coastal plain had medium or high risks for moisture excess. The integrated Climate Risk Zoning presented two risk classes in different climatic regions. The very low climatic risk class is 41.8% of the gaúcho territory and includes the areas in which predominated very low risk index or absence of risk for the difference variables. The low climatic risk class was divided into two classes: low - A and low - B. Climatic low risk – A represents 51.6% of the territory and includes areas at drought risk (south of the state territory) and low to medium risk of lack of chilling. Climatic low risk - B represents 6.6% the study area, was distinguished from the previous risk in that the present predominance of lack of chilling. This indicated that pecan cultivation has great potential in Rio Grande do Sul state, but for to obtain a good production is necessary observad the climatic restrictions in each area that pecan is growing.

**Keywords:** Climatic Risk Zoning. Pecan. Climatology. Geotecnology. Rio Grande do Sul.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	32
Figura 2 - Limites de tolerância das plantas em relação à temperatura.....	38
Figura 3 – Etapas para a determinação da potencialidade agroclimática de uma região. ....	42
Figura 4 – Arquitetura dos Sistemas de Informação Geográfica.....	43
Figura 5 – Áreas localizadas nas latitudes norte e sul entre 25 e 35 graus.....	48
Figura 6 – Evolução da noqueira pecã durante os séculos XV ao XIX.....	49
Figura 7 – Sistemas agroflorestais com integração de noqueiras pecã e milho e noqueiras pecã com ovinos. ....	56
Figura 8 – Pomares de noqueira pecã com oito anos de idade. ....	57
Figura 9 - Flores femininas (A) e flores masculinas (B). ....	57
Figura 10 – Distribuição das noqueiras polinizadoras e produtoras no pomar. ....	58
Figura 11 - Período de liberação do pólen e receptividade do estigma. ....	60
Figura 12 – Frutos em maturação (A), liberação do epicarpo (B) e frutos maduros (C). ....	60
Figura 13 – Fases fenológicas e manejo do cultivo da noqueira pecã.....	62
Figura 14 - Desenvolvimento das folhas (A) e folíolos (B). ....	63
Figura 15 - Desenvolvimento inicial da noz (A), desenvolvimento rápido da noz (B), abertura da casca (C) e preenchimento da parte comestível (D). ....	64
Figura 16 – Poda de formação na noqueira pecã durante os primeiros anos.....	66
Figura 17 – Ataque da sarna nas folhas (A) e nos frutos (B) da noqueira pecã. ....	75
Figura 18 – Área dos cultivos das lavouras temporárias (A) e permanentes (B) no Rio Grande do Sul em 2006. ....	78
Figura 19 – Unidades Geomorfológicas do Rio Grande do Sul. ....	80
Figura 20 – Mapa de solos do Rio Grande do Sul.....	81
Figura 21 – Biomas Mata Atlântica e Pampa no Rio Grande do Sul. ....	82
Figura 22 – Bacias e Sub-bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.....	83
Figura 23 – Tipologia climática para o Rio Grande do Sul.....	85
Figura 24 – Centros de Ação da América do Sul .....	87
Figura 25 – Posição da frente polar durante o verão e o inverno na América do Sul. ....	88
Figura 26 – Sistema de circulação atmosférica perturbada atuante na Região Sul do Brasil..	88
Figura 27 – Municípios produtores de noqueira pecã e área cultivada (ha) no Rio Grande do Sul em 2014. ....	91
Figura 28 – Quantidade produzida (t) de noz pecã no Rio Grande do Sul em 2014. ....	93
Figura 29 – Etapas metodológicas desenvolvidas durante a pesquisa. ....	96
Figura 30 – Localização das estações meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul. ....	99
Figura 31 – Tabela dinâmica das variáveis climatológicas no <i>Microsoft Office Excel</i> . ....	101
Figura 32 – Divisão de um ano-padrão em cinco classes usando a metodologia de um desvio padrão. ....	103
Figura 33 – Isolinhas de horas de frio digitalizadas no <i>software ArcGis 10.2.2</i> .....	105
Figura 34 – Organização do banco de dados geográficos no SIG.....	109
Figura 35 – Integração dos Índices de Risco para o Zoneamento de Risco Climático. ....	114

Figura 36 – Equação representativa das constantes obtidas da regressão linear múltipla referente à variável temperatura máxima absoluta anual.....	117
Figura 37 – Temperatura média do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.....	120
Figura 38 – Temperatura mínima média do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul. ....	123
Figura 39 – Temperatura mínima absoluta do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.....	127
Figura 40 – Temperatura máxima média do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.....	131
Figura 41 – Temperatura máxima absoluta do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul. ....	135
Figura 42 – Precipitação pluviométrica sazonal e anual no Rio Grande do Sul.....	140
Figura 43 – Precipitação pluviométrica anual, ano tendente a seco, ano seco, ano tendente a chuvoso, ano chuvoso e média dos totais pluviométricos para o período de 1998 a 2013 no Rio Grande do Sul.....	144
Figura 44 – Ano Chuvoso (2002) e Ano Seco (2004) de acordo com a série histórica da precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul. ....	145
Figura 45 – Ano Habitual (2013) de acordo com a série histórica da precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul.....	146
Figura 46 – Umidade relativa do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul. ....	148
Figura 47 – Mapa das horas de frio no Rio Grande do Sul no período de maio a setembro. ....	151
Figura 48 – Índice de risco de temperatura superior a 35°C na floração da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul.....	154
Figura 49 – Temperatura máxima absoluta de outubro a novembro no Rio Grande do Sul. ....	156
Figura 50 – Índice de risco de temperatura superior a 35°C na formação dos frutos da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul. ....	158
Figura 51 – Temperatura máxima absoluta de janeiro e fevereiro no Rio Grande do Sul.....	160
Figura 52 – Índice de risco de falta de horas de frio no período de dormência da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul.....	162
Figura 53 – Índice de risco de excesso de precipitação no período de expansão foliar da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul. ....	165
Figura 54 – Precipitação pluviométrica de setembro e outubro no Rio Grande do Sul.....	168
Figura 55 – Índice de risco de excesso de precipitação na floração da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul. ....	170
Figura 56 – Precipitação pluviométrica de outubro e novembro no Rio Grande do Sul. ....	173
Figura 57 – Índice de risco de excesso de precipitação na formação dos frutos da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul. ....	175
Figura 58 – Precipitação pluviométrica de dezembro, janeiro e fevereiro no Rio Grande do Sul. ....	177
Figura 59 – Índice de risco de excesso de precipitação na colheita das nozes no Rio Grande do Sul. ....	179
Figura 60 – Precipitação pluviométrica de abril e maio no Rio Grande do Sul. ....	180
Figura 61 – Índice de risco de estiagem no período de crescimento da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul.....	182
Figura 62 – Precipitação pluviométrica média de outubro a abril no Rio Grande do Sul. ....	184
Figura 63 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão chuvoso (2002) da série histórica em Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Iraí.....	186

Figura 64 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão chuvoso (2002) da série histórica em Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiana.....	187
Figura 65 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão seco (2004) da série histórica em Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Iraí. ....	190
Figura 66 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão seco (2004) da série histórica em Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiana.....	191
Figura 67 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão habitual (2013) da série histórica em Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Iraí. ....	195
Figura 68 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão habitual (2013) da série histórica em Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiana.....	196
Figura 69 – Índice de risco de excesso de umidade na floração da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) no Rio Grande do Sul. ....	200
Figura 70 – Umidade relativa do ar média de outubro a novembro no Rio Grande do Sul. ..	203
Figura 71 – Zoneamento de Risco Climático da noqueira pecã ( <i>Carya illinoensis</i> ) para o Rio Grande do Sul. ....	205



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos principais tipos de Zoneamentos. ....	41
Quadro 2 – Principais variedades de noqueira pecã e suas características.....	50
Quadro 3 – Principais características identificadas para os cultivos da noqueira pecã. ....	68



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção de noz pecã de acordo com a idade, rendimento por hectare e planta....	54
Tabela 2 - Principais municípios produtores de noqueira pecã no Rio Grande do Sul em 2014. .....	92
Tabela 3 – Classificação do risco climático, peso atribuído e caracterização da área de acordo com o risco.....	110
Tabela 4 – Classes de risco do Zoneamento e intervalos de classe.....	115
Tabela 5 – Coeficientes de regressão linear múltipla para a estimativa das temperaturas sazonais e anuais para o Rio Grande do Sul. ....	116
Tabela 6 – Média histórica anual da temperatura média do ar, mediana, desvio padrão ( <i>S</i> ) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul. ....	122
Tabela 7 – Média histórica anual da temperatura mínima média do ar, mediana, desvio padrão ( <i>S</i> ) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.....	126
Tabela 8 – Média histórica anual da temperatura mínima absoluta do ar, mediana, desvio padrão ( <i>S</i> ) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.....	130
Tabela 9 – Média histórica anual da temperatura máxima média do ar, mediana, desvio padrão ( <i>S</i> ) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.....	134
Tabela 10 – Média histórica anual da temperatura máxima absoluta do ar, mediana, desvio padrão ( <i>S</i> ) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.....	138
Tabela 11 – Média histórica anual da precipitação, desvio padrão ( <i>S</i> ), mediana e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.....	142
Tabela 12 – Média histórica anual da umidade relativa do ar, mediana, desvio padrão ( <i>S</i> ) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul. ....	149
Tabela 13 – Precipitação pluviométrica do ano de 2002, mensal e total, em oito estações meteorológicas do Rio Grande do Sul. ....	188
Tabela 14 – Precipitação pluviométrica do ano de 2004, mensal e total, em oito estações meteorológicas do Rio Grande do Sul. ....	192
Tabela 15 – Precipitação pluviométrica do ano de 2013, mensal e total, em oito estações meteorológicas do Rio Grande do Sul. ....	197
Tabela 16 – Síntese das classes de ocorrência (%) dos índices de risco e do Zoneamento de Risco Climático para a noqueira pecã no Rio Grande do Sul.....	208



## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A – Produção de noz pecã deve crescer 20% no RS (Reportagem por Zero Hora)</b> .....	<b>227</b>
<b>Anexo B – Novo horizonte para o cultivo de noz pecã (Reportagem por Correio do Povo Rural)</b> .....	<b>228</b>
<b>Anexo C – Menos Nozes em área plantada recorde no Rio Grande do Sul (Reportagem por Zero Hora Notícias)</b> .....	<b>229</b>



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>35</b>
2.1 CLIMATOLOGIA, ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO E GEOTECNOLOGIAS .....	35
2.1.1 Climatologia aplicada.....	36
2.1.2 Zoneamento de Risco Climático .....	39
2.1.3 Contribuições das Geotecnologias, da Cartografia e da Geoestatística .....	42
2.2 O CULTIVO DA NOGUEIRA PECÃ.....	47
2.2.1 Origem, evolução e caracterização da espécie <i>Carya illinoensis</i> .....	48
2.2.2 Importância econômico-comercial e a produção nacional e internacional.....	52
2.2.3 Caracterização botânica, fases de desenvolvimento fenológico e manejo do cultivo .....	56
2.2.3.1 Fases de desenvolvimento fenológico e manejo do cultivo .....	61
2.2.4 Exigências bioclimáticas.....	67
2.2.5 Influência dos fenômenos climáticos adversos no cultivo da noqueira pecã.....	72
<b>3 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA</b> .....	<b>77</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS .....	77
3.2 CARACTERÍSTICAS NATURAIS .....	79
3.3 MUNICÍPIOS PRODUTORES DE NOGUEIRA PECÃ .....	90
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>95</b>
4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA .....	95
4.2 COLETA DE DADOS .....	97
4.2.1 Fenologia da cultura e exigências climáticas.....	97
4.2.2 Dados climáticos .....	98
4.2.3 Produção da noqueira pecã.....	100
4.2.4 Trabalho de campo.....	100
4.3 ORGANIZAÇÃO E TABULAÇÃO DOS DADOS .....	101
4.3.1 Temperatura do ar .....	101
4.3.2 Precipitação pluviométrica .....	102
4.3.3 Umidade relativa do ar .....	103
4.3.4 Horas de Frio .....	104
4.3.5 Análises estatísticas .....	105
4.3.6 Balanço Hídrico da Cultura .....	107
4.4 ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS NO SIG.....	108
4.5 ELABORAÇÃO DO ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO .....	110
4.5.1 Definição dos riscos climáticos .....	110
4.5.2 Espacialização dos dados .....	112
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>119</b>
5.1 DINÂMICA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	119
5.1.1 Dinâmica da temperatura do ar .....	119
5.1.2 Dinâmica da precipitação pluviométrica.....	139

<b>5.1.3 Dinâmica da umidade relativa do ar .....</b>	<b>147</b>
<b>5.1.4 Dinâmica das horas de frio.....</b>	<b>150</b>
<b>5.2 ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO.....</b>	<b>152</b>
<b>5.2.1 Índice de risco de temperaturas superiores a 35°C.....</b>	<b>153</b>
5.2.1.1 <i>Na floração .....</i>	153
5.2.1.2 <i>Na formação dos frutos.....</i>	157
<b>5.2.2 Índice de risco de falta de horas de frio .....</b>	<b>161</b>
5.2.2.1 <i>Na dormência.....</i>	161
<b>5.2.3 Índice de risco de excesso de precipitação .....</b>	<b>164</b>
5.2.3.1 <i>Na expansão foliar.....</i>	165
5.2.3.2 <i>Na floração .....</i>	169
5.2.3.3 <i>Na formação dos frutos.....</i>	174
5.2.3.4 <i>Na colheita das nozes.....</i>	178
<b>5.2.4 Índice de risco de estiagem.....</b>	<b>181</b>
5.2.4.1 <i>No crescimento dos frutos.....</i>	181
<b>5.2.5 Índice de risco de excesso de umidade .....</b>	<b>199</b>
5.2.5.1 <i>Na floração .....</i>	199
<b>5.2.6 Mapa síntese do zoneamento.....</b>	<b>204</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>211</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>215</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>227</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, a produção agrícola destaca-se no cenário nacional, sobretudo pela sua alta capacidade, qualidade e diversidade da produção, dentre as quais, merece ênfase a atividade frutícola. O Estado apresenta o clima mais adequado para a produção de frutos de clima temperado como a uva, a maçã, a laranja, o pêssego e de modo especial o cultivo da noqueira pecã (*Carya illinoensis*).

A noqueira pecã é originária das regiões sudoeste dos Estados Unidos e norte do México, de ocorrência natural nos vales dos rios Mississipi, Ohio, Missouri, Colorado e Guadalupe (MADERO, 2003). Atualmente os maiores países produtores são Estados Unidos e México, sendo cultivada também na Argentina, Uruguai, Chile, Brasil, Austrália e África do Sul. No Brasil foi introduzida pelos imigrantes norte-americanos em meados de 1910 estabelecendo-se em algumas regiões distintas do estado de São Paulo, tais como Americana, Santa Bárbara e Piracicaba (MOTA; ZALHER, 1994; LACERDA; LORENCI, 2006).

Na Região Sul o cultivo da noqueira pecã merece destaque, pois estima-se que esteja em torno de 10.000 hectares plantados (FRONZA; HAMANN, 2016), e a produção comercial de nozes no Brasil, para o ano de 2013, chegou a aproximadamente 5,2 mil toneladas (IBGE, 2015a). No Rio Grande do Sul, segundo dados do censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006) existiam somente 1.366 hectares cultivados de noqueira pecã. Atualmente, são mais de 3.396 hectares plantados com produção superior a 1.695 toneladas de nozes, conforme levantamento realizado pela EMATER/RS-ASCAR em 2014 (EMATER/RS-ASCAR, 2014).

A noqueira pecã é uma espécie importante em sistemas agroflorestais, provendo frutos e madeiras de boa qualidade em consórcio com outras culturas implantadas no sistema (FILIPPIN, 2012). As árvores produzem nozes comestíveis que apresentam alto percentual de proteínas e óleos, este último que pode ser usado também na indústria farmacêutica (MOORE, 2011). Além disso, a produção de alimentos, com alto teor nutricional, como as nozes, tem sido bastante valorizada pelo mercado consumidor. Estudos apontam que a noz pecã destaca-se por apresentar uma elevada capacidade antioxidante e um importante conteúdo de compostos fenólicos, podendo reduzir a incidência de doenças como Alzheimer, mal de Parkinson, e outras doenças degenerativas (ORTIZ, 2000).

Autores como Terabe; Martins e Homechin (2008) apontam que seus frutos possuem elevado valor nutricional em proteínas, vitaminas, cálcio, ferro, potássio, carboidratos e lipídeos, que são antioxidantes, ricos em fibras. As nozes são excelentes provedoras de ácidos graxos insaturados que reduzem o colesterol no sangue, no qual o ácido oléico encontrado nas

nozes é similar ao que possuem as melhores variedades de azeite de oliva (LEMUS, 2004; VIDAL; PINTOS, 2013). Geralmente as nozes são consumidas *in natura*, mas são muito utilizadas em confeitarias, para a produção de doces e tortas e também podem ser utilizadas para a fabricação de uma variedade enorme de produtos, tais como o óleo de noz pecã.

No Rio Grande do Sul, nos últimos anos, a cultura da noqueira pecã apresentou um considerável potencial para expansão dos pomares comerciais. Evidencia-se um mercado promissor, devido ao crescimento do consumo diário de nozes, estimulado pelos benefícios à saúde (DUARTE; ORTIZ, 2001) e aliado ao alto valor pago pelo fruto. Assim, encontra-se neste cultivo a possibilidade de uma promissora fonte de renda, tanto para grandes, quanto para pequenos agricultores, expandindo os plantios de noqueira e recuperando os pomares abandonados. Além disso, a noz pecã constitui-se em uma boa alternativa de produção em médio e em longo prazo, que não requer grandes investimentos e apresenta grandes possibilidades de exportação (CABO, 2006).

No entanto, o cultivo da noqueira pecã carece de pesquisas científicas que enfoquem a forma de implantação e condução da cultura no Brasil (ORTIZ; CAMARGO, 2005). Segundo Terabe; Martins; Homechin (2008), em decorrência das poucas pesquisas contemplando a forma de implantação e condução da cultura frente às condições climáticas brasileiras, fatores que predispõem as plantas ao ataque por patógenos, principalmente fungos, a pecanicultura brasileira encontra-se desestimulada. Ademais, há uma grande necessidade de pesquisas que enfoquem a variabilidade climática, espacial e temporal, com a finalidade de minimizar os danos relacionados às adversidades climáticas nas fases mais críticas do ciclo da cultivar e identificar as áreas com maior aptidão climática. É neste aspecto, que se insere a relevância dos estudos de Zoneamentos Agroclimáticos e de Risco Climático.

No Estado, encontram-se referenciais teórico-metodológicos expressivos no que se refere aos estudos de climatologia, especialmente os relacionados aos zoneamentos tais como o estudo de Mota et al. (1974) e SAA (1994). Porém, estes estudos estendem-se principalmente aos produtos agrícolas como os grãos, especialmente a soja, o milho e feijão (MALUF et al., 2001a; 2001b), o trigo (CUNHA; HAAS; ASSAD, 1998) e as frutas de maior produtividade como a uva, a maçã, o pêssego e a nectarina (HERTER et al., 2002) e as cítricas, e não à noqueira pecã.

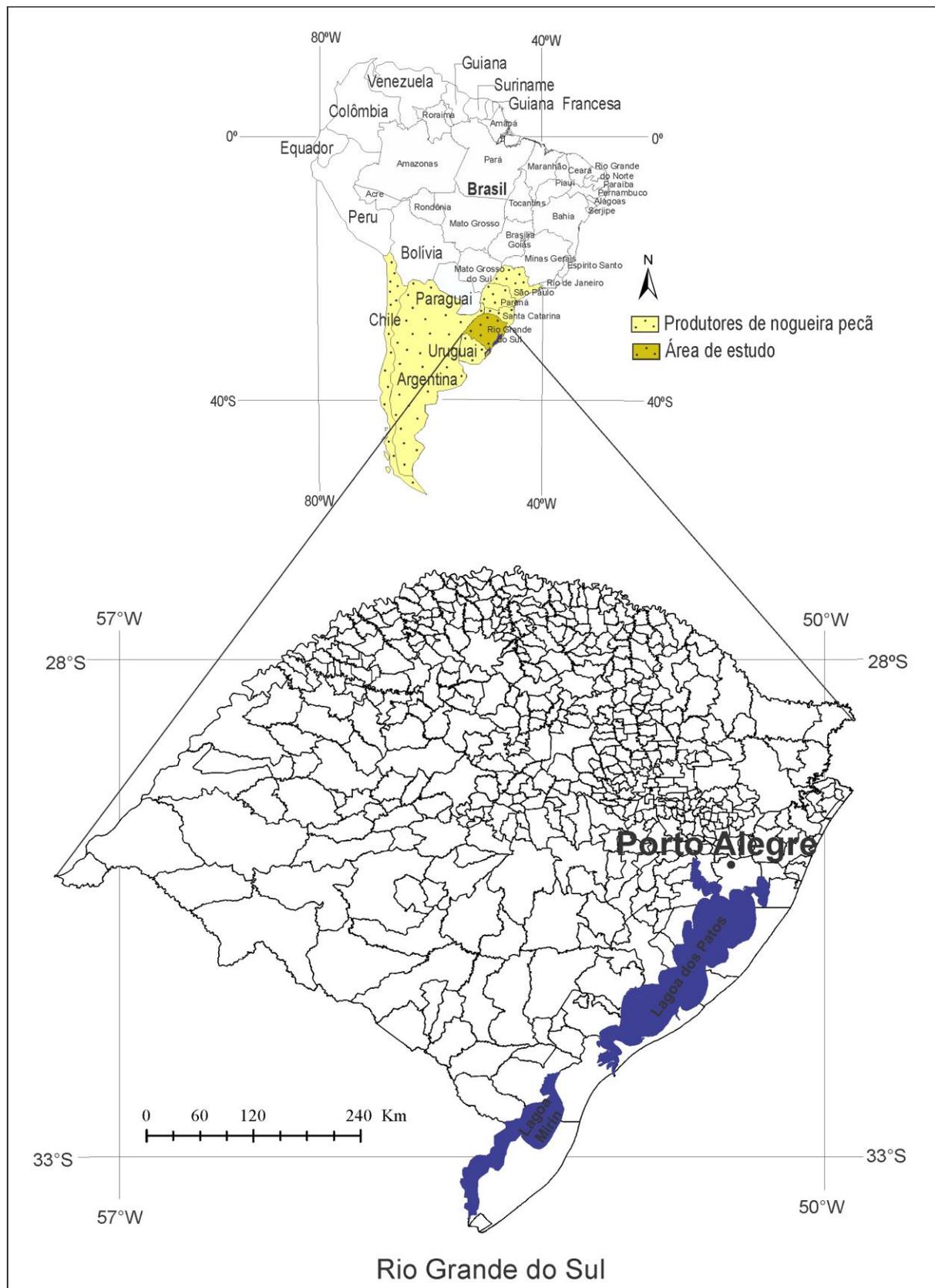
A elaboração de um Zoneamento de Risco Climático possibilita ampliar a base de referenciais teóricos a respeito do cultivo da noqueira pecã, além de resultar em um documento com informações relevantes quando da implantação de um pomar, especialmente do ponto de vista climático. Este estudo merece relevância, pois leva em consideração fatores

determinantes aos cultivos agrícolas tais como a precipitação pluviométrica, a temperatura e a umidade relativa do ar, que apresentam variação tempo-espacial no Rio Grande do Sul, como já destacados em estudos anteriores (MONTEIRO, 1963; SARTORI, 1993; 2003; WOLLMANN, 2011).

Deste modo, o Zoneamento de Risco Climático constitui-se em uma ferramenta de gestão que permite identificar as áreas mais favoráveis para o desenvolvimento do cultivo. Visa relacionar eventos climáticos adversos com o ciclo das cultivares, de forma a diminuir as chances de adversidades climáticas coincidirem com as fases mais sensíveis das culturas, conforme destacado pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010). Ainda concordando com MAPA, para que haja uma redução dos riscos climáticos para a agricultura e consequente diminuição das perdas para os agricultores, tornou-se imprescindível identificar, quantificar e mapear as áreas mais favoráveis ao cultivo das culturas, levando-se em conta a oferta climática e, mais especificamente, a distribuição pluviométrica e a amplitude termo-higrométrica.

Com o intuito de contribuir para os estudos de climatologia agrícola do Estado e preencher lacunas científicas, visou-se responder aos seguintes questionamentos: Quais são os fenômenos climáticos adversos que mais influenciam no desenvolvimento do cultivo da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul (Figura 1)? Onde estão localizadas as áreas com maiores e menores riscos climáticos para a produção da pecaneira?

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Com base em estudos já realizados e conhecimento sobre o referido assunto visou-se responder a estes questionamentos, tendo como base os dados climáticos e as ferramentas de Geoprocessamento, como elementos fundamentais para o desenvolvimento do estudo. Desta forma, a hipótese da pesquisa consistiu na premissa de que o Rio Grande do Sul apresenta diferentes classes de risco climático para o cultivo da noqueira pecã, influenciados, sobretudo, pela variabilidade espacial da temperatura, da umidade relativa do ar e da precipitação pluviométrica.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa consiste na elaboração do Zoneamento de Risco Climático do cultivo da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) para o Rio Grande do Sul. No entanto, foi necessário contemplar os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os municípios produtores de noqueira pecã e verificar a produção do cultivo no Rio Grande do Sul;
- Analisar a variabilidade climática sazonal e anual da série histórica de 1998 a 2013 e identificar as exigências climáticas do cultivo da noqueira pecã;
- Identificar as classes de risco climático de acordo com a frequência da ocorrência dos fenômenos adversos para o cultivo da noqueira pecã nas suas fases fenológicas;
- Realizar o zoneamento de risco climático para cada um dos fenômenos adversos durante as fases do ciclo da cultivar.

Desta forma, esta pesquisa está estruturada em oito seções principais: Introdução, Fundamentação Teórica, Caracterização da área de estudo, Materiais e Métodos, Resultados e Discussões, Considerações Finais, Referências Bibliográficas e Anexos. Na Introdução foram apresentadas as principais motivações para a realização deste estudo, a problemática de pesquisa e os objetivos a serem alcançados.

Na Fundamentação Teórica destacam-se as principais bases teóricas a respeito da importância da Climatologia e das Geotecnologias na elaboração dos Zoneamentos, em especial do Zoneamento de Risco Climático, e o cultivo da noqueira pecã com suas principais características e fases fenológicas, importância comercial, requerimentos climáticos e fatores climáticos adversos ao cultivo, considerados como riscos.

A Caracterização da área de estudo contemplou aspectos socioeconômicos e naturais do Rio Grande do Sul e os municípios produtores de noqueiras e sua produção. Nos Materiais e Métodos destacou-se todas as etapas metodológicas requeridas para o desenvolvimento deste estudo, desde a coleta dos dados até a elaboração final do zoneamento, em que a

metodologia descrita para a elaboração do zoneamento de risco climático também foi proposta concebida no decorrer da pesquisa.

Os Resultados e Discussões apresentam primeiramente uma análise da dinâmica das variáveis climáticas e em um segundo momento, enfatizou-se os cinco índices de risco climático e suas atuações nas diferentes fases fenológicas da noqueira pecã, resultando no zoneamento final de risco climático. Nas Considerações Finais destacou-se os objetivos alcançados e algumas recomendações para pesquisas futuras com o cultivo da noqueira pecã. E por fim, as Referências Bibliográficas e os Anexos utilizados na pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento desta pesquisa buscou-se embasamento teórico-conceitual a respeito das principais vertentes norteadoras da pesquisa: Climatologia, Zoneamentos e contribuições das Geotecnologias e o cultivo da noqueira pecã. As leituras permitiram contemplar conceitos, metodologias e o estado da arte nas diversas áreas do conhecimento que enfocam a relação do clima com a produção agrícola.

A concepção teórica do trabalho esteve embasada na proposta metodológica de Libault (1971). De acordo com a proposta, a pesquisa desenvolveu-se de acordo com os quatro níveis de pesquisa: compilatório, correlatório, semântico e normativo. O nível compilatório corresponde à primeira fase da pesquisa, constituída basicamente pela coleta de dados e informações de diferentes naturezas e pela sua seleção. No nível correlatório realiza-se correlações entre os dados, para posteriormente estabelecer a interpretação deles. No nível semântico estabeleceram-se algumas generalizações possíveis e os dados, antes de caráter factual ou numérico, passaram a ser vistos de acordo com sua representação e significação. O último nível, o normativo, apresenta o produto da pesquisa como um modelo representado através de mapas que traduzem de maneira simples o resultado final.

### 2.1 CLIMATOLOGIA, ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO E GEOTECNOLOGIAS

Neste item foram abordadas importantes contribuições conceituais e práticas para a pesquisa geográfica: Climatologia aplicada, Zoneamento de Risco Climático e as contribuições das Geotecnologias para estes estudos. É de suma importância à compreensão das dinâmicas naturais e a presença das geotecnologias que visam auxiliar na representação e na análise espacial de determinados fenômenos sobre os cultivos agrícolas.

Conforme destaca Mota (1983, p. 44) “... até que a interação do complexo climático com o processo fisiológico da cultura seja entendido, a produção desta cultura, adequadas para as condições climáticas locais, permanece no empirismo”. Assim, a partir da análise da interação do clima com os cultivos e da sua representação espacial, o espaço geográfico incorporado ao sistema computacional passará a um modelo do mundo real, onde os elementos e relações reais serão elementos e relações representados (BUZAI; DURÁN, 1997).

### 2.1.1 Climatologia aplicada

Na ciência geográfica, a Climatologia é de fundamental importância para a compreensão do clima como um produto do encadeamento espacial do ritmo climático (MONTEIRO, 1971). Segundo o autor, a sua análise de forma isolada da espacialidade não tem sentido geográfico. A Climatologia possui uma ligação com a abordagem geográfica do espaço terrestre destacada por Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 15) e entendida como um “campo do conhecimento no qual as relações entre a sociedade e a natureza configuram-se como pressupostos básicos para a compreensão das diferentes paisagens do Planeta e contribui para uma intervenção mais consciente na organização espacial”.

Os estudos com base na relação existente entre os elementos do clima e do tempo sobre o organismo humano e o ambiente, especialmente com as plantas e as culturas agrícolas, passaram a ser investigados por um ramo da Climatologia e da Meteorologia denominado de Bioclimatologia (WOLLMANN; GALVANI, 2013; SARTORI, 2014). De acordo com Galvani (2005), a Bioclimatologia aplica os conhecimentos da Climatologia às relações com os seres vivos e pode se distinguir como Bioclimatologia Humana, Animal e Vegetal, quando enfoca, respectivamente, os seres humanos, os animais e os vegetais.

A Bioclimatologia Vegetal que se preocupa com a relação clima e plantas “procura entender as razões pelas quais determinadas espécies não vivem fora de limites de valores apresentados pelos diferentes atributos climáticos, ocorrendo assim, uma distribuição geográfica e climática das plantas” (GRISOLLET, 1952 apud WOLLMANN, 2011, p. 96). Este ramo do conhecimento científico propiciou o desenvolvimento de linhas de pesquisa tais como Meteorologia Agrícola, Agrometeorologia, Climatologia Agrícola e Agroclimatologia.

A Meteorologia Agrícola “pode ser definida como o estudo dos processos físicos na atmosfera, que produzem o tempo em suas relações com a produção agrícola” (MOTA; AGENDES, 1986, p. 48). Ainda de acordo com os autores, é uma ciência que aplica a física do ar e do solo à agricultura e estuda as relações quantitativas entre o meio atmosférico e as respostas biológicas das espécies.

Para Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a Meteorologia Agrícola ou Agrometeorologia está voltada para as condições atmosféricas e suas consequências no ambiente rural. Segundo os autores, a principal aplicação da Agrometeorologia é no planejamento e na tomada de decisões das propriedades agrícolas, sendo uma ferramenta indispensável no processo produtivo rural. Destaca-se ainda, a Agrometeorologia dos Cultivos que visa a partir do conhecimento das relações entre as condições físicas do ambiente, em

especial, solo e atmosfera, e das diversas espécies cultivadas, a obtenção de informações mais precisas a respeito das influências do tempo e do clima no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade das culturas (SENTELHAS; MONTEIRO, 2009).

A Climatologia Agrícola diferentemente da Meteorologia Agrícola avança seus estudos sobre demais áreas do conhecimento, afirma Wollmann (2011). A Climatologia Agrícola compreende seis escalas de análise:

- A análise do clima como fator pedogenético;
- O clima e as diferentes fases de produção da cultura agrícola, tais como a necessidade de irrigação e poda;
- A influência dos elementos climáticos no desenvolvimento fenológico da cultura;
- Os aspectos climatológicos e os mecanismos de defesa das plantas em relação às “calamidades atmosféricas”, como a geada, as imposições climáticas às atividades pós-colheita da cultura, como tipo de armazenamento/conservação/ climatização e transporte;
- Relação clima/altitude/relevo (relevo aqui entendido como as vertentes e sua exposição ao Sol) e suas influências ao desenvolvimento da cultura. (GRISOLLET, 1952 apud WOLLMANN, 2011, p. 97-98).

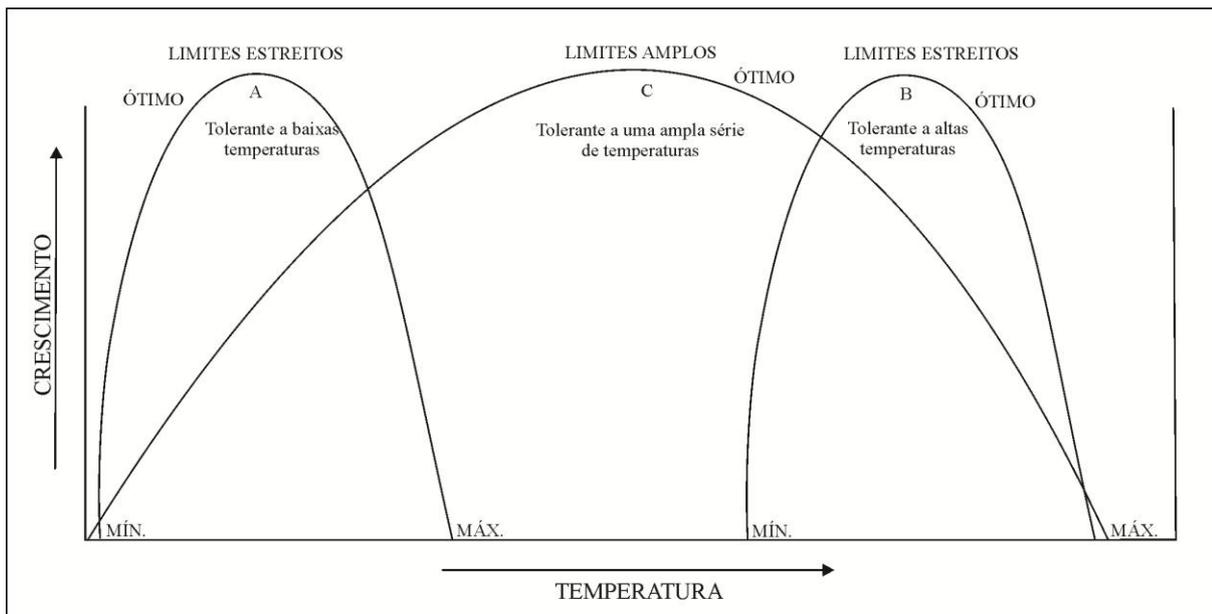
A Agroclimatologia é um instrumento eficaz que permite compreender a influência que os fatores climáticos têm sobre a produção agrícola podendo ser utilizado para decisões de ordenamento agrícola, minimizando riscos e maximizando a quantidade e a qualidade das colheitas (NAVARRO, 1993). Desta forma, os principais objetivos da Climatologia Agrícola ou Agroclimatologia de acordo com Mota e Zahler (1994, p. 17-18) são:

- a) fornecer informações aos agricultores sobre como tirar o máximo proveito do clima para melhorar a produção das culturas;
- b) contribuir para reduzir ao mínimo os danos à produção agrícola que possam ser causados, direta ou indiretamente, por um clima desfavorável;
- c) mostrar aos agricultores que o clima também é um recurso natural que pode ser aproveitado ao nível da lavoura.

Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002, p. 436) “o clima talvez seja o fator mais importante na determinação do potencial agrícola de uma região”. Mota (1983) afirma que os fatores climáticos determinam a potencialidade da existência de uma espécie vegetal ou do rendimento de uma cultura, juntamente com os fatores edáficos. O mesmo autor destaca que as espécies vegetais são capazes de existir e produzir-se dentro de limites climáticos e edáficos bem definidos.

As espécies vegetais apresentam limites de tolerância máximos e mínimos e podem apresentar amplos limites para um fator e estreitos para outros (MOTA, 1983) conforme a figura 2.

Figura 2 - Limites de tolerância das plantas em relação à temperatura.



Fonte - Modificada de Mota (1983).

Os limites de tolerância em relação à temperatura da espécie "A" são estreitos e situam-se dentro das baixas temperaturas. A espécie "B" também apresenta limites estreitos de tolerância, porém dentro das altas temperaturas e a espécie "C" apresenta amplos limites de tolerância de temperaturas. Isto demonstra que cada espécie possui seus limites definidos e para que haja compreensão da distribuição espacial das espécies são necessários estudos climáticos, edáficos e fisiológicos e sua interação. Os limites de tolerância da noqueira pecã podem ser considerados amplos, devido ao fato do cultivo necessitar de temperaturas inferiores a 7°C em sua fase de repouso vegetativo e requerer temperaturas médias entre 24°C e 30°C durante o período de desenvolvimento e formação dos frutos. Estes valores ampliam a curva de tolerância da noqueira pecã diante das temperaturas mínimas e máximas toleráveis.

Ainda de acordo com Mota (1983), a falta de conhecimento detalhado das relações das plantas com o clima tem prejudicado o planejamento sustentável do uso da terra em uma escala maior. Com os avanços da ciência, das pesquisas de campo e do aperfeiçoamento de

equipamentos meteorológicos é possível prever fenômenos climáticos adversos aos cultivos ou favoráveis à ocorrência de pragas e doenças nos vegetais (MOTA; ZAHLER, 1994).

### **2.1.2 Zoneamento de Risco Climático**

Diante dos fenômenos climáticos adversos e da interferência negativa que estes causam na produção agrícola e na economia do país, instituições de pesquisa passaram a desenvolver no Brasil, a partir de 1970, mecanismos que permitissem indicar locais e datas *mais* apropriadas para o cultivo de determinadas culturas. Dentre esses mecanismos, destaca-se o zoneamento que pode ser dividido em quatro categorias: agrícola, agroclimático, agroecológico ou edafoclimático e de risco climático (WOLLMANN; GALVANI, 2013).

De acordo com Ometto (1981, p. 405) o zoneamento é “... a escolha dos locais mais indicados para as diversas culturas, a fim de obter-se uma maior rentabilidade do capital investido”. Em outra perspectiva, Zacarias (2010) destaca que o zoneamento visa ordenar “zonas”, ou seja, hierarquizar ou identificar as áreas homogêneas da paisagem para o delineamento das potencialidades e restrições do território. Desta forma, o zoneamento pode ser compreendido como ferramenta de análise que possibilita identificar em um determinado espaço geográfico, diferentes áreas/zonas com características relativamente homogêneas, mas não estáticas, ou seja, que podem sofrer alterações de suas características de acordo com o tempo ou com interferências de outros elementos sobre as mesmas. A partir da delimitação destas zonas, pode-se identificar os locais com maior ou menor aptidão de uso, mais vulneráveis ou menos vulneráveis, com riscos baixo ou elevado, dependendo do objetivo a ser alcançado.

O Zoneamento Agrícola é utilizado para delimitar regiões em que as condições econômicas de solos e do meio ambiente possibilitem a maior probabilidade possível de sucesso no que diz respeito à produtividade e rentabilidade de uma cultura agrícola (OMETTO, 1981). Colaborando com este instrumento, Sentelhas, Pereira e Angelocci (2000) destacam que neste tipo de Zoneamento deve-se considerar além dos elementos do clima, os fatores edáfico, social e econômico possibilitando determinar a aptidão agrícola de uma região.

No Zoneamento Agroecológico a finalidade é “reunir os municípios que apresentam características climáticas (especialmente em relação ao regime térmico-pluviométrico), geomorfológicas, de capacidade de uso dos solos, uso atual, ao nível de macroclima mais homogêneas possíveis” (SAA, 1994, p. 27). Neste tipo de zoneamento é possível avaliar e

diagnosticar a problemática agrícola regional e propor soluções de acordo com os fatores socioeconômicos e características ecológicas envolvidos na produção.

O Zoneamento de Risco Climático, foco deste estudo, visa identificar e espacializar as áreas mais favoráveis para o desenvolvimento dos cultivos agrícolas e as áreas mais predispostas à ocorrência de fenômenos adversos durante as fases fenológicas do cultivo. Este instrumento tornou-se resultado da política agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

No Zoneamento Agroclimático objetiva-se determinar a aptidão climática de áreas para o cultivo de espécies de interesse agrícola e preocupa-se com o macroclima, ou seja, com o clima do município (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Para determinar a aptidão climática das espécies vegetais é necessário conhecer as suas exigências climáticas e as condições do ambiente em que irão se desenvolver, considerando a variação sazonal do clima (SENTELHAS; PEREIRA; ANGELOCCI, 2000).

O Zoneamento de Risco Climático pode ser definido como um instrumento de gestão de riscos da agricultura e para sua elaboração é necessário analisar as variáveis de clima, solo e planta, aplicando-se funções matemáticas e estatísticas objetivando quantificar o risco de perda das lavouras com base no histórico de ocorrência de eventos climáticos adversos (MAPA, 2010). Neste zoneamento identificam-se os principais fenômenos adversos que poderão ocorrer em determinadas fases fenológicas das culturas, estabelecendo-se assim as possíveis áreas com baixo, médio e alto risco climático.

De acordo com Maluf et al. (2001) o Zoneamento de Risco Climático pode ser aplicado no direcionamento da política e planejamento agrícola, na liberação de crédito e em seguridade rural. Além disso, Bracale (2012) destaca que na elaboração deste tipo de zoneamento é imprescindível obter dados climatológicos, conhecimento do funcionamento hídrico dos solos e das fases fenológicas dos cultivos, para que ao final, de posse do zoneamento, seja possível identificar as áreas mais favoráveis ao cultivo, diminuindo as chances das adversidades climáticas coincidirem com as fases mais sensíveis das culturas.

Desta forma, os zoneamentos, com a finalidade de uso para as atividades agrícolas, diferem quanto aos objetivos propostos e resultados alcançados. Os principais tipos de Zoneamentos e suas características são apresentados no quadro 1.

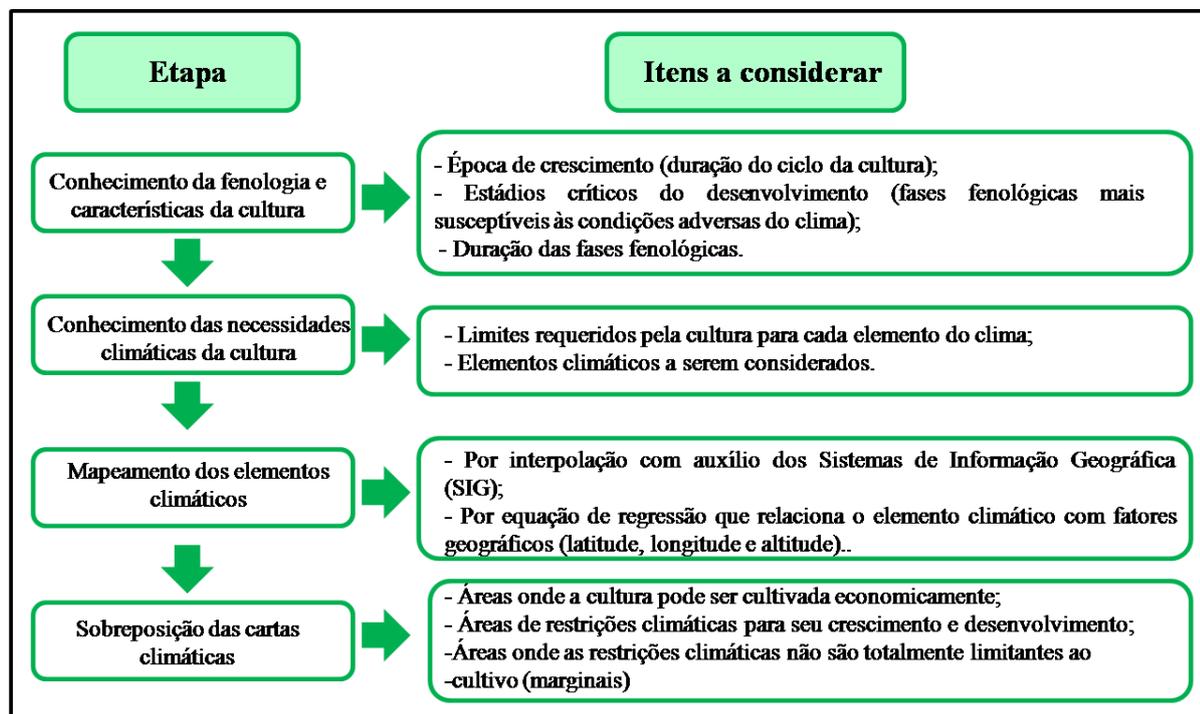
Quadro 1 – Características dos principais tipos de Zoneamentos.

	<b>Tipo de Zoneamento</b>			
	<b>Aptidão Agrícola</b>	<b>Agroclimático</b>	<b>Agrícola</b>	<b>Risco Climático</b>
<b>Análise de risco</b>	-Potencial do: clima, solo e fatores socioeconômicos (locais e regionais) -Potencial edafo-climático	-Identifica áreas de maiores e menores riscos climáticos	- Baseado no tipo de solo, clima local, e ciclo fenológico da planta.	- Considera o balanço hídrico - O risco quantificado, através de análises probabilísticas e frequências.
<b>Tipo de indicativo</b>	- Área apta - Área marginal - Área inapta	- Define melhor época de plantio Identifica áreas com maior potencial de produtividade	- Define melhor época de plantio - Indica cultiva-res habilitados para o local	- Por município, tipo de solo e ciclo da cultivar.
<b>Problemas encontrados</b>	- Mapas para as culturas em grande escala -Indicativos aproximados - Estudos não consideram ocorrência de riscos toleráveis (secas e geadas)	- Estudos não consideram ocorrência de riscos toleráveis -Potencial climático para o estabelecimento das culturas agrícolas	- Estudos não consideram ocorrência de riscos toleráveis	- Estudos não consideram informações referentes à micro-climas - Interpolação de dados

Fonte – MAPA (2010).

Conhecendo melhor as relações entre o clima e a agricultura torna-se possível elaborar planejamentos por meios dos zoneamentos definindo as áreas mais favoráveis ao desenvolvimento dos cultivos agrícolas, localização e ocorrência dos fenômenos climáticos adversos, necessidade de irrigação e quebra-ventos, destacando os melhores períodos para plantio e colheita. Para determinar a potencialidade agroclimática de um cultivo agrícola em uma região específica é necessário seguir algumas etapas e considerar alguns itens conforme apresentado na figura 3.

Figura 3 – Etapas para a determinação da potencialidade agroclimática de uma região.



Fonte - Modificado de Sentelhas, Pereira e Angelocci (2000).

Os planejamentos, instrumentos de gestão, contribuem para os estudos da Climatologia Agrícola, da Bioclimatologia Vegetal, da Agroclimatologia, da Meteorologia Agrícola, pois permitem identificar e analisar as relações existentes entre a dinâmica dos fenômenos e o meio, aproximando as relações espaciais. Além disso, a elaboração dos zoneamentos é de fundamental importância porque visa incentivar à expansão de culturas mais adequadas nas regiões mais aptas e de menor risco climático, diminuindo as perdas nas lavouras e incentivando a sustentabilidade da atividade, com estabilização de renda.

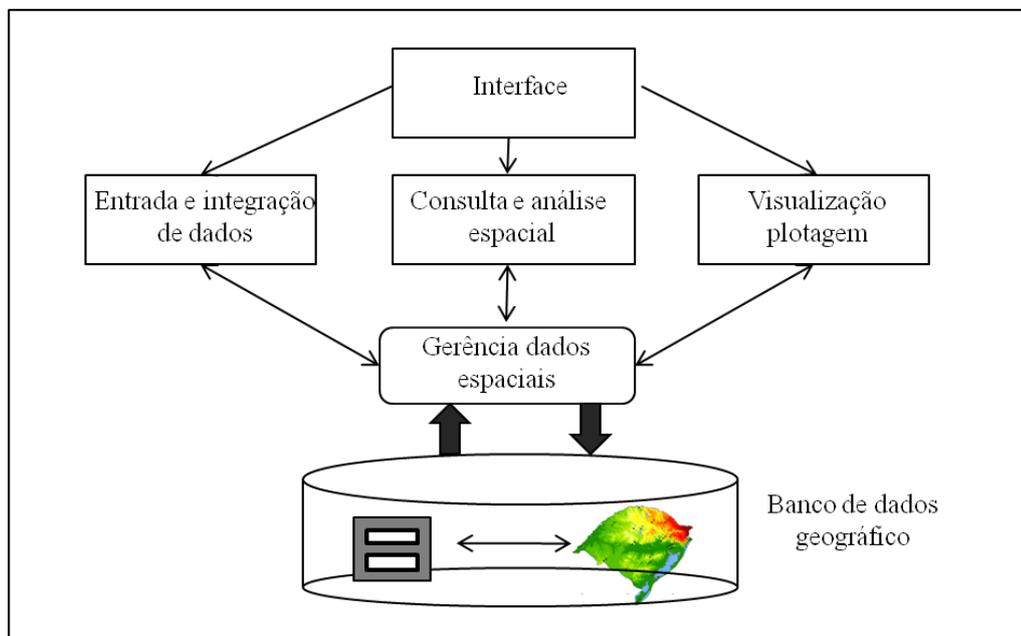
### 2.1.3 Contribuições das Geotecnologias, da Cartografia e da Geoestatística

Na elaboração dos mais diversos tipos de zoneamentos é importante ressaltar a contribuição significativa das Geotecnologias e da Geoestatística. As Geotecnologias, que envolvem um conjunto de disciplinas do conhecimento possibilitam coletar, armazenar, analisar e representar espacialmente dados das mais diversas fontes. A Geoestatística, por meio das análises estatísticas, possibilita aperfeiçoar a espacialização os dados, por meio do uso de interpoladores e outras ferramentas de análise espacial.

No Geoprocessamento a transferência dos dados do mundo real para os sistemas computacionais é possível por meio de técnicas que estão interligadas com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), com a Cartografia Digital e com o Sensoriamento Remoto. Os dados podem ser entendidos como uma observação ou obtenção de uma medida que após passarem por um processo de transformação (organização, estruturação, classificação) resultam em informações geográficas (MENEZES; FERNANDES, 2013).

De acordo com Assad e Sano (1998), os SIGs são instrumentos computacionais que permitem a realização de estudos complexos ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados, tornando possível a automatização da produção de documentos cartográficos. Os SIGs potencializam a aquisição de dados geográficos, bem como de sua apreciação, alcançando a integração de informações geográficas em vários níveis temáticos (RIBEIRO, 2001). Possibilitam ainda, de maneira integrada, a produção de mapas, o suporte para análise espacial de fenômenos e a criação de bancos de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial, por meio de sua arquitetura (Figura 4).

Figura 4 – Arquitetura dos Sistemas de Informação Geográfica.



Fonte – Modificado de Câmara et al. (2004).

Nos SIGs, os dados georreferenciados são armazenados em bancos de dados geográficos, visando o gerenciamento e execução de operações de consulta e atualização das

informações. Um banco de dados pode ser mantido manualmente ou por computador e sempre é sustentado com dados, com um propósito específico, ou seja, da mesma informação. Lisboa Filho e Iochpe (2001) sustentam que as informações armazenadas em um banco de dados devem respeitar as regras da aplicação, definidas pelas restrições de integridade, visando manter o caráter operacional dos mesmos.

Uma das aplicações dos SIGs que merece destaque é no mapeamento de informações meteorológicas e climatológicas utilizadas na agricultura. Pellegrino et al. (1998, p. 330) destacam “a importância do monitoramento das condições de tempo e clima, pela sua influência sobre as atividades agrícolas, e a facilidade de transmissão e divulgação dessas informações na forma gráfica, ou mais particularmente, como mapas”. Desta forma, os dados numéricos apresentados inicialmente (por exemplo, a precipitação), obtidos em pontos referenciados geograficamente (estações meteorológicas), transformam-se em mapas interpolados a partir das informações iniciais.

Neste contexto, destaca-se a importância da Cartografia Temática que pode ser entendida como um conjunto de preocupações ou operações que visam representar graficamente um conjunto de dados em certa área (SANCHES, 1981). Segundo Martinelli (2011), a Cartografia Temática, da mesma forma que a representação gráfica geral, tem a função de registrar, tratar dados e comunicá-los, com o propósito de revelar o conteúdo da informação. A representação gráfica se constitui num meio de comunicação visual e social, através de uma linguagem gráfica, permitindo a comunicação entre a imagem e o seu leitor em um sistema denominado de semiológico monossêmico (sentido único), sem ambiguidades (MARTINELLI, 2011).

Para Jaques Bertin, cartógrafo colaborador da fundamentação teórica da visualização da informação, a imagem gráfica se constrói, é lida e interpretada de acordo com três instâncias: dois componentes de localização, ou seja, as dimensões do plano (latitude y e longitude x) e um componente de qualificação (z) identificado pelas seis variáveis visuais: tamanho, valor, granulação, cor, orientação e forma (LE SANN, 2005). De acordo com a informação a ser mapeada, que poderá apresentar diferentes características, essas variáveis poderão ser de pontos, linhas ou áreas (zonas), sendo assim denominados de modo de implantação.

Além disso, é importante destacar que as informações geográficas possuem características qualitativas ou quantitativas, influenciando assim na forma de sua espacialização. Na representação de fenômenos quantitativos tais como a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica, a umidade relativa do ar, entre outros, utiliza-se a classe de

observação intervalar. Esta classe permite trabalhar com informações quantitativas valoradas, dentro de uma faixa contínua de ocorrência (MENEZES; FERNANDES, 2013).

A representação de dados climáticos na forma de mapas é apresentada pelo método isarítmico que considera o traçado de linhas de igual valor, as isolinhas, com base nos dados do fenômeno, obtidos de forma pontual, mas que apresentam continuidade espacial (MARTINELLI, 2014). Dependendo da informação a ser mapeada recebem os termos isoietas (linhas com mesmas precipitações pluviais), isotermas (valores de temperatura), isópagas (índices de geada), isóbaras (valores de pressão) e outros (LOCH, 2006; FITZ, 2008). Este método é “aplicado para representar variabilidade, frequências, probabilidades e intensidade dos elementos climáticos” (LOCH, 2006, p. 162).

Outro aspecto importante a ser considerado na elaboração dos mapas é com relação à escolha da variável visual que melhor represente a noção de conjunto da distribuição do fenômeno. Martinelli (2011; 2014) orienta a utilização de cores em ordem visual, das mais claras até as mais escuras, e para se estabelecer um contraste entre os fenômenos indica utilizar uma série ordenada de cores frias para a precipitação pluviométrica, e uma série ordenada de cores quentes para a temperatura. Destaca-se o sistema de cores RGB (*red, green and blue*) vermelho, verde e azul. Neste sistema parte-se destas três cores primárias, realizando-se possíveis combinações, por adição, variando numa escala de cinzas de 0 a 255 níveis, onde o zero é o preto e, o 255 é o máximo de incremento de todas as três cores (LOCH, 2006).

É importante destacar também, que na elaboração dos mapas de fenômenos contínuos no espaço, tais como a temperatura, a precipitação e a altitude, a partir de dados obtidos em descontinuidade, deve-se atentar para a escolha dos interpoladores. Os métodos de interpolação são utilizados com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial de um determinado atributo, baseado em dados amostrais situados em locais de interesse (JIMENEZ; DOMEQ, 2008).

Diversos estudos têm utilizado métodos de interpolação espacial para estimativas e espacialização das variáveis climáticas, no entanto é necessário avaliar e definir o melhor método a ser utilizado (SILVA, et al., 2007). Concordando com este pressuposto, Lennon e Tunner (1995) destacam que não existe na literatura um método que seja melhor do que outro, mas faz-se necessário determinar o melhor método para cada circunstância. Dentre os diversos métodos de interpolação, destacam-se alguns mais utilizados com fenômenos climáticos, tais como a krigagem (*kriging* - KRG), o inverso da potência da distância (*Inverse*

*Distance Weighted - IDW*) e o *spline* (SPL) ou curvatura mínima. Além destes, enfatiza-se a análise de regressão linear múltipla, também utilizada para a modelagem de dados.

O interpolador *kriging* é baseado numa função contínua, que explica o comportamento de uma variável nas distintas direções de um espaço geográfico (GARDIMAN JUNIOR, et al., 2012). Permite associar a variabilidade da estimação com base na distância que existe entre um par de pontos, pelo uso de um semivariograma, o qual possibilita verificar o nível de similitude que existe entre estes, à medida que se afastam. Segundo Barbosa (2006) a aplicação prática da *krigagem* pontual é voltada para a representação gráfica de dados geográficos, seja por mapas de isovalores (isotermas, isoietas) ou seja por meio de superfícies tridimensionais, obtidas pela projeção perspectiva da malha regular.

O inverso da potência da distância estima um valor para um local não amostrado como uma média dos valores dos dados dentro de uma vizinhança. O cálculo da média é ponderado pela distância entre o ponto a ser interpolado e seus vizinhos. Para Mello et al. (2003), este interpolador é largamente utilizado com o expoente dois, com bons resultados, e com o qual recebe a denominação de Inverso do Quadrado da Distância (IQD). Neste método presume-se que cada amostra de ponto tem influência local que diminui com a distância.

O *spline* é uma técnica de interpolação que utiliza um polinômio para gerar uma superfície que minimize a curvatura da mesma, resultando em uma superfície suavizada que passa através dos pontos amostrados reproduzindo os valores da variável (ANDRIOTTI, 2009). Segundo o autor, isto não ocorre sempre, não podendo, desta forma, ser considerado um interpolador exato.

Em estudos realizados visando avaliar o desempenho de interpoladores com variáveis climáticas (SILVA, et al., 2007; SOUZA et al., 2011; GARDIMAN JUNIOR et al., 2012), validando os resultados por meio de equações matemáticas, os autores destacaram que os interpoladores que apresentaram melhor desempenho foram respectivamente o *kriging*, o inverso do quadrado da distância e o *spline*. Desta forma, torna-se necessário avaliar o interpolador a ser utilizado nas estimativas e espacialização das variáveis de acordo com suas características.

A análise de regressão linear múltipla consiste em utilizar uma equação para predizer valores de uma variável dependente por meio dos valores de outras variáveis independentes. Esta análise é comum ser utilizada para estimar dados de temperatura (variável dependente) em função das variáveis independentes de latitude, longitude e altitude do local. Nos estudos desenvolvidos por Cargnelutti Filho et al. (2006), FEPAGRO (2011) e Santos et al. (2015) os

autores destacam a utilização deste método e a eficácia da estimativa para representação das variáveis climáticas de temperatura, evapotranspiração, precipitação e horas de frio.

Outro aspecto importante e merece ser destacado é a integração dos dados por meio da álgebra de mapas. No SIG, os cruzamentos realizados entre dois ou mais planos de informação são realizados pelos operadores lógicos e apresentam uma grande vantagem no uso de sua estrutura devido a sua simplicidade e aplicabilidade, pois são equivalentes ao tradicional método de sobreposição de mapas em mesas digitalizadoras (QUEIROZ FILHO; MARTINELLI, 2007).

Nos mapas de síntese, as aplicações das álgebras de mapas são realizadas com dados qualitativos e com dados quantitativos e requerem a conversão dos mapas em representações numéricas. Além disso, é necessário que os planos de informação a serem sobrepostos estejam no mesmo sistema de referência, pois a célula se torna a base comum para ambos (MIRANDA, 2005). Deste modo, a álgebra de mapas é um conjunto de operadores, em que as variáveis manipuladas são campos geográficos, isto é, geocampos (BERRY, 1993). As operações sobre os geocampos podem ser classificadas como pontuais, zonais e de vizinhança (TOMLIN, 1990).

Nas operações pontuais, o valor resultante de cada posição geográfica do geocampo destino depende apenas dos valores da mesma posição geográfica do geocampo origem (BURROUGH, 1987; TOMLIN, 1990). As operações zonais ou por regiões operam sobre um geocampo origem e sobre um conjunto de regiões delimitadas por polígonos na forma matricial ou vetorial. Segundo Valles (2008), o valor de cada posição geográfica do geocampo destino depende do valor do atributo em todas as posições que compõem a região no geocampo origem. As operações de vizinhança atuam sobre um geocampo de origem e uma máscara que delimita a vizinhança. Durante este processo, a máscara se desloca sobre o geocampo origem, e a cada passo de deslocamento aplica-se uma operação de vizinhança sobre os valores do atributo presente no geocampo origem e delimitado pela máscara (Gomes, 2005).

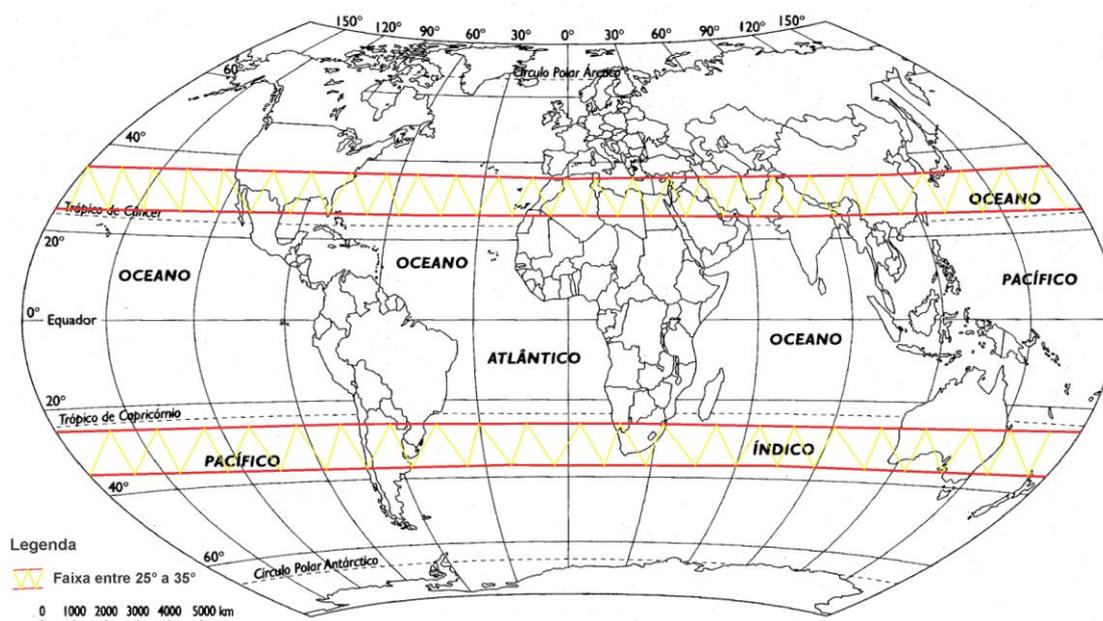
## 2.2 O CULTIVO DA NOGUEIRA PECÃ

Neste item abordaram-se importantes aspectos referentes ao cultivo da noqueira pecã: origem, evolução e caracterização da espécie; importância econômico-comercial da noz e sua produção; caracterização botânica; fases de desenvolvimento fenológico e manejo do cultivo;

exigências climáticas (temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, balanço hídrico, horas de frio) e influência dos fenômenos climáticos adversos no seu cultivo.

O conhecimento a respeito das principais características da noqueira pecã e de sua relação com o clima é de fundamental importância para esta pesquisa. Ojeda-Barrios et al. (2009) destaca que as principais áreas potenciais para o cultivo da noqueira pecã localizam-se nas latitudes norte e sul entre 25 e 35 graus (Figura 5).

Figura 5 – Áreas localizadas nas latitudes norte e sul entre 25 e 35 graus.



Fonte – Modificado de Google imagens.

A noqueira pecã desenvolveu-se em uma área significativa e possui diversas adaptações climáticas. Desta forma, torna-se necessário compreender a complexa dinâmica do meio vegetal com o natural e o equilíbrio entre elas.

### 2.2.1 Origem, evolução e caracterização da espécie *Carya illinoensis*

A noqueira pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] é uma das árvores de frutas comestíveis mais antigas do mundo. De origem indígena o vocábulo “Pakan” significa a noz que requer uma pedra para romper-se e o seu fruto, a noz, era a principal fonte de alimento durante o outono para as tribos de índios dos Estados Unidos e México (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012; DORESTE, 2011).

Tem sua origem na pré-história, em que se encontraram traços fósseis no norte do México e ao sul dos Estados Unidos, especialmente no Texas, indicando sua existência desde antes dos primeiros habitantes americanos (OJEDA-BARRIOS, et al., 2009). Sparks (2005) destaca que a noqueira pecã é originária das regiões indígenas banhadas pelo Rio Mississippi nos Estados Unidos, em que o clima nestas áreas varia de úmido a semi-árido e de invernos leves a rigorosos, e nas áreas próximas ao rio Oklahoma central e oriental (LEMUS, 2004).

De acordo com Doreste (2011) e segundo a *National Pecan Shellers Association* a evolução mundial do cultivo da noqueira pecã desde o século XV pode ser observada em uma linha do tempo (Figura 6).

Figura 6 – Evolução da noqueira pecã durante os séculos XV ao XIX.

Século XVII - XVIII				
Fim do século XV e início do XVI	Século XVI	1775	Final do século XVIII	
Produção dos primeiros pomares gerados pelos colonizadores hispânicos	Colonos ingleses começaram plantações de árvores de Pecã	George Washington realiza plantações de árvores de Pecã em sua fazenda	Se detecta o potencial econômico do mercado de Pecã	
Século XIX				
1802	1822	1846	1876	1876
Primeiras exportações de Pecã realizadas por franceses para as Antillas	Se iniciam as primeiras experiências de enxertia	Enxertias exitosas em árvores de Pecã	Se realizam as primeiras plantações de plantas de Pecã enxertadas	Começa a difusão de plantas enxertadas com variedades

Fonte - Doreste (2011).

As primeiras considerações sobre o potencial econômico da noqueira se realizaram no final do século XVIII por colonos franceses e espanhóis que viviam ao longo da costa do Golfo do México (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012). Nos Estados Unidos, as primeiras noqueiras foram plantadas como cultura em Long Island e New Cork, em 1772, mas as plantações começaram a ser comercialmente exploradas no final de 1800 e início de 1900 nas regiões sul e sudeste, compreendendo os estados da Geórgia, Texas, Novo México, Arizona, Alabama e Mississippi (DORESTE, 2011).

No México as primeiras plantações comerciais de nozeiras se estabeleceram no ano de 1946 e no ano de 2000 havia mais de 60 mil hectares plantados e uma produção total de aproximadamente 68 mil toneladas (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012). Os estados de Nuevo León, Coahuila e Chihuahua são os maiores produtores, sendo que somente o estado de Chihuahua produz 54 mil toneladas com um rendimento de 1,5 toneladas por hectare (OJEDA-BARRIOS, et al., 2009).

De acordo com Sparks (2005), a nozeira pecã nas regiões em que é nativa adaptou-se muito bem às variações climáticas necessitando em torno de 1.000 a 1.300 mm, resistindo à secas severas de duração moderada, sendo bastante tolerante às geadas, desenvolvendo seus frutos durante um período compreendido entre 180 a 210 dias, e temperaturas médias sazonais de 18,3°C. Desenvolvem-se melhor nos solos profundos, permeáveis e bem drenados, de textura média (Franco-argilo-arenoso), ricos em nutrientes e com pH neutro à alcalino (FRANCO, 1997; CASAUBON, 2007).

Diferentes variedades da nozeira pecã são cultivadas e melhoradas geneticamente, visando uma melhor adaptabilidade nas diferentes regiões e elevando os índices de produção. O quadro 2 apresenta as principais variedades de nozeira pecã, suas características e regiões de cultivo, com destaque para as cultivadas no Brasil.

Quadro 2 – Principais variedades de nozeira pecã e suas características, com destaque para as cultivadas no Brasil.

(Continua)

<b>Variedade</b>	<b>Características</b>	<b>Cultivo</b>
<u>Desirable</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produz nozes grandes e amêndoas excelentes;</li> <li>- Baixo nível de alternância;</li> <li>- Não é muito resistente ao frio e sensível a sarna;</li> <li>- Média de 108 nozes/kg;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 48,92%.</li> </ul>	Argentina, <u>Brasil</u> , Uruguai e Chile
<u>Stuart</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Árvore fácil de conduzir e não requer muito manejo;</li> <li>- Suas nozes são de tamanho intermediário e a dureza de casca intermediária;</li> <li>- Média de 115 nozes/kg;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 47%;</li> </ul>	Argentina, <u>Brasil</u> e Uruguai
Shoshoni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possui alta frutificação precoce e boa qualidade;</li> <li>- Grande adaptação e resistência ao frio;</li> <li>- Seus frutos são grandes (110 nozes/kg);</li> <li>- Possui bom rendimento da amêndoa;</li> <li>- Resistência intermediária a sarna.</li> </ul>	Argentina, México e Uruguai
<u>Success</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suas nozes são de tamanho grande e o rendimento da amêndoa é em torno de 54%;</li> <li>- Média de 82 nozes/kg;</li> <li>- Boa resistência a sarna.</li> </ul>	Argentina e <u>Brasil</u>

(Conclusão)

<u>Shawnee</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Média de 106 nozes/kg;</li> <li>- Rendimento de amêndoa de 58%;</li> <li>- Precocidade média;</li> <li>- Amadurece cedo, no meio da temporada.</li> </ul>	<u>Brasil e México</u>
<u>Barton</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possui tolerância a algumas condições climáticas a que é exposta;</li> <li>- O rendimento da amêndoa de 57%;</li> <li>- Brotação tardia na primavera;</li> <li>- Mais cultivada do RS.</li> </ul>	<u>Brasil e México</u>
<u>Choctaw</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nozes de forma oval e elíptica;</li> <li>- Média de 81 nozes/kg;</li> <li>- Rendimento de amêndoa de 58%;</li> <li>- Resistente à sarna na maioria dos locais;</li> <li>- Requer bom solo e manejo para produzir grandes colheitas e nozes granadas.</li> </ul>	<u>Brasil e México</u>
<u>Mahan</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As nozes possuem casca fina, podendo ser comercializadas com casca;</li> <li>- Requer bom manejo de irrigação e fertilização do solo;</li> <li>- Bastante suscetível a sarna e a antracnose;</li> <li>- Média de 128 nozes/kg;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 57,12%;</li> </ul>	<u>Brasil, Argentina, Uruguai e México</u>
<u>Moneymaker</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As nozes são pequenas com casca relativamente grossa e dura;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 47,36%;</li> <li>- Média de 137 nozes/kg.</li> </ul>	<u>Brasil</u>
<u>Importada</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As nozes são de tamanho médio a pequeno com formato oblongo;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 55,50%;</li> <li>- Média de 137 nozes/kg.</li> </ul>	<u>Brasil</u>
<u>Melhorada</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variedade registrada no Brasil;</li> <li>- As nozes são médias a grandes;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 55,24%;</li> <li>- Média de 107 nozes/kg.</li> </ul>	<u>Brasil</u>
<u>Imperial</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possui nozes médias a grandes de formato ovalóide;</li> <li>- As nozes são de fácil descascamento;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 54,49%;</li> <li>- São necessárias 100 nozes para formar um quilograma.</li> </ul>	<u>Brasil</u>
<u>Wichita</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciclo vegetativo de 180 dias;</li> <li>- Rendimento em torno de 2000 kg/ha;</li> <li>- Suscetível a viviparidade das nozes;</li> <li>- 126 nozes formam um quilograma;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 60%;</li> <li>- Baixa resistência a sarna.</li> </ul>	<u>México, Argentina e Chile</u>
<u>Western Schley</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciclo vegetativo de 180 dias;</li> <li>- Rendimento em torno de 2000 kg/ha;</li> <li>- Suscetível a viviparidade das nozes;</li> <li>- Rendimento da amêndoa é de 57%;</li> <li>- Baixa resistência à sarna.</li> </ul>	<u>México, Argentina e Chile</u>

### 2.2.2 Importância econômico-comercial e a produção nacional e internacional

O início da produção de nozes e a rentabilidade variam enormemente em função do sistema de manejo utilizado e a área de plantio, assim como a variedade escolhida e a qualidade da planta (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012). A produção potencial da noz pecã no ano é determinada pela quebra de dormência, sendo uma função direta das condições climáticas na estação de crescimento do ano anterior, visto que as flores femininas são produzidas a partir de substratos acumulados durante a safra do ano anterior (SPARKS, 1996).

A produção comercial das nozes se desenvolve a partir de variedades enxertadas e as mais tradicionais são Stuart e Desirable (CABO, 2006). Os países que se destacam na produção mundial de nozes são os Estados Unidos e o México conforme destaca Ojeda-Barrios, et al. (2009). Ainda de acordo com os autores (2009; MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012) outros produtores menores são Austrália, África do Sul, Israel, Brasil, Argentina, Peru, Uruguai e Egito. Os países de Reino Unido, Alemanha, Canadá, Japão e Estados Unidos são os mais importantes consumidores mundiais (OJEDA-BARRIOS et al., 2009) e a partir de 2005 uma parte significativa da produção de nozes é consumida também pelos chineses (MADERO, 2012).

Os Estados Unidos, além de ser o principal produtor é também o maior consumidor de nozes. Os estados que se destacam na produção de nozes são Novo México, Georgia, Kansas, Louisiana, Missouri, Oklahoma e Texas. Apresenta uma produção que oscila entre 80 a 150 mil toneladas ao ano, exportando uma pequena parte de sua produção para o Canadá e a Europa (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012).

No México, o segundo maior produtor mundial, as variedades mais cultivadas são Western Schley e Wichita que apresentam um ciclo vegetativo (brotação e colheita) de 180 dias. As nogueiras apresentaram uma excelente adaptação às condições climáticas do norte do México, compreendidas entre 50 a 600 horas de frio e 3000 ou mais unidades de calor e baixa umidade e precipitação, necessitando assim, de irrigação (OJEDA-BARRIOS et al., 2009). De acordo com Madero (2012) os estados mexicanos comercialmente importantes na produção de noz pecã são Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila de Zaragoza e Nuevo Leon.

A principal diferença entre a produção de nozes nos Estados Unidos e no México, é que no primeiro os pomares são constituídos também de plantas nativas, enquanto que no segundo, os pomares se desenvolveram com variedades comerciais. Por este motivo, a

produção no México é mais estável e se incrementa ano após ano à medida que novas plantações iniciam a produzir (VIDAL; PINTOS, 2013).

A Argentina, também se apresenta no mercado mundial, com produção anual em torno de 500 toneladas, com mais de 6 mil hectares implantados, porém a maioria, de 70 a 80%, ainda muito jovem (DORESTE, 2011). As principais áreas de desenvolvimento dos cultivos são as províncias de Buenos Aires, Delta, Entre Ríos, Santa Fé, Misiones, Corrientes e Córdoba (CABO, 2006; MOYA; RAS, 2010). Com o incentivo do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA) foi implementado o Projeto Pro-Pecã com o objetivo de promover o desenvolvimento de plantações de noqueira pecã no país argentino. Além disso, as ações visam gerar novos cultivares adaptáveis às condições agroclimáticas, desenvolver tecnologia para produção comercial, realizar estudos econômicos juntamente com os pequenos produtores para a elaboração de uma cadeia de valor para a atividade.

No Brasil a produção de nozes e castanhas destaca-se com a castanha do caju, castanha do Pará, noz macadâmia e a noz pecã. As castanhas são cultivadas principalmente nas regiões norte e nordeste do Brasil. A noqueira macadâmia é cultivada principalmente na região sudeste e na Bahia em aproximadamente 6 mil hectares e produção de 3200 toneladas de nozes com casca em 2005 (PIMENTEL et al., 2007). A produção da noz pecã está mais restrita a região sul, com estimativa de mais de 10.000 ha plantados nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A área produtiva no Rio Grande do Sul em 2006 era de apenas 1.366 hectares e a produção de 1.108 toneladas (IBGE, 2006). Em 2014, houve um expressivo aumento na área cultivada que passou para 3.396 hectares e uma produtividade de 1.695 toneladas (EMATER/RS-ASCAR, 2014). Isto representa um acréscimo de 148% na área plantada e 53% na quantidade de nozes produzidas, evidenciando a potencialidade de expansão deste cultivo conforme destacado também nos anexos A, B e C. Os cinco municípios com maiores áreas de cultivo no Estado representam 60% da área total cultivada e são: Cachoeira do Sul (25,5%), General Câmara (18,5%), Anta Gorda (11,2%), Santa Maria (2,9%) e Cruzeiro do Sul (1,7%).

Na década de 1970 houve um grande estímulo ao plantio de noqueiras aliado aos incentivos fiscais concedidos aos empreendimentos florestais de acordo com a Lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966 (BRASIL, 1966) e posteriormente com o Decreto Lei nº 1.134 de 1970 (BRASIL, 1970). Porém, nos anos subsequentes perdeu espaço para a expansão das culturas agrícolas do milho e da soja. Atualmente voltou a ter visibilidade no mercado produtivo, devido ao investimento de empresas privadas na produção de mudas e no auxílio técnico na implantação dos pomares, ao elevado valor agregado das nozes, a diversidade nas

pequenas propriedades agrícolas para sua manutenção e as pesquisas científicas despontando nesta área de interesse.

As variedades mais cultivadas no Brasil são originárias dos Estados Unidos, sendo as mais importantes Mahan, Success, Moneymaker, Barton, Shawnee, Cape Fear, Chickasaw, Choktaw, Desirable, Melhorada, Imperial, Importada, Shoshone, Stuart (AGROLINE, 2010; POLETTO et al., 2012). Algumas empresas gaúchas destacam-se no setor, produzindo mudas de qualidade e prestando serviço técnico aos produtores que desejarem instalar seu pomar. O incentivo a esta atividade agrícola pelo poder público está na concessão de financiamentos contemplados no Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) juntamente com a estratégia do Desenvolvimento Regional Sustentável.

A produção comercial, sobretudo, do fruto da noqueira pecã depende do número de árvores por hectare. Lemus (2004) destaca que a partir dos quatro anos após o plantio já é possível obter produção de frutos e aos 15 anos o rendimento pode chegar 20 a 40 kg/planta. Segundo Madero, Frusso e Bruno (2012), em um pomar com espaçamento de 12m x 12m e uma densidade 70 árvores por hectare os rendimentos da noqueira pecã podem ser de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Produção de noz pecã de acordo com a idade, rendimento por hectare e planta.

Ano da produção	Produção (kg/ha)	Produção por planta (kg)
5° ou 6°	70 a 140	1 a 2
10°	900 a 1.000	20 a 24
20° ao 25°	2.000 a 2.500	35 a 40

Fonte - Madero; Frusso, Bruno (2012).

Estudos revelam a alternância na produção de nozes. Este fator é um grande problema econômico para os produtores de nozes pecã e a causa fundamental da alternância de produção nos pomares é desconhecida (WOOD; CONNER; WORLEY, 2003), mas está diretamente ligada a quantidade de carboidratos armazenados durante o período de dormência (WOOD; CONNER; WORLEY, 2004). De acordo com Rivero (2004), os pomares possuem uma tendência natural de produzir colheitas altas e baixas em anos consecutivos (produção irregular), sendo que o grau de alternância difere entre as variedades, as condições de manejo e entre regiões. Um fator considerável na alternância são os pulgões, uma praga severa nos

plantios de noqueira pecã que atacam a folhagem limitando o rendimento e qualidade das nozes (PANDO, 1997).

Apesar da alternância na produção de nozes, um fator preponderante na implantação de um pomar é a escolha das variedades a serem implantadas, pois estas possuem características diferenciadas quanto à resistência a patógenos, precocidade na produção e forma de polinização (POLLETO et al., 2012). Além do tipo de variedade a ser implantado é primordial o conhecimento das características do fruto quanto ao tamanho, rendimento e qualidade, pois são os fatores que ditam o mercado consumidor. A preferência são as nozes com amêndoas médias a grandes, com rendimento acima de 50% e de casca fina, facilitando o consumo (FRONZA; POLETTO; HAMANN, 2013).

Neste contexto, as nozes podem ser comercializadas com casca ou descascadas. Nos Estados Unidos, em 2010, 76% das nozes foram comercializadas com casca e apenas 24% na forma descascada (DORESTE, 2011). No Brasil, além das nozes comercializadas *in natura*, pode-se destacar uma ampla variedade de produtos beneficiados e da linha *gourmet* tais como noz pecã em pasta, óleo, noz pecã tradicional/crocante/coberta de chocolate/caramelada ou *sweet cilli*, noz pecã metade ou moída, embaladas a vácuo ou em potes (DIVINUT, 2014; PECANITA, 2014). De acordo com Oro (2007), devido ao sabor agradável e sua crocância, a noz pecã é muito apreciada e empregada em uma ampla variedade de alimentos, incluindo produtos de padaria, confeitaria e doces, além de ser utilizada também em saladas, sobremesas, sorvetes e como *snack* (crua, tostada ou salgada).

Além da noqueira pecã ser utilizada principalmente para a produção de nozes, destacam-se múltiplos propósitos que ela pode ser aproveitada, tais como florestal, ornamental e nas indústrias derivadas (extrair tintura para curtir couro) e indústria de alimentação (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012). Corroborando com esta ideia, Mohlenbrock (2003) destaca outros usos como o econômico (produção de nozes e óleo), medicinal (tratamento de micoses), agroflorestal (produção de madeira juntamente com outras culturas agrícolas ou animais) e além de contribuir com a vida selvagem (servir de abrigo para aves e mamíferos, alimentar veados, pássaros, esquilos e gambás).

Os sistemas agroflorestais merecem destaque, pois permitem “agregar valor às áreas de produção e buscam o melhor equilíbrio entre os componentes solo/planta/animal” conforme destacam Fronza, Poletto e Hamann (2013, p. 273). Na figura 7, pode-se observar a integração de pomares de nozes com milho e ovinos.

Figura 7 – Sistemas agroflorestais com integração de noqueiras pecã e milho e noqueiras pecã com ovinos.



Fonte - Paralelo 30 (2015).

Os pomares de noqueira podem ser consorciados com culturas perenes, como é o caso da erva-mate, que se desenvolverá em um ambiente sombreado ganhando qualidade e sabor. Com as culturas temporárias o consórcio se dará nos primeiros anos da implantação do pomar e quando o espaçamento favorecer, permitindo o cultivo de culturas tais como o milho, o fumo, a mandioca e o feijão. Poderá ainda, ser consorciada com gado ou ovinos, desde que protegidas as mudas, por um período de tempo significativo (entre três a cinco anos).

### 2.2.3 Caracterização botânica, fases de desenvolvimento fenológico e manejo do cultivo

A noqueira pecã (*Carya illinoensis*) pertence à família das Juglandáceas, ao gênero *Carya* e a espécie *illinoensis* (Figura 8). É uma árvore que alcança uma altura de 30 metros e chega a uma idade superior aos 100 anos produzindo neste momento mais de 100 kg de nozes por planta (FRUSSO, 2007).

Figura 8 – Pomares de noqueira pecã com oito anos de idade.



É uma árvore caducifólia e suas folhas adultas são compostas com 9 a 17 folíolos ablongo-lanceolados, medindo de 10 a 15 cm (FRONZA; POLETTI; HAMANN, 2013). Ainda de acordo com os autores, a noqueira apresenta um sistema radicular com um eixo central pivotante muito desenvolvido, com raízes laterais também bem desenvolvidas, entre 30 a 60 cm de profundidade. Lemus (2004) salienta que em condições naturais o sistema radicular pode chegar a uma profundidade de 10 metros, mas em geral, nas plantações comerciais a maioria das raízes se encontra a 1,2 metros de profundidade.

A pecaneira é uma planta monóica que apresenta flores masculinas e femininas separadas na mesma planta (Figura 9).

Figura 9 - Flores femininas (A) e flores masculinas (B).



Fonte - Modificado de Frusso (2007).

As flores femininas, inflorescências pistiladas, crescem em pequenas espigas de duas a dez flores, possuem quatro sépalas unidas, de coloração variada dependendo da variedade, dispostas entre a base do estigma e o ápice do ovário (LEMUS, 2004; FRUSSO, 2007; FRONZA; POLETTO; HAMANN, 2013). Ainda segundo os autores, o estigma é coberto por uma substância mucilaginosa onde se prende o pólen e o pistilo é composto por dois carpelos com ovário ínfero e unilocular.

As flores masculinas, inflorescências estaminadas, são composta por dois a três amentilhos de forma pendente unidos por um pedúnculo. Surgem ao longo dos ramos de crescimento do ano medindo de 5 a 15 cm de comprimento podendo ter de 72 a 123 flores individuais (FRUSSO, 2007; FRONZA; POLETTO; HAMANN, 2013). São de coloração verde quando na plenitude da liberação do pólen e apresentam uma coloração verde amarelada devido à liberação dos grãos de pólen (FRUSSO, 2007).

As flores produzidas variam de acordo com o comprimento dos ramos, o tipo de variedade e com o clima. A floração ocorre durante a primavera e sua polinização é anemófila, ou seja, ocorre basicamente pelo vento (FRUSSO, 2007). Trata-se de uma planta alógama com forte tendência a dicogamia, isto é, a produção ou maturação dos elementos reprodutivos podem ocorrer em tempos diferentes, para assegurar a fecundação cruzada. Assim, um dos critérios que deve-se atentar ao iniciar um pomar de noqueira pecã é o tempo de desprendimento do pólen com o período de receptividade da flor feminina. Para tanto é recomendado o plantio de noqueiras denominadas produtoras (possuem liberação tardia do pólen), intercaladas de noqueiras polinizadoras (possuem liberação precoce de pólen), de preferência com a orientação do pomar na mesma direção do vento (Figura 10).

Figura 10 – Distribuição das noqueiras polinizadoras e produtoras no pomar.



Fonte - Modificado de Madero, Frusso e Bruno (2012).

A autopolinização acarreta no aumento da endogamia, resultando na produção de frutos pequenos com baixo grau de rendimento da amêndoa. De acordo com Fronza, Poletto e Hamann (2013, p. 30-31), podem-se classificar as variedades de noqueira pecã em dois grupos:

- Grupo I – “possuem tendência a serem protândricas, isto é, quando o órgão reprodutivo masculino amadurece e libera o pólen antes do estigma da flor feminina se tornar receptivo” (Exemplos: Desirable, Cheianne, Cape fear, Cherokee, Caddo); e
- Grupo II – as variedades com “tendência de serem protogínicas, isto é, o estigma da flor feminina está apto para receber o pólen antes que a flor masculina esteja apta a liberar o pólen” (Exemplos: Wichita, Shawnee, Mohawk, Choctaw, Shosshoni, Stuart, Farley).

Destes dois grupos as variedades que são cultivadas no Brasil e especialmente no Rio Grande do Sul são Desirable, Cape fear do grupo I, e Shawnee, Choctaw e Stuart do grupo II. Conforme destacado anteriormente, as variedades serão consideradas produtoras ou polinizadoras de acordo com seu período de liberação do pólen. No Rio Grande do Sul as variedades que são cultivadas e denominadas de produtoras são basicamente Desirable, Barton e Melhorada, já, as variedades consideradas polinizadoras são Stuart, Shawnee, Choctaw, Importada e Imperial.

As variedades de noqueira pecã podem apresentar variações na maturação de suas flores, dependendo das condições climáticas, que poderão antecipar ou retardar a maturação das flores. A umidade e a temperatura elevada favorecem a antecipação da maturação das flores masculinas, o frio e a seca antecipam a maturação das flores femininas (SIMÃO, 1971). Em função destas características é muito importante conhecer os períodos de liberação do pólen e receptividade do estigma para poder instalar um pomar que seja formado por duas ou mais variedades para que produzam satisfatoriamente.

A figura 11 apresenta o período de liberação do pólen e recebimento do estigma de algumas variedades.

Figura 11 - Período de liberação do pólen e receptividade do estigma.

Variedades	Outubro											Novembro																															
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23						
Desireble																																											
Harris Super																																											
Inta Delta I																																											
Inta Delta II																																											
Mahan																																											
Mahan-Stuart																																											
Kernodle																																											
Shoshoni																																											
Starking																																											
Stuart																																											
Success																																											

Fonte - Modificado de Frusso (2007).

De acordo com a figura 11, verifica-se que a maioria das variedades apresenta receptividade do estigma antes do período de liberação do pólen. A variação existente entre o período de liberação do pólen e a receptividade do estigma favorece a polinização cruzada. Assim, a temporada mais propícia para a polinização destas variedades é de 24 de outubro até 15 de novembro. Porém, é importante descartar que em regiões com maior predomínio de frio a floração pode atrasar. Seus frutos são considerados drupas e crescem agrupados em cachos que contém normalmente de três a oito unidades (Figura 12).

Figura 12 – Frutos em maturação (A), liberação do epicarpo (B) e frutos maduros (C).



Fonte: Modificado de Fronza, Poletto e Hamann (2013).

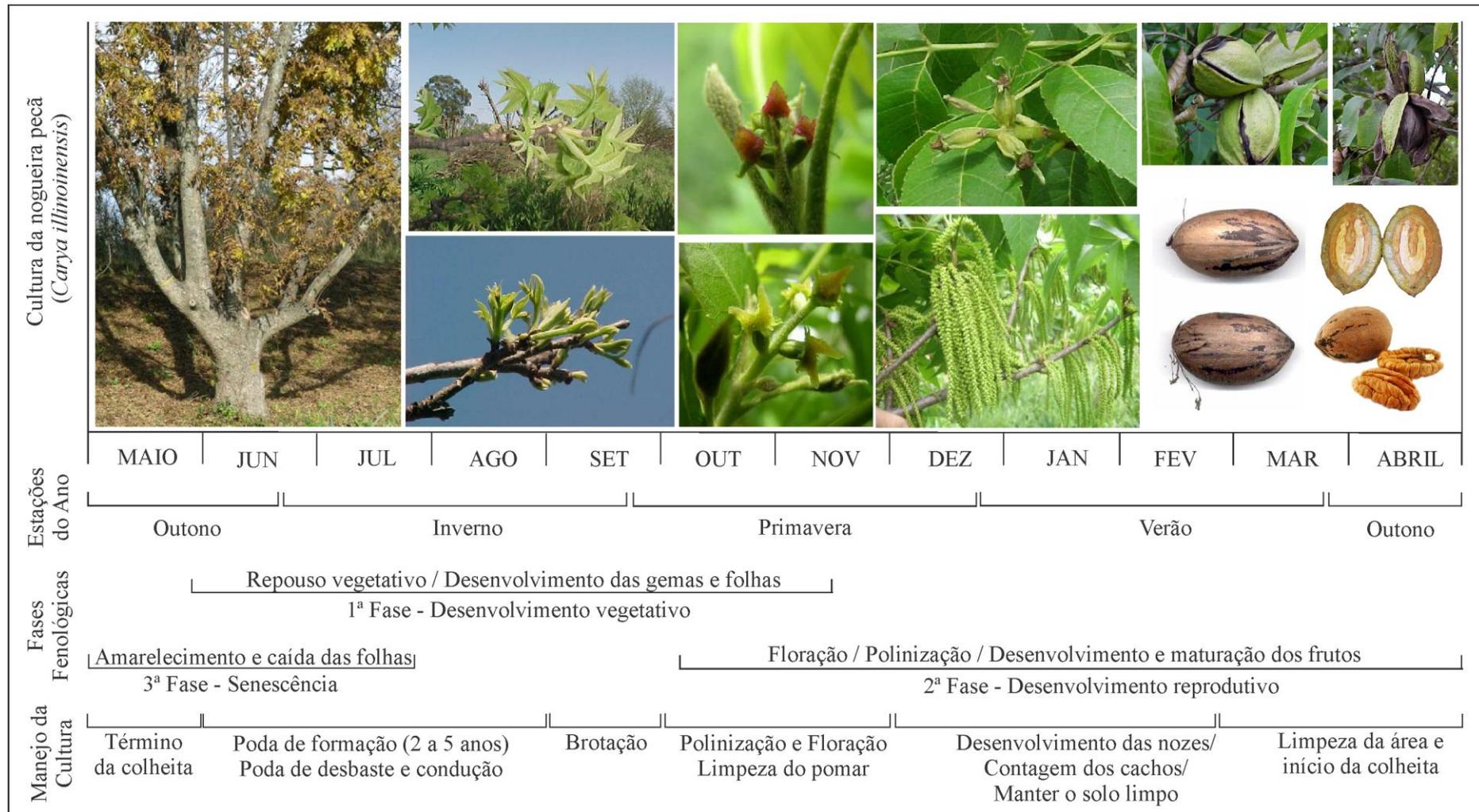
Possui forma alongada e elipsoidal com três a cinco centímetros de comprimento, constituído de um endocarpo liso e delgado (MADERO; FRUSSO; BRUNO, 2012). O epicarpo é carnosos e se abre durante o amadurecimento das nozes geralmente em quatro seções e o mesocarpo é de coloração marrom escuro com manchas negras, de espessura bastante variada. A maturação ocorre nos meses de março a maio, podendo variar em função das condições edafoclimáticas, fitossanitárias e genéticas das plantas (DUARTE; ORTIZ, 2001).

A noz pecã é um alimento muito saudável que contribuiu para a diminuição da incidência de algumas doenças, tais como Alzheimer, mal de Parkinson e outras doenças degenerativas (ORTIZ, 2000). As nozes são fontes de cálcio, ferro, potássio, vitamina A, livre de colesterol, com altos valores de proteínas e ácidos graxos insaturados, além disso, o conteúdo do seu ácido oléico é similar as melhores variedades de azeite de oliva (LEMUS, 2004).

#### *2.2.3.1 Fases de desenvolvimento fenológico e manejo do cultivo*

Os estágios fenológicos da noqueira pecã compreendem três períodos distintos: desenvolvimento vegetativo, desenvolvimento reprodutivo e senescência (FRUSSO, 2007) que são conduzidos por meio de cuidados no pomar segundo o manejo da cultura. A figura 13 apresenta as fases fenológicas e os principais manejos da cultura durante um ciclo anual de acordo com Frusso (2007) e Madero; Frusso e Casaubon (2007).

Figura 13 – Fases fenológicas e manejo do cultivo da noqueira pecã.



O primeiro, o estágio vegetativo, ocorre desde o final do mês de maio até meados de novembro, culminando com a brotação das folhas (FRUSSO, 2007). Durante o repouso vegetativo, até meados de setembro, a gema encontra-se em repouso para depois aumentar de tamanho e originar os primeiros folíolos, em meados de outubro. A expansão dos folíolos transcorre até meados de novembro até alcançar o tamanho definitivo das folhas (Figura 14).

Figura 14 - Desenvolvimento das folhas (A) e folíolos (B).



Fonte - Modificado de Frusso (2007).

O estágio de desenvolvimento reprodutivo compreende os períodos de floração, formação de frutos e maturação, transcorrendo desde os meses de outubro até abril, aproximadamente seis meses após a polinização. De acordo com Frusso (2007), pode-se destacar algumas das principais etapas deste estágio:

- Alongamento das estruturas florais: entre a primeira e a terceira semana do mês de outubro atingem seu tamanho definitivo;
- A liberação do pólen e receptividade do estigma: ocorre do final de outubro até meados de novembro.
- Pós- polinização: ao final do mês de novembro inicia-se o crescimento do fruto.
- Desenvolvimento das nozes: nas primeiras semanas de dezembro, aproximadamente seis semanas após a polinização, ocorre um lento desenvolvimento das nozes. Já, no final de dezembro até início de janeiro as nozes crescem rapidamente, mas não desenvolvem a parte comestível (embrião). Em meados de janeiro, aproximadamente 10 semanas após a polinização, inicia-se o endurecimento da ponta da noz e a formação do estado aquoso.

- Preenchimento da parte comestível: a partir da terceira semana de janeiro até início de fevereiro. Aproximadamente 15 semanas após a polinização, de meados de fevereiro a meados de março, ocorre o preenchimento da parte comestível, tendo fim o estado aquoso e início do estado de gel e pastoso da noz. Sua casca está endurecida. O fim do preenchimento da parte comestível ocorre ao final de março, aproximadamente 19 semanas após a polinização, com fim do estado pastoso.
- Desenvolvimento completo do embrião e a abertura da casca que envolve a noz: do final de março a meados de abril, aproximadamente 24 semanas após a polinização.

A maioria das cultivares plantadas comercialmente requerem pelo menos de 180 a 200 dias para madurarem seus frutos, isto significa que as nozes permanecem na planta, desde a fecundação até a colheita, durante seis a sete meses (Figura 15). Neste estágio ocorre também a limpeza do pomar para a colheita dos frutos (manual ou mecânica) nos meses de março, abril e maio (IAC, 1998; FRONZA; POLETTI; HAMANN, 2013).

Figura 15 - Desenvolvimento inicial da noz (A), desenvolvimento rápido da noz (B), abertura da casca (C) e preenchimento da parte comestível (D).



Fonte - Modificado de Frusso (2007).

E por último, na fase da senescência, ocorre o amarelecimento das folhas durante os meses de maio (20% das folhas com amarelecimento) e em junho, as folhas já estão plenamente amareladas. As mesmas começam a cair desde o final de junho até a terceira semana de julho (FRUSSO, 2007).

Quanto ao manejo do cultivo da noqueira pecã, destaca-se especial atenção as podas de formação, desbaste e condução e ao controle das doenças e pragas que atacam os pomares causando sérios danos a produção. Porém, deve-se atentar inicialmente à qualidade das mudas a serem implantadas, pois as mesmas podem ser de propagação por sementes (sexuada) ou por enxertia (assexuada).

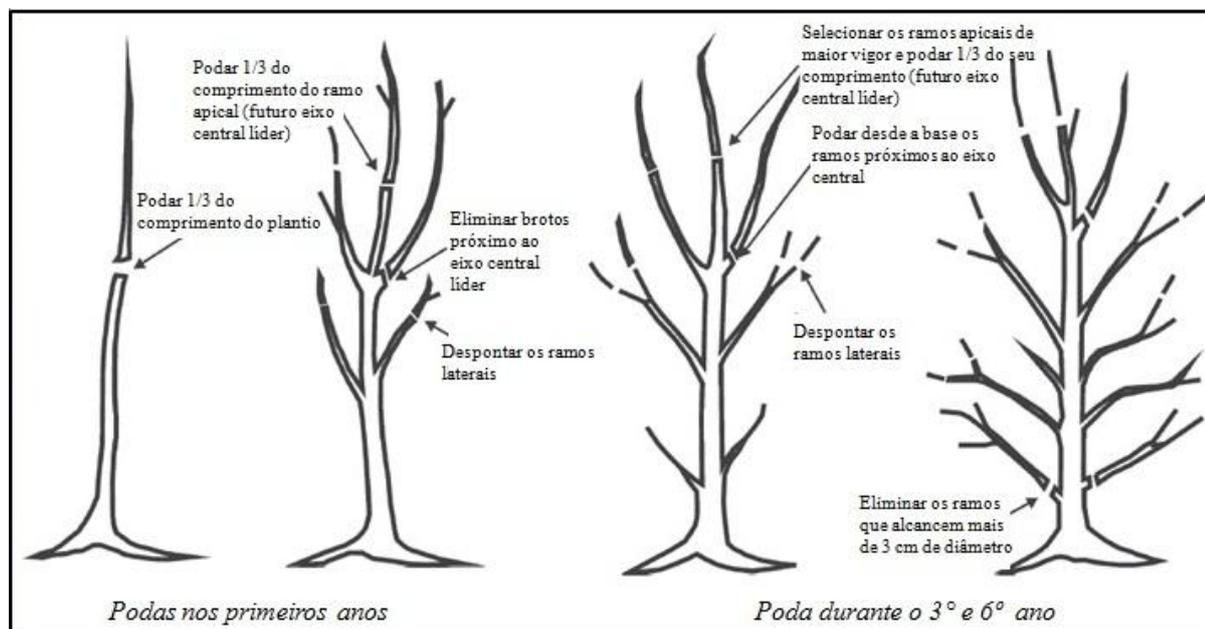
O método de propagação por sementes é prático, pouco oneroso, com bom índice de germinação das sementes, porém é pouco utilizado porque é desconhecida a carga genética das sementes e sem garantias de que esta planta produzirá satisfatoriamente bem, além do início de produção ser tardio (FRONZA; POLETTTO; HAMANN, 2013). Para a produção de mudas a partir de sementes deve-se escolher aquelas que apresentam maior preenchimento. As nozes são estratificadas por 8 a 20 semanas, com camadas de areia úmida, serragem ou algum material similar, para posteriormente em junho, serem armazenadas a uma temperatura de 0°C a 5°C, e finalmente serem plantadas quando a casca de alguma delas começar a abrir durante a estratificação (LEMUS, 2004).

O método de propagação por enxertia é a principal forma de produção de mudas para o cultivo das noqueiras. Possibilita fazer uma seleção genética das plantas, visando uma maior homogeneidade e uma produção precoce (três ou quatro anos), contudo requer mais tempo na produção da muda e maior custo (FRONZA; POLETTTO; HAMANN, 2013). Existem vários tipos de enxertia, porém o mais tradicional é a enxertia por borbulha de gema ativa. As borbulhas para o enxerto devem ser retiradas das noqueiras com características conhecidas, tais como produtividade, sanidade, resistência à enfermidades, vigorosa, entre outros. Os porta enxertos devem estar ativamente em crescimento e com um diâmetro de 1,0 a 1,5 cm (LEMUS, 2004).

O plantio das mudas de noqueira pode ser efetuado desde junho até meados de agosto, com espaçamento de 8 a 10 metros (LEMUS, 2004), porém o mais indicado, devido a grande adaptação dos cultivos, é um espaçamento não inferior a 10 metros entre plantas e 10 entre as linhas (INTA, 2013). Em solos férteis as árvores crescem rapidamente e com bastante vigor. O tamanho das árvores pode ser controlado, mantendo altas produções, por meio da poda mecânica e/ou produtos retardantes de crescimento, afirma Lemus (2004).

As podas têm como “objetivo principal formar um estrutura que permita suportar a carga de frutos e folhas facilitando a entrada de luz na copa” (INTA, 2013, p. 11), conforme mostrado na figura 16.

Figura 16 – Poda de formação na noqueira pecã durante os primeiros anos.



Fonte - Modificado de INTA (2013).

A falta deste manejo pode gerar a perda de plantas adultas por quebra dos ramos e troncos. O período mais habitual e indicado para a poda é durante a etapa de dormência das árvores e geralmente, dependendo da necessidade, são realizadas três tipos: poda de formação, poda de desbaste e poda de condução (MADERO; FRUSSO; CASAUBON, 2007).

A poda de formação se realiza nos primeiros anos para corrigir a estrutura das árvores, permitindo o desenvolvimento de um eixo principal ou central, com ramos fortes espaçadas e ângulos de inserção superiores a 45°. A poda de desbaste dos galhos ocorre para permitir a entrada de luz na copa e a terceira poda, a de poda de condução, se realiza para conduzir a copa das árvores adultas formando um eixo central líder retirando-se 20% do volume da copa.

As nozes maduras e prontas para a colheita são caracterizadas pela perda da coloração verde e abertura das estruturas do epicarpo. Antes da colheita é sempre aconselhável limpar a superfície em baixo das árvores de modo que as nozes possam ser facilmente coletadas. O recolhimento das nozes após caírem ao chão deve ser o mais rápido possível para evitar problemas de descoloração e infestação com fungos (LEMUS, 2004).

A colheita poderá ser manual ou mecânica. A primeira é realizada agitando-se os ramos da árvore com uma haste rígida, recolhendo as nozes a mão ou por meio de ferramentas específicas, colocando-as em sacos, e na segunda, tem-se um agitador de árvores de diferentes oscilações, de modo que após a queda das nozes estas são recolhidas por um

coletor (DORESTE, 2011). Ainda de acordo com a autora, apesar de a colheita manual ser mais lenta e trabalhosa, ela falicita a coleta somente das nozes, podendo ser realizada em áreas onde a máquina não tem acesso e selecionar as nozes de acordo com seu peso, separando as que não possuem amêndoa ou estão deterioradas.

Após a colheita das nozes é necessário armazená-las adequadamente, seja com casca ou sem. Inicialmente deve-se reduzir a quantidade de umidade secando-as ao ar natural ou em estufas. A noz pecã colhida possui em torno de 20 a 30% de umidade, sendo que a porcentagem ótima para o armazenamento da amêndoa é de 4%, visando evitar o desenvolvimento de fungos ou o apodrecimento das nozes, conforme destaca Doreste (2011).

Quanto ao manejo das adversidades fitossanitárias deve-se atentar as formigas, aos fungos e aos pulgões, especialmente o pulgão amarelo (*Monelia caryella*), que aparece nas plantações principalmente na primavera e no verão. Estudos apontaram que a enfermidade mais importante na noqueira pecã é o fungo (*Cladosporium caryigenum*), conhecido popularmente por sarna, e ataca os frutos e as folhas em condições de alta umidade relativa a partir da brotação primaveril (MOYA; RAS, 2010). Segundo as autoras, as perdas causadas pelo ataque da sarna pode ser prevenida somente com um cuidadoso programa sanitário de pulverizações.

#### **2.2.4 Exigências bioclimáticas**

O crescimento e o desenvolvimento das plantas dependem das condições de clima, solo, manejo de água e de práticas culturais, pois afetam o estado nutricional dos cultivos e devem ser considerados no estabelecimento de valores referenciais de nutrientes em cada zona de produção (SOTELO, 2005). De acordo com Grageda et al. (2013), o crescimento vegetativo é influenciado pela luz, temperatura e umidade.

Na perspectiva de Grageda et al. (2013), o clima é um dos principais fatores do ambiente que influenciam no desenvolvimento dos cultivos das noqueiras, visto que pode gerar danos em plantas cultivadas de uma maneira direta (falta de frio, geadas, ventos fortes, granizo, secas) e também pode influenciar em desordens fisiológicas, pragas e enfermidades (pulgões, viviparidade). Ainda concordando com o autor, é muito importante dispor de informações climáticas confiáveis para a tomada de decisões a respeito de práticas de manejo preventivo, que reduzam os danos causados pelos fenômenos climáticos adversos e auxiliem para aperfeiçoar e melhorar o sistema produtivo.

Em estudos realizados evidenciaram-se as principais características de adaptação e desenvolvimento da noqueira pecã em diferentes regiões climáticas (Quadro 3).

Quadro 3 – Principais características identificadas para os cultivos da noqueira pecã.

<b>Autores</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Horas de frio</b>	<b>Outros</b>
Madden; Tisdale (1975)	-	-	De 350 a 600 horas de frio	-
Raseira (1990)	Durante a estação de crescimento: 24 e 30°C	-	De 400 horas ( $\leq$ 7,2°C)	-
Peterson (1990)	Média no verão: 27°C Média no inverno: -1 a 10°C	Mínimo: 750 mm Máximo: 2000	-	-
Reid; Hunt (2000)	Inverno: até -30°C Verão máx. 38°C durante o dia e mín. 22°C a noite	-	-	155 a 200 dias livres de geada
Madero (2003)	-	-	De 600 a 800	Limitante: geadas tardias e ventos fortes
Grageda et al. (2013)	Superiores a 35°C são prejudiciais na polinização e na formação dos frutos.	-	De 400 a 1000 ( $\leq$ 7,2°C)	-
Ojeda-Barrios et al. (2009)	Unidades de calor: $\geq$ 3.000 horas	-	Entre 50 a 600 horas	-
Lemus (2004)	Entre 24°C a 29°C no verão	-	De 400 a 800 ( $\leq$ 7,2°C)	150 a 210 dias livres de geada
Sparks (1996; 1997; 2005)	Média 18,3°C Máxima de 35°C na floração e frutificação	Entre 1000 a 1300 mm	Requer temperaturas abaixo de 7,2°C no período de dormência	-
Sierra; López; Pérez (2007)	Requer temperatura ótima no verão	Entre 750 a 2.000 mm anuais Mínimo de 500 mm de outubro a abril	-	Geadas intensas no inverno e as primaveris tardias
Madero, Frusso e Bruno (2012)	No período de crescimento: média de 23°C Invernais médias de 7,2 a 13,3°C	Mínimo de 800 mm	Acúmulo de 250 a 550 horas abaixo de 7°C	-

As exigências climáticas podem mudar de acordo com as variedades de nozeiras implantadas e sua adaptação em regiões distintas. As temperaturas indicadas para estação de crescimento das nozes devem situar-se entre 24 e 30°C. Requer temperaturas abaixo de 7,2 C durante o repouso vegetativo com predomínio de acúmulo de mais de 400 horas de frio (RASEIRA, 1990). É tolerante a geadas, porém as primaveris e outonais são prejudiciais. Apresenta necessidade hídrica considerável acima de 800 mm anuais.

De acordo com Mota e Zahler (1994), a nozeira pecã desenvolve-se bem nas regiões de clima temperado e subtropical, com temperaturas baixas durante o inverno para o repouso vegetativo, e necessita de altas temperaturas no verão, favorecendo o florescimento e a frutificação. Desta forma, as principais exigências climáticas identificadas para o desenvolvimento do cultivo constituem-se na temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e exigência de horas de frio.

#### Temperatura e umidade relativa do ar

A temperatura é um elemento importante no desenvolvimento das culturas, pois influencia em muitos dos seus processos fisiológicos. A diversidade de temperaturas que permitem o desenvolvimento dos cultivos é muito ampla e possui uma importância estratégica para o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento das culturas (MOTA, 2002).

Cada cultura possui níveis de temperatura abaixo ou acima dos quais é possível o desenvolvimento da planta, independentemente da luz, dos nutrientes e da umidade (MOTA, 2002). De acordo com Mota (2002, p. 07), “dentro dos limites extremos das temperaturas que permitem o crescimento há uma temperatura ótima que está associada à intensidade máxima de multiplicação celular”. Assim, segundo o mesmo autor, evidencia-se que as plantas não respondem de maneira linear às temperaturas, isto é, possuem limites críticos, superiores e inferiores, e um valor ótimo de temperatura para o crescimento e o desenvolvimento.

Para Grageda et al. (2013), a temperatura afeta o desenvolvimento dos cultivos, insetos e patógenos, pois influencia nos processos metabólicos. Segundo os autores, as baixas temperaturas retardam o desenvolvimento vegetativo, enquanto que as altas temperaturas (com certo limite) o aceleram e encurtam as diferentes etapas fenológicas.

As médias mensais favoráveis ao desenvolvimento da nozeira pecã devem situar-se entre 24°C a 30°C, durante o período de desenvolvimento, com pequena variação entre temperaturas diurnas e noturnas (RASEIRA, 1990). O aumento da temperatura durante a

primavera pode criar condições ambientais mais favoráveis para o desenvolvimento da sarna, principalmente se as temperaturas situarem-se em torno de 20°C a 25°C (SPARKS, 1995).

Quanto à umidade, estudos relatam que quando elevada em determinadas fases fenológicas afeta consideravelmente a cultura por propiciar o desenvolvimento de patógenos. De acordo com Heerema, Goldberg e Thomas (2010), a sarna, causada pelo fungo *Cladosporium caryigenum* é a doença mais comum e prejudicial à noqueira favorecida por chuvas frequentes, alta umidade e temperaturas acima de 21°C. Compromete os tecidos jovens em crescimento tais como folhas, pecíolos, epicarpo dos frutos e amentos podendo causar prejuízos de até 50 a 100%, em períodos de elevada umidade (FRONZA; POLETTI; HAMANN, 2013). Outra doença fúngica relatada por Heerema, Goldberg e Thomas (2010) é causada pelo *Microsphaera penicillata* e ataca as folhas e os frutos em períodos de alta umidade e noites de verão fresco, quando o fluxo de ar através do dossel é restrito.

Além da umidade elevada favorecer a incidência de doenças, principalmente fúngicas, influencia também no deslocamento do pólen. Segundo Brison (1976), quando a umidade relativa, durante o período de polinização, for superior a 80% ocorre uma limitação da polinização efetiva devido ao fato das flores masculinas não conseguirem abrir para liberar o pólen. Em condições de umidade favorável, o pólen consegue deslocar-se através da ação do vento e propiciar a polinização.

#### Precipitação e balanço hídrico

Um dos elementos indispensáveis na vida dos seres vivos é a água. Mota e Zahler (1994) salientam que a água constitui 90% da massa total do protoplasma, participa de inúmeras reações químicas na matéria viva, sendo o solvente que transporta os materiais no floema e no xilema. Além disso, é uma fonte de íons para redução do CO<sub>2</sub> na fotossíntese e para as reações de luz.

A água é fundamental para a produção agrícola. A principal fonte para as culturas é a chuva e o seu principal reservatório é o solo. As principais perdas estão ligadas diretamente pela transpiração dos vegetais e pela evaporação da água da chuva retida no solo. Desta forma, quando a água do solo não é suficiente para suprir as necessidades dos vegetais e não há meios para supri-la devido à falta de chuva, ocorrem as secas ou as estiagens (MOTA; ZAHLER, 1994).

A noqueira pecã é uma árvore que requer disponibilidade de água acima de 800 mm ao ano conforme informações compiladas no quadro 1. A falta de água poderá ser suprimida

pelos sistemas de irrigação, porém o efeito da umidade excessiva no solo, só poderá ser minimizado com locais de drenagem adequadas, ou seja, áreas em encostas do que áreas planas (SPARKS, 2005), porém será necessário conhecer o lugar e as condições edafo-climáticas antes da implantação do pomar. As adversidades causadas pela falta ou excesso de precipitação são destacadas no item 2.2.5.

O balanço hídrico é a contabilização da água no solo e pode ser representado pelas entradas (precipitação, irrigação, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral e ascensão capilar) e pelas saídas (evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem lateral e profunda) dos fluxos da área vegetada (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Segundo os autores (p. 248), “a chuva e o orvalho dependem do clima da região, enquanto que as demais entradas dependem do tipo de solo e de relevo da região”.

Nos estudos baseados em balanços hídricos diários e considerando a evapotranspiração de acordo com o estágio de desenvolvimento das diversas culturas é possível identificar informações quantitativas sobre probabilidades de secas e necessidades de irrigação, afirmam os autores Mota e Zahler (1994). De acordo com Grageda et al. (2013) o uso da água pelos cultivos é orientado pela demanda de evaporação da atmosfera, que depende da radiação direta, velocidade do vento e umidade relativa, e pelas características das árvores do pomar, principalmente pela idade (capacidade de absorção do sistema radicular) e etapa de crescimento do cultivo (crescimento das raízes e principalmente pela área foliar).

As nozeiras apresentam um sistema radicular pivotante e radículas que provocam a lenta capacidade de absorção da água. Valdez e Durón (2009) afirmam que a disponibilidade de água para um pomar de nozes é função da quantidade e da capacidade em que o solo armazena a água e para que as produções sejam sustentáveis através dos anos, deverá manter um nível adequado de água que permita a árvore abastecer suas estruturas de acordo com a demanda, segundo a etapa fenológica e o tamanho das árvores.

#### Horas de frio

As baixas temperaturas nem sempre representam efeitos adversos para as culturas, visto que muitas árvores frutíferas exigem determinadas horas de frio para o seu desenvolvimento. Mota (2002, p. 16) observa que “as árvores frutíferas de clima temperado requerem em maior ou menor grau um período de esfriamento para poder terminar seu desenvolvimento sem anomalias fenológicas ou sem diminuição do rendimento”.

A noqueira pecã é bastante tolerável ao frio devido à grande variação de temperatura nas áreas em que é nativa (SPARKS, 2005). Por ser uma planta caducifólia e de clima temperado, apresenta a necessidade de um período com temperaturas abaixo de 7°C no inverno, para entrar em repouso vegetativo e depois brotar e frutificar de maneira satisfatória (FEIO, 1991).

O principal fator para determinar o repouso vegetativo são as baixas temperaturas. Em regiões deficientes de frio, em que as necessidades de frio invernal não foram satisfeitas, os pomares de nozes apresentam brotações deficientes (inferiores a 70% das gemas brotadas), floração irregular em um amplo período, folhagem raquítica, poucas ramificações e os rendimentos tendem a ser muito abaixo do seu potencial (AVILA, 2006; GRAGEDA et al., 2013).

Desta forma, a noqueira pecã, como os demais cultivos agrícolas, apresenta requerimentos climáticos específicos para cada fase fenológica. Conforme destacado anteriormente, as temperaturas indicadas para a fase de crescimento dos frutos devem situar-se entre 24 e 30°C. Requer temperaturas abaixo de 7°C durante o repouso vegetativo com predomínio de horas de frio consideráveis. Além disto, apresenta necessidade hídrica considerável, acima de 800 mm anuais. Apesar destes requerimentos, as variedades de noqueira pecã apresentam mecanismos de adaptação às condições edofoclimáticas em que são cultivadas, podendo, desta forma, caracterizar determinados fenômenos climáticos como adversos para o seu desenvolvimento aos quais não se adaptou.

### **2.2.5 Influência dos fenômenos climáticos adversos no cultivo da noqueira pecã**

Os fenômenos climáticos adversos constituem-se em eventos capazes de produzir, direta ou indiretamente, danos para as pessoas ou materiais, e neste caso específico, para a produção agrícola. Mota e Agendes (1986) salientam que a seca e as estiagens são os maiores fenômenos adversos da agricultura brasileira tanto no Nordeste, como no Sul, Sudeste e Centro-Oeste, seguido das geadas e dos excessos hídricos. As variações extremas no clima influenciam fortemente na produtividade das culturas (SPARKS, 1996).

O cultivo da noqueira pecã, bem como de outras culturas permanentes, deve ser monitorado continuamente, pois os fenômenos climáticos adversos podem interferir nas diferentes fases fenológicas desde sua fase inicial até a fase adulta. Para Dias (2007), depois de inserido um pomar de noqueiras será necessário monitorar de forma permanente a evolução do cultivo ajustando-o de acordo com suas necessidades hídricas.

Conforme relata Sparks (1996), um evento climático extremo pode afetar a produção da pecã por dois ou mais anos porque sua frutificação, como em outros cultivos arbóreos, ocorre em função das condições no ano, existentes antes e durante a frutificação. Esta influência decorre pelo fato das flores femininas da pecã serem formadas por substratos acumulados durante o crescimento do fruto no ano anterior e ser fixadas durante a brotação (LOCKOOD; SPARKS, 1978 apud SPARKS, 1996). Desta forma, “o potencial máximo de produção de nozes para a estação é determinado no momento da quebra de dormência e está diretamente relacionada com as condições de crescimento da estação anterior” (SPARKS, 1996, p. 908). Ainda, segundo o autor o potencial de produção de nozes será ditado pelas condições que afetam de forma subsequente o desenvolvimento do fruto.

A cultura da noqueira pecã pode apresentar comportamento irregular induzido por variações climáticas extremas, como por exemplo, estiagem severas que controlam fortemente o potencial de produção de nozes devido à influência no desenvolvimento da flor em frutos (SPARKS, 1996). Segundo o autor, “o comportamento irregular é mínimo e a produção tende a aumentar com o tempo quando não ocorrem variações climáticas extremas em anos consecutivos” (SPARKS, 1996, p. 908).

Os fenômenos climáticos adversos podem manifestar-se nas três fases de desenvolvimento do cultivo: período vegetativo (repouso vegetativo e desenvolvimento das gemas e folhas), período reprodutivo (floração, polinização, desenvolvimento e maturação dos frutos) e na senescência (amarelecimento e caída das folhas). Desta forma, podem-se destacar como fenômenos adversos desta cultura as temperaturas superiores a 35°C, a falta de horas de frio, as estiagens e/ou secas, as precipitações excessivas e a umidade relativa do ar elevada.

Precipitações inadequadas influenciam negativamente na qualidade das nozes, isto é, a distribuição das chuvas no período de crescimento dos frutos é fundamental, pois, é neste período que ocorre a alongação e expansão das nozes e o desenvolvimento da amêndoa (SPARKS, 1995; SPARKS, 1996). Para Grageda et al. (2013) a falta de frio, as geadas, o granizo e as secas geram danos diretos nas plantas cultivadas, bem como influenciam no desenvolvimento de desordens fisiológicas, doenças e pragas (brocas e pulgões).

A temperatura do ar é um dos fatores principais que controla o crescimento das plantas e também sua distribuição sobre a Terra. Independentemente de quão favorável possam ser as condições de luz, o crescimento da planta estagna quando a temperatura cai abaixo de certo valor mínimo ou excede certo valor máximo (MOTA, 2002). A geada é um fenômeno atmosférico que provoca a morte das plantas ou parte destas, em função da baixa temperatura do ar e sublimação da umidade, que acarreta congelamento dos tecidos vegetais, havendo ou

não formação de gelo sobre as plantas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), o que para a noqueira pecã é prejudicial nos primeiros anos, ainda quando é jovem, ou na primavera quando já iniciou o desenvolvimento de suas gemas.

Para este cultivo, a falta de frio (temperaturas inferiores a 7,2°C) no período de dormência das plantas resulta em brotações deficientes com folhas raquíticas e poucas ramificações, floração irregular e o rendimento tende a ser muito abaixo do potencial (GRAGEDA et al., 2013). As temperaturas superiores a 35°C são prejudiciais, pois reduzem o crescimento vegetativo da noqueira pecã, aumentam a queda prematura dos frutos, diminuem seu tamanho e o acúmulo de óleo (RASEIRA, 1990). Grageda et al. (2013) destaca ainda que estas temperaturas acarretam na polinização, na floração e na formação dos frutos, resultando em poucos frutos por ramos, em função de que existe um alto risco do pólen desidratar-se.

A precipitação pluviométrica constitui-se em outro elemento determinante no desenvolvimento das culturas. Todavia, o excesso de chuva ou a falta da mesma, nas fases críticas da cultura é prejudicial. A qualidade das nozes depende da precipitação ótima na estação de crescimento. Precipitações inadequadas, principalmente o excesso, durante o período de alongamento dos frutos, bem como na expansão e desenvolvimento da amêndoa afetam a qualidade dos frutos e podem causar aborto dos mesmos (SPARKS, 1997).

As precipitações excessivas e os períodos de estiagem, na região Sul do Brasil, podem ser influenciados pelo fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS), em sua fase quente (El Niño) ou fria (La Niña). Em anos sob influência do fenômeno El Niño (aquecimento das águas do Pacífico Tropical) tem-se, normalmente, na região Sul um aumento das chuvas principalmente na primavera e começo de verão, no ano inicial do evento, e no final do outono e começo do inverno, do seguinte ao início do evento, já sob influência da La Niña (resfriamento das águas do Pacífico Tropical), têm-se anomalias climáticas geralmente inversas às do episódio quente, resultando em estiagens (CUNHA et al., 2011).

A variação interanual da precipitação, que pode estar associada ao fenômeno ENOS, tem sido um dos fatores determinantes na variação espacial e temporal do rendimento de culturas agrícolas, especialmente os grãos, com efeitos positivos ou negativos, dependendo de sua intensidade, da cultura em questão e do manejo empregado na lavoura (NICKNICH et al., 2005). Concordando com Cunha et al. (2011), dependendo da época em que o evento ENOS surge e atinge seu ápice, pode beneficiar ou prejudicar a produção agrícola, como no caso de precipitações excessivas que podem provocar o aumento de incidência de doenças e perdas na qualidade dos grãos.

De acordo com Sparks (2005), as estiagens, bem como as secas de curto período (final de fevereiro e início de março) podem causar desfolhamento prematuro das nogueiras, o que suprime a formação da flor em árvores com grande frutificação. Além disso, a ocorrência de secas e condições de umidade inadequada do solo durante os meses dezembro a fevereiro, durante a alongação e expansão dos frutos e formação da amêndoa, resulta em nozes pequenas ou mal preenchidas (SPARKS, 1996). De acordo com Sparks (1997) a falta de precipitação no período de enchimento da parte comestível (segunda quinzena de janeiro até a primeira quinzena de fevereiro) torna-se determinante no desenvolvimento da amêndoa, pois 50% de seu peso é constituído de água.

As precipitações excessivas durante o período de colheita das nozes podem ocasionar um comportamento irregular no próximo ano (SPARKS, 1996; 1997). Chuvas constantes no período de florescimento podem prejudicar a polinização (MOTA, ZAHLER, 1994). O desenvolvimento da amêndoa e sua qualidade poderão ser suprimidas devido às chuvas excessivas durante o período de crescimento (SPARKS, 1995; 1996). As chuvas excessivas associadas à alta umidade também propiciam o desenvolvimento da sarna (*Cladosporium caryigenum*), a maior doença de folhas e frutos da pecã (Figura 17), acarretando diretamente sua produção do ano corrente e no posterior (RASEIRA, 1990; SPARKS, 1996).

Figura 17 – Ataque da sarna nas folhas (A) e nos frutos (B) da nogueira pecã.



Fonte - Modificado de Fronza, Poletto e Hamann (2013).

Esta doença pode suprimir fortemente o crescimento do fruto nos meses de dezembro a março e a folhagem é suscetível durante a sua expansão foliar nos finais de setembro e outubro, reduzindo a eficiência fotossintética e suprimindo o tamanho da folha e/ou causando

desfolhamento (SPARKS, 1996). Segundo Sparks (1997) dois dias consecutivos ou mais de precipitação no período de expansão foliar (setembro e outubro), bem como na formação dos frutos (novembro, dezembro até meados de janeiro) favorecem a infestação pela sarna. Outra doença fúngica, destacada por Fronza, Poletto e Hamann (2013) e que está associada à alta umidade relativa do ar e a temperatura é a antracnose, originada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, que ataca folhas e frutos causando queda das folhas, redução no tamanho das nozes, abscisão dos frutos, desprendimento do epicarpo da casca da noz, culminando com a redução na produção e qualidade dos frutos.

O déficit de umidade do solo pode provocar o aborto dos frutos e alterações no tamanho e na forma da noz pecã (SPARKS, 1996). A falta de umidade, em decorrência das secas ou estiagens, suprime o crescimento dos frutos muito cedo, pelo menos três semanas após a polinização e antes do período de alongamento dos frutos (dezembro), influenciando também no período de expansão no mês de janeiro a meados de fevereiro (SPARKS, 2009).

Estes fenômenos climáticos adversos, considerando suas influências negativas ao cultivo da noqueira pecã, foram fundamentais na elaboração da metodologia do zoneamento. Constituíram os cinco índices de risco (temperaturas superiores a 35°C, falta de horas de frio, excesso de precipitação, estiagem e elevada umidade relativa do ar), a partir da série histórica dos dados climáticos, com atuação nas diferentes fases fenológicas do cultivo.

### 3 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA

Neste item foram abordados alguns aspectos importantes para dimensionar a área de estudo no contexto geográfico nacional. Destacam-se informações referentes às características socioeconômicas, tais como população e produção agropecuária, características físicas como a geomorfologia, geologia, solos, hidrografia, vegetação e especialmente o clima. Por último, foram destacadas as regiões e os principais municípios produtores da noqueira pecã.

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS

O Rio Grande do Sul, devido ao seu histórico de ocupação, é um Estado que apresenta distintas características econômicas e culturais, influenciado também pela diversidade natural do território gaúcho. Resultado da presença dos índios nativos e das reduções jesuíticas datadas no século XVII, dos bandeirantes e a dispersão do gado, dos portugueses e a Colônia de Sacramento no século XVIII, dos tropeiros com a abertura de novos caminhos e originando povoados e da vinda dos imigrantes europeus, especialmente alemães e italianos, no século XIX formou-se um território com características especiais de cada etapa de ocupação. A formação dos municípios iniciou-se com a divisão territorial no ano de 1809, quando a Província de São Pedro (atual estado do Rio Grande do Sul) foi dividida em quatro grandes municípios: Porto Alegre, Rio Grande, Rio Pardo e Santo Antônio da Patrulha (CARGNIN et al., 2008). A divisão foi intensificando-se até os atuais 497 municípios gaúchos.

O Estado possui uma área territorial de 281.731,44 km<sup>2</sup>, ou seja, 3,3% da área total nacional e 497 municípios, o terceiro maior estado em número de municípios no Brasil, perdendo para Minas Gerais e São Paulo. De acordo com o censo demográfico, o Estado possuía uma população total de 10.693.929 habitantes (IBGE, 2010), representando 5,6% da população brasileira. Deste total estadual, 85,1% residem na zona urbana e apenas 14,9% na zona rural. Estes números coincidem com o cenário nacional que também apontam percentuais elevados de população urbana (84,4%) em relação à população rural (15,6%).

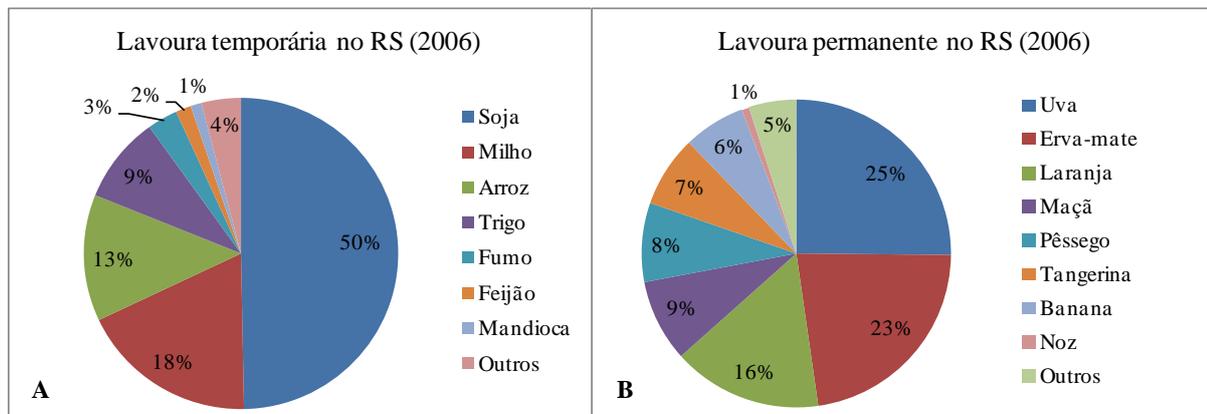
O Rio Grande do Sul é atualmente a quarta economia do Brasil pelo tamanho do Produto Interno Bruto (PIB), participando com 6,3% do PIB nacional, sendo superado pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (SEPLAN, 2015). A estrutura setorial no Estado é constituída pela forte participação do setor terciário (65,35%), mas ainda, segundo a Secretaria, a economia gaúcha é influenciada por dois setores hegemônicos: a agropecuária (8,14%) e a indústria de transformação (25,21%), a partir de informações da SEPLAN (2015).

Segundo a mesma fonte, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) no Estado, em 2010, foi de 0,746 sendo considerado de alto desenvolvimento.

O Rio Grande do Sul apresenta diferenciações territoriais e numéricas significativas entre os 497 municípios que fazem parte do território gaúcho, especialmente entre o norte e o sul. O sul do Estado é caracterizado por amplos territórios municipais, bem como de grandes propriedades, fruto das grandes fazendas e sesmarias. A metade norte destaca-se pela produção diversificada das pequenas propriedades, resultado da concentração dos imigrantes alemães e italianos, sobretudo. As atividades agrícolas resultaram em uma distribuição de renda menos concentrada derivando uma rede urbana formada por pequenos núcleos entre si e com isso maior densidade populacional, em relação ao sul (CARGNIN et al., 2008).

O Estado destaca-se com a produção agrícola no cenário nacional. Os principais cultivos das lavouras temporárias e permanentes, por área destinada à colheita podem ser verificados na figura 18.

Figura 18 – Área dos cultivos das lavouras temporárias (A) e permanentes (B) no Rio Grande do Sul em 2006.



Fonte - IBGE (2006).

Estes dados, apesar de possuírem 10 anos de compilação, ainda são considerados confiáveis podendo algumas culturas ter aumentado ou retraído sua área cultivada, como é evidenciado com a noz pecã, que possivelmente expandiu suas áreas. Com relação à lavoura temporária, o Brasil possui 56.069.983 ha cultivados, sendo que o Rio Grande do Sul é responsável por 13,9% deste total (7.783.099 ha), conforme dados do censo agropecuário (IBGE, 2006). No cenário nacional os três principais cultivos são a soja (39,4%), o milho (23,1%) e a cana-de-açúcar (11,4%). No Estado verifica-se também o predomínio do cultivo

da soja ocupando 50% das áreas, seguido de outros três cultivos representativos: milho, arroz e trigo.

Quanto à lavoura permanente, as áreas cultivadas ocupam uma porção menos expressiva, porém, apresentam maior diversidade. O Brasil apresentou em 2006 uma área total de 6.493.925 ha e o Rio Grande do Sul, 176.145 ha, isto é, 2,7% do total nacional (IBGE, 2006). Os três maiores cultivos no cenário nacional são o café (35,9%), a laranja (12,5) e a castanha de caju (10,9%). No Rio Grande do Sul as frutíferas ganham destaque juntamente com a erva-mate (23%). As nozes, apesar de representarem 1% das áreas cultivadas em 2006, merecem ênfase, pois se encontram em contínua expansão e com potencialidades para o mercado consumidor.

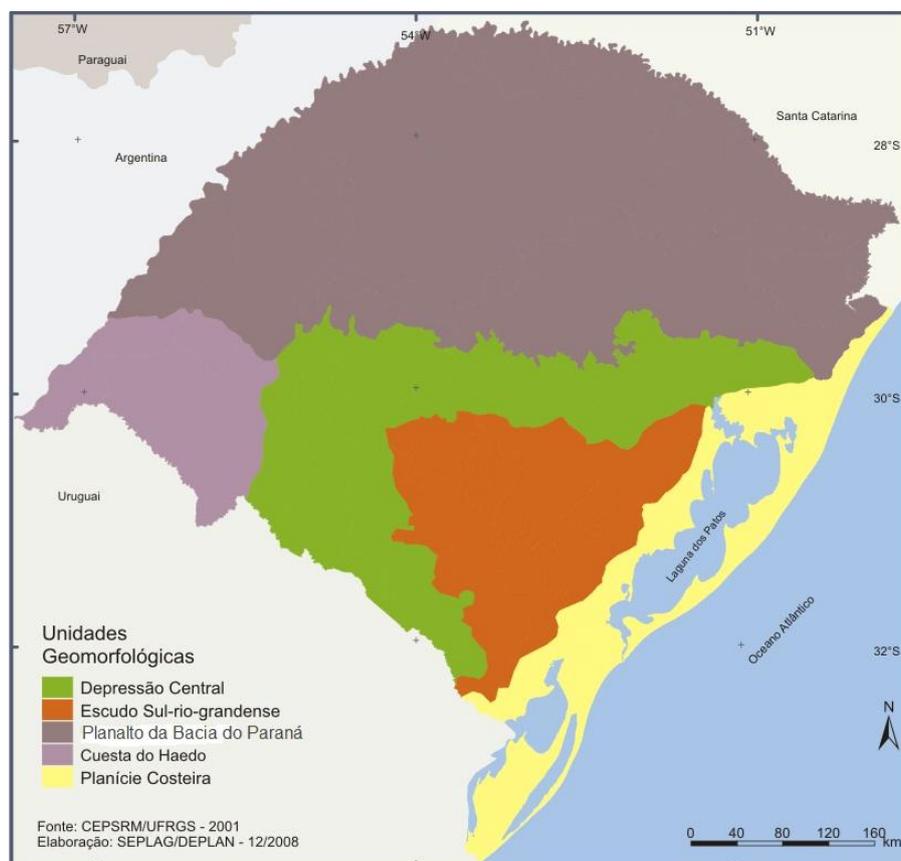
### 3.2 CARACTERÍSTICAS NATURAIS

O conhecimento das características naturais do espaço geográfico do Rio Grande do Sul, tais como a geomorfologia, geologia, solos, vegetação, hidrografia e clima, nos permitem entender melhor a dinâmica natural dos elementos e as relações sociais que se materializaram ao longo do tempo. A ocupação da terra está estritamente relacionada com os elementos naturais, pois sua grande variabilidade potencializa diferentes formas de ocupação do espaço e de forma especial, da implantação de determinados cultivos.

A geomorfologia e suas relações com as estruturas geológicas permitem compreender a ocorrência das diversas classes de solos, bem como dos diferentes tipos de vegetação. A partir da evolução geológica espacial e temporal e da configuração das formas de relevo, o Rio Grande do Sul destaca-se com cinco unidades geomorfológicas (Figura 19).

O Planalto e Chapadas da Bacia do Paraná destacam-se na metade norte do Estado, formado por rochas basálticas, da Formação Serra Geral, decorrentes de um grande derrame de lavas ocorrido na era Mesozoica. Esta unidade situa-se nas áreas de maiores altitudes podendo ultrapassar os 1.300 m em São José dos Ausentes. De acordo com Cargnin et al. (2008) o Planalto é constituído predominantemente de áreas de campos limpos e pastagens, campos subarbustivos, florestas de encosta, floresta do Alto Uruguai, com zona agrícola de uso intensivo de verão e inverno. Na extremidade oeste do Planalto, resultado do trabalho da erosão diferencial, tem-se a denominada Cuesta do Haedo, onde predominam os campos limpos e pastagens, sob domínio do Bioma Pampa.

Figura 19 – Unidades Geomorfológicas do Rio Grande do Sul.



Fonte – Modificado de Cargnin et al. (2008).

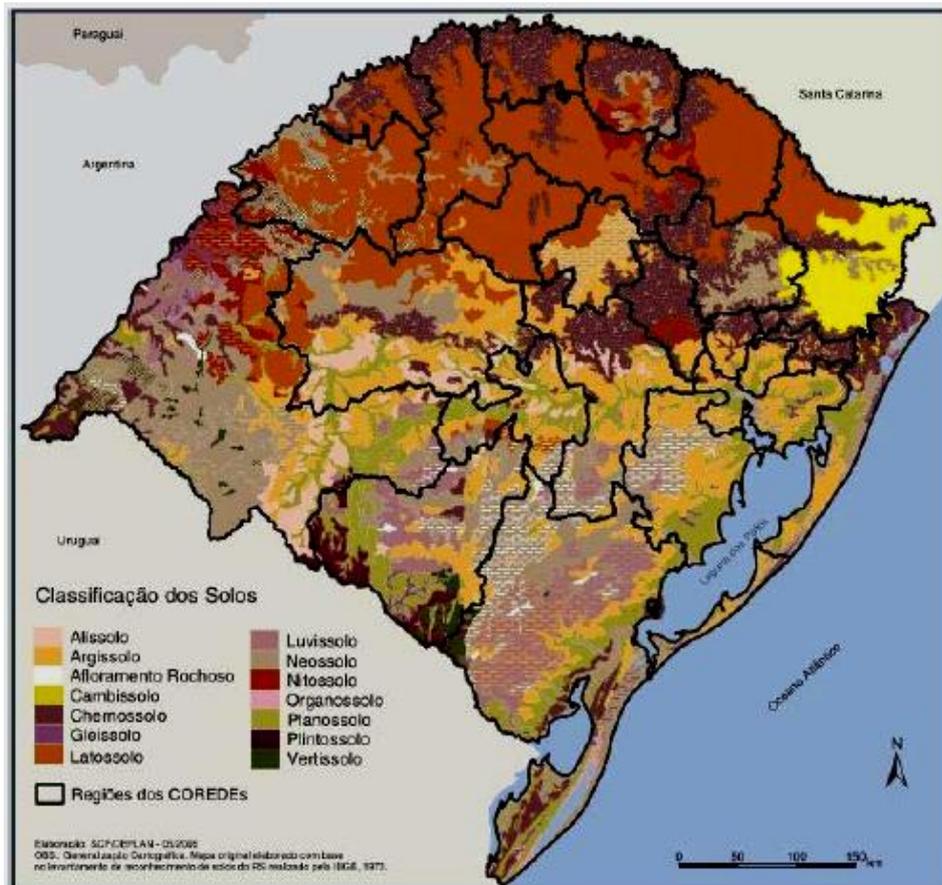
No centro-sul do Estado destaca-se a Depressão Central que é formada de rochas sedimentares, da Bacia do Paraná, dando origem a um extenso corredor que liga o oeste ao leste, através de terrenos de baixa altitude. Destaca-se também, as rochas areníticas da Formação Botucatu, encontradas nas áreas de rebordo e escarpas do Planalto e em contato com a Depressão Periférica. Esta unidade é constituída principalmente de áreas de campos limpos e pastagens, com zona agrícola de uso intensivo de verão e zona agrícola de culturas diversificadas Cargnin et al. (2008).

Ao sul, tem-se o Escudo Sul-Rio-Grandense que é formado por rochas metamórficas de origem ígnea e sedimentar do período Pré-Cambriano (BRENA et al., 2003). As altitudes variam em torno dos 100 aos 500 metros. É constituído por áreas de campos subarbustivos e de campos mistos com ocorrência de matas-galerias e de encostas, segundo Cargnin et al. (2008). Ainda de acordo com os autores, a Planície Costeira, de caráter evolutivo, teve sua formação do período Quaternário da era Cenozóica e está em constante transformação, como decorrência da sedimentação marinha e flúvio-lacustre. Esta formação compreende áreas de

depósitos arenosos e cordões de dunas, juntamente a lagoas e lagunas, com destaque para a Lagoa dos Patos e Mirim, com culturas agrícolas diversificadas.

O Rio Grande do Sul apresenta uma grande heterogeneidade de tipos de solos, influenciada pelos diferentes fatores responsáveis por sua formação (Figura 20).

Figura 20 – Mapa de solos do Rio Grande do Sul.



Fonte – SEMA (2006).

Destacam-se a presença de solos bem desenvolvidos, considerados estáveis tais como os Latossolos, desde solos jovens, pouco desenvolvidos de caráter mais instável, como os Neossolos. De acordo com o IBGE (2002), os Latossolos encontram-se principalmente na porção norte do Estado e apresentam grande profundidade e porosidade, com boas propriedades físicas, ou seja, permeabilidade a água e ao ar, porosidade, friáveis e de baixa plasticidade (CREPANI et al., 1996).

Os Neossolos, solos mais instáveis, encontram-se especialmente na porção sul e parte oeste do Estado. Segundo Crepani et al. (1996) são caracterizados por serem solos jovens e

pouco desenvolvidos, isto é, com pouca evolução dos perfis, aonde o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou sobre as rochas. Também se destacam os solos do tipo Luvisolos e Argissolos na região central do Estado. Estes solos são considerados intermediários, entre os Latossolos e os Neossolos, com relação à instabilidade. Quando comparados aos Latossolos, apresentam menor profundidade, são menos estáveis, com acumulação de argila no horizonte B, dificultando a infiltração da água no perfil e favorecendo a erosão (CREPANI et al., 1996).

O território gaúcho está compreendido em dois biomas, o Bioma Mata Atlântica e o Bioma Pampa (Figura 21).

Figura 21 – Biomas Mata Atlântica e Pampa no Rio Grande do Sul.



Fonte – Cargnin et al. (2008).

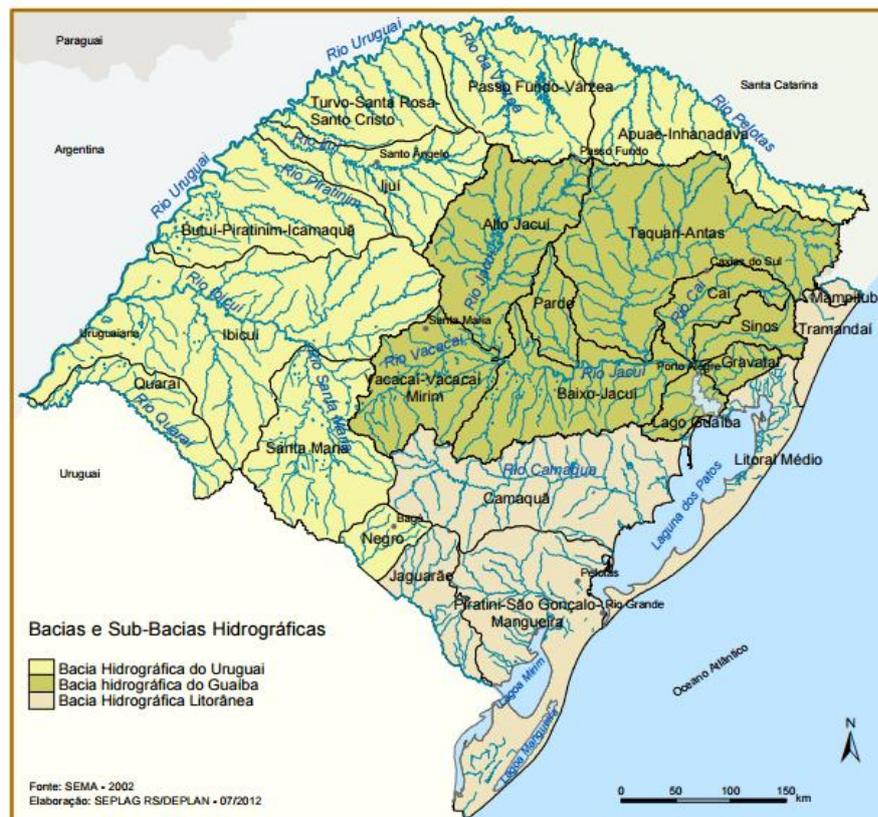
O bioma Mata Atlântica destaca-se pelo predomínio da vegetação florestal e ocupava 37% da área, principalmente na metade norte do Estado, porém atualmente restam somente 7,5% de áreas remanescentes com alto grau de fragmentação em relação à cobertura vegetal

original (CARGNIN et al., 2008). Neste bioma destaca-se a presença das Florestas Ombrófila Mista (Floresta das Araucárias) e da Floresta Estacional Decidual (Floresta Caducifólia).

No bioma Pampa, onde a ocorrência no Brasil é restrita ao Rio Grande do Sul, destaca sua presença na metade sul do Estado, estendendo-se por 63% do território, com a presença de campos e grande diversidade de fauna e flora. De acordo com Brena et al. (2003) no bioma Pampa destaca-se a presença da Savana, compreendendo os campos, uma região de estepe na Campanha Gaúcha, e áreas de formações pioneiras de influência marinha, tais como as restingas e as dunas.

O Rio Grande do Sul é um dos estados brasileiros que apresenta um grande potencial hídrico em termos de águas superficiais. Seu território possuiu uma densa rede hidrográfica e conta com três grandes bacias coletoras: a bacia do Uruguai, a do Guaíba e a Litorânea (Figura 22).

Figura 22 – Bacias e Sub-bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.



Fonte – Cargnin et al. (2008).

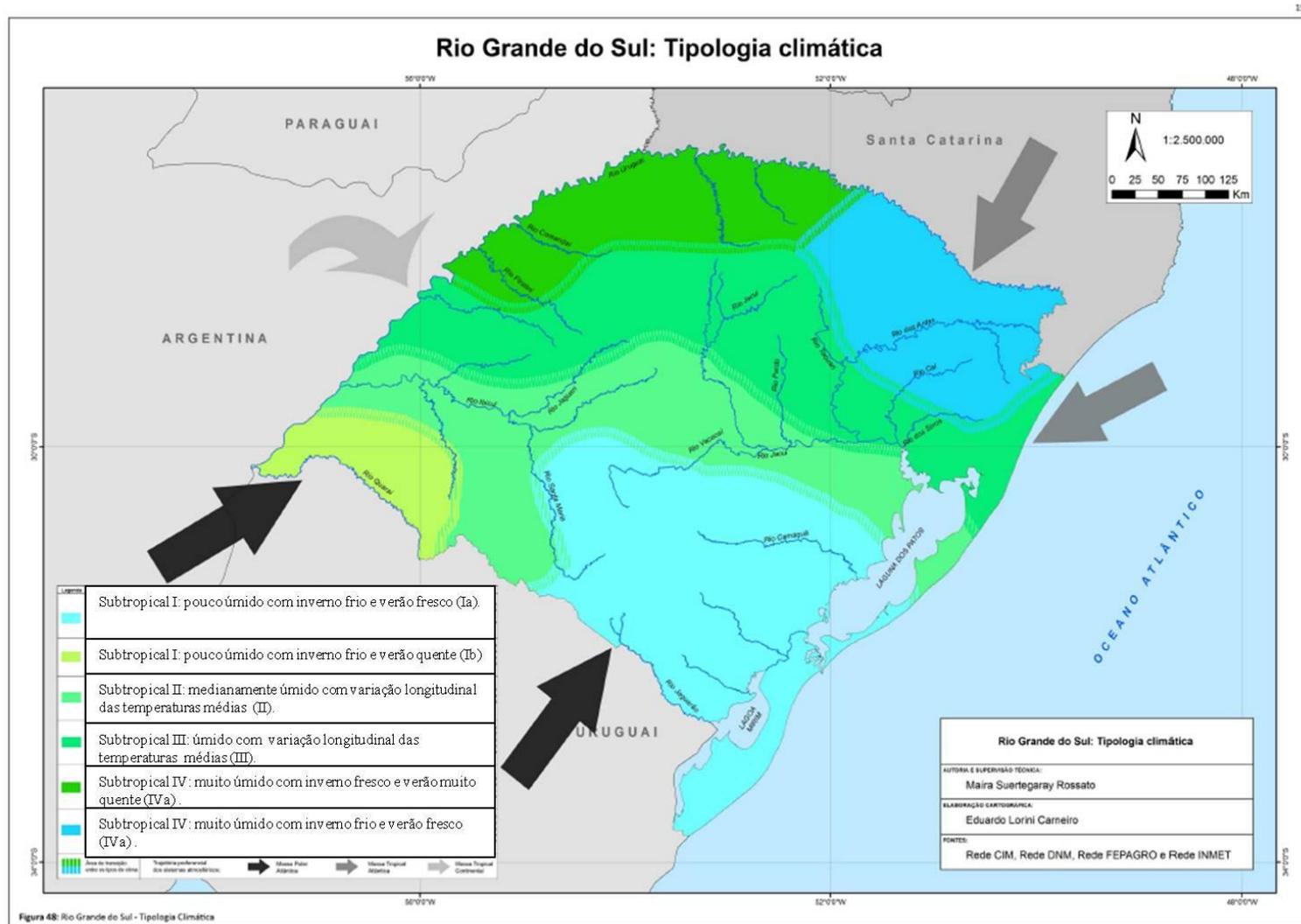
Segundo Cargnin et al. (2008) a bacia hidrográfica do rio Uruguai, que faz parte da bacia hidrográfica do rio da Prata, abrange cerca de 57% da área total do Estado, a bacia hidrográfica do rio Guaíba abrange 30% da área e a bacia hidrográfica Litorânea, abrange 13% do total. A bacia hidrográfica do rio Uruguai destaca-se com a presença do rio de mesmo nome e dos rios Ibicuí e Ijuí, e a bacia hidrográfica do rio Guaíba destaca-se com o rio Jacuí. O uso do solo nas bacias hidrográficas está associado a atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais, e de modo especial, a bacia do Guaíba, que apresenta elevada concentração industrial e urbana.

O Estado destaca-se com relação à gestão dos recursos hídricos e os avanços na instalação dos Comitês de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas. O objetivo principal destes Comitês é definir instrumentos de gestão e planejamento dos recursos hídricos, promovendo a sua recuperação e conservação, além de regulamentar os usos das águas, inclusive para a agricultura. De acordo com Cargnin et al. (2008) das 23 sub-bacias hidrográficas do Estado, 15 contam com Comitês instalados e operantes, 4 apresentam comissões provisórias e as outras 4 bacias são compartilhadas e necessitam de tratamento especial.

Com relação ao clima, de acordo com a tipologia climática definida e identificada por Rossato (2011) o estado do Rio Grande do Sul possui quatro tipos de clima, dois deles com duas subdivisões, conforme é apresentado na Figura 23.

A classe Subtropical I – pouco úmido compreende as classes Subtropical Ia: pouco úmido com inverno frio e verão fresco, com maior influência dos sistemas polares e do relevo (Escudo Sul-riograndense e Planície Litorânea) e a classe Subtropical Ib: pouco úmido com inverno frio e verão quente, também com participação dos sistemas polares e maior participação dos sistemas tropicais continentais, sob efeito da continentalidade e do relevo (Cuesta de Haedo). A classe Subtropical II - medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, compreende grande parte da Depressão Periférica, estando assim, os elementos climáticos sob influência também do relevo, da continentalidade e na maritimidade. A classe Subtropical III - úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, compreende principalmente a região de escarpa e borda do Planalto, com influência do relevo, da continentalidade, da maritimidade e das áreas urbanizadas. A classe Subtropical IV, compreende as classes de Subtropical IVa - muito úmido com inverno fresco e verão muito quente, nas regiões do Vale do Rio Uruguai e parte do Planalto, e por último, a classe Subtropical IVb - muito úmido com inverno frio e verão fresco, compreende as áreas mais elevadas do Planalto, com os índices pluviométricos mais elevados (1.700 a 2.000 mm).

Figura 23 – Tipologia climática para o Rio Grande do Sul.



Fonte - Rossato (2011).

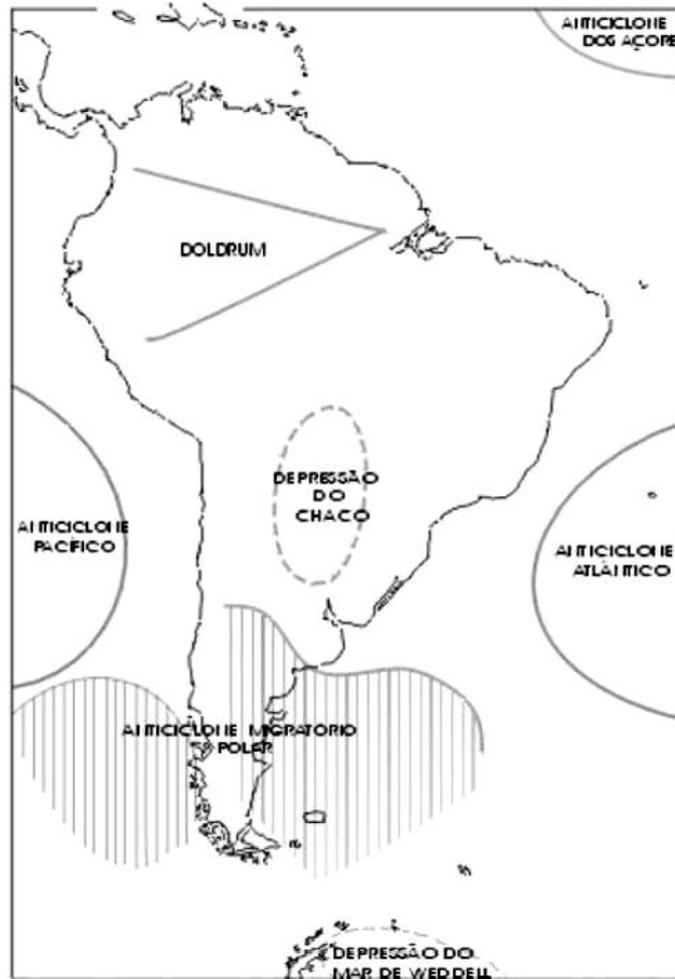
Do ponto de vista estático do clima, é importante destacar que, de acordo com a série histórica de análise de 1998 a 2013, a temperatura média anual no Rio Grande do Sul é de 18,2°C, variando entre 14 a 21°C, onde a fronteira noroeste e a região central apresentam os maiores valores, em relação à porção leste, na região serrana. Os invernos são frios com temperatura mínima média entre 9 a 15°C e os verões são quentes com temperatura máxima média entre 19 a 28°C. Na primavera e no outono a temperatura média varia entre 13 a 22°C. Para Moreno (1961, p. 16) “a variação da temperatura no Rio Grande do Sul está na dependência da movimentação das massas de ar, das diferentes altitudes, da maritimidade e da continentalidade”.

A precipitação pluviométrica média é de 1.651 mm anuais, com grandes variações de norte a sul, em que o sul registra os menores totais pluviométricos (1.200 mm) e as regiões no norte e nordeste, os maiores (em torno dos 2.000 mm). No trabalho pioneiro de análise da precipitação pluviométrica do Rio Grande do Sul, desenvolvido por Araújo (1930), é enfatizado que a distribuição geográfica das chuvas no Estado é influenciada pela orografia, pois, favorece o movimento ascensional do ar, que é a causa responsável pela produção da chuva.

A umidade relativa do ar média é de 77%, sendo a região litorânea destacada pelos maiores valores durante o ano todo. No estudo desenvolvido por Sartori (1993), a autora também destaca que a umidade relativa do ar no Estado fica em torno de 70 a 85%, sendo evidentemente, maior no inverno. Com relação às horas de frio, a variação é bastante significativa. Na fronteira noroeste, com a Argentina, o Estado apresenta em torno de 75 a 150 horas de frio, ou seja, os menores registros. Na Serra do Nordeste, nas altitudes superiores a 1.000 metros, o total de horas de frio é superior a 700 horas. A descrição detalhada das variáveis climáticas é apresentada no item 5.1 dos Resultados, visando evitar repetições.

Com relação à dinâmica atmosférica destaca-se entre os centros de ação que dominam o território Sul-rio-grandense o Anticiclone Migratório Polar (AMP), “que se origina por acúmulo de ar frio em latitudes subpolares (60°S), sobre o ar frio e estável e migra constantemente para o continente” (WOLLMANN, 2011, p. 84), a Baixa do Chaco e o Anticiclone Tropical Atlântico (Figura 24). De acordo com Sartori (2003) o clima do Rio Grande do Sul sofre influência da participação dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares), controlando os tipos de tempo em 90% dos dias, proporcionando também a distribuição mensal e anual das chuvas e dos Sistemas Atmosféricos Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas).

Figura 24 – Centros de Ação da América do Sul



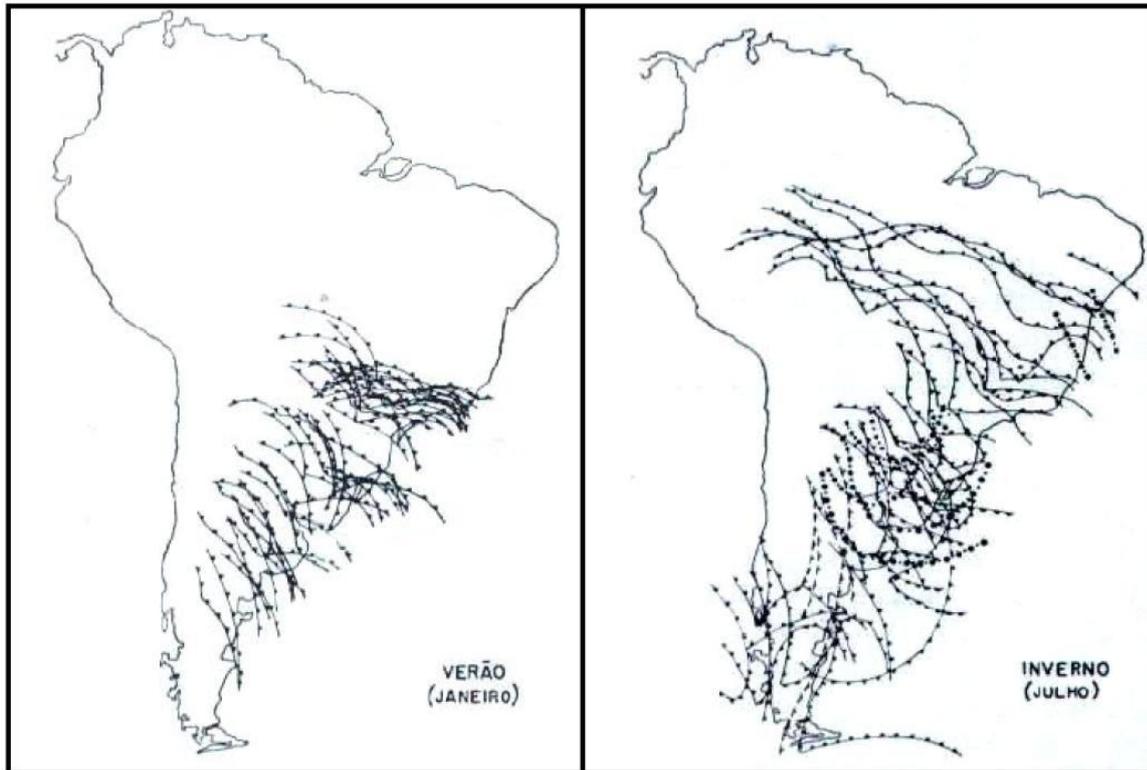
Fonte - Monteiro (1963).

Em estudo detalhado da dinâmica do clima no Estado, Sartori (1993; 2000; 2003) enfatiza que os sistemas atmosféricos extratropicais, na sucessão do tempo, são os mais presentes, mesmo durante o verão, destacando-se com maior participação a Massa Polar Velha (MPV) em 45% dos dias seguidos da Frente Polar Atlântica (FPA) e da Massa Polar Atlântica (MPA). Ainda, segundo a autora, entre os Sistemas Intertropicais, destaca-se a atuação da Massa Tropical Atlântica (MTA) e da Massa Tropical Continental (MTC).

No outono, segundo Monteiro (1963), as Frentes Polares (FPA) começam a ficar mais fortes devido ao resfriamento do Hemisfério Sul, intensificando a formação de massas de ar, especialmente com atuação no Rio Grande do Sul, como a Massa Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA). Assim, as chuvas no outono começam a intensificar-se na passagem desta estação para o inverno, devido à intensificação dos sistemas polares e tropicais (MONTEIRO, 1963; SARTORI, 2003). Para contribuir com esta afirmação,

Monteiro (1963) constatou e diferenciou o deslocamento e a passagem da Frente Polar Atlântica durante o inverno e o verão (Figura 25).

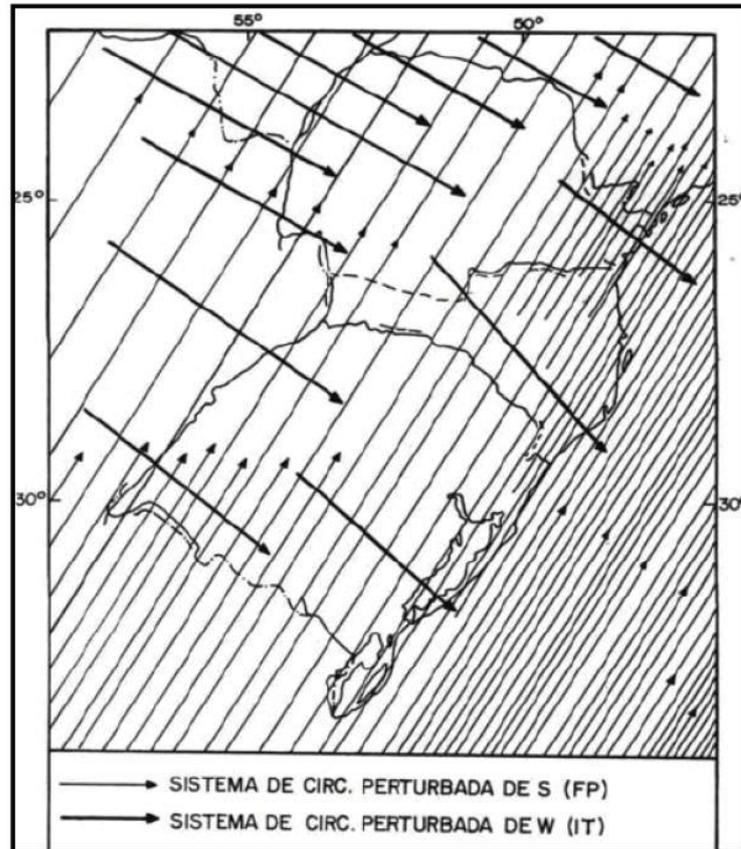
Figura 25 – Posição da frente polar durante o verão e o inverno na América do Sul.



Fonte - Monteiro (1963).

Em relação ao inverno, Sartori (2003) destaca maior participação da FPA, com aumento das frentes estacionárias e de ciclogêneses, que são os responsáveis pelos grandes totais pluviométricos que podem ocorrer nesta estação. Além disso, destaca que as Correntes Perturbadas, como Instabilidades Tropicais (IT) e Calhas Induzidas, são as responsáveis pelas chuvas e/ou granizo que antecedem a FPA. A figura 26 apresenta de maneira geral a participação dos sistemas de correntes perturbadas no Sul do Brasil, no qual é notório o predomínio das Correntes Perturbadas de Sul (Frentes Polares) na gênese das chuvas.

Figura 26 – Sistema de circulação atmosférica perturbada atuante na Região Sul do Brasil.



Fonte - Nimer (1979).

Na primavera “...os fluxos de origem intertropical tendem aumentar seu valor de frequência na região pelo enfraquecimento da intensidade dos fluxos polares, motivado pela redução dos gradientes térmicos latitudinais e pelo aquecimento do Hemisfério” (SARTORI, 2003, p. 71). Entretanto, destaca-se uma variabilidade temporo-espacial das precipitações, resultando em episódios de longas estiagens ou enchentes, que segundo Sartori (1993; 2003, p. 28) “podem acontecer em qualquer época do ano e que remetem alterações na habitualidade da circulação atmosférica nas escalas regional e zonal”, em parte provocados pelos fenômenos El Niño e La Niña.

Estas características socioeconômicas e naturais apresentadas fazem parte da dinâmica do espaço geográfico do Rio Grande do Sul. Os elementos naturais influenciam, sobretudo, na escolha da implantação de determinados cultivos agrícolas, principalmente em função dos tipos de solos, acesso aos recursos hídricos e das variáveis climáticas. No item a seguir são apresentados os municípios produtores de noqueira pecã no Estado e a quantidade de nozes produzidas.

### 3.3 MUNICÍPIOS PRODUTORES DE NOGUEIRA PECÃ

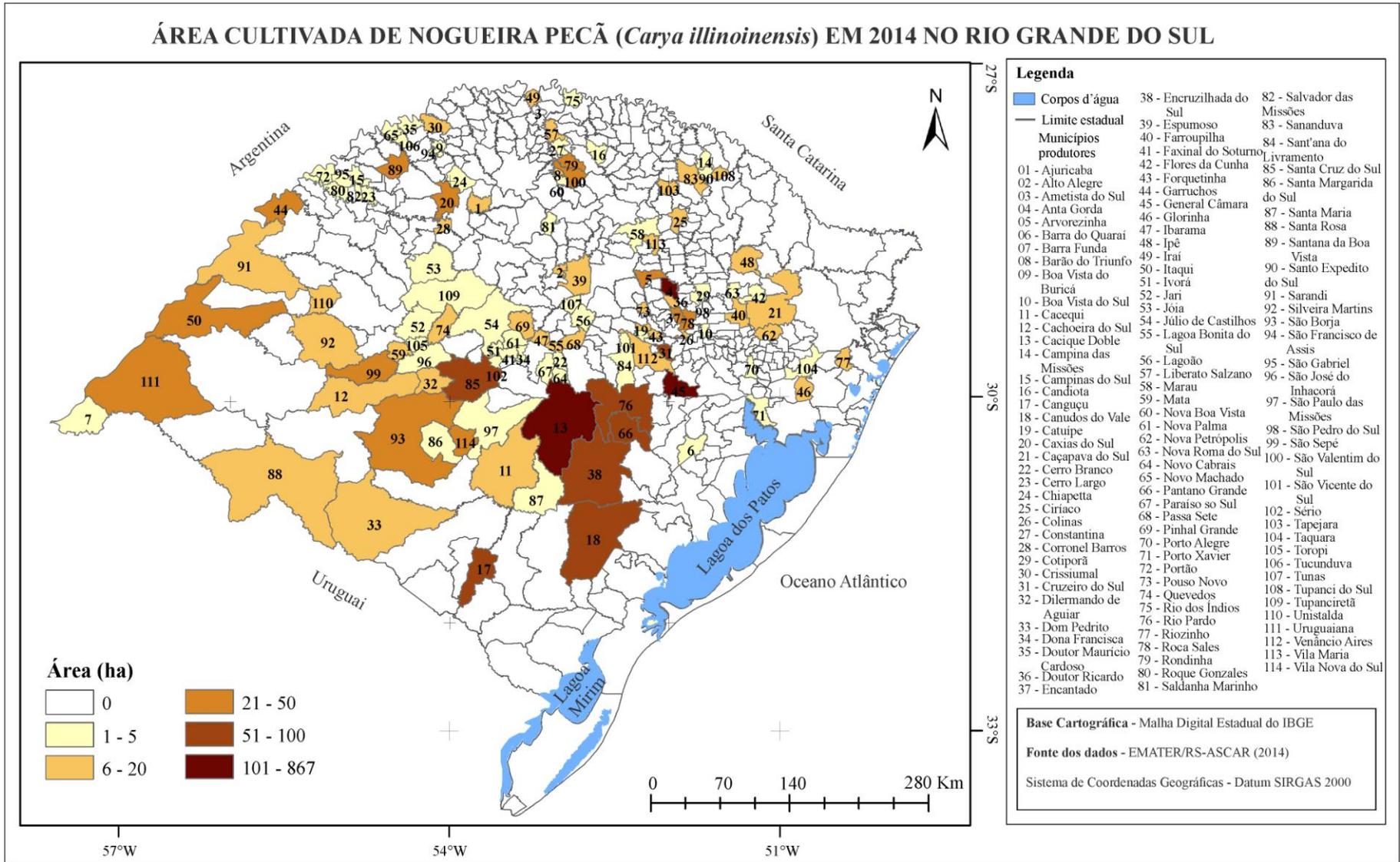
O cultivo da noqueira pecã na região Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul não é recente. Não é difícil encontrar nos quintais das casas algumas noqueiras cultivadas por várias gerações. Porém, os cultivos comerciais é que aumentaram na última década. A dificuldade de quantificar a real área ocupada por este cultivo é notória, já que, pelo censo agropecuário do IBGE há apenas a denominação de “nozes”, não fazendo distinção de qual espécie é cultivada.

Nesta tentativa, a Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS-ASCAR) disponibilizou em 2014 uma tabela com dados de área cultivada, quantidade produzida e número de produtores envolvidos por município no Estado. Os municípios produtores de noqueira pecã e a área cultivada por cada um pode ser observada na figura 27.

De acordo com os dados da EMATER/RS-ASCAR (2014) são 114 os municípios produtores de noqueira pecã, isto é, 22,9% dos municípios gaúchos, dispersos por todas as regiões do Estado, apresentando uma concentração mais significativa da região centro-sul. No entanto, Fronza e Hamann (2016), a partir de seus estudos, relatam que há mais de 90% dos municípios gaúchos com produção comercial de noz pecã e a área aproximada do cultivo está em torno de 10.000 ha.

As áreas cultivadas variam de um até 867 ha, compreendendo o município de Cachoeira do Sul, que se destaca tanto em área cultivada quanto em quantidade produzida. Predominam os municípios com áreas cultivadas entre 1 a 5 ha (52 municípios), segundo EMATER/RS-ASCAR (2014). Em seguida destacam-se 39 municípios com cultivos entre 6 a 20 ha. Com áreas entre 21 a 50 ha encontram-se 13 municípios tais como Itaqui e Uruguaiana na fronteira oeste, e Rondinha e Sarandi ao norte. Outros sete municípios destacam-se com áreas entre 51 e 100 ha, localizados especialmente na região centro sul. E, os três maiores produtores no Estado com áreas entre 101 a 867 são Cachoeira do Sul, General Câmara e Anta Gorda.

Figura 27 – Municípios produtores de noqueira pecã e área cultivada (ha) no Rio Grande do Sul em 2014.



A tabela 2 apresenta os 20 principais municípios produtores de noqueira pecã, em relação à área cultivada, a quantidade produzida, a produtividade e número de produtores.

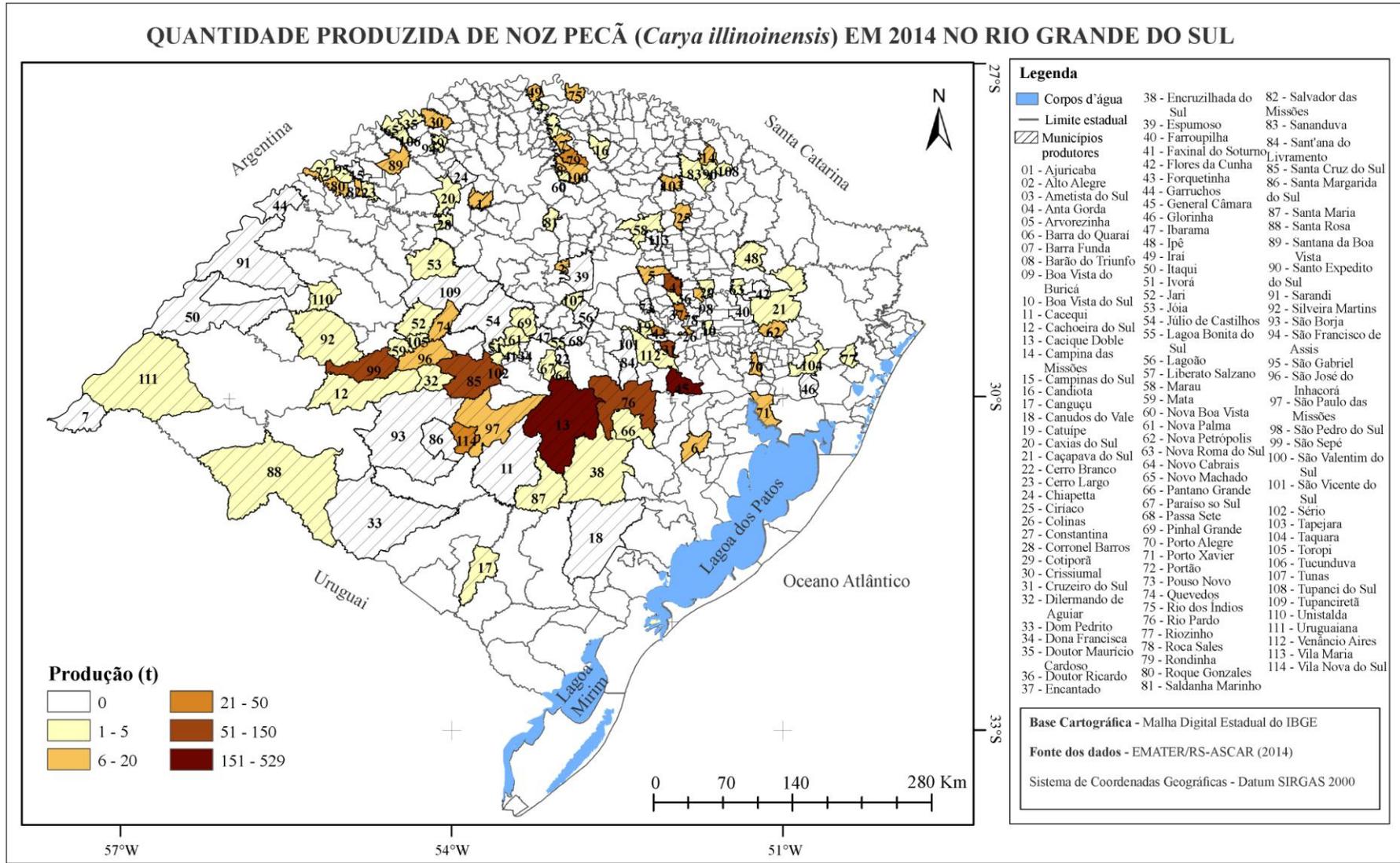
Tabela 2 - Principais municípios produtores de noqueira pecã no Rio Grande do Sul em 2014.

	Município	Área cultivada (ha)	Quantidade produzida (t)	Produtividade (t/ha)	Produtores
1º	Cachoeira do Sul	866.5	528.9	0.6	79
2º	General Câmara	630.0	252.0	0.4	4
3º	Anta Gorda	380.0	120.0	0.3	246
4º	Santa Maria	100.0	100.0	1.0	30
5º	Cruzeiro do Sul	57.0	90.0	1.6	3
6º	Rio Pardo	72.0	86.0	1.2	2
7º	São Vicente do Sul	35.0	52.0	1.5	6
8º	Encantado	33.1	36.6	1.1	12
9º	Rondinha	29.0	29.0	1.0	20
10º	Vila Nova do Sul	23.0	27.5	1.2	2
11º	Arvorezinha	21.0	10.0	2.5	30
12º	Quevedos	17.0	15.0	2.0	5
13º	Tapejara	12.0	16.0	1.3	3
14º	Ajuricaba	10.0	10.0	0.9	4
15º	Crissiumal	10.0	12.0	1.9	35
16º	Nova Petrópolis	10.0	20.0	2.1	10
17º	Forquetinha	10.0	25.0	1.2	2
18º	Iraí	8.0	15.0	0.5	25
19º	Ciríaco	7.0	15.0	2.0	7
20º	Barão do Triunfo	5.0	10.0	1.0	2

Fonte - EMATER/RS-ASCAR (2014).

Dentre os 20 maiores produtores verifica-se uma heterogeneidade entre a área cultivada, a quantidade produzida, a produtividade e o número de produtores envolvidos. Destaca-se o município de General Câmara que apresenta a segunda maior área cultivada (630 ha) com apenas quatro produtores, uma média de 157,5 ha/produtor. Por outro lado, o município de Anta Gorda, que é o terceiro maior município em termos de área cultivada, possui 246 produtores, representando uma média de 1,54 ha/produtor. É importante salientar também, que os municípios com maior área cultivada não são os que apresentam a maior produtividade de nozes (relação de toneladas colhidas por área). Isto se deve, ao fato dos pomares serem muito jovens e ainda não terem iniciado a produzir ou a presença de pomares muito velhos, com falta de manejo e cuidados na condução do cultivo. Neste aspecto, destacam-se quatro municípios que apresentaram produtividade igual ou superior a 2 t/ha: Arvorezinha, Quevedos, Nova Petrópolis e Ciríaco. Em relação à quantidade produzida de nozes para o ano de 2014, verifica-se que a produção em toneladas também é muito diversificada (Figura 28).

Figura 28 – Quantidade produzida (t) de noz pecã no Rio Grande do Sul em 2014.



De acordo com a figura 28, pode-se concluir que a maioria dos pomares são novos, pois verifica-se que muitos municípios que cultivam a noqueira ainda não apresentam dados de produção. Os municípios com maior quantidade produzida foram Cachoeira do Sul (528,9 t) e General Câmara (252 t). Em seguida, destacam-se os municípios de Anta Gorda, Santa Maria, Cruzeiro do Sul, Rio Pardo e São Vicente do Sul. Os demais municípios, 81 no total, apresentaram produção entre 1 a 50 toneladas e estão localizados em todas as regiões do Estado.

A produção de nozes apresentou um rendimento médio de 0,50 t/ha para o ano de 2014, indicando que muitos dos pomares ainda são jovens e não iniciaram a produzir, porém estudos indicam que a relação do aumento da produção com o tempo é positiva. Sparks (1997) ao elaborar um modelo climático para prever a produção de nozes na Georgia concluiu que a produção tende a aumentar com o tempo porque considera o aumento no tamanho das árvores e as áreas plantadas (ha), melhorias na nutrição dos pomares, avanços no combate do pulgão e da sarna, e a instalação de sistemas de irrigação.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Esta pesquisa seguiu o encaminhamento da abordagem quali-quantitativa. Assim, tornou-se possível compreender de forma individual a atuação dos fenômenos adversos para a cultura da noqueira pecã a partir de uma premissa geral e realizar a espacialização dos fenômenos para o Rio Grande do Sul. No seu desenvolvimento utilizou-se a proposta metodológica de André Libault publicada em 1971 sob o título “Os Quatro Níveis de Pesquisa Geográfica”. Libault (1971) distingue os quatro níveis de pesquisa, denominando-os de compilatório, correlatório, semântico e normativo.

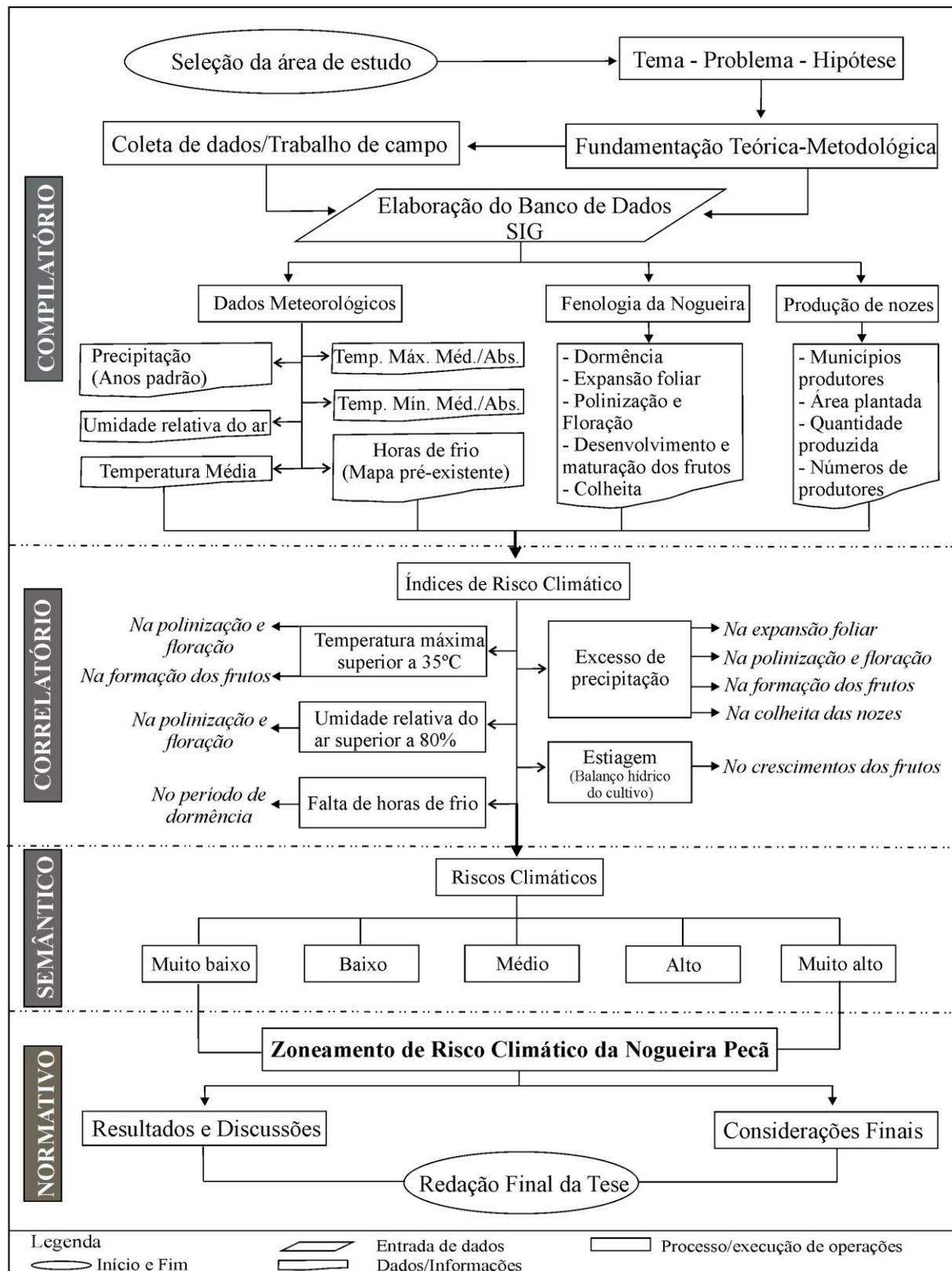
De acordo com a proposta, no nível compilatório realizou-se a coleta de dados e das informações de diferentes naturezas e a seleção das mesmas. Os dados climatológicos, de fenologia do cultivo e produção da noqueira, bem como da base cartográfica da área de estudo foram coletados. Segundo Ross (2007), neste momento o domínio do conhecimento teórico-conceitual é de suma importância para não se desprezar dados que na realidade possam ter grande significado e se aproximem da verdade dos fatos reais.

No segundo nível, o correlatório, conforme o próprio nome indica, é a fase de correlacionar os dados e posteriormente estabelecer a interpretação dos mesmos. Nesta etapa buscou-se organizar e tabular os dados climatológicos e de produção da cultura. Após, a organização dos dados, visou-se identificar os principais riscos climáticos e as exigências climáticas da noqueira. Estabeleceram-se as relações entre as fases fenológicas do cultivo e as informações provenientes dos dados climáticos.

No nível semântico, realizam-se algumas generalizações possíveis e os dados, antes de caráter factual ou numérico, passam a ser vistos de acordo com sua representação e significação. Nesta etapa, realizou-se a espacialização das informações resultando em mapas temáticos. Os dados numéricos e pontuais assumiram características contínuas no espaço geográfico do estado do Rio Grande do Sul.

E no último nível, o normativo, apresenta-se o produto da pesquisa como um modelo representado através de mapas que traduzem de maneira simples o resultado final. Neste último nível, elaborou-se o mapa síntese das informações, ou seja, o mapa do Zoneamento de Risco Climático, que regionaliza o Estado em zonas de muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto risco, a partir da integração de todas as informações. As etapas metodológicas desenvolvidas durante a pesquisa podem ser visualizadas na figura 29.

Figura 29 – Etapas metodológicas desenvolvidas durante a pesquisa.



## 4.2 COLETA DE DADOS

Para a realização desta pesquisa foi necessário coletar dados de fontes primárias e secundárias referentes a dados climáticos, de fenologia e exigências climáticas da cultura, dados de produção e áreas produtoras. Os dados climáticos são imprescindíveis para a análise e definição dos riscos climáticos. Os dados referentes à fenologia e exigências climáticas foram utilizados como referenciais para a identificação dos principais riscos climáticos para a cultura da noqueira pecã, que resultaram no zoneamento. Os dados de produção de nozes permitiram identificar quais são os principais municípios produtores desta cultura no Estado e espacializá-los.

### 4.2.1 Fenologia da cultura e exigências climáticas

Os dados de fenologia da noqueira pecã a respeito das três fases do cultivo (desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e senescência), bem como do seu período de início e fim indispensáveis para a análise dos riscos climáticos, foram adquiridos junto a pesquisas científicas, empresas de produção e beneficiamento das nozes e junto aos técnicos da EMATER-RS dos principais municípios produtores, conforme apresentado na figura 13. Foram consultadas também, obras de referências internacionais que permitiram identificar as principais variedades cultivadas e suas adaptações aos diferentes ambientes.

Os dados de exigências climáticas foram obtidos por meio de referências científicas (conforme o quadro 3), juntamente com os dados coletados por meio do trabalho de campo, visto que foram entrevistados técnicos agrícolas, que prestam assistência técnica aos produtores de noqueira pecã e empresários do setor. Estes dados contribuíram na definição dos índices de risco climático necessários ao zoneamento e os principais elementos do clima que influenciam no desenvolvimento da noz pecã.

Para o Estado, verificou-se que as principais variedades cultivadas são: Barton, Desirable e Melhorada (produtoras) e Choctan, Shawnee, Stuart, Imperial e Importada (polinizadoras). Desta forma, verificaram-se as principais características, fenologia e requerimentos climáticos da espécie *Carya illinoensis* nos lugares onde a planta é nativa e também onde é cultivada atualmente, de acordo com suas adaptações a fim de elaborar o zoneamento.

#### 4.2.2 Dados climáticos

Os dados climáticos em escala diária e horária foram obtidos em um recorte temporal de 30 anos, isto é de 1984 a 2013, junto às 23 estações convencionais da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas no Estado (Figura 30).

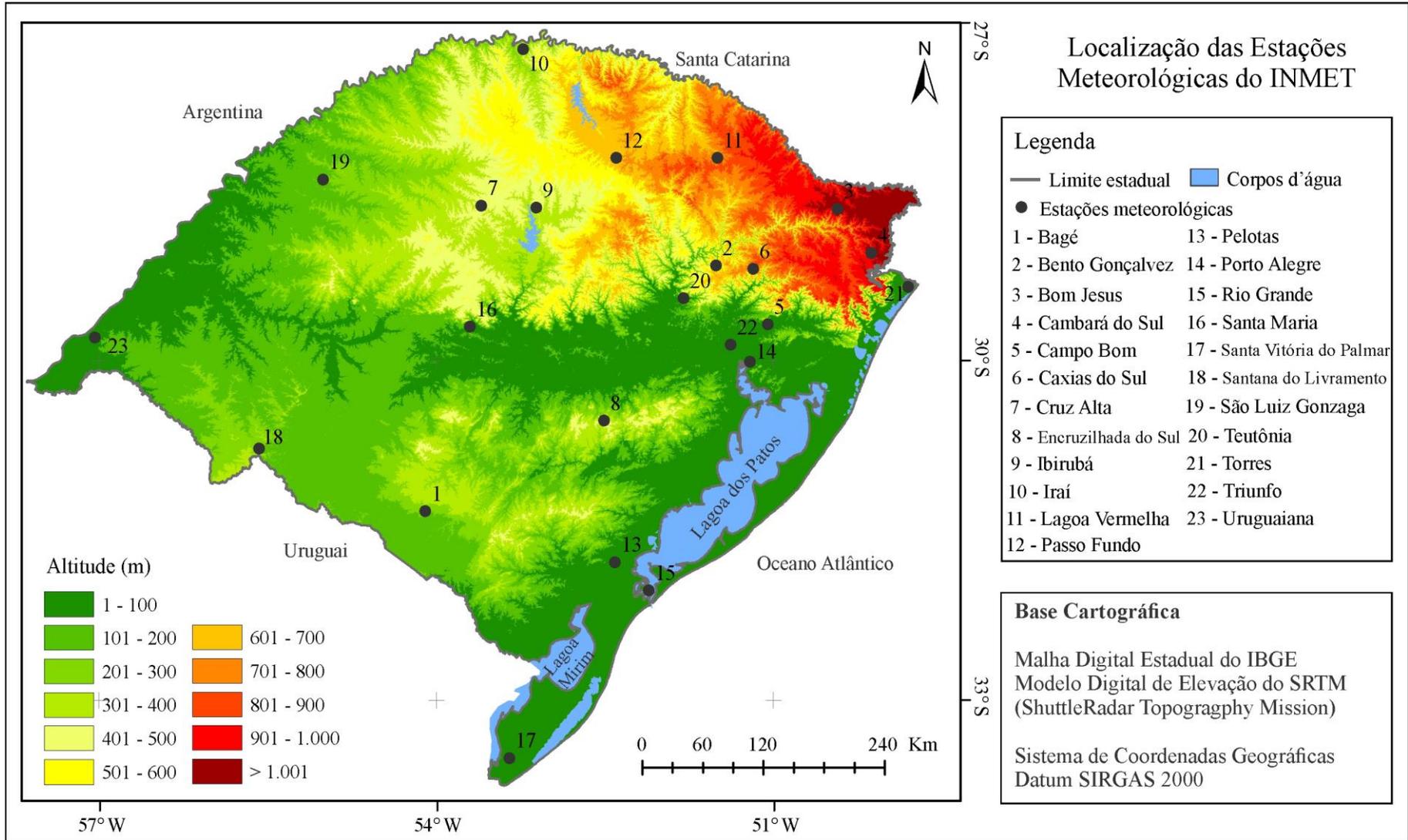
As variáveis climáticas coletadas constaram da temperatura média, temperatura máxima média, temperatura mínima média, temperatura máxima e mínima absoluta, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar. A coleta dos dados nas estações meteorológicas convencionais do INMET é realizada nos horários de 12, 18 e 24 UTC<sup>1</sup>.

Os dados foram organizados em planilhas do *Microsoft Office Excel* por variável climática diária no período histórico de todas as 23 estações meteorológicas. Na organização dos dados buscou-se verificar a consistência dos mesmos na série histórica de acordo com o tempo (cronológico) e o espaço geográfico. Concluiu-se uma significativa inconsistência, isto é, falha dos dados. Visando homogeneizar a série temporal, definiu-se um tempo comum, o mais longo possível, a todas as estações meteorológicas. Após visualizar a inconstância dos dados pelo critério temporal-espacial, proposto por Zavattini e Boin (2013), optou-se por utilizar somente o período compreendido de 1998 a 2013, exceto o ano de 2001, contabilizando 15 anos de análise.

---

<sup>1</sup> UTC é o acrônimo em inglês para Tempo Universal Coordenado, o fuso horário de referência a partir do qual se calculam todas as outras zonas horárias do mundo. As leituras realizadas às 12 UTC correspondem às 9 horas de Brasília, no horário padrão, ou às 10 horas, durante o horário de verão.

Figura 30 – Localização das estações meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul.



### 4.2.3 Produção da noqueira pecã

Foram coletados dados da produção agrícola do cultivo de nozes junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a EMATER-RS dos municípios produtores no Estado. Estes dados foram importantes para verificar e analisar a produção do cultivo e averiguar a expansão das áreas produtoras em nível municipal, de acordo com a área cultivada, rendimento da produção e número de produtores envolvidos neste processo.

A falta de dados históricos anuais das safras impossibilitou a análise histórica da produção e a verificação da relação entre a quantidade produzida de frutos e a incidência de algum risco climático. Estes dados históricos são fundamentais, pois possibilitam diversas análises e potencializam estudos de gestão de riscos climáticos para o cultivo e sua tendência produtiva.

### 4.2.4 Trabalho de campo

O trabalho de campo consistiu em visitas a técnicos agrícolas que prestam assistência técnica aos produtores, à empresas que fazem a compra e a comercialização das nozes, bem como produzem as mudas de noqueiras em seus viveiros. Visitou-se também, pomares com cultivos de noqueiras em diferentes idades juntamente com seus proprietários. As empresas visitadas foram Divinut, em Cachoeira do Sul, e a Agroindústria Pitol, em Anta Gorda, que se destacam no setor. Além destas, destacam-se também as empresas Pecanita e Paralelo 30, ambas localizadas em Cachoeira do Sul. Visitou-se também um pomar de nozes da espécie *Juglans regia* localizado no município de Beja, em Portugal, em condições climáticas consideravelmente diferentes que a área de estudo.

A escolha por estes dois municípios deu-se a partir do levantamento dos municípios produtores da pecaneira no Estado. Com a realização do trabalho de trabalho de campo, etapa significativa para esta pesquisa, foi possível identificar os principais cultivos da área de estudo, além de compartilhar o conhecimento empírico e científico dos produtores e técnicos agrícolas frente aos riscos climáticos e as fases mais sensíveis da cultura. Nesta etapa foi importante dimensionar a área plantada e colhida, a produtividade e a variabilidade da produção com base nos requerimentos climáticos, visando ter um diagnóstico preliminar do potencial estadual.

### 4.3 ORGANIZAÇÃO E TABULAÇÃO DOS DADOS

Os dados climatológicos de temperatura do ar (média, mínima e máxima média, mínima e máxima absoluta), precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar foram organizados em planilhas do *Microsoft Office Excel* como descrito no item 4.2.2. Cada variável, por estação meteorológica, permitiu a consulta por dia, mês e ano para todo o período da série histórica. Elaborou-se uma tabela dinâmica para auxiliar na tabulação dos dados diários de cada variável, por estação meteorológica, do período de 1998 a 2013 (Figura 31).

Figura 31 – Tabela dinâmica das variáveis climatológicas no *Microsoft Office Excel*.

Rótulos de Linha		Valores	
	Média de TEMPERATURA MÁXIMA (°C) ABS.	Soma de PRECIPITAÇÃO (mm)	
1998			
JAN	27,4	235,8	
FEV	27,0	223,9	
MAR	24,5	150,3	
ABR	22,0	273,4	
MAI	19,8	174,3	
JUN	17,4	207,9	
JUL	18,3	99,6	
AGO	17,5	204,1	
SET	19,1	90,4	
OUT	24,5	59,2	
NOV	26,8	117,2	
DEZ	27,6	105,5	
1999			
JAN	29,1	61,7	
FEV	29,1	65,5	
MAR	29,3	85,2	
ABR	21,3	137,4	
MAI	18,5	74,1	
JUN	17,0	125,6	

Para a elaboração dos índices de risco climático utilizou-se a variável diária e para a análise da série histórica, utilizou-se a média anual e sazonal das variáveis por estação meteorológica. A seguir foram descritas as etapas realizadas na organização e tabulação dos dados.

#### 4.3.1 Temperatura do ar

A variável temperatura do ar foi organizada de acordo com a temperatura média, temperatura máxima e mínima média e temperatura máxima e mínima absoluta. É necessário o estudo destas variáveis, pois na análise dos requerimentos climáticos e na definição dos riscos climáticos, as variações de temperatura, os seus extremos e a amplitude térmica

permitem identificar particularidades dos dados, que não seria possível ao se trabalhar somente com a média.

As temperaturas máximas e mínimas absolutas foram obtidas nos registros diários do banco de dados do INMET. Elas são registradas em termômetros especiais (termômetro de mínima e de máxima), e lidas pelo observador, geralmente nos horários de 12 UTC e 24 UTC, respectivamente. A temperatura média diária constituiu da média compensada, fornecida no banco de dados do INMET, de acordo com a seguinte fórmula (Equação 1):

$$T = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}} + T_{12} + 2T_{24})/5 \quad (1)$$

Onde:

T = temperatura média compensada

$T_{\text{máx}}$  = temperatura máxima

$T_{\text{mín}}$  = temperatura mínima

$T_{12}$  = temperatura registrada às 12 horas UTC

$2T_{24}$  = temperatura registrada às 24 horas UTC multiplicada por 2

As temperaturas máximas e mínimas médias diárias foram obtidas por meio do cálculo de uma média aritmética simples do registro horário das temperaturas às 12, 18 e 24 UTC. Desta forma, todas as variáveis foram organizadas de forma diária, por estação meteorológica, a fins de posterior definição dos riscos climáticos.

Para a organização mensal e anual destas variáveis, bem como para a umidade relativa do ar, seguiu-se a recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM), de acordo com o documento técnico WMO-TD/Nº. 341 (OMM, 1989). Assim, segundo o critério 3:5 da OMM, foram descartadas as séries mensais com dados faltantes em três dias consecutivos ou cinco alternados.

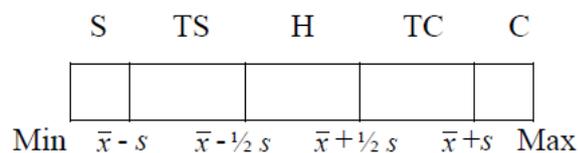
#### **4.3.2 Precipitação pluviométrica**

Os dados de precipitação diários, coletados junto ao INMET, são computados como totais acumulados ao longo do dia. As medidas são realizadas às 12 UTC. Desta forma, o valor de precipitação associado para um dia corresponderá ao total de chuva acumulada desde às 12 UTC do dia anterior.

Para a organização mensal e anual da precipitação, buscou-se observar a recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1989). Para estes dados, a Organização orienta que sejam considerados apenas os períodos com dados completos, isto é, meses em que não se registrou a falta de dado em nenhum dia. No entanto, após observar os dados, definiu-se que sempre que um mês apresentasse até três dias sem registro dos dados, este não seria descartado. Entende-se que com este critério, o acumulado mensal não sofreria interferência significativa e devido à série temporal compreender 15 anos, elevar-se-ia o total de dados para análise.

Com base nos dados de precipitação visou-se definir os anos-padrão chuvoso, seco e ano habitual, contribuindo para a análise global dos dados. Para a definição dos anos-padrão, utilizou-se a metodologia proposta por Sant'Anna Neto (1995), que utiliza o critério do desvio padrão em relação à média. De acordo com a técnica foi possível definir cinco classes para os anos em relação à precipitação: S = Ano Seco, TS = Ano Tendente a Seco, H = Ano Habitual, TC = Ano Tendente a Chuvoso e C = Ano Chuvoso (Figura 32).

Figura 32 – Divisão de um ano-padrão em cinco classes usando a metodologia de um desvio padrão.



Fonte - Silvestre, Sant'Anna Neto e Flores (2013).

Segundo a metodologia, e concordando com Moura e Zanella (2012) tem-se que: - ano chuvoso: ano com pluviosidade elevada (média mais um desvio-padrão); - ano tendente a chuvoso: ano com pluviosidade ligeiramente elevada, próximo a média mensal (média mais meio desvio-padrão); - ano habitual: ano com pluviosidade normal, cujo total pluvial situa-se dentro do desvio-padrão médio; - ano tendente a seco: ano com pluviosidade ligeiramente reduzida, próximo a média mensal (média menos meio desvio-padrão); e - ano seco: ano com pluviosidade reduzida (média menos um desvio-padrão).

#### 4.3.3 Umidade relativa do ar

Os dados de umidade relativa do ar diária foram obtidos junto ao INMET e constaram no valor da umidade compensada de acordo com a seguinte fórmula (Equação 2):

$$UR = (UR_{12} + UR_{18} + 2UR_{24})/4 \quad (2)$$

Onde:

UR = umidade relativa do ar compensada

UR<sub>12</sub> = umidade relativa do ar registrada às 12 horas UTC

UR<sub>18</sub> = umidade relativa do ar registrada às 18 horas UTC

2UR<sub>24</sub> = umidade relativa do ar registrada às 24 horas UTC multiplicada por 2

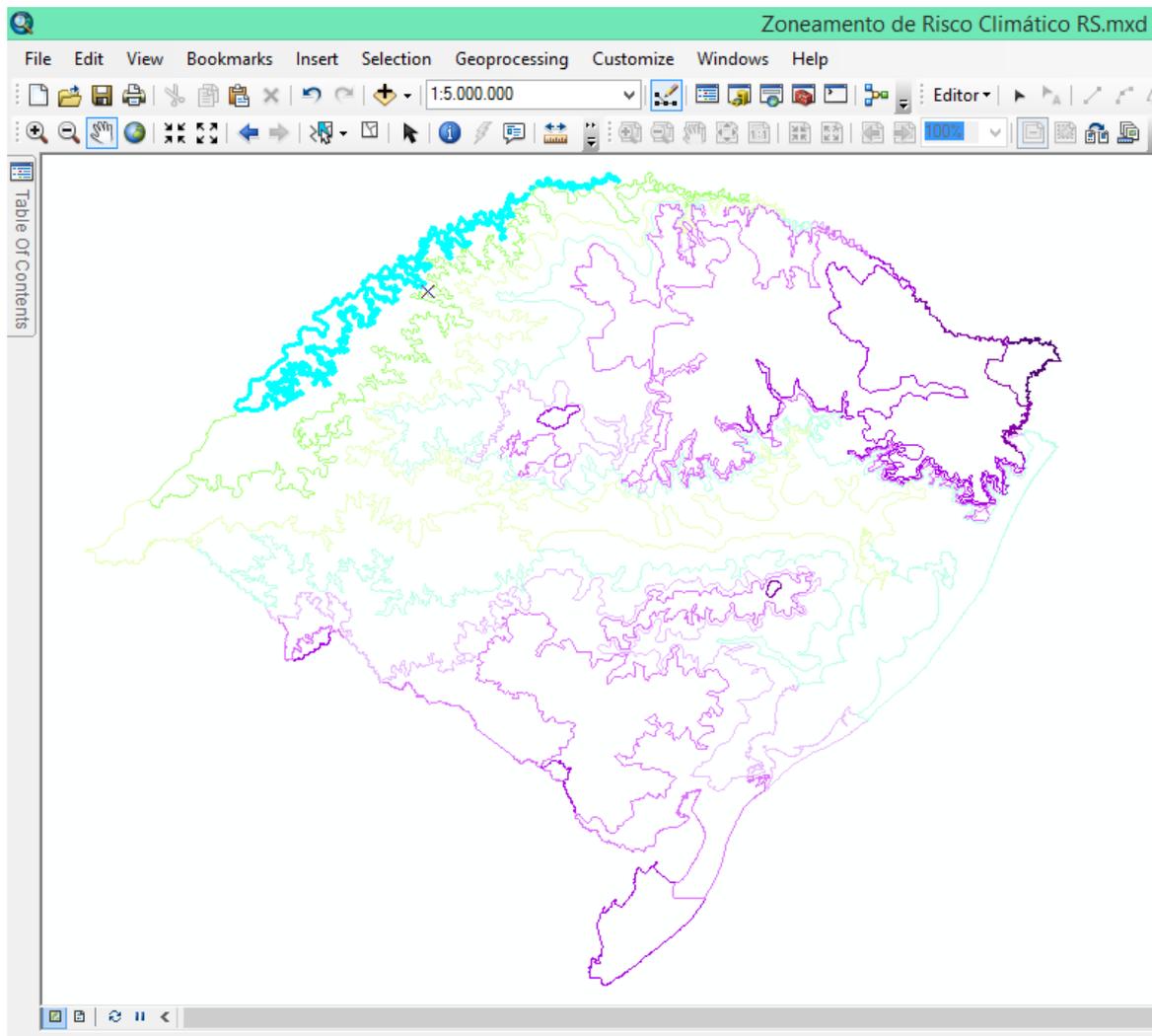
Para a análise mensal e anual da umidade relativa do ar seguiu-se o mesmo critério descrito no item 3.3.1 de acordo com a OMM (1989). Assim, segundo o critério 3:5 da OMM, foram descartadas as séries mensais com dados faltantes em três dias consecutivos ou cinco alternados.

#### **4.3.4 Horas de Frio**

Os dados relativos às horas de frio, definidas como temperaturas iguais ou abaixo de 7,2 °C, foram obtidos por meio do mapa de horas de frio elaborado por Herter et al. (2002) para o Zoneamento agroclimático do pessegueiro e da nectarina para o Rio Grande do Sul. De acordo com os autores, o mapa foi elaborado com dados climáticos de uma série histórica de 30 anos onde calculou-se o número de horas de frio de maio a setembro. As informações obtidas foram resultado de análises de regressão que utilizaram dados de longitude, latitude e altitude de 30 locais do Estado, por meio de equações matemáticas.

O mapa original foi inserido no banco de dados geográficos e georreferenciado. Após, por meio das ferramentas de edição vetorial do SIG, foram digitalizadas todas as isolinhas contidas no mesmo (Figura 33). Por fim, atribuiu-se a variável cor para a representação final das informações, em tons de cores frias.

Figura 33 – Isolinhas de horas de frio digitalizadas no *software* ArcGis 10.2.2.



#### 4.3.5 Análises estatísticas

Após as variáveis climáticas estarem organizadas de forma diária, mensal e anual realizou-se algumas análises estatísticas. As medidas de tendência central como a média aritmética e a mediana, e medidas de variabilidade, tais como o desvio-padrão e os percentis (p05, p10, p90 e p95) foram realizadas. Na média aritmética, ou simplesmente na média, cada ocorrência tem o peso segundo a sua magnitude (GERARDI; SILVA, 1981) e é obtida pela seguinte equação (3):

$$\chi = \frac{x_1 + x_2 \dots x_n}{n} \quad (3)$$

Onde:

$\chi$  = média aritmética

$x_1 + x_2 \dots x_n$  = soma de todos os dados, do primeiro ao enésimo valor

$n$  = número de ocorrências

A mediana avalia a tendência central, isto é, o dado que divide o conjunto de dados ordenados em duas partes iguais, com 50% acima e 50% abaixo dela. A posição da mediana, do conjunto de dados ímpares, é obtida pela seguinte equação (4):

$$\text{Mediana} = (n + 1) / 2 \quad (4)$$

Onde:

$n$  = número de valores (no caso, 23)

Assim, tem-se que a mediana é o valor localizado na posição 12°. O desvio-padrão ( $s$ ) segundo Gerardi e Silva (1981, p. 53) é “a raiz da média dos quadrados dos desvios em relação à média do conjunto e é uma medida dos desvios dos valores individuais em relação ao valor central do conjunto de dados”. O desvio padrão é obtido pela seguinte equação (5):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}} \quad (5)$$

Onde:

$S$  = desvio padrão

$\Sigma$  = somatório de todos os dados, do primeiro ao enésimo valor

$x_i$  = valor individual de cada dado

$\chi$  = média aritmética

$n$  = número de ocorrências

Quando os valores se encontrarem próximos uns dos outros, a soma dos quadrados é pequena e o desvio-padrão também (GERARDI; SILVA, 1981). Assim, quanto maior for o desvio-padrão, maior será a dispersão ou variabilidade dos dados. Geralmente as séries temporais apresentam ocorrências extremas, isto é, valores muito altos ou muito baixos, por este fato utilizou-se os percentis (p5, p10, p90 e p95). Os percentis representam a

percentagem de valores que estão antes ou depois de determinado dado, pela seguinte equação (6):

$$L = K \cdot n/100 \quad (6)$$

Em que:

L = posição do percentil desejado no conjunto ordenado

K = percentil desejado

n = número de valores

Desta forma, o 1º percentil determina o 1% menor dos dados e 99º percentil determina o 99% maior dos dados. Os percentis mostram as excepcionalidades individuais do conjunto de dados, permitindo compreender a dinâmica dos dados no tempo e no espaço. Além disso, possibilitam entender a importância da latitude, do afastamento e da proximidade do mar, da altitude, a exposição à radiação solar e os fluxos de ar predominantes em cada posto meteorológico (MONTEIRO, et al., 2012).

#### **4.3.6 Balanço Hídrico da Cultura**

Para auxiliar na identificação e análise do excesso ou falta de precipitação na estação de crescimento da noqueira, que envolve a floração, o desenvolvimento e maturação dos frutos, foi realizado o balanço hídrico da cultura. A ênfase neste período justifica-se pelo fato de que a deficiência ou umidade excessiva influenciam também na produção do ano seguinte. Segundo Sparks (1997), o estresse hídrico no período de enchimento das nozes bem como no desenvolvimento da amêndoa possui um retorno induzido na floração do ano seguinte. Além disso, a umidade no solo do ano anterior afeta o número de nozes que serão produzidas, enquanto que a umidade no ano corrente afeta no tamanho das nozes e na qualidade da amêndoa (SPARKS, 1997).

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) a disponibilidade hídrica pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico, no qual fica evidenciada a flutuação temporal de períodos com excedente hídrico (úmidos) e com deficiência hídrica (períodos secos). O balanço hídrico da cultura forneceu estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) levando em consideração a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD), a precipitação pluviométrica e a demanda atmosférica, simbolizada pela evapotranspiração potencial (ETP), bem como do coeficiente da cultura (Kc).

O balanço hídrico foi elaborado com base nas rotinas em planilha do *Microsoft Office Excel* elaboradas por Rolim e Sentelhas (2002) seguindo a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955). Definiu-se como capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) o valor de 100 mm conforme indicado por Gonçalves e Sentelhas (2008) para os estudos com culturas perenes.

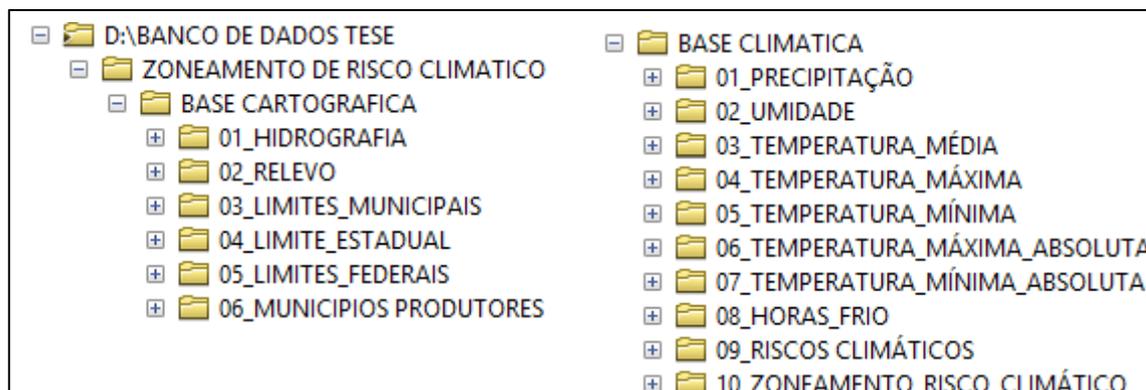
Os valores de referência utilizados para o coeficiente da cultura (kc) foram obtidos com base no estudo desenvolvido por Dias (2007) para o período de setembro a maio, excetuando-se o período de dormência da noqueira. Estes valores foram definidos para cultivos de noqueira pecã em pleno crescimento, em regiões com invernos frios e sem desenvolvimento da cobertura vegetal de gramíneas. Utilizou-se também, dados referentes à latitude das estações meteorológicas, temperatura média do ar e da precipitação pluviométrica mensal para os anos de análise.

Foram selecionadas oito estações meteorológicas para a elaboração do balanço hídrico da cultura, sendo: Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul, Iraí, Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiana. O critério de escolha baseou-se na distribuição espacial das estações e nas regiões produtoras de noqueira pecã. O balanço hídrico foi elaborado em três anos distintos: ano chuvoso (2002), ano seco (2004) e ano habitual (2013) conforme descrito no item 4.3.2.

#### 4.4 ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS NO SIG

O banco de dados geográfico foi elaborado com o auxílio do *software* ArcGis versão 10.2.2 com o qual foi possível o gerenciamento e execução de operações de consulta, atualização, visualização e análise das informações. Para melhor organização dos dados, os mesmos foram integrados em pastas e subpastas. Definiram-se duas pastas principais: uma com as informações referentes à base cartográfica da área de estudo e outra com os dados climáticos e dos riscos do cultivo (Figura 34).

Figura 34 – Organização do banco de dados geográficos no SIG.



A base cartográfica da área de estudo foi elaborada com apoio da malha digital municipal no formato *shapefile* (arquivo vetorial) do estado do Rio Grande do Sul obtida junto ao IBGE (2015b). Utilizou-se também uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), em forma de mosaico (arquivo raster) para todo o Estado, organizada por Weber, Hasenack e Ferreira (2000) para a elaboração do modelo digital de elevação da área de estudo representado no mapa hipsométrico.

Os dados quantitativos referentes às normais climatológicas (sazonais e anuais), os riscos climáticos e a produtividade do cultivo foram armazenados nas tabelas de atributos do SIG após terem sido importadas do *Microsoft Office Excel 2007*. Estas tabelas estão associadas a arquivos *shapefile* de representação pontual referentes às estações meteorológicas (latitude, longitude e altitude). No banco de dados, os dados de caráter pontual foram transformados em representações espaciais contínuas, denominadas de arquivos raster (imagem). Os dados referentes à produção de nozes do Estado foram espacializados em mapas coropléticos no formato *shapefile* de representação zonal, visando apresentar a quantidade produzida e área plantada de nozes.

Além de armazenar a geometria e os atributos dos dados, o banco de dados no SIG constitui-se em um poderoso instrumento de análise. Possibilitou a atualização e o gerenciamento dos dados de forma muito eficaz. Utilizou-se ferramentas estatísticas para a espacialização dos dados, tais como a krigagem e a análise regressão linear múltipla, que serão descritas em seguida.

## 4.5 ELABORAÇÃO DO ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO

### 4.5.1 Definição dos riscos climáticos

Os riscos climáticos constituem-se nos fenômenos adversos com acontecimento durante o ciclo do cultivar nas fases mais sensíveis da cultura. Cada risco climático foi considerado especificamente em determinadas fases da cultura, de modo individual, e posteriormente agrupado por tipo de risco. A determinação dos riscos climáticos, bem como os valores aceitáveis baseou-se nas características climáticas da área de estudo, juntamente com as características da região de origem da noqueira, fundamentalmente embasados nos estudos desenvolvidos por Sparks (1996; 1997; 2005) e Sierra, López e Pérez (2007), conforme apresentado no quadro 3 do item 2.2.4.

Deste modo, estabeleceram-se para cada risco climático os valores mínimos e máximos aceitáveis, podendo assim identificar as áreas em cinco classes temáticas: risco muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (Tabela 3).

Tabela 3 – Classificação do risco climático, peso atribuído e caracterização da área de acordo com o risco.

Classificação do risco climático	Peso	Caracterização da área de acordo com o risco
Muito Baixo	1,0	Áreas com melhores condições para o cultivo da noqueira pecã, porém podendo ocorrer fatores adversos para o cultivo.
Baixo	2,0	
Médio	3,0	Áreas em que predominam índices de risco moderado, que podem influenciar na produtividade.
Alto	4,0	Áreas menos indicadas para o cultivo, em que a produtividade poderá ser baixa e afetar o cultivo por um ou mais anos.
Muito Alto	5,0	

O intervalo entre cada classe foi definido por meio da amplitude (diferença entre o valor mínimo e máximo) pelo número de classes, quando houvesse, ou pela frequência da ocorrência do número de dias com incidência do risco. Definiu-se como riscos climáticos à cultura da noqueira pecã, no Rio Grande do Sul, a falta de horas de frio, as temperaturas superiores a 35°C, o excesso de precipitação, as estiagens e o excesso de umidade relativa do ar.

Para todas as classes de risco atribuiu-se um peso (valor numérico) para a posterior espacialização dos dados no SIG. Assim, a classe de risco muito baixo recebeu peso um, o baixo dois, o médio peso três, o alto quatro e o risco muito alto, peso cinco. Somente para os índices de risco de temperaturas superiores a 35°C, excesso de precipitação e excesso de umidade relativa do ar, que poderiam apresentar diferentes classes na mesma estação meteorológica, realizou-se uma média ponderada a fim de obter o valor final do índice. Atribuiu-se pesos que variaram de 1 a 5 seguindo a ordem de risco muito baixo e até o muito alto, porque entende-se que quanto maior o número de ocorrências com dias consecutivos maior será o risco para o cultivo. A seguir, são apresentados os cinco índices de risco climático e as fases fenológicas em que os mesmos foram analisados.

*Índice de risco de falta de horas de frio* (temperaturas inferiores a 7,2°C) no período de dormência das plantas (maio a setembro):

- 1) Horas de frio entre 300 a 350 horas: muito baixo
- 2) Horas de frio entre 250 a 300 horas: baixo
- 3) Horas de frio entre 200 a 250 horas: médio
- 4) Horas de frio entre 150 a 200 horas: alto
- 5) Horas de frio abaixo que 150 horas: muito alto

*Índice de risco de temperaturas superiores a 35°C* na polinização e floração (outubro a novembro) e na formação dos frutos (janeiro e fevereiro) com base na frequência das ocorrências do número de dias em que a temperatura máxima (T<sub>máx</sub>) foi superior a 35°C:

- 1) T<sub>máx</sub> superior a 35°C até 2 dias: muito baixo
- 2) T<sub>máx</sub> superior a 35°C até 3 dias: baixo
- 3) T<sub>máx</sub> superior a 35°C até 4 dias: médio
- 4) T<sub>máx</sub> superior a 35°C até 5 dias: alto
- 5) T<sub>máx</sub> superior a 35°C maior que 5 dias: muito alto

*Índice de risco de excesso de precipitação* no período de expansão foliar (setembro e outubro), floração e polinização (outubro e novembro), formação dos frutos (dezembro, janeiro e fevereiro) e na colheita (abril e maio) com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos:

- 1) Pluviosidade consecutiva durante 2 dias: muito baixo
- 2) Pluviosidade consecutiva até 3 dias: baixo

- 3) Pluviosidade consecutiva até 4 dias: médio
- 4) Pluviosidade consecutiva até 5 dias: alto
- 5) Pluviosidade consecutiva superior a 5 dias: muito alto

*Índice de risco de estiagem* na estação de crescimento das nozes (outubro a abril) que compreende os estágios fenológicos de floração (outubro e novembro), formação e maturação dos frutos (dezembro a abril):

- 1) Pluviosidade entre 687,5 a 750 mm: muito baixo
- 2) Pluviosidade entre 625 a 687,5: baixo
- 3) Pluviosidade entre 562,5 a 625: médio
- 4) Pluviosidade entre 500 a 562,5 mm: alto
- 5) Pluviosidade inferior a 500 mm: muito alto

*Índice de excesso de umidade relativa do ar* no período de floração e polinização (outubro e novembro) com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos com umidade relativa do ar acima de 80%:

- 1) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 3 a 4 dias consecutivos: muito baixo
- 2) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 5 dias consecutivos: baixo
- 3) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 6 dias consecutivos: médio
- 4) Umidade relativa do ar acima de 80% durante 7 dias consecutivos: alto
- 5) Umidade relativa do ar acima de 80% superior a 8 dias consecutivos: muito alto

Este índice está associado diretamente com a produção, pois o fato da noqueira pecã possuir polinização anemófila requer que haja ocorrência de ventos favoráveis para a dispersão do pólen. No entanto, a umidade relativa do ar superior a 80% dificulta a liberação do pólen das flores masculinas resultando assim em menor fecundação e, além disso, aumenta as chances de ocorrência de enfermidades fúngicas (BRISON, 1976).

#### **4.5.2 Espacialização dos dados**

Para a definição do interpolador a ser utilizado na espacialização dos dados climáticos e dos riscos realizou-se uma avaliação entre três interpoladores: inverso do quadrado da distância, krigagem ordinária (com modelo de semi variograma esférico) e *spline*. A

verificação da acurácia dos interpoladores foi realizada por meio da metodologia proposta por Caruso e Quarta (1998) e aplicado também por Silva et al. (2007).

De acordo com a metodologia, para a realização da interpolação, uma estação meteorológica é extraída da amostra. Desta forma, é possível obter o valor estimado do local extraído e posteriormente compará-lo com o valor real da variável. Para a avaliação dos interpoladores selecionou-se uma amostra aleatória de oito estações meteorológicas e testadas com as variáveis de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar.

O desempenho dos interpoladores foi avaliado de acordo com o erro médio quadrático (EQM) conforme a equação 7. De acordo com o resultado obtido, o melhor interpolador, para cada variável, é aquele que apresentar o menor valor de EQM.

$$EQM = \sum(X_{EST} - X_{REAL})^2/N \quad (7)$$

Em que:

EQM = erro quadrático médio

$X_{EST}$  = valor interpolado da variável

$X_{REAL}$  = valor real da variável

N = número de estações meteorológicas consideradas (no caso 23)

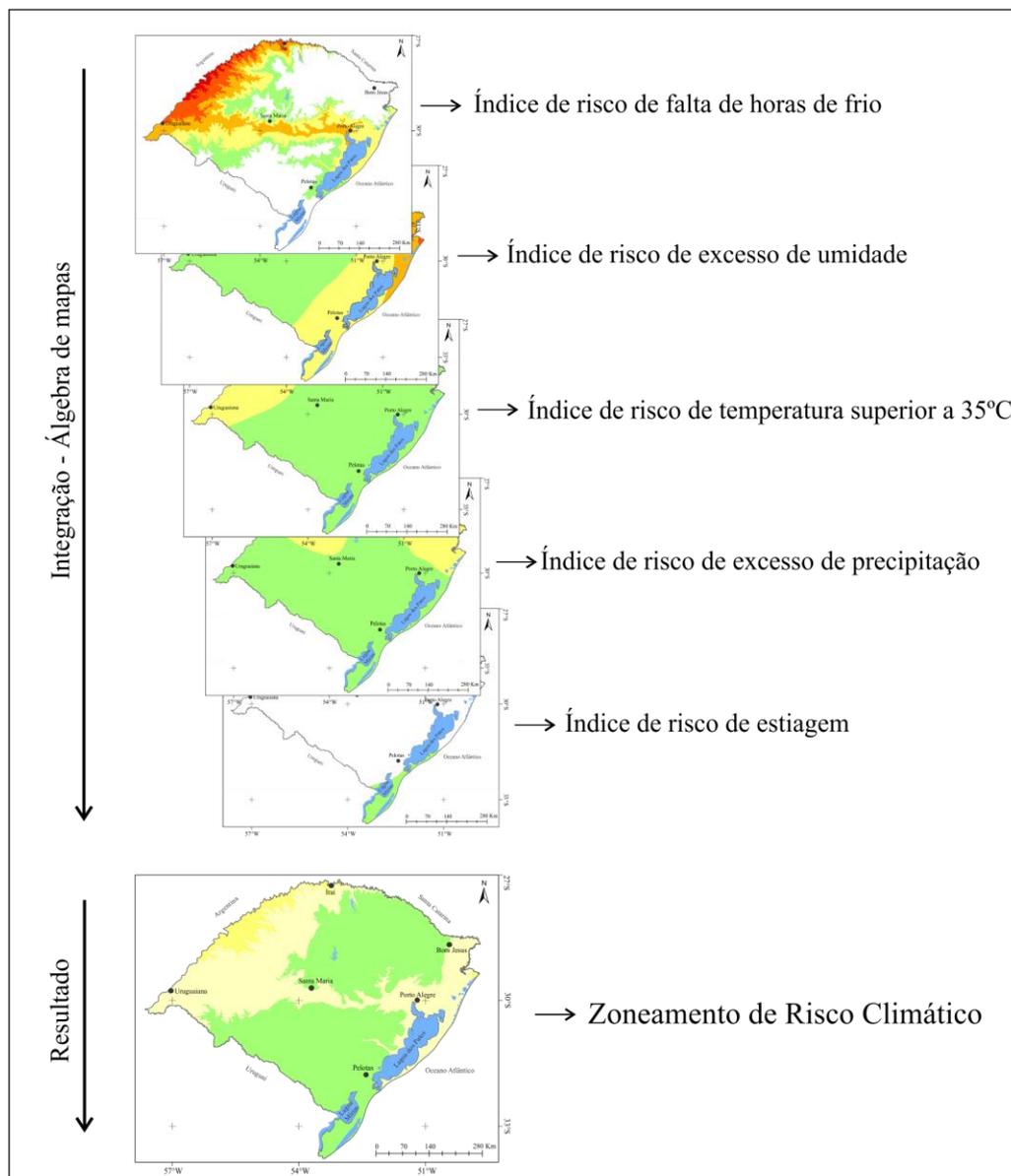
Após verificar o erro quadrático médio das três variáveis para cada um dos interpoladores concluiu-se que o melhor desempenho para as variáveis precipitação e umidade relativa do ar foi do interpolador krigagem, seguido do interpolador inverso do quadrado da distância e por último, do *spline*. Para a temperatura média o interpolador inverso do quadrado da distância apresentou o menor erro, muito próximo ao da krigagem. Desta forma decidiu-se utilizar o interpolador krigagem para as variáveis de precipitação e umidade relativa do ar, bem como para os riscos climáticos por apresentar melhor desempenho.

No SIG utilizou-se a ferramenta *Spatial Analyst Tools - Interpolation - Kriging* para a espacialização das variáveis. O resultado consistiu em arquivos matriciais (imagens). Estas imagens foram reclassificadas por meio da ferramenta *Spatial Analyst Tools - Reclass - Reclassify* a fim de obter uma nova representação, agora com as classes de risco definidas e seus respectivos pesos: Muito Baixo (peso 1,0), Baixo (peso 2,0), Médio (peso 3,0), Alto (peso 4,0) e Muito Alto (peso 5,0).

O resultado deste procedimento resultou nos mapas de risco climático de: falta de horas de frio, temperaturas superiores a 35°C, excesso hídrico, estiagem e excesso de umidade relativa do ar. Além destes, obteve-se os mapas das normais climatológicas de forma sazonal e anual da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar.

Para a elaboração do Zoneamento de Risco Climático, integração dos cinco mapas de riscos, utilizou-se a ferramenta de álgebra de mapas denominada de *Raster Calculator*. Com auxílio da ferramenta *Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator* definiu-se que o mapa final do zoneamento resultaria da integração dos cinco mapas de risco já elaborados, conforme a figura 35.

Figura 35 – Integração dos Índices de Risco para o Zoneamento de Risco Climático.



O resultado consistiu em um mapa com a integração dos cinco riscos climáticos. Utilizou-se novamente a ferramenta *Spatial Analyst Tools - Reclass- Reclassify* para reclassificar os valores encontrados de acordo com as classes (Tabela 4).

Tabela 4 – Classes de risco do Zoneamento e intervalos de classe.

Classes do Zoneamento	Intervalos
Muito baixo	1 – 5
Baixo	6 – 10
Médio	11 – 15
Alto	16 – 20
Muito alto	21 – 25

Assim, as áreas que apresentassem a integração de risco muito baixo estariam compreendidas entre os valores de 1 a 5 (soma dos pesos de cada risco). As áreas que apresentassem integrações de risco baixo estariam compreendidas dentro do intervalo de 6 a 10. As áreas com risco mediano estariam compreendidas entre os valores 11 a 15. Já as áreas que apresentassem integração de riscos altos estariam compreendidas no intervalo de 16 a 20. E conseqüentemente, as áreas que apresentassem integração de riscos muito altos, ficariam compreendidas dentro dos valores de 21 a 25.

Os dados referentes às variáveis de temperatura não foram espacializadas por meio do interpolador *kriging*. Para a representação espacial da temperatura optou-se por utilizar a análise de regressão linear múltipla visando obter uma melhor espacialização. Nesta análise utiliza-se uma equação para prever valores de uma variável dependente (temperatura) por meio dos valores de outras variáveis independentes (latitude, longitude e altitude).

Assim, a análise consiste em relacionar a variável temperatura com os dados de latitude, longitude e altitude do local. No SIG, utilizou-se a ferramenta *Spatial Statistics Tools – Modeling Spatial Relationships – Ordinary Least Squares*. Os dados de entrada para a análise consistiram nas variáveis dependentes: temperatura média, máxima e mínima média, máxima e mínima absolutas, sazonais e anuais, e nos dados das variáveis independentes: latitude, longitude e altitude.

O resultado desta análise consistiu em tabelas com informações referentes aos coeficientes de regressão e de determinação da regressão (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficientes de regressão linear múltipla para a estimativa das temperaturas sazonais e anuais para o Rio Grande do Sul.

Variável	Constante de Regressão	Coeficientes de Regressão			Coeficiente de Determinação
		Latitude	Longitude	Altitude	
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$R^2$
TMÁXABS_A	43,514632	1,071630	-0,266335	-0,005023	0,853782
TMÁXABS_P	41,688581	1,230983	-0,387071	-0,004639	0,825320
TMÁXABS_V	32,332594	0,980275	-0,523882	-0,005498	0,817165
TMÁXABS_O	48,441419	0,974432	-0,131377	-0,00576	0,894004
TMÁXABS_I	56,382337	1,132561	0,039436	-0,004535	0,868418
TMÁXMÉD_A	33,616152	0,740931	-0,17550	-0,004616	0,937773
TMÁXMÉD_P	32,07944	0,893079	-0,286363	-0,00444	0,921446
TMÁXMÉD_V	23,198018	0,662616	-0,422017	-0,005166	0,935588
TMÁXMÉD_O	36,147298	0,604772	-0,059665	-0,004986	0,935114
TMÁXMÉD_I	42,112872	0,784360	0,060493	-0,003815	0,928267
TEMPMÉD_A	35,404319	0,737506	-0,120466	-0,004904	0,939225
TEMPMÉD_P	36,361465	0,902602	-0,192273	-0,004935	0,945252
TEMPMÉD_V	28,436018	0,696416	-0,322185	-0,005574	0,951260
TEMPMÉD_O	38,297574	0,60429	0,000509	-0,005225	0,936129
TEMPMÉD_I	42,849594	0,776428	0,094916	-0,004123	0,913614
TMÍNABS_A	32,346898	0,514095	0,034482	-0,005639	0,796199
TMÍNABS_P	34,903421	0,630836	0,023916	-0,004827	0,829873
TMÍNABS_V	30,545459	0,465434	-0,057427	-0,005247	0,846297
TMÍNABS_O	33,75722	0,391111	0,118537	-0,004752	0,793683
TMÍNABS_I	34,899748	0,578941	0,134747	-0,003945	0,721160
TMÍN MÉD_A	37,417649	0,598764	0,029359	-0,004842	0,940373
TMÍN MÉD_P	34,967129	0,689958	-0,061145	-0,004647	0,955795
TMÍN MÉD_V	33,467252	0,531433	-0,086388	-0,005122	0,946546
TMÍN MÉD_O	37,829419	0,480913	0,089988	-0,005065	0,943080
TMÍN MÉD_I	41,197775	0,669577	0,143824	-0,004284	0,919495

Realizou-se também a espacialização da latitude e da longitude pelo método de interpolação por tendência, procedimento este, necessário para prosseguir com a espacialização das variáveis de temperatura. Utilizou-se a ferramenta *Spatial Analyst Tools - Interpolation – Trend*. Os dados de entrada consistiram nos valores de latitude e longitude das estações meteorológicas. O resultado consistiu em duas imagens, com a representação da variação da latitude e longitude que compreende a área de estudo.

Em seguida, utilizou-se a ferramenta *Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator* para definir a equação final e obter a espacialização das variáveis de temperatura. Para cada espacialização foi necessário definir os dados de regressão já obtidos anteriormente,

isto é,  $\beta_0$  – constante de regressão e os coeficientes de regressão:  $\beta_1$  – latitude,  $\beta_2$  – longitude e  $\beta_3$  – altitude, juntamente com as imagens referentes à latitude, a longitude e o modelo numérico do terreno – imagem SRTM (Figura 36).

Figura 36 – Equação representativa das constantes obtidas da regressão linear múltipla referente à variável temperatura máxima absoluta anual.

Variáveis Independentes			
$43,514632 + 1,07163 * \text{"Latitude"} - 0,266335 * \text{"Longitude"} - 0,005023 * \text{"MNT\_RS"}$			
↓	↓	↓	↓
$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$

Por último, definiu-se as variáveis visuais a serem utilizadas nas representações, as classes e os seus intervalos. Para a temperatura definiu-se que o intervalo dos dados a serem apresentados seria de 1°C, variando de cores frias (tons de azul e verde) para as menores temperaturas e cores quentes (tons de laranja a vermelho) para as maiores temperaturas. Para a precipitação o intervalo de classes foi definido de 50 mm para a representação sazonal e de 100 mm para a anual e a representação deu-se por uma escala de cores que variaram de tons de amarelo (menores precipitações) a tons de azul escuro (maiores precipitações). Para a umidade relativa do ar o intervalo de classes consistiu de valores de 2% e sua representação em tons de azul mais claro para tons de azul mais escuro (menores valores para maiores).



## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 DINÂMICA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS**

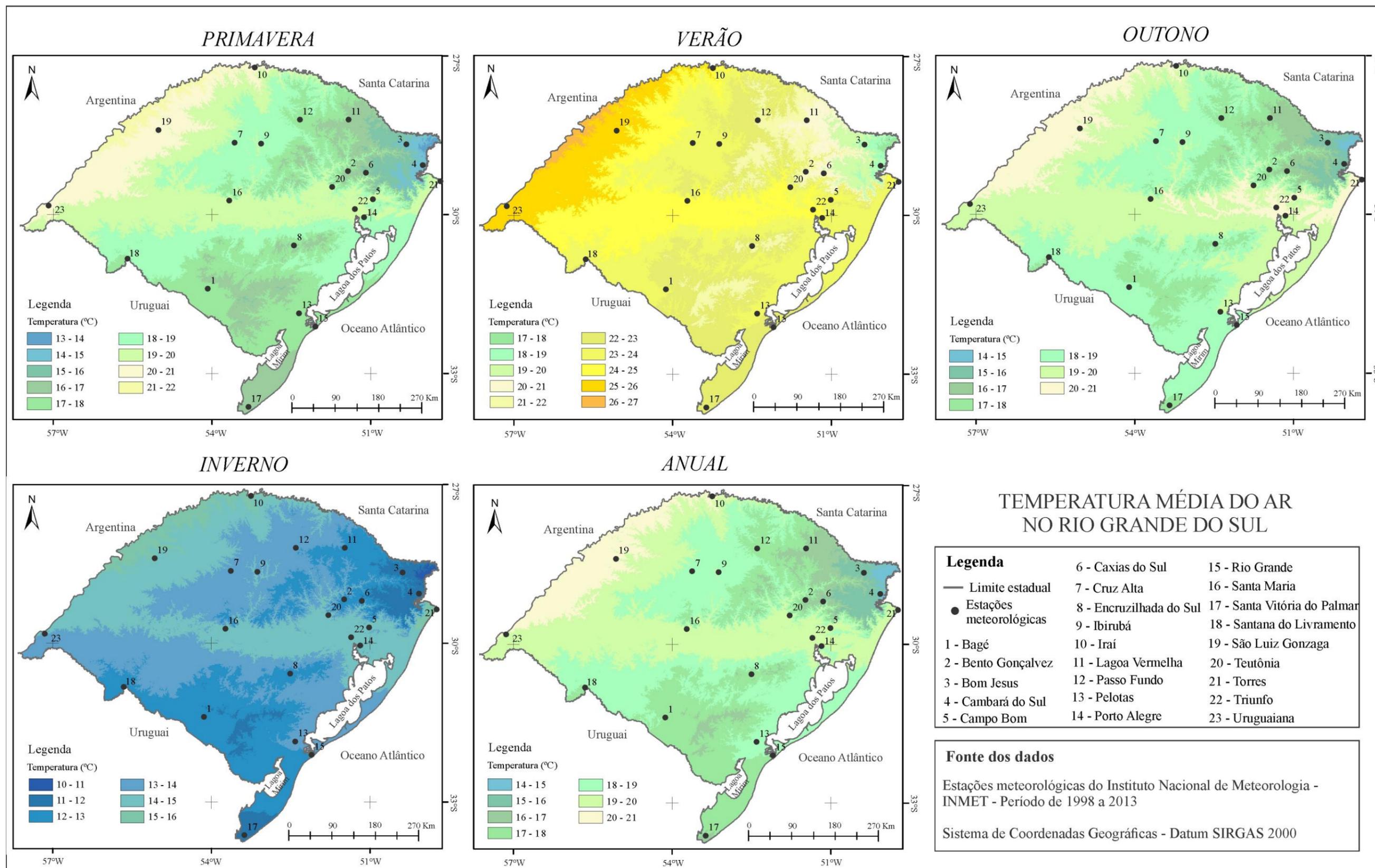
Na análise das variáveis climáticas, buscou-se apresentar a sua dinâmica sazonal e anual, representado-as no espaço geográfico em estudo. Com a temperatura do ar, foi possível analisar a variação da temperatura média, da temperatura mínima média e da mínima absoluta, da temperatura máxima média e máxima absoluta. Analisou-se a precipitação pluviométrica e identificou-se o ano padrão mais chuvoso, o ano seco e o ano padrão habitual da série histórica. A umidade relativa do ar também foi analisada anual e sazonalmente. E, por último, analisaram-se as horas de frio no Estado durante o período de maio a setembro.

Essas variáveis climáticas analisadas constituem-se em elementos fundamentais para a definição e a elaboração dos índices de risco climático e posterior zoneamento, pois são as variáveis climáticas que mais interferem no cultivo da noqueira pecã. Destaca-se que, na análise das variáveis, atentou-se para o caráter geográfico, que busca identificar as diferenciações regionais de acordo com a sazonalidade. No entanto, para a elaboração dos índices de risco, atentou-se para as fases fenológicas da noqueira pecã, que requerem análises mensais ou periódicas das variáveis climáticas.

#### **5.1.1 Dinâmica da temperatura do ar**

A temperatura do ar sofre influência dos fatores geográficos, tais como a latitude, a altitude e a continentalidade. De acordo com Sartori (2003), a latitude determina o ritmo das estações do ano, das temperaturas médias mensais e anuais, que acompanha as alterações na insolação e na entrada de radiação solar entre os solstícios de inverno e verão e nos equinócios de primavera e outono. Para a autora, os valores mais baixos de temperatura são sempre registrados no topo do Planalto e os mais altos ocorrem na Depressão Central ou no Vale do Uruguai. A temperatura média do ar no Rio Grande do Sul foi de 18,2°C para o período histórico e a sua representação sazonal e anual pode ser observada na figura 37.

Figura 37 – Temperatura média do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.



De acordo com a figura 37, verifica-se que a temperatura média anual variou de 14°C a 21°C. A fronteira noroeste, no Vale do Uruguai, e as regiões que compreendem São Luiz Gonzaga e Uruguiana apresentam as áreas com as temperaturas mais elevadas, coincidindo com as áreas de menores altitudes. No outro extremo, na região de Bom Jesus, onde as altitudes são mais elevadas, têm-se as menores temperaturas médias. A região central do Estado, no limite entre o Rebordo do Planalto e a Depressão Periférica, verifica-se uma faixa de temperaturas situadas entre 19°C e 20°C.

Esses valores de temperatura média, registrados com base na série histórica de 15 anos, vêm ao encontro do que Sartori (2003) destaca em seu estudo da dinâmica do clima do Rio Grande do Sul, a partir das normais climatológicas do INMET (1961-1990) e de outros estudos (SARTORI, 1993; 2000). Em suas considerações a respeito dos atributos climáticos básicos enfatiza que as temperaturas médias anuais variam entre 14°C e 18°C, no topo do Planalto e Serra do Sudeste, e entre 18°C e 20°C na Depressão Central, Campanha, Vale do Uruguai e Planície Litorânea.

As temperaturas sazonais apresentaram um padrão de espacialização muito similar ao que foi verificado na média anual. Na primavera e no outono, as temperaturas médias são muito semelhantes. A diferença é que, na primavera, houve maior variação das amplitudes médias, isto é, variando de 13°C a 22°C, em relação ao outono que variou de 14°C a 21°C. As menores temperaturas destacam-se na região serrana, que compreende Bom Jesus e Cambará do Sul. No entanto, os maiores valores são encontrados na região da fronteira noroeste e na região central do Estado.

No verão, a temperatura média situou-se entre os 17°C e 27°C apresentando uma amplitude térmica de 10°C e predominaram as temperaturas superiores a 22°C. No inverno a temperatura média situou-se entre 10°C e 16°C. Prevaleram as temperaturas abaixo dos 14°C, na metade sul e no nordeste, incluindo as regiões de Cruz Alta, Ibirubá, Passo Fundo e Lagoa Vermelha. Novamente, esses dados corroboram com a afirmação de Sartori (2003) de que, no inverno, a temperatura média do mês mais frio (julho) fica entre 10°C e 15°C e, no verão, a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22°C, na maior parte do Estado.

Conforme destacado por Sparks (1996, 2005), a noqueira pecã requer temperaturas médias anuais em torno de 18,3°C, média muito similar a do Estado (18,2°C). De acordo com Raseira (1990), no período de crescimento das nozes, entre os meses de outubro a abril, a temperatura média deve situar-se entre 24°C e 30°C, requerimento verificado no Estado principalmente na região noroeste. Segundo Manaster (1994), os nogais preferem

temperaturas médias no verão, relativamente altas, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, superiores a 23,9 °C, requerimento atendido em praticamente toda a área de estudo durante o verão. A média histórica anual da temperatura pode ser visualizada na tabela 6.

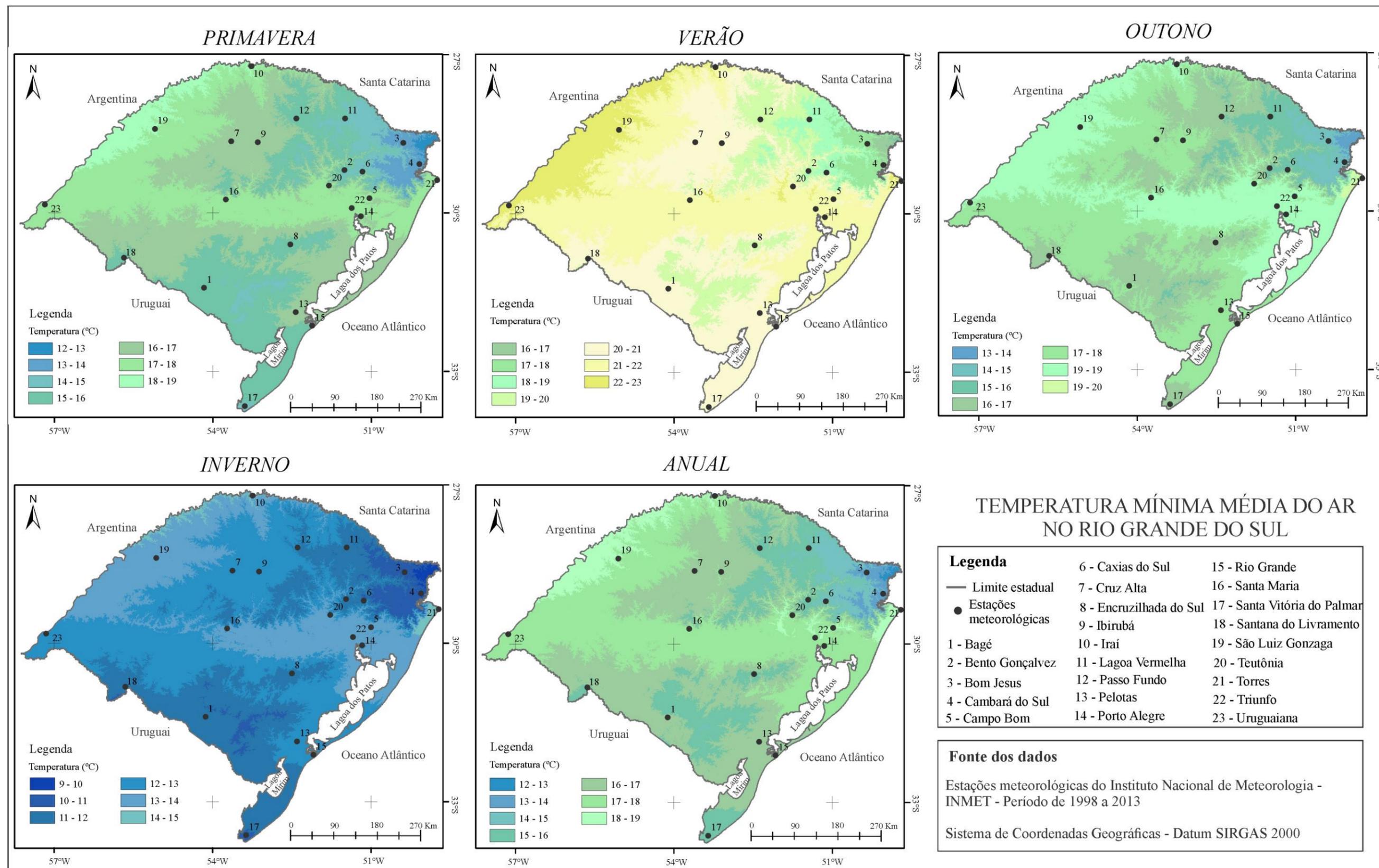
Tabela 6 – Média histórica anual da temperatura média do ar, mediana, desvio padrão (*S*) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.

	Temperatura Média do Ar (°C)						
	Média	Mediana	<i>S</i> (°C)	P5	P10	P90	P95
1998	18,0	17,9	1,6	14,8	15,9	19,7	20,1
1999	18,1	18,3	1,7	15,5	16,5	19,9	20,2
2000	17,9	18,0	1,6	14,5	16,3	19,3	20,0
2002	18,6	18,6	1,5	16,6	17,2	20,6	20,9
2003	18,2	18,3	1,5	15,2	16,7	19,7	20,2
2004	18,2	18,4	1,6	14,9	16,8	19,6	20,2
2005	18,6	18,8	1,6	15,2	17,1	20,1	20,8
2006	18,5	18,4	1,6	15,3	17,0	20,1	20,7
2007	18,2	18,3	1,5	15,2	16,7	19,8	20,4
2008	17,9	18,0	1,7	14,5	16,5	19,5	20,2
2009	18,1	18,1	1,5	15,1	16,8	19,6	20,3
2010	18,1	18,5	1,6	15,0	16,3	19,8	20,0
2011	18,0	17,8	1,5	16,2	16,5	19,8	20,2
2012	18,9	18,5	1,5	17,2	17,5	20,8	21,1
2013	18,0	17,8	1,5	16,0	16,5	19,7	20,0

O ano que apresentou a maior temperatura média histórica foi 2012, registrando 18,9°C e, os anos com a menor média foram 2000 e 2008, registrando 17,9°C. Isso representa uma diferença na média de 1°C, um valor bastante significativo. A mediana, que representa o valor que divide o conjunto em duas partes iguais, apresentou, nos anos de 2002 e 2009, valor igual à média e, em 2010, mediana de 18,5°C, isto é, 0,4°C a mais que a média e, em 2012, a mediana foi de 18,5°C, representando 0,4°C a menos que a média.

Com relação ao desvio-padrão, ele apresentou variação de 1,5 a 1,7°C em relação à média, apontando que há pouca dispersão entre os dados. O menor valor do percentil 5 foi de 14,5°C, registrado nos anos 2000 e 2008. O maior valor deste percentil foi de 17,2°C no ano de 2012. Isso representa uma variação de 2,7°C entre os 5% das menores temperaturas. No percentil 95, destaca-se novamente o ano de 2012, com o maior valor, 21,1°C. Os anos de 2000, 2010 e 2013 apresentaram o menor valor do percentil 95, isto é, 20°C. Isso demonstra uma maior variação histórica entre as menores temperaturas (5%) do que entre as maiores (95%). Além disso, nota-se que o ano de 2012 apresenta-se como o ano com as temperaturas médias mais elevadas da série histórica. A temperatura mínima média e a sua representação sazonal e anual podem ser visualizadas na figura 38.

Figura 38 – Temperatura mínima média do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.





A temperatura mínima média da série histórica no Estado é de 16,4°C e situou-se entre 12°C e 19°C. A fronteira noroeste do Estado, no Vale do Uruguai, destaca-se com os maiores valores (18°C – 19°C), logo no outro extremo, na região serrana, em Bom Jesus e Cambará do Sul, encontram-se os menores valores (12°C – 13°C). As temperaturas mínimas anuais variaram entre 12°C e 16°C no topo do Planalto, na Serra do Sudeste e na Campanha e, entre 16°C e 19°C, na Depressão Central, no Vale do Uruguai e na Planície Litorânea.

Na primavera, a temperatura mínima variou de 12°C a 19°C, apresentando uma espacialização similar à média anual. O outono apresentou uma variação de 13°C a 20°C, porém predominaram, em termos de área, as temperaturas superiores a 16°C na região da Campanha, na Depressão Central, no Vale do Uruguai e na Planície Litorânea.

No verão, as temperaturas mínimas situaram-se entre 16°C e 23°C, com predomínio das temperaturas superiores a 20°C, distribuindo-se desde a região noroeste, fronteira com a Argentina, ao sudoeste, na fronteira com o Uruguai, estendendo-se por todo o litoral gaúcho. A Serra Gaúcha representa a região com as menores temperaturas mínimas no verão (16°C – 19°C), sendo que janeiro foi o mês que apresentou as maiores temperaturas mínimas, ou seja, uma média mensal de 20,8°C.

No inverno, a temperatura mínima média apresentou uma variação entre 9°C e 15°C, sendo julho o mês mais frio com média de 11,4°C. Nesta estação, as temperaturas inferiores aos 13°C representaram a maior proporção territorial, com valores mínimos na Serra do Sudeste e na Serra do Nordeste. As temperaturas mínimas médias que variaram de 13°C a 15°C destacam-se especialmente no Vale do Rio Uruguai, em parte da Depressão Central e na Planície Litorânea. Essas temperaturas apontam uma variação espacial de 6°C a 8°C tanto no período sazonal, quanto no anual.

Para a noqueira pecã, as temperaturas mínimas, mesmo as negativas, são bastante toleráveis como verificado nas regiões de origem (PETERSON, 1990; REID; HUNT, 2000). Ademais, Sparks (2005) destaca que a noqueira desenvolveu mecanismos eficientes de adaptação às diferentes regiões climáticas em que é cultivada. O acúmulo de horas de frio (temperaturas abaixo de 7,2°C) durante o período de maio a setembro é um requerimento que deve ser atendido pela espécie para suprir as suas necessidades fisiológicas.

A tabela 7 apresenta a média histórica anual da temperatura mínima média do ar, a mediana, o desvio padrão e os percentis.

Tabela 7 – Média histórica anual da temperatura mínima média do ar, mediana, desvio padrão (S) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.

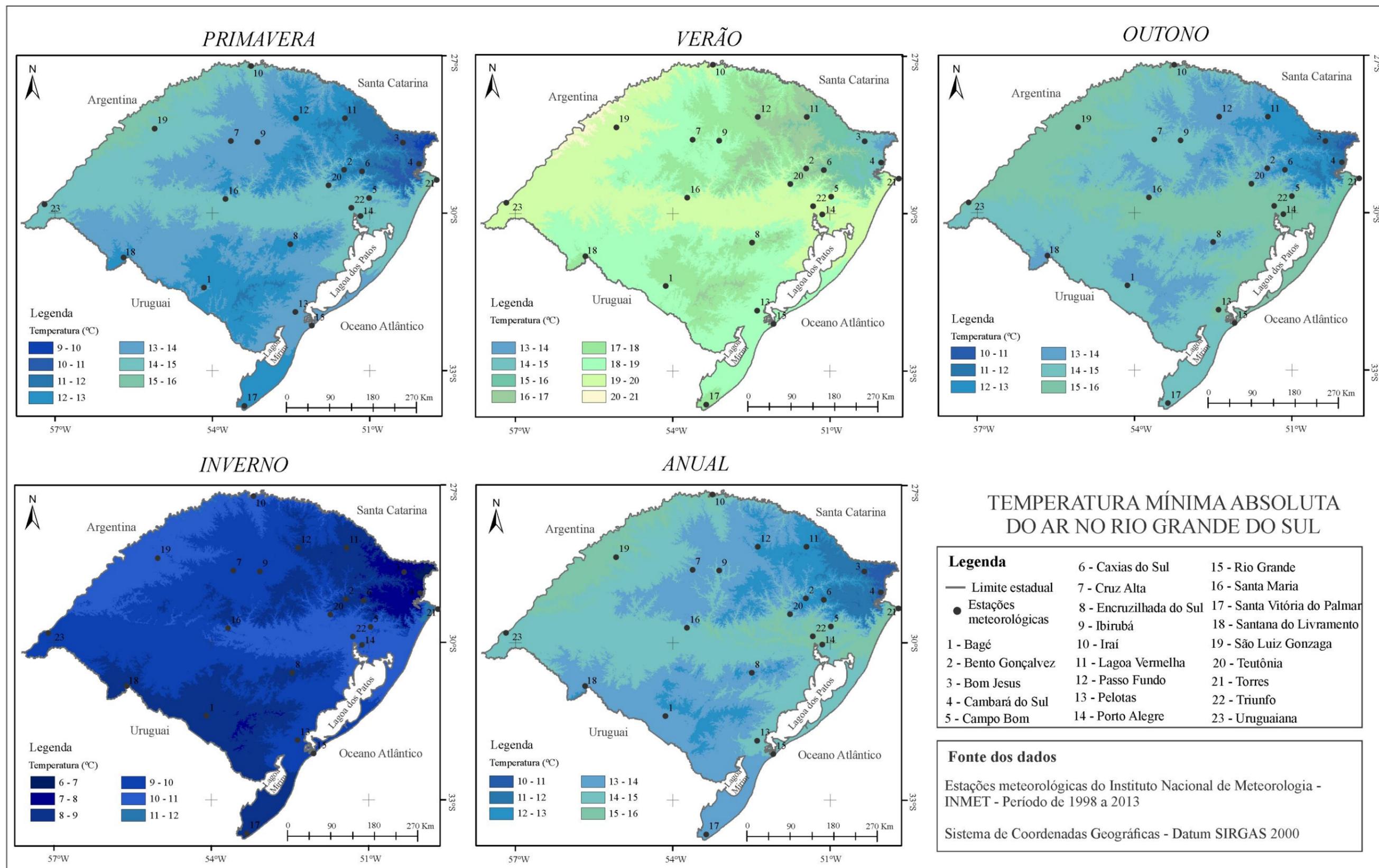
	Temperatura Mínima Média (°C)						
	Média	Mediana	S (°C)	P5	P10	P90	P95
1998	16,5	16,8	1,6	13,8	14,0	18,4	18,5
1999	16,1	16,4	1,5	13,8	14,2	17,7	17,8
2000	16,0	16,3	1,4	13,6	14,2	17,6	17,8
2002	16,5	16,8	1,4	14,0	14,8	18,1	18,2
2003	16,4	16,4	1,4	13,9	14,8	18,1	18,2
2004	16,3	16,2	1,4	13,8	14,7	18,0	18,0
2005	16,5	16,3	1,4	14,2	15,0	18,3	18,5
2006	16,6	16,8	1,4	14,2	15,1	18,3	18,4
2007	16,5	16,6	1,3	14,3	14,8	18,2	18,2
2008	16,1	16,2	1,5	13,5	14,3	17,8	18,0
2009	16,5	16,7	1,3	14,8	15,1	18,0	18,2
2010	16,5	16,5	1,3	14,7	14,9	18,1	18,2
2011	16,2	16,2	1,3	14,5	14,7	17,8	18,0
2012	16,8	16,8	1,3	15,0	15,4	18,5	18,6
2013	16,2	16,0	1,4	14,3	14,7	17,8	17,9

Observando a média histórica anual da temperatura mínima média na tabela 7, nota-se que houve uma variação de 0,8°C entre a menor média e a maior, no decorrer do período. Isso significa que o ano de 2012 apresentou a maior temperatura mínima (16,8°C), enquanto que o ano de 2000, a menor (16,0°C). Nos anos de 2003, 2010, 2011 e 2012, a mediana foi igual à média anual.

O maior coeficiente de variação foi no ano de 1998 (1,6°C), quando o percentil 5 foi de 13,8°C e o percentil 95 foi de 18,5°C, mostrando uma variação espacial significativa da temperatura mínima. O ano de 2005 registrou o menor percentil 5 (13,5°C), enquanto que o ano de 2012 apresentou o maior (15,0°C). Com relação ao percentil 95, os anos de 1999 e 2000 apresentaram o menor valor (17,8°C) e o ano de 2012, o maior (18,6°C). Se for observada a diferença entre os 5% menores valores e entre os 95% maiores, verifica-se que a diferença é mais significativa entre os primeiros, isto é, de 1,5°C entre os 5% menores. A diferença entre o percentil 5 e 10, quando comparada com o percentil 90 e 95, aponta que as temperaturas mínimas médias variam muito mais entre as regiões que apresentam os menores valores do que entre as regiões que apresentam temperaturas mínimas mais elevadas.

A temperatura mínima absoluta consiste no menor valor de temperatura registrado durante o dia e a média histórica para o Rio Grande do Sul é de 13,8°C. A sua representação sazonal e anual pode ser observada na figura 39.

Figura 39 – Temperatura mínima absoluta do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.





A temperatura mínima absoluta anual variou entre 10°C e 16°C, valores similares aos destacados por Sartori (2003), a partir das normais climatológicas, variando de 9°C a 15°C. Os maiores valores (14°C – 16°C) são encontrados no noroeste do Estado, seguindo pela região central até o litoral, na região de Torres. As temperaturas mínimas inferiores a 14°C encontram-se nas regiões da Campanha, Serra do Sudeste, parte do Planalto e Serra Gaúcha. Os valores mínimos (10°C - 11°C) foram registrados na região de Bom Jesus e Cambará do Sul. A primavera apresentou temperaturas mínimas absolutas entre 9°C e 16°C e o outono, entre 10°C e 16°C. Na primavera, predominaram as temperaturas inferiores a 14°C, exceto na região metropolitana, na região central e na fronteira noroeste. No outono, predominaram as temperaturas superiores a 14°C, com exceção a pequenas porções na metade sul e na porção nordeste do estado, na divisa com Santa Catarina.

No verão, a variação da temperatura mínima absoluta foi de 8°C, com valores entre os 13°C e 21°C, destacando-se um maior aquecimento nas áreas correspondentes aos municípios de Porto Alegre, Triunfo, Campo Bom, Santa Maria, Uruguaiana e São Luiz Gonzaga, isto é, regiões que compreendem a Planície Litorânea, a Depressão Central e o Vale do Uruguai. Na Serra Gaúcha e do Nordeste, a temperatura mínima absoluta é inferior aos 15°C. No inverno, as mínimas absolutas variaram entre 6°C a 12°C, sendo julho o mês mais frio, com média histórica de 8,5°C. Sartori (2003) destaca média das mínimas entre 6°C a 10°C, sendo que essas temperaturas são provocadas pelas invasões periódicas do Anticiclone Polar Atlântico. O Vale do Uruguai, parte da Depressão Central e da Planície Litorânea apresentaram, em maior proporção, temperaturas mínimas entre 10°C a 12°C. As menores temperaturas mínimas (6°C – 9°C), nessa estação, situaram-se, sobretudo, ao sul e sudoeste, abrangendo as regiões de Santa Vitória do Palmar, Bagé, Santana do Livramento e Encruzilhada do Sul. Outra região com temperaturas inferiores a 9°C é compreendida por Lagoa Vermelha, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Bom Jesus e Cambará do Sul.

Para a noqueira pecã, as temperaturas mínimas inverniais não se constituem em um problema, visto que a planta encontra-se em estágio de dormência. Por outro lado, as geadas outonais ou primaveris, dependendo da intensidade, não são bem toleradas pela noqueira. Segundo Sartori (2003), acontecem, em média, por ano de 1 a 5 geadas na Planície Litorânea, de 5 a 10 na Depressão Central, de 10 a 15 na maior parte do Estado, especialmente no Planalto, e mais de 15 geadas na Serra do Nordeste, Campanha e Serra do Sudeste, entre o outono e a primavera. A tabela 8 apresenta a média histórica anual da temperatura mínima absoluta, a mediana, o desvio-padrão e os percentis dos 15 anos de análise.

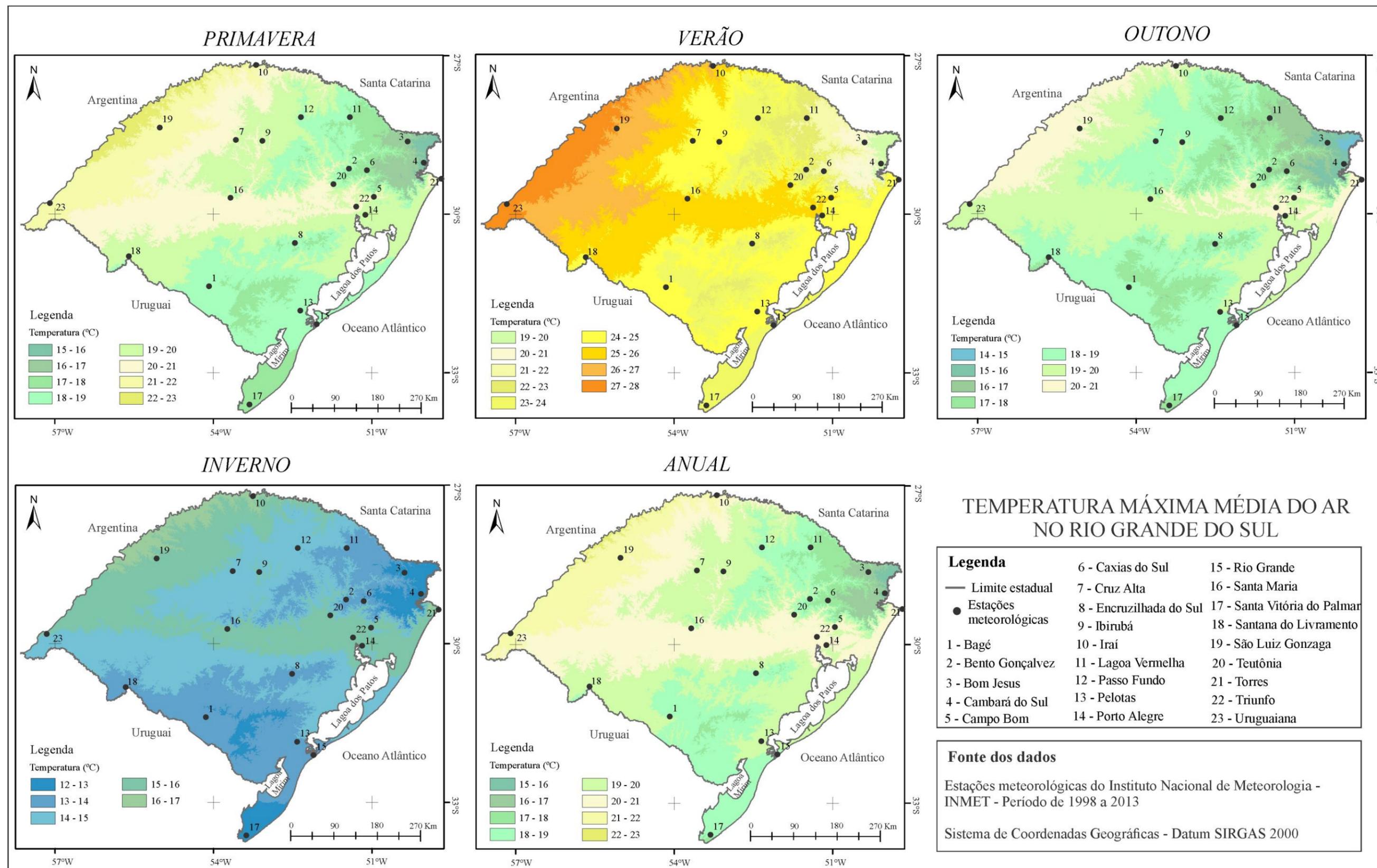
Tabela 8 – Média histórica anual da temperatura mínima absoluta do ar, mediana, desvio-padrão (*S*) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.

	Temperatura Mínima Absoluta (°C)						
	Média	Mediana	<i>S</i> (°C)	P05	P10	P90	P95
1998	13,9	14,1	1,8	10,5	11,0	15,8	15,9
1999	13,7	13,8	1,6	11,6	12,9	15,4	15,6
2000	13,4	13,5	1,5	10,1	11,8	15,1	15,2
2002	14,4	14,2	1,5	12,5	13,2	16,4	16,5
2003	13,6	13,9	1,5	10,5	12,3	15,4	16,0
2004	13,6	13,6	1,6	10,1	12,4	15,2	15,6
2005	14,0	14,0	1,6	10,7	12,7	15,7	16,2
2006	13,9	14,1	1,5	10,9	12,7	15,8	16,1
2007	13,9	14,0	1,5	10,9	12,8	15,6	15,9
2008	13,5	13,6	1,6	10,2	12,3	15,2	15,5
2009	13,6	13,5	1,5	10,8	12,6	15,4	15,6
2010	13,7	13,8	1,5	10,9	12,4	15,4	15,7
2011	13,7	13,3	1,4	11,9	12,4	15,6	15,8
2012	14,4	14,1	1,3	12,5	13,1	16,2	16,3
2013	13,6	13,3	1,4	11,9	12,6	15,2	15,4

De acordo com a tabela, a menor média registrada foi no ano de 2000 (13,4°C) e a maior, nos anos de 2002 e 2012 (14,4°C), uma diferença de 1,0°C na média histórica. Os anos de 2004 e 2005 apresentaram os mesmos valores para a média e a mediana, 13,6°C e 14,0°C, respectivamente. O desvio-padrão variou de 1,3°C em 2012 a 1,8°C em 1998, representando, assim, os anos com menor e maior dispersão entre os dados. Com relação ao percentil 5, os anos que apresentaram os menores valores foram 2000 e 2004 com temperatura de 10,1°C. Já os anos que apresentaram os maiores valores foram 2002 e 2012, com temperatura mínima absoluta de 12,5°C. A variação entre o menor e maior valor desse percentil foi de 2,4°C. O ano que apresentou o menor valor no percentil 95 foi 2000 com temperatura de 15,2°C e o ano de 2002 apresentou o maior valor, 16,5°C. A diferença entre 2000 e 2002 é de 1,3°C. Novamente pode-se destacar a maior variação de temperatura mínima entre os menores valores, como observado entre o percentil 5 e 10 para o ano de 2004 (variação de 2,3°C) e o percentil 90 e 95 em 1998, com variação de apenas 0,1°C.

A temperatura máxima média no Estado é 19,3°C e a sua representação sazonal e anual pode ser observada na figura 40.

Figura 40 – Temperatura máxima média do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.





Na espacialização anual, a variação da temperatura máxima média é de 15°C a 23°C, ou seja, uma amplitude de 8°C, igualmente ao que foi registrado na primavera. As temperaturas máximas médias anuais variaram de 20°C a 23°C no Vale do Uruguai, na Depressão Central e em parte da Planície Litorânea, e entre 15°C a 20°C no Planalto, na Serra do Sudeste, na Campanha e na Serra do Nordeste. A diferença é que, na primavera, observa-se uma diminuição da temperatura máxima na porção central do Estado, em termos de área, e uma expansão das temperaturas na faixa de 22°C a 23°C na fronteira noroeste. No outono, as temperaturas variaram entre 14°C e 21°C, prevalecendo, na maior parte do Estado as temperaturas inferiores a 19°C. As temperaturas entre 19°C e 21°C destacaram-se na fronteira noroeste, na região central e metropolitana, bem como em parte do litoral gaúcho. Os menores valores, entre 14°C e 16°C, encontram-se nas regiões de Cambará do Sul e Bom Jesus.

No verão, ocorre maior aquecimento no Estado, com valores de temperatura máxima média entre 19°C e 28°C, ou seja, uma amplitude térmica de 9°C. O mês mais quente é janeiro, com média histórica mensal de 24,4°C. Novamente, o Rebordo do Planalto, na porção central, atua como um divisor, mantendo uma faixa com temperaturas maiores na região de Santa Maria, deslocando-se em direção a fronteira com a Argentina. No outro extremo, na região de Bom Jesus e Cambará do Sul, nas maiores altitudes, verificam-se as menores temperaturas. Na primavera e no verão, período de desenvolvimento da noqueira pecã, a radiação fotossinteticamente ativa e as temperaturas mais quentes maximizam a fotossíntese e o armazenamento de carboidratos para o retorno da flor (SPARKS, 1997), requerimento atendido na região durante essa fase.

No inverno, as temperaturas máximas médias registradas concentraram-se entre os 12°C e 17°C, uma amplitude muito menor (5°C) quando comparada com as temperaturas no verão. O mês de julho apresenta as menores máximas para a estação, com temperatura de 13,5°C. Predominam, na maior parte do Estado, as temperaturas inferiores a 15°C, na Campanha, na Serra do Sudeste, no Planalto e na Serra do Nordeste, compreendendo Santa Vitória do Palmar, Bagé, Santana do Livramento e Encruzilhada do Sul, Bom Jesus, Cambará do Sul, Bento Gonçalves e Caxias do Sul. As temperaturas máximas médias superiores a 15°C destacam-se no Vale do Rio Uruguai e na Depressão Central.

A média histórica anual da temperatura máxima média, a mediana, o desvio-padrão e os percentis 5, 10, 90 e 95 podem ser observados na tabela 9.

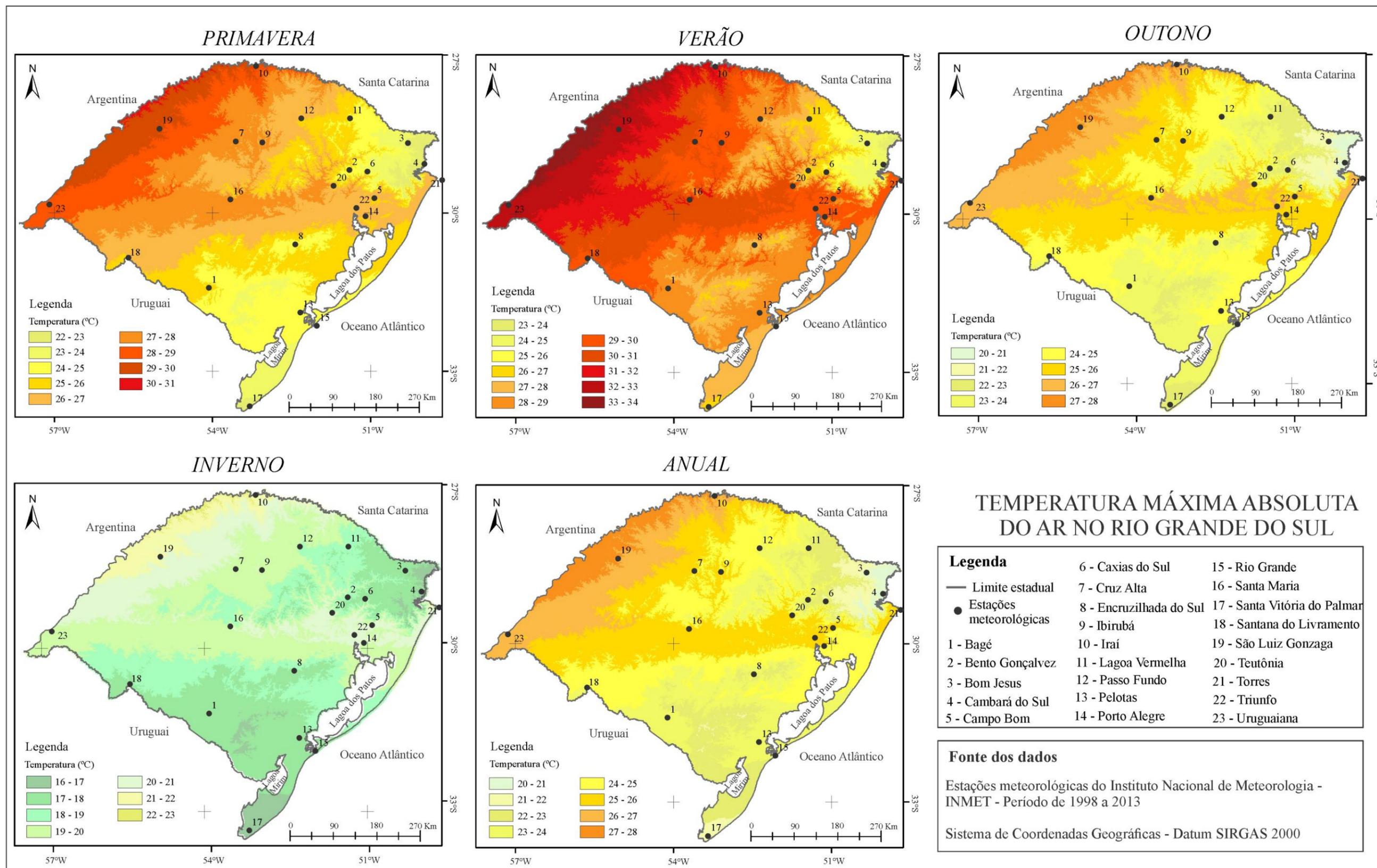
Tabela 9 – Média histórica anual da temperatura máxima média do ar, mediana, desvio-padrão ( $S$ ) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.

	Temperatura Máxima Média (°C)						
	Média	Mediana	$S$ (°C)	P5	P10	P90	P95
1998	18,8	18,8	1,8	15,9	16,3	20,9	21,3
1999	19,2	19,3	1,7	16,5	17,3	21,2	21,6
2000	18,8	18,6	1,6	15,9	17,1	20,6	21,4
2002	19,6	19,2	1,5	17,9	18,3	21,5	21,8
2003	19,2	19,0	1,5	16,5	17,4	20,8	21,6
2004	19,3	19,2	1,6	16,1	17,7	21,0	21,6
2005	19,6	19,5	1,6	16,4	17,9	21,3	22,0
2006	19,7	19,5	1,6	16,6	18,0	21,5	22,1
2007	19,3	19,0	1,5	16,6	17,7	21,1	21,7
2008	19,0	19,0	1,7	15,8	16,8	20,9	21,5
2009	19,3	19,1	1,4	17,5	17,9	20,8	21,5
2010	19,3	19,3	1,4	17,5	17,7	21,0	21,3
2011	19,1	18,9	1,5	17,2	17,5	21,0	21,3
2012	20,1	19,8	1,5	18,5	18,7	22,1	22,5
2013	19,0	18,8	1,4	17,3	17,6	20,8	21,2

A média histórica anual da temperatura máxima mostra que os anos de 1998 e 2000 apresentaram as menores médias históricas (18,8°C) e o ano de 2012 apresentou a maior média, isto é, 20,1°C. Contudo, conforme se pode observar na tabela 9, os demais anos analisados apresentaram valores situados muito próximo à média histórica dos 15 anos, que é de 19,3°C. Os anos de 1998, 2008 e 2010, apresentaram a média igual à mediana, sendo as temperaturas de 18,8°C, 19,0°C e 19,3°C, respectivamente. O desvio-padrão variou de 1,4°C a 1,8°C, mostrando que os dados mantiveram certa homogeneidade. O ano de 1998 apresentou novamente a maior dispersão dos dados, enquanto que 2009, 2010 e 2013 apresentaram a menor.

O ano de 2012, que apresentou a maior média histórica, confirmou esses dados apresentando os percentis 5 e 95 também com os maiores valores, sendo, respectivamente, 18,5°C e 22,5°C. Por outro lado, o ano de 1998, que mostrou uma das médias mais baixas do período, também confirma os menores valores dos percentis 5 e 95, sendo respectivamente, 15,9°C e 21,3°C. Diferentemente do que constatado com as temperaturas mínimas, a variação entre os percentis 5 e 10 e entre os percentis 90 e 95 diminuiu, significando que há uma menor variação de temperatura naquelas áreas que apresentam os menores valores. A temperatura máxima absoluta sazonal e anual no Rio Grande do Sul pode ser verificada na figura 41.

Figura 41 – Temperatura máxima absoluta do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.





A temperatura máxima absoluta anual está compreendida entre 20°C e 28°C, uma amplitude térmica de 8°C, mesma variação destacada por Sartori (2003). As maiores temperaturas são encontradas nas regiões próximas ao Vale do Rio Uruguai, na fronteira com a Argentina. A primavera e o outono apresentaram padrões diferentes do que constatado nas outras análises, ou seja, a primavera destacou-se com temperaturas mais elevadas do que o outono. Na primavera, destacam-se temperaturas máximas entre 22°C e 31°C e, no outono, entre 20°C e 28°C, igual à média anual. Houve um maior aquecimento na porção noroeste do Estado, no Vale do Uruguai, compreendendo, principalmente, as regiões de Uruguiana, São Luis Gonzaga e Iraí, com deslocamento para a região central, em Santa Maria, na primavera.

No verão, a variação da temperatura máxima absoluta foi muito significativa, apresentando amplitude térmica de 12°C no intervalo de 23°C a 34°C. Janeiro foi o mês mais quente da série histórica mensal, com temperatura média de 29,3°C. As temperaturas superiores a 29°C ocorreram na fronteira noroeste, ao longo do curso do Rio Uruguai, chegando aos 34°C, deslocando-se em direção ao centro do Estado, na Depressão Central.

As temperaturas máximas absolutas inferiores a 28°C destacam-se nas regiões de Cambará do Sul, Bom Jesus, Caxias do Sul, Bento Gonçalves, na Serra Gaúcha e do Nordeste, em Encruzilhada do Sul e Santa Vitória do Palmar. Esses dados vão ao encontro do que afirma Sartori (2003), que, nos verões, a média das máximas varia entre 28°C, no topo do Planalto Meridional e na Planície Litorânea, e 32°C, na Depressão Central, na Campanha e no Vale do Uruguai, provocadas pelo superaquecimento continental das Massas Polares ou pelo domínio eventual de massas tropicais, tais como a Massa Tropical Atlântica (MTA) ou Continental (MTC).

No inverno, a amplitude térmica é bem menos significativa, como constatado anteriormente, isto é, de 7°C, e as temperaturas variaram de 16°C a 23°C. O mês de julho é o que apresenta as menores médias históricas de temperatura máxima absoluta, ou seja, 18,2°C. As temperaturas inferiores a 19°C destacam-se na Campanha, nas Serras do Sudeste, em parte do Planalto e na Serra do Nordeste. O Vale do Uruguai, a Depressão Central e parte da Planície Litorânea destacam-se com as temperaturas entre 19°C a 23°C. A tabela 10 apresenta as variações anuais históricas da temperatura máxima absoluta.

Tabela 10 – Média histórica anual da temperatura máxima absoluta do ar, mediana, desvio-padrão (*S*) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.

	Temperatura Máxima Absoluta (°C)						
	Média	Mediana	<i>S</i> (°C)	P5	P10	P90	P95
1998	23,4	23,3	2,0	20,5	20,8	26,3	26,4
1999	23,9	23,3	2,0	21,1	21,6	26,6	27,1
2000	23,7	23,0	2,0	21,0	21,8	26,7	26,9
2002	24,1	23,5	1,7	21,9	22,2	26,1	27,0
2003	24,2	23,6	1,8	21,7	22,0	26,9	27,2
2004	24,3	23,8	2,0	21,3	22,1	27,1	27,5
2005	24,5	24,2	2,0	21,5	22,3	27,4	27,6
2006	24,7	24,2	2,0	21,8	22,4	27,7	28,2
2007	24,0	23,2	1,9	21,6	21,7	27,0	27,1
2008	23,7	23,3	1,9	20,7	22,0	26,0	26,7
2009	24,0	23,7	2,0	21,4	22,0	26,7	26,9
2010	24,0	23,7	1,9	20,9	21,7	26,6	26,7
2011	23,7	23,3	1,9	21,5	21,6	26,1	26,7
2012	25,0	24,4	1,9	22,7	23,0	27,6	28,2
2013	23,6	23,1	1,8	21,7	21,9	25,9	26,6

A média histórica da temperatura máxima absoluta no Estado é 24,1°C. De acordo com a tabela 10, o ano de 1998 apresentou a menor média histórica, isto é, 23,4°C, enquanto que o ano de 2012 apresentou a maior média, de 25°C. Para essa variável, não houve registro de média igual à mediana, destacando que, em todos os anos, a mediana foi sempre inferior à média registrada. Além disso, apresentou o maior desvio-padrão em relação à média (2,0°C) em sete dos 15 anos de análise.

Ao observar os percentis, verifica-se que, no percentil 5, o ano de 2000 apresentou o menor valor (21°C), já o ano de 2012, o maior valor (22,7°C), havendo uma diferença de 1,7°C. Com relação ao percentil 95, o ano de 1998 apresentou a menor temperatura (26,4°C), enquanto que o ano de 2012, a maior (28,2°C). Isso confirma que o ano de 2012 foi realmente o ano mais quente de toda a série histórica, apresentando os maiores valores de temperatura, tanto das mínimas quanto das máximas. O ano de 2000 pode ser considerado o ano mais frio do período histórico, com exceção da variável de temperatura máxima absoluta, que apresentou a menor média histórica em 1998.

As elevadas temperaturas máximas no verão, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro, quando as nozes estão na sua fase aquosa, podem causar diminuição no seu tamanho e no acúmulo de óleo e aumentar a queda prematura dos frutos (RASEIRA, 1990). Especial atenção deve-se ter também na polinização e na floração, quando o pólen pode correr

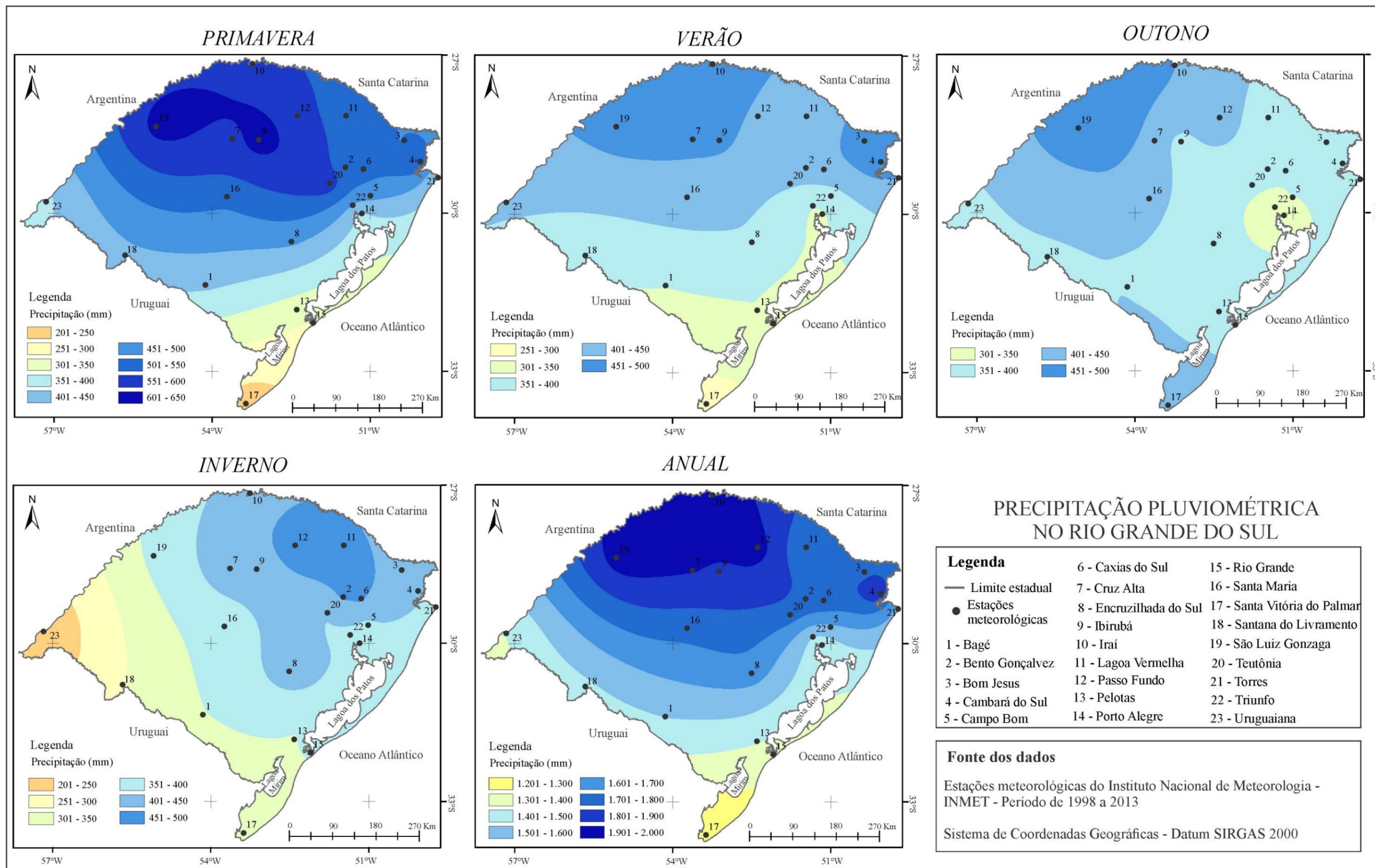
o risco de desidratar-se e, assim, diminuir consideravelmente o número de nozes. Para Grageda et al. (2013), as temperaturas superiores a 35°C não são ideais para o cultivo especialmente no período de floração e desenvolvimento dos frutos.

As variações das temperaturas, tanto das máximas absolutas que se situam entre 20 e 28°C, quanto das mínimas absolutas, entre 10°C e 16°C, representam amplitudes térmicas significativas. Isso deve-se, sobretudo, “as variações de entrada de energia solar entre os solstícios e os equinócios, bem como da atuação e das características das massas de ar sobre a região” (SARTORI, 2003, p. 41). Dessa forma, segundo a autora, em qualquer uma das estações do ano, o superaquecimento da massa de ar dominante (Massa Polar Velha ou Massa Tropical Continental) pode provocar temperaturas superiores a 30°C, mesmo no inverno. Por outro lado, sob domínio de uma Massa Polar, tem-se, na maioria dos casos, redução das temperaturas, com mínimas que podem chegar a valores negativos.

### **5.1.2 Dinâmica da precipitação pluviométrica**

A variação espacial da chuva no Estado sofre, em parte, a influência do relevo, uma vez que possui a Serra Geral no seu setor central, com alinhamento perpendicular à direção geral do deslocamento das frentes polares, e, no litoral norte, alinhada no sentido N-S, cujos ventos de leste e nordeste podem produzir aumento das chuvas, conforme destacado por Sartori (2003). Além disso, a autora enfatiza que a variabilidade temporo-espacial das precipitações, resultando em episódios de longas estiagens ou enchentes, pode ocorrer em qualquer época do ano e remetem às alterações na habitualidade da circulação atmosférica nas escalas regional e zonal, em parte provocadas pelos fenômenos *El Niño* e *La Niña* (SARTORI, 1993; 2003). A precipitação pluviométrica média no Rio Grande do Sul é 1.651 mm anuais e a sua representação sazonal e anual pode ser observada na figura 42.

Figura 42 – Precipitação pluviométrica sazonal e anual no Rio Grande do Sul.



A precipitação pluviométrica média anual variou de 1.200 mm a 2.000 mm. Os meses mais chuvosos, de acordo com a frequência, são setembro e outubro, na maior parte do estado, dado também comprovado por Sartori (2003), e o mês de maio é tido como o menos chuvoso. Os menores registros (1.200 mm a 1.400 mm) ocorreram nas regiões de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande. A porção norte do Estado, muito mais chuvosa, apresentou média pluviométrica entre 1.900 a 2.000, mm que compreende as regiões de Iraí, Passo Fundo, São Luiz Gonzaga e Cruz Alta. A região central do Estado, que abrange Santa Maria em direção a Bento Gonçalves, Lagoa Vermelha e Bom Jesus, apresentou média entre 1.700 mm e 1.800 mm. Esses totais pluviométricos apontam satisfação hídrica anual da noqueira, pois Sparks (2005) indica que as precipitações médias devem ser em torno de 1.000 mm a 1.300 mm e outros autores, tais como Peterson (1990), Sierra, López e Pérez (2007) sugerem precipitação mínima de 750 mm e máxima de 2.000 mm ao ano.

Com relação ao regime pluviométrico sazonal, identifica-se uma diferenciação significativa entre as estações, porém sem secas sazonais definidas. A primavera é a estação que apresenta maior variabilidade espacial da pluviosidade, variando de 200 mm a 650 mm. Apresenta uma distribuição espacial muito similar à representação anual. Representa uma época transicional, com gradativo aquecimento continental e, por isso, a maior parte das chuvas é resultado da atuação da Massa Polar Velha, seguida da Massa Polar Atlântica (SARTORI, 2003). O outono, diferentemente do que da primavera, é a estação que apresenta a menor variabilidade espacial da pluviosidade, ou seja, de 200 mm sazonais (301 mm - 500 mm). As regiões de São Luiz Gonzaga e Iraí continuam apresentando os maiores valores e a região de Porto Alegre, Triunfo e Campo Bom, os menores. Segundo Sartori (2003), nessa época de transição entre o verão e o inverno, ocorre um aumento da participação da Massa Polar Atlântica (MPA) em relação ao verão, devido, sobretudo, à intensificação do Anticiclone Polar Atlântico, originando Massas Polares mais definidas e persistentes.

No verão, a pluviosidade variou de 251 a 500 mm, sendo que o sul apresenta-se menos chuvoso em relação ao norte do Estado, com maior participação da Massa Polar Velha (MPV), seguida da Frente Polar Atlântica (FPA). Santa Vitória do Palmar registrou a menor média pluviométrica histórica para o mês de janeiro (53 mm), sendo esse mês um dos menos chuvosos da série histórica. No inverno, a variação da pluviosidade foi de 200 mm a 500 mm. Observa-se que, na fronteira oeste, com a Argentina e com o Uruguai, até a região de Santa Vitória do Palmar, a pluviosidade registrada é de 201 mm a 350 mm, ou seja, os menores totais pluviométricos. Na região central, norte e leste, a precipitação variou de 351 mm a 500 mm. No inverno, destaca-se a presença da Massa Polar Atlântica (MPA), acentuando a sua

atuação, devido ao resfriamento hibernal que atinge as latitudes médias e altas do Hemisfério Sul (SARTORI, 2003). Além disso, a diminuição geral das temperaturas e a intensificação das altas pressões de origem polar favorecem a permanência da MPA, durante até oito dias consecutivos. A média histórica anual da precipitação permite verificar os anos de maior ou menor precipitação no Estado e as suas influências na produtividade das culturas (Tabela 11).

Tabela 11 – Média histórica anual da precipitação, desvio-padrão (*S*), mediana e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.

	Precipitação (mm)						
	Acumulado	Mediana	<i>S</i> (mm)	P5	P10	P90	P95
1998	1959,0	1919,5	469,1	1272,7	1406,6	2469,1	2698,3
1999	1404,0	1378,2	276,0	1020,5	1065,2	1789,1	1840,7
2000	1770,6	1730,9	295,2	1324,8	1491,3	2111,9	2227,6
2002	2200,9	2032,2	422,0	1733,8	1810,3	2677,9	2846,8
2003	1760,3	1746,1	257,8	1413,5	1440,9	2102,9	2139,0
2004	1306,8	1296,9	209,2	1070,1	1070,1	1503,9	1532,9
2005	1601,0	1524,1	342,2	1181,6	1202,9	2072,4	2086,5
2006	1320,7	1296,1	230,0	1035,8	1085,2	1588,4	1638,3
2007	1773,0	1754,5	322,5	1333,5	1410,4	2166,7	2215,5
2008	1479,8	1500,6	306,1	1074,4	1109,2	1845,4	1932,7
2009	1893,5	1959,6	269,7	1456,0	1656,0	2168,0	2194,4
2010	1640,4	1679,9	287,8	1216,1	1310,2	2026,5	2034,9
2011	1612,8	1610,1	404,7	1071,2	1113,9	2112,6	2153,4
2012	1385,5	1404,7	219,7	994,9	1055,6	1616,8	1654,2
2013	1656,8	1675,8	277,7	1249,3	1307,7	1973,0	1994,7

Ao observar o total acumulado anual da série histórica, verifica-se que o ano de 2002 apresentou a maior média histórica (2.200,9 mm), seguido do ano de 1998, com média de 1.959 mm. No período de 1997/1998 e em 2002/2003, destaca-se a ocorrência do fenômeno *El Niño*, de magnitude forte e moderada, respectivamente, o que pode ter sido o fator de maior influência para o aumento significativo dos totais pluviométricos. O ano de 2004 apresentou a menor média histórica (1.306,8 mm) seguido dos anos de 2006 (1.320,7 mm) e 2012 (1.385,5 mm). O ano de 2011 apresentou precipitação mediana (1.610,1 mm), próximo à média (1.612,8 mm) e o ano de 2002 destaca-se por apresentar a maior variação entre a média e a mediana (168,7 mm). O desvio padrão é elevado em decorrência da grande variabilidade dos

dados. O ano de 1998 foi o de maior variabilidade (469,1 mm) e o ano de 2004, o de menor (209,2 mm).

Com relação aos percentis, notou-se que o menor percentil 5 corresponde ao ano de 2012 (994,9 mm), enquanto que o maior foi em 2002 (1.733,8 mm). No percentil 95, verificou-se que o menor valor registrado foi em 2004 (1.532,9 mm) e o maior, em 2002 (2.846,8 mm). Destaca-se ainda que o ano de 2004 apresentou totais pluviométricos iguais nos percentil 5 e 10, apontando para a menor variabilidade entre os menores valores, apesar das chuvas apresentarem grande variação temporo-espacial na área de estudo.

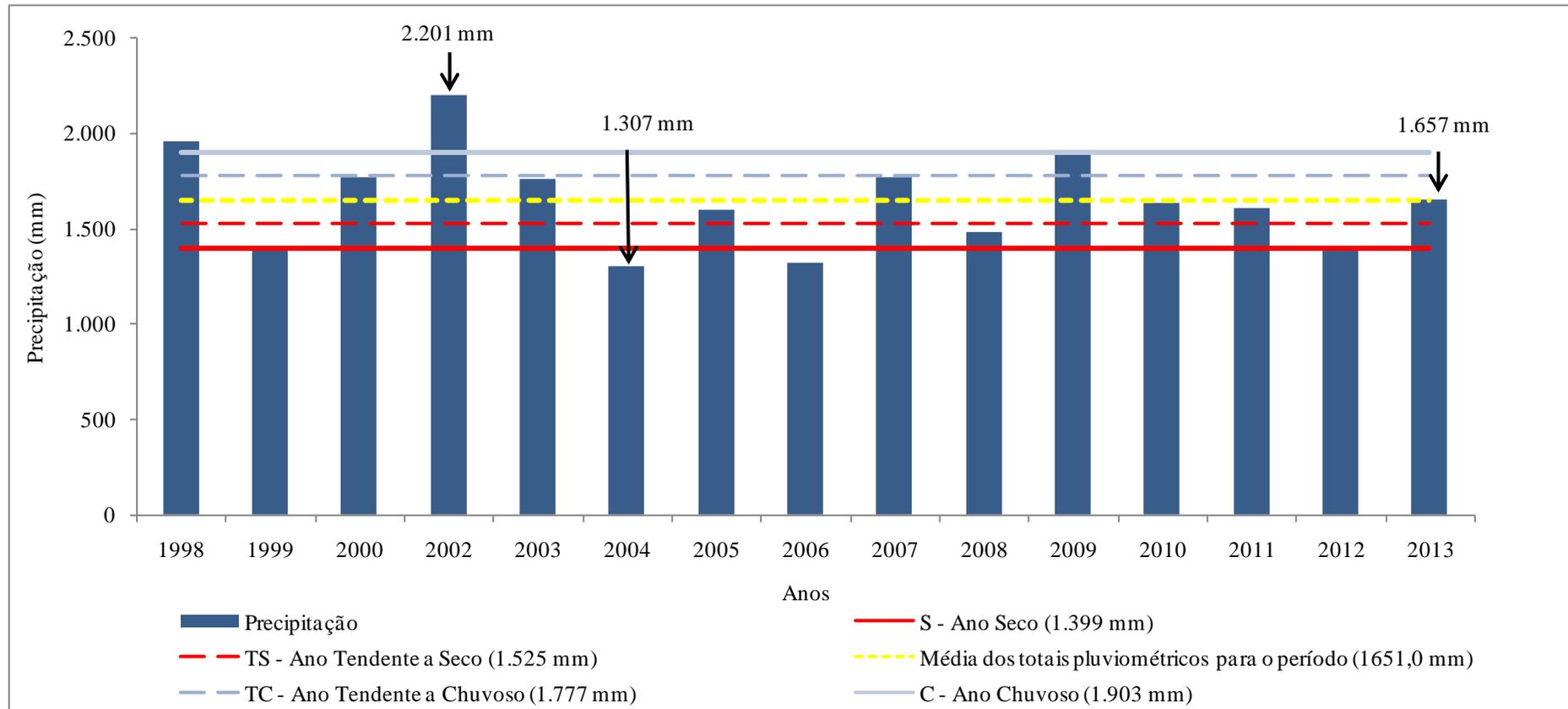
Para identificar o ano padrão mais seco e o mais chuvoso, bem como o ano habitual, utilizou-se a metodologia proposta por Sant'Anna Neto (1995), que usa o critério do desvio-padrão em relação à média. A partir dessa análise, obteve-se os valores de referência para a série histórica (Figura 43).

A média da precipitação pluviométrica da série histórica é de 1.651 mm e o desvio-padrão é de 252,1 mm. O limite para identificar os anos secos foi de 1.399 mm (média menos um desvio-padrão), ou seja, os anos que apresentaram precipitações médias abaixo desse valor foram considerados secos, tais como 2004, 2006 e 2012. Os anos de 1999 e 2008 foram considerados tendentes a seco (média menos meio desvio-padrão) com limite de 1.525 mm.

O ano mais chuvoso (média mais um desvio-padrão) foi identificado a partir de um limite mínimo de 1.903 mm, resultando, nessa categoria, os anos de 1998 e 2002. O ano de 2009 foi identificado como tendente a chuvoso, com limite de 1.777 mm. Os valores situados entre a média e mais ou menos meio desvio-padrão, ou seja, entre 1.525 mm a 1.777 mm, definiram os anos considerados habituais. Obteve-se sete anos nessa categoria: 2000, 2003, 2005, 2007, 2010, 2011 e 2013. Assim, observando-se os anos que mais se destacaram como ano chuvoso, ano seco e habitual (mais próximo da média) verifica-se que o ano de 2002 (2.201 mm) pode ser considerado chuvoso, o ano de 2004 (1.307 mm), ano seco, e 2013 (1.657 mm), ano habitual.

De acordo com a série analisada, verifica-se que não há uma tendência de anos padrão chuvosos ou secos, pois houve o predomínio da ocorrência dos anos considerados habituais. No entanto, no estudo realizado por Rossato (2011) ao analisar a série temporal que compreende o período de 1970 a 2007, a autora identificou pequena tendência de aumento da precipitação nas séries de dias de chuva, nenhuma tendência nas séries de total pluviométrico mensal e tendência positiva no somatório anual de precipitação.

Figura 43 – Precipitação pluviométrica anual, ano tendente a seco, ano seco, ano tendente a chuvoso, ano chuvoso e média dos totais pluviométricos para o período de 1998 a 2013 no Rio Grande do Sul.



A variação mensal da precipitação para os anos de 2002 e 2004 pode ser observada na figura 44 e para o ano de 2013, na figura 45.

Figura 44 – Ano Chuvoso (2002) e Ano Seco (2004) de acordo com a série histórica da precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul.

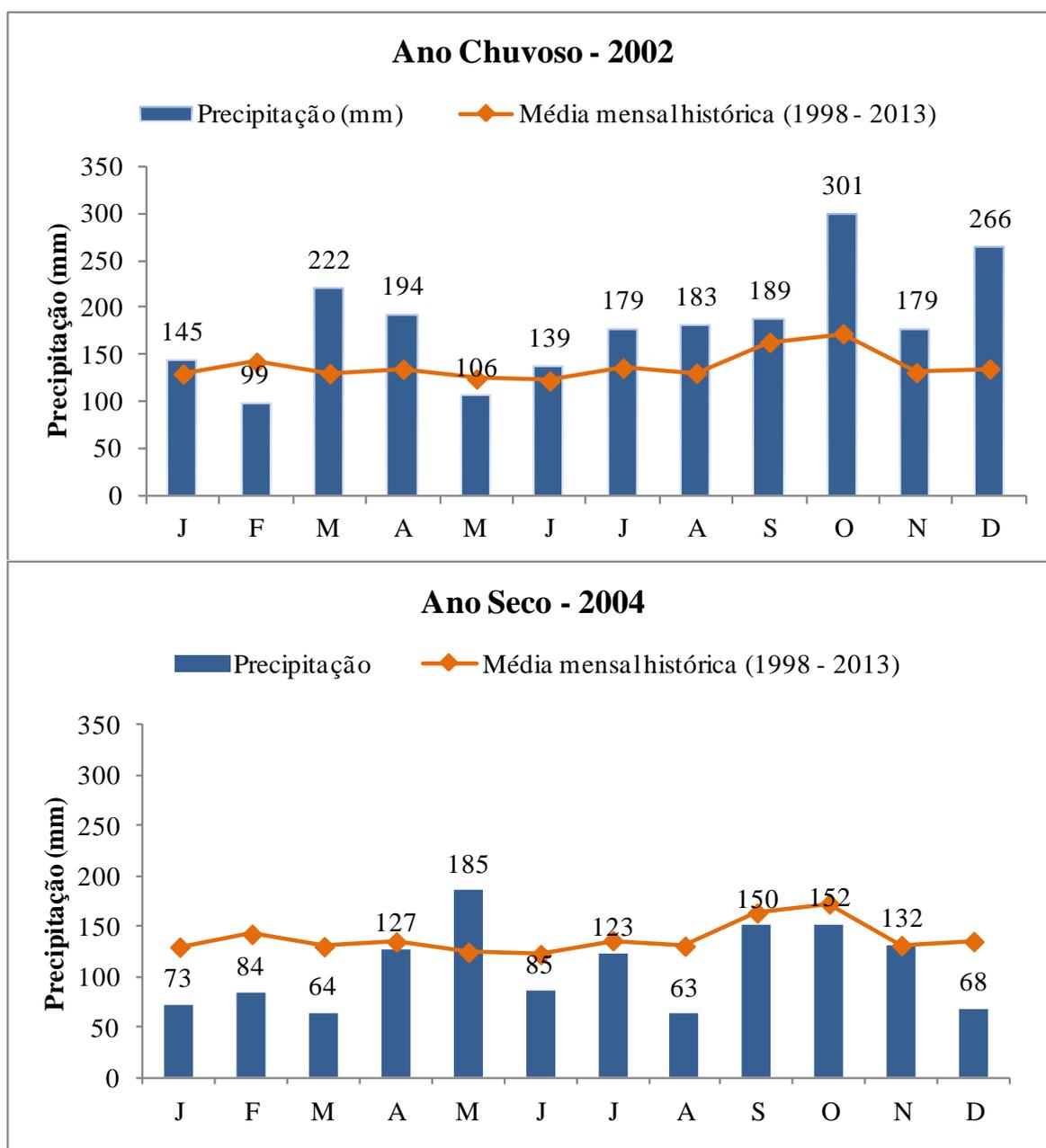
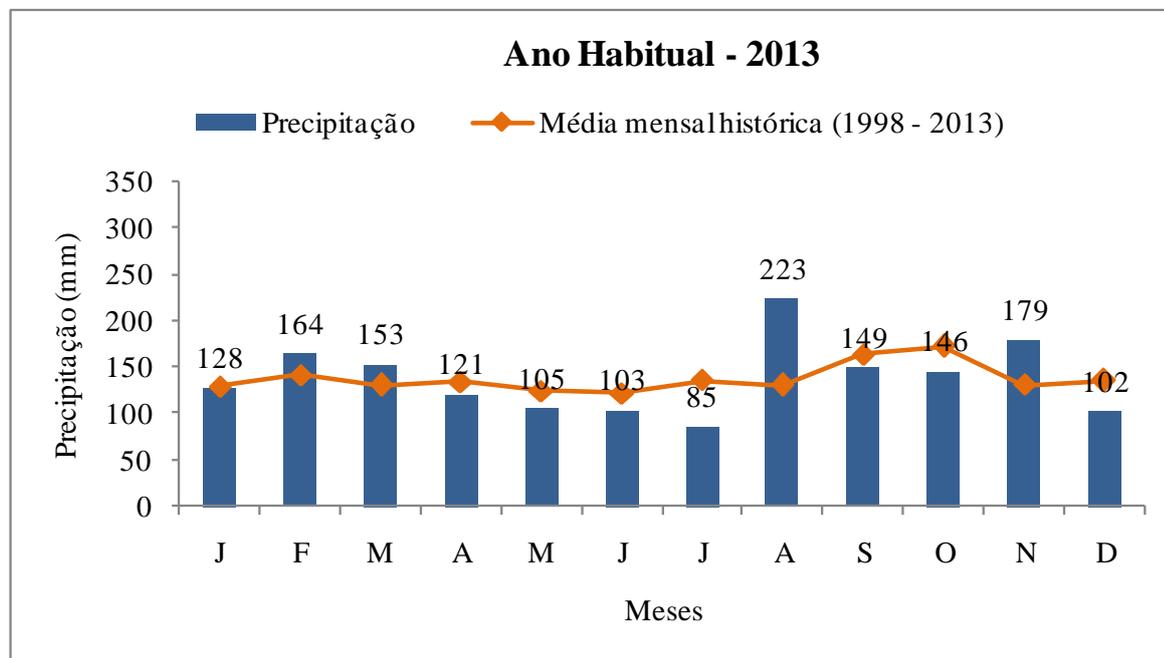


Figura 45 – Ano Habitual (2013) de acordo com a série histórica da precipitação pluviométrica no Rio Grande do Sul.



De acordo com a figura 44, o ano de 2002, considerado como chuvoso, apresentou somente os meses de fevereiro (99 mm) e maio (106 mm) abaixo da média histórica. No entanto, os meses de outubro (301 mm) e dezembro (266 mm) estiveram muito acima da média, ou seja, 129 e 131 mm, respectivamente. O ano de 2004, considerado seco, apresentou somente os meses de maio (185 mm) e novembro (132 mm) acima da média. Os meses de janeiro (73 mm), fevereiro (84 mm), março (64 mm), junho (85 mm), agosto (63 mm) e dezembro (68 mm) registraram os menores valores em relação à média.

No ano de 2002, a precipitação elevada pode ser relacionada com a ocorrência do *El Niño* - Oscilação Sul (ENOS) no período de 2002/2003, comprovando-se com as chuvas abundantes na primavera. O ano de 2004, mais especificamente o período de 2004/2005, registrou episódios dos dois fenômenos (*El Niño* e *La Niña*). A sua diferença entre o *El Niño* clássico é que o aquecimento do oceano Pacífico Equatorial não ocorre de forma simultânea e completa, e neste período, ficou agravado pelas águas mais frias do oceano Atlântico (PAIVA, 2015). Essa situação resultou em chuvas irregulares e uma forte estiagem no verão de 2005, causando prejuízos na produção agrícola, demonstrando que nem sempre o *El Niño* é sinônimo de excesso de chuva.

O ano chuvoso de 2002 pode ser considerado prejudicial ao cultivo da noqueira pecã, já que apresentou elevada precipitação, especialmente no mês de outubro e também novembro. Esses dois meses compreendem o período de floração e polinização da noqueira, que requer ação do vento para que ocorra a dispersão do pólen. Chuvas excessivas, de forma consecutiva, impedem o deslocamento do pólen e diminuem as chances de polinização. O ano de 2004, por sua vez, com os baixos índices de precipitação no período de desenvolvimento e formação das nozes (janeiro e fevereiro), pode influenciar significativamente no tamanho das nozes, na formação e no preenchimento da amêndoa, assim como na produtividade final.

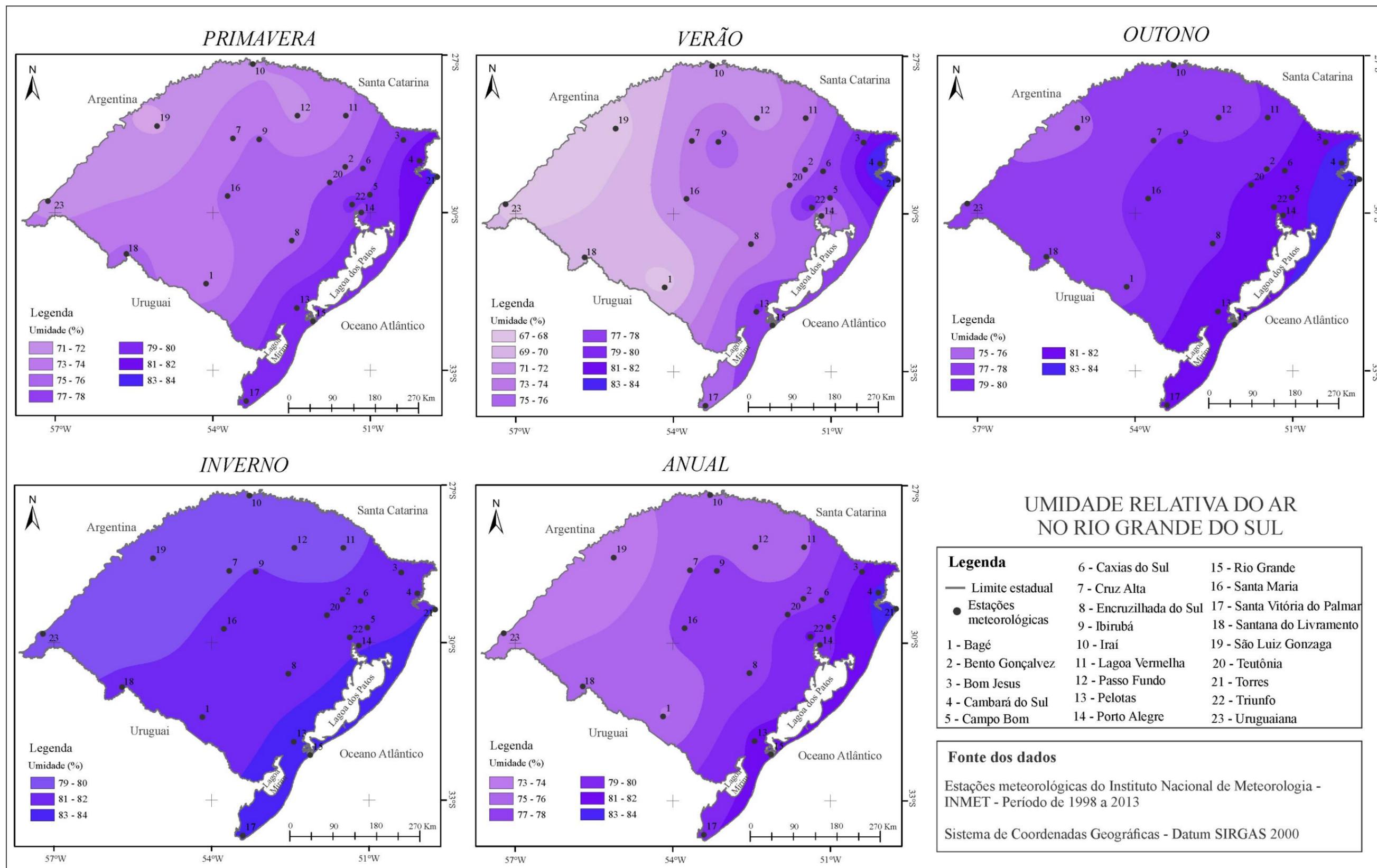
O ano de 2013, considerado habitual, apresentou média anual de 1.657 mm, muito próximo à média histórica de 1.651 mm. Porém, ao observar os valores mensais, notam-se algumas variações interessantes. O mês de agosto (233 mm) apresentou o maior valor acima da média, ou seja, 93 mm a mais. Já o mês de julho (85 mm), destaca-se por apresentar o menor valor em relação à média, ou seja, 51 mm a menos que a média histórica. Os demais meses mantiveram-se com valores aproximados ao histórico registrado.

### **5.1.3 Dinâmica da umidade relativa do ar**

A média da umidade relativa do ar no Rio Grande do Sul é 77% e a sua representação sazonal e anual pode ser observada na figura 46. A umidade relativa do ar anual variou de 73% a 84%, com um descolamento no sentido noroeste - sudeste. Os menores valores foram registrados na região de Uruguaiana e São Luiz Gonzaga. A umidade superior a 81% concentrou-se principalmente na faixa litorânea que compreende as regiões de Pelotas, Rio Grande, Torres e também a região de Cambará do Sul. Na representação sazonal da umidade, também se pode constatar os valores mais elevados de umidade na porção litorânea, em função da presença dos ventos úmidos trazidos pelo mar.

Na primavera, a variação de umidade foi de 13%, isto é, entre os valores de 71% e 84%. As regiões de Cambará do Sul e Torres apresentaram umidade superior a 81%. No outono, a umidade variou entre 75% e 84%, com aumento das áreas com valores superiores a 80%. Para algumas variedades da noqueira pecã, mais propícias ao desenvolvimento da sarna, doença que afeta tanto as folhas como os frutos, a primavera merece atenção. A umidade superior a 80% e mais de dois dias consecutivos são favoráveis ao desenvolvimento dessa doença.

Figura 46 – Umidade relativa do ar sazonal e anual no Rio Grande do Sul.



O verão apresentou a maior amplitude da umidade com 17% de variação entre o menor valor (67%) e o maior valor (84%) e os menores valores de umidade. As regiões que apresentaram umidade relativa até 70% compreendem praticamente toda a fronteira oeste do Estado, com o Uruguai e a Argentina, abrangendo Santana do Livramento, Uruguiana, São Luiz Gonzaga e Bagé. Os valores de umidade igual ou superiores a 80% compreendem toda a faixa litorânea e as regiões de Rio Grande, Pelotas, Triunfo, Campo Bom, Caxias do Sul, Bom Jesus, Cambará do Sul e Torres. No inverno, observa-se uma homogeneidade da umidade, com uma amplitude de apenas 5%, variando entre 79% a 84%. Esses valores vão ao encontro do que Sartori (2003, p. 42) afirma que “a umidade relativa varia entre 70% e 85%, sendo, evidentemente, menor no verão e maior no inverno”.

A umidade relativa do ar é uma variável climática importante para o desenvolvimento da noqueira pecã, sobretudo, daquelas espécies mais sensíveis ao ataque de patógenos, especialmente os fúngicos que se propagam em função de elevada umidade relativa do ar, tais como o *Cladosporium caryigenum* e o *Colletotrichum gloeosporioides*. De acordo com Brison (1976), a umidade relativa do ar superior a 80% dificulta a liberação do pólen das flores masculinas, resultando, assim, em menor fecundação e aumentando as chances de ocorrência de enfermidades fúngicas que atacam as folhagens. A variação histórica anual da umidade relativa do ar, a mediana, o desvio-padrão e os percentis podem ser verificados na tabela 12.

Tabela 12 – Média histórica anual da umidade relativa do ar, mediana, desvio padrão (*S*) e percentis 5, 10, 90 e 95 no Rio Grande do Sul.

	Umidade Relativa do Ar (%)						
	Média	Mediana	<i>S</i> (%)	P5	P10	P90	P95
1998	80	81	3,9	73	75	84	85
1999	75	75	6,8	66	68	83	85
2000	78	78	4,8	70	74	83	83
2002	80	79	2,8	76	77	84	85
2003	78	79	3,1	73	74	81	83
2004	77	76	3,8	71	72	82	83
2005	77	76	3,7	72	72	83	84
2006	77	76	4,2	72	72	83	84
2007	78	78	3,4	74	74	83	84
2008	77	77	4,1	71	72	81	85
2009	79	79	3,6	73	73	82	85
2010	78	78	4,1	72	73	83	86
2011	77	77	4,2	70	71	82	82
2012	74	74	4,2	67	69	80	81
2013	77	77	4,4	72	73	82	84

Com relação à média histórica anual da umidade relativa do ar, verificou-se que, dos 15 anos de análise, em seis, dessa a média histórica foi de 77% nos anos de 2004, 2005, 2006, 2008, 2011 e 2013. O ano de 2012 apresentou a menor média histórica, 74%. Os anos de 1998 e 2002, também os anos mais chuvosos, apresentaram a maior média de umidade relativa, ou seja, 80%. Nove dos 15 anos apresentaram a mediana igual à média: 1999, 2000 e de 2007 a 2013. O desvio-padrão aponta uma pequena dispersão dos dados em relação à média. O menor desvio-padrão foi no ano de 2002 (2,8%) e o maior, no ano de 1999 (6,8%).

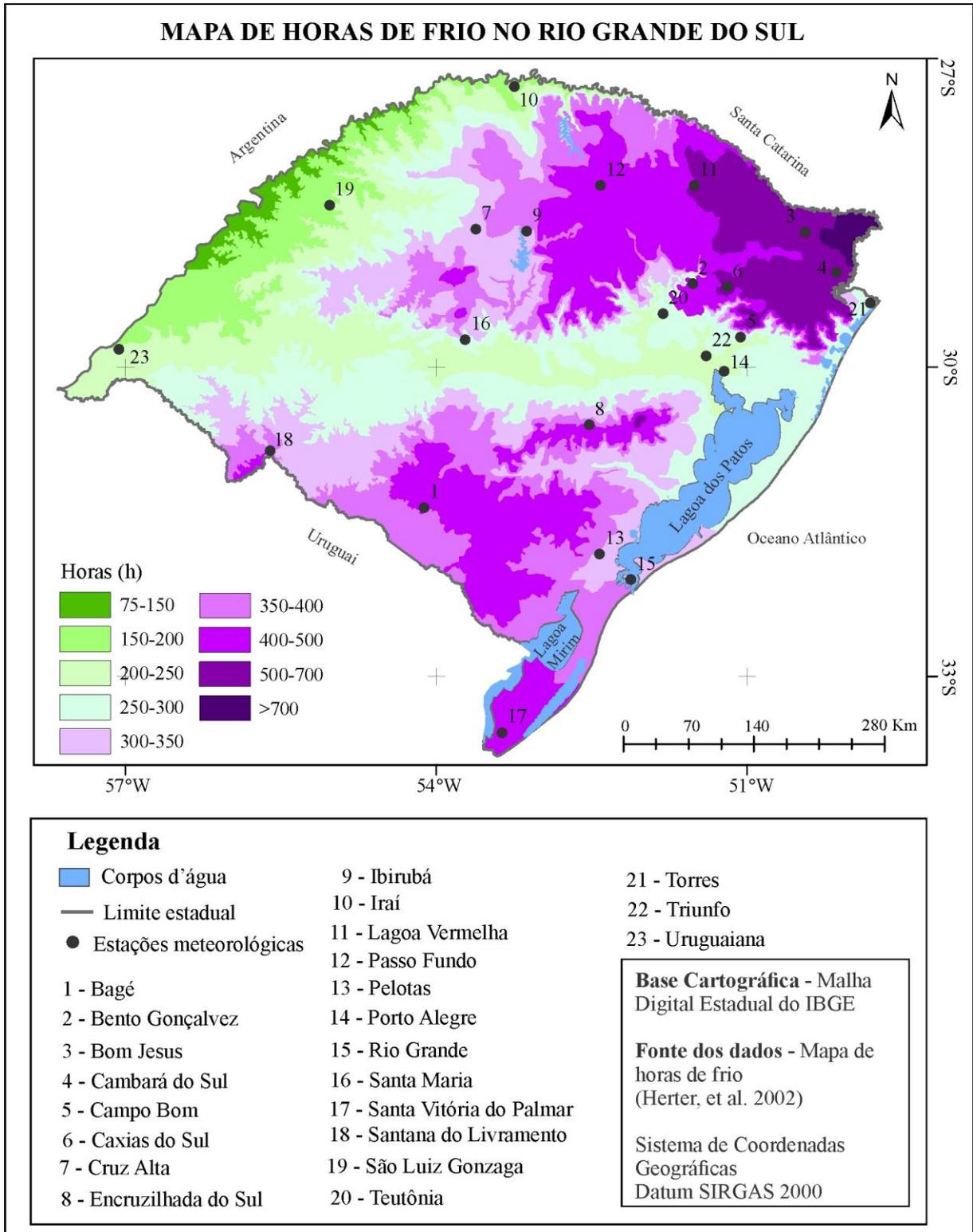
Os percentis confirmam a variação da umidade. O menor valor de percentil 5 foi no ano de 1999 (66%), enquanto que o percentil 95 do mesmo ano foi de 85%. O maior valor de percentil 5 foi no ano de 2002 com 76%, e o percentil 95 para este mesmo ano foi de 85%. O ano de 2010 apresentou o maior valor do percentil 95 (86%) e o ano de 2012, o menor valor (81%). Estes dados indicam a variação entre os menores e os maiores valores registrados, demonstrando que se deve ter cautela ao utilizar somente dados referentes à média.

#### **5.1.4 Dinâmica das horas de frio**

A representação das horas de frio, temperaturas inferiores a 7,2°C, no período de maio a setembro, pode ser verificada na figura 47. O mapa foi obtido a partir da digitalização no mapa original, elaborado por Herter et al. (2002). Como pode ser observado, o Estado apresenta uma variação significativa no número de horas de frio, um requerimento importante para o desenvolvimento da nogueira pecã e também de outras frutíferas de clima temperado, que necessitam de um período de dormência ou repouso, condicionado pelas condições climáticas, que atuam como reguladoras de crescimento (SENTELHAS; ANGELOCCI; 2009).

Os menores acúmulos de horas de frio, entre 75 e 150 horas, são encontrados na porção noroeste do Estado e, somando-se a ela, tem-se a faixa com valores entre 150 h a 200 horas, ambas no Vale do Rio Uruguai, na fronteira com a Argentina. Essas duas faixas compreendem as regiões de Uruguiana, São Luiz Gonzaga e Iraí, no norte do Estado. A região de 200 a 350 horas de frio, que envolve parte da porção noroeste, seguindo pela Depressão Central até parte da Planície Litorânea, está situada em locais com altitude até 500 metros e compreende as regiões de Ibirubá, Santa Maria, Teutônia, Triunfo, Porto Alegre, Campo Bom, Torres, Pelotas e Rio Grande.

Figura 47 – Mapa das horas de frio no Rio Grande do Sul no período de maio a setembro.



A região que compreende 350 a 500 horas de frio está localizada em porções com altitudes situadas entre 500 a 800 metros, a nordeste do Estado, compreendendo Passo Fundo e Bento Gonçalves. E ao sul, na Campanha e na Serra do Sudeste, em altitudes entre 200 a

500 metros, abrangendo ainda a fronteira com o Uruguai, nas regiões de Santana do Livramento, Bagé, Encruzilhada do Sul e Santa Vitória do Palmar, sendo que, nelas, a presença do frio deve-se muito mais à influência da latitude do que da altitude. As horas de frio superiores a 500 ocorrem nas regiões de maior altitude (superiores a 800), especialmente na Serra Gaúcha e na Serra do Nordeste, abrangendo Lagoa Vermelha, Bom Jesus, Caxias do Sul e Cambará do Sul.

As variações significativas no acúmulo de horas de frio no Estado condicionam o cultivo da noqueira pecã, ainda que diferentes variedades da espécie estejam sendo desenvolvidas e podem ser adaptadas a essas condições climáticas. A maioria dos autores que se dedica ao estudo deste cultivo, tais como Raseira (1990), Lemus (2004) e Grageda et al. (2013), destacam que a noqueira pecã necessita do acúmulo de mais de 400 horas de frio, no seu período de dormência. No entanto, outros autores destacam que a noqueira pode ser cultivada em regiões entre 250 a 550 horas (MADEIRO; FRUSSO; BRUNO, 2012) ou até mesmo entre 50 a 600 horas de frio (OJEDA BARRIOS et al., 2009).

## 5.2 ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO

O Zoneamento de Risco Climático da noqueira pecã é resultado da integração, isto é, da síntese das informações obtidas a partir dos cinco índices de riscos definidos para as diferentes fases fenológicas do cultivo. O índice de risco de temperaturas superiores a 35°C foi analisado na floração e na formação dos frutos. No período de dormência da noqueira, analisou-se o índice de risco de falta de horas de frio. O índice de risco de excesso de precipitação foi avaliado na expansão foliar, na floração, no desenvolvimento dos frutos e na colheita das nozes. Para a estação de crescimento das nozes, que compreende os meses de outubro a abril, analisou-se o índice de risco de estiagem e, por fim, o índice de risco de excesso de umidade foi verificado na floração.

Os índices, definidos a partir de estudos já realizados com a espécie *Carya illinoensis*, apontam classes de risco desde muito baixo até muito alto. A ocorrência de algum risco não significa que a noqueira pecã não poderá ser cultivada nessas áreas. No entanto, a incidência de fenômenos adversos para o cultivo poderá acarretar interferências, principalmente do ponto de vista produtivo, por um ou mais anos, como já destacado nos referenciais bibliográficos. Além disso, este estudo apresenta índices de risco somente do ponto de vista climático. O manejo do cultivo adequado, bem como a escolha de cultivares

que se adaptem melhor às condições climáticas do Estado é fundamental para o sucesso produtivo e o desenvolvimento da noqueira pecã.

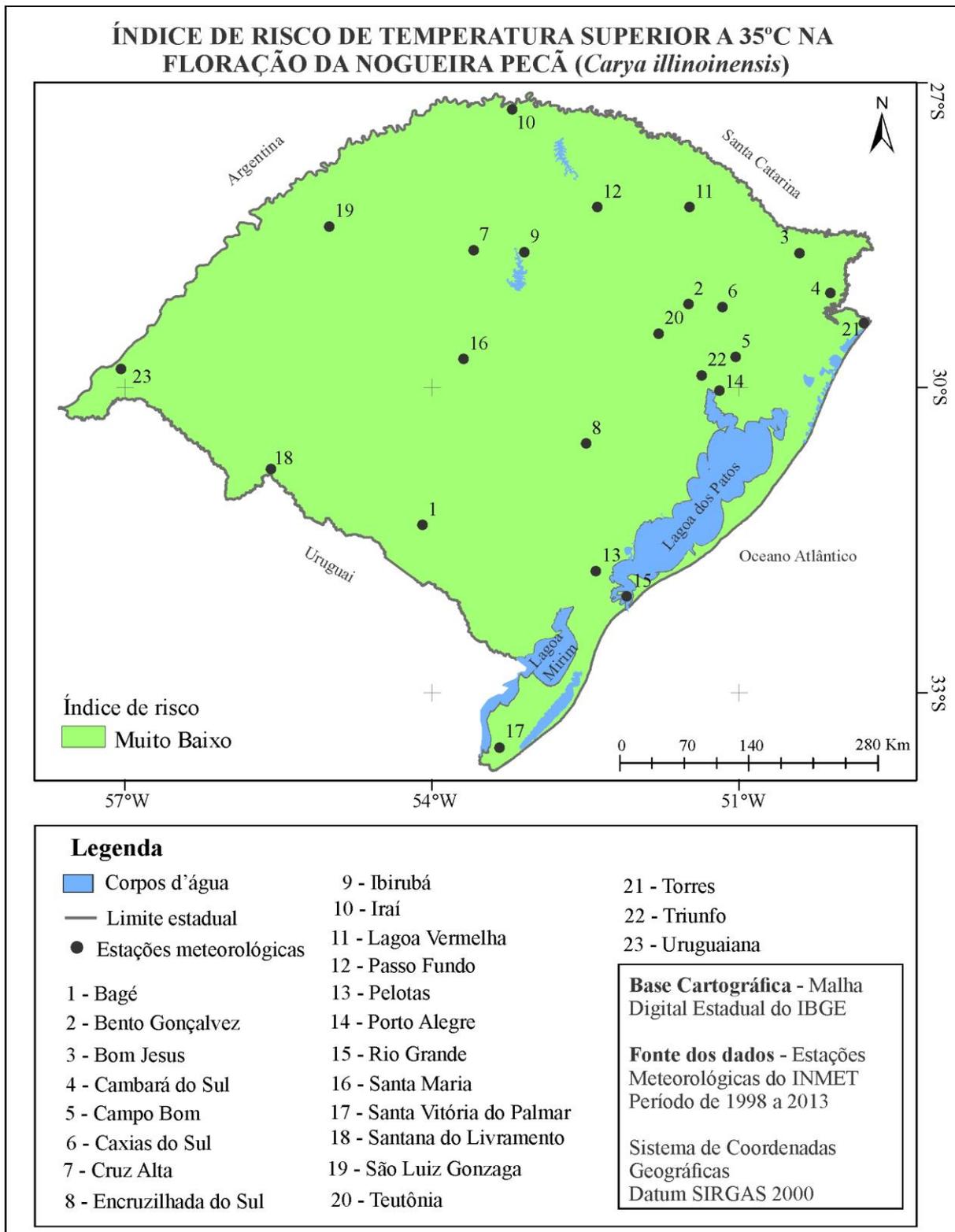
### **5.2.1 Índice de risco de temperaturas superiores a 35°C**

O índice de risco de temperaturas superiores a 35°C foi elaborado com base na frequência da ocorrência do número de dias em que a temperatura máxima absoluta foi superior a 35°C em até dois dias - risco muito baixo; até três dias - baixo; até quatro dias – risco médio; até cinco dias - alto e maior que cinco dias - risco muito alto. Esse índice foi analisado para duas fases distintas do desenvolvimento da noqueira. A primeira, que compreende o período de floração, durante os meses de outubro e novembro, e a segunda no período de formação dos frutos, nos meses de janeiro e fevereiro.

#### *5.2.1.1 Na floração*

A representação do índice de risco de temperaturas superiores a 35°C na floração da noqueira pecã pode ser observada na figura 48.

Figura 48 – Índice de risco de temperatura superior a 35°C na floração da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



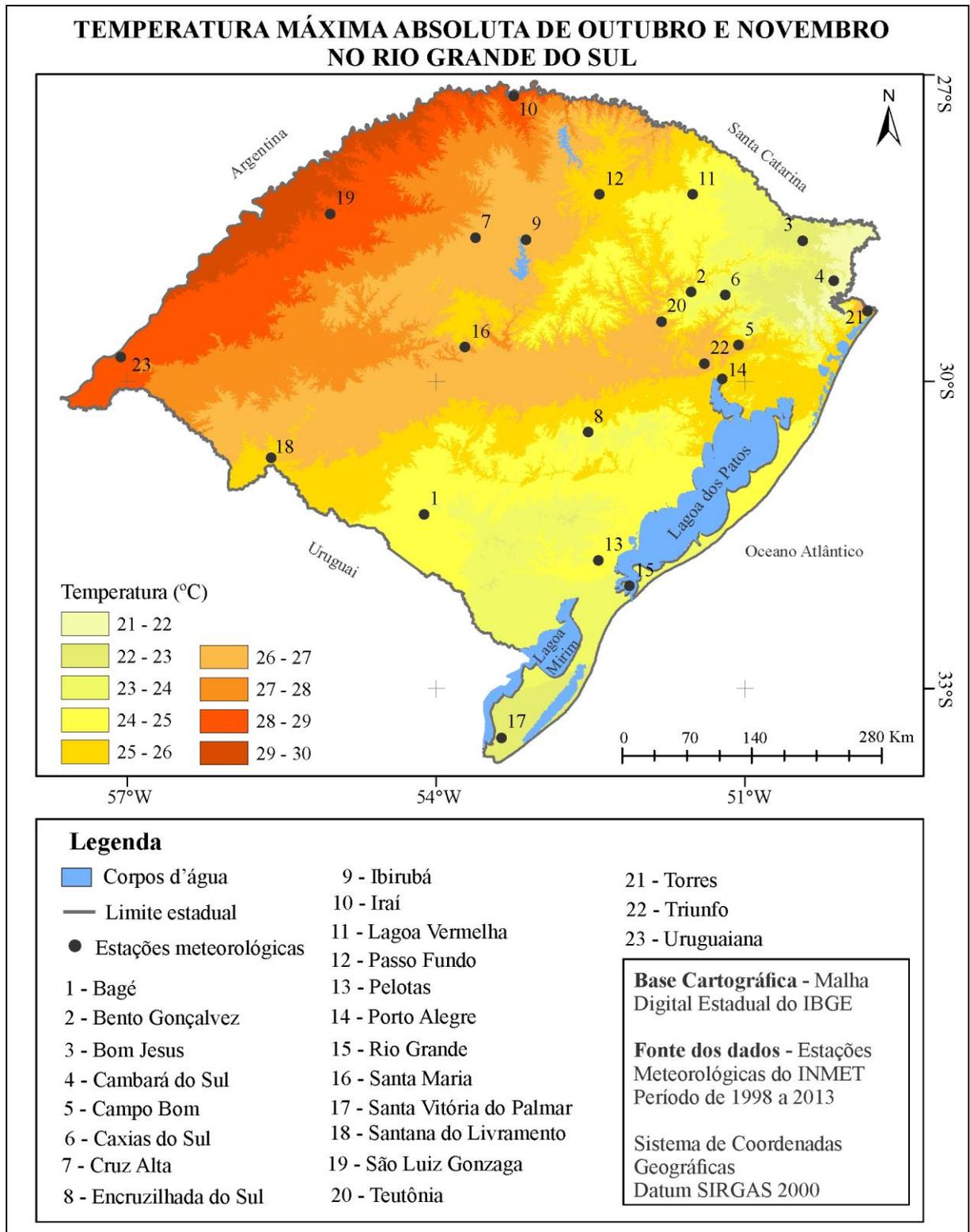
A floração e a polinização compreendem o período do desenvolvimento reprodutivo da noqueira. Nas primeiras semanas de outubro, inicia-se o desenvolvimento dos amentos

(flores masculinas), seguido da liberação do pólen aos finais de outubro até meados de novembro, juntamente com a receptividade do estigma (flor feminina). Dependendo das variedades serem protândricas (liberação do pólen antes da receptividade do estigma) ou protogínicas (receptividade do estigma antes da liberação do pólen), haverá diferenciações no período e, então, a necessidade de planejar o pomar com variedades polinizadoras (liberação precoce do pólen) e produtoras (liberação tardia do pólen). A pós-polinização ocorre ao final de novembro, aproximadamente uma semana depois da polinização e marca o início do crescimento dos frutos (FRUSSO, 2007).

Como se pode observar, o índice de risco foi considerado muito baixo para todo o Estado, ou seja, prevaleceu a ocorrência de temperaturas superiores a 35°C até dois dias durante os meses de outubro e novembro. Apesar das variedades de noqueira pecã apresentarem períodos de floração distintos e que necessitam de produtoras e polinizadoras no pomar, considerou-se o período de floração durante esses dois meses. Esse índice de risco muito baixo pode apresentar pouca interferência na floração, mas tende a aumentar a sua interferência à medida que a frequência de temperaturas superiores a 35°C aumenta. Segundo Grageda et al. (2013), essas temperaturas interferem na polinização e na floração, bem como na formação dos frutos, resultando em poucos frutos por ramos, em função de que existe um alto risco do pólen desidratar-se.

Apesar de o risco ser considerado baixo, quando se observa em termos de número absoluto de ocorrências no mês de outubro, em relação a novembro, verifica-se um considerável aumento no número de episódios em novembro. No período histórico, para o mês de outubro, Iraí e Campo Bom registraram as maiores percentagens de ocorrências, sendo 4,0 e 3,8% respectivamente. Para o mês de novembro, Campo Bom apresentou o maior número de ocorrências, 9,4%, seguido de São Luiz Gonzaga (7,6%), Iraí (6,4%), Teutônia (6,3%) e Santa Maria (4,2%). Assim, apesar do índice apresentar muito baixo risco em todo o território, devido à interpolação dos dados, as regiões citadas e os municípios da fronteira noroeste com a Argentina merecem maior atenção em relação ao número de ocorrências de temperaturas superiores a 35°C. A figura 49 representa a temperatura máxima absoluta de outubro e novembro no Estado.

Figura 49 – Temperatura máxima absoluta de outubro e novembro no Rio Grande do Sul.



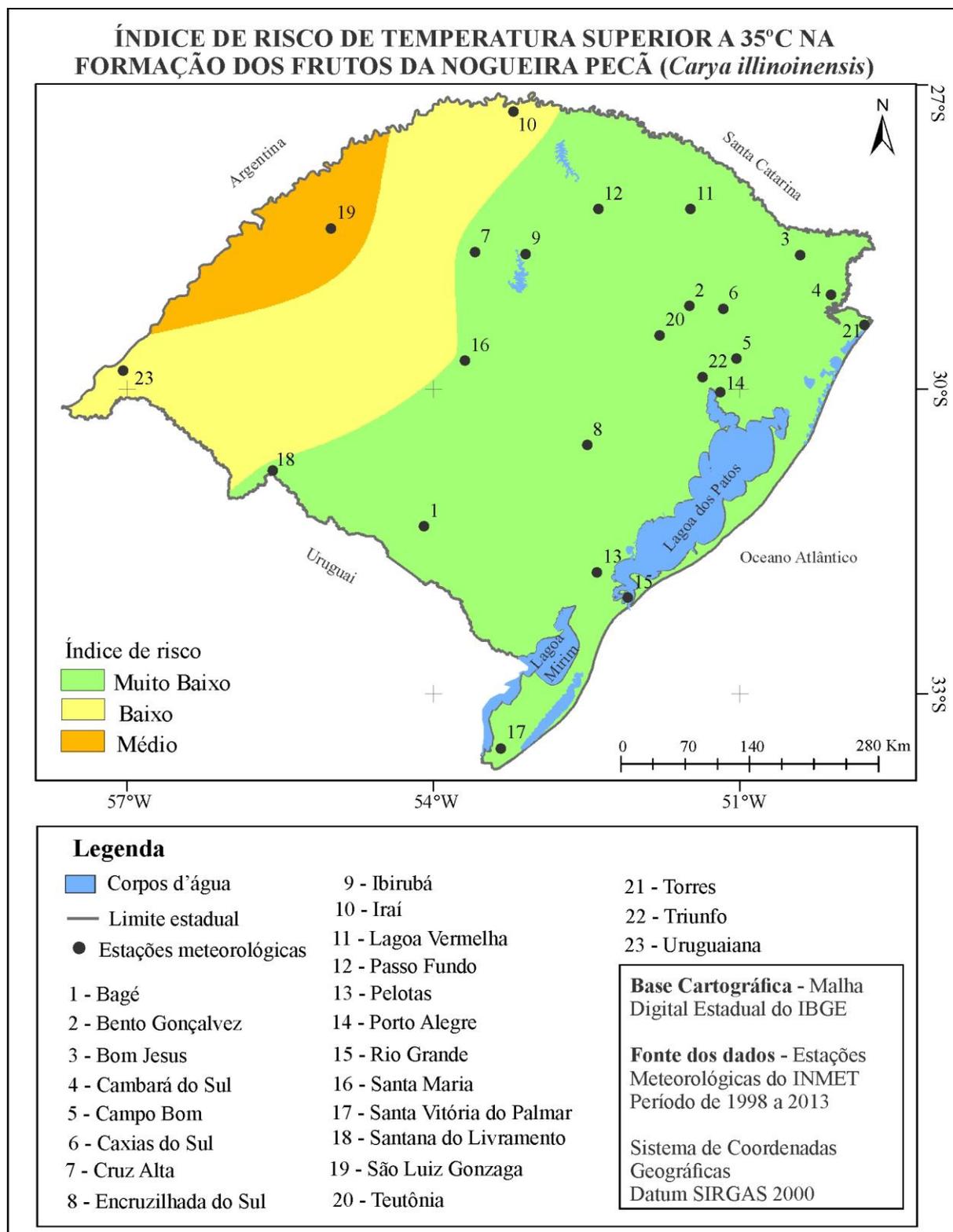
A partir da representação da temperatura máxima absoluta, pode-se verificar uma variação espacial significativa da temperatura, apesar de que, no índice de risco, não tenha

sido evidenciada com grande significância. Essa espacialização mostra que os meses de outubro e novembro já apresentam temperaturas máximas elevadas no Vale do Uruguai, na fronteira noroeste com a Argentina, entre 28 e 30°C, deslocando-se em direção à região central. Na Serra do Nordeste, foram identificados os menores valores (21 – 22°C). Ao sul, em Santa Vitória do Palmar e Rio Grande, e a nordeste, na região de Cambará do Sul e Bom Jesus, apresentam-se temperaturas máximas entre 22 - 23°C.

#### *5.2.1.2 Na formação dos frutos*

O índice de risco de temperaturas superiores a 35°C na formação dos frutos da noqueira pecã pode ser observado na figura 50. O período de formação das nozes, com maior interferência das altas temperaturas, compreende os meses de janeiro e fevereiro, que envolve o estado aquoso, isto é, a formação da amêndoa (parte comestível). No entanto, o tamanho das nozes começa a desenvolver-se aos finais de novembro (uma semana após a polinização) até janeiro e a amêndoa desenvolve-se desde janeiro até início de abril, quando também inicia a formação e o endurecimento da casca (MADEIRO, 2003; FRUSSO, 2007).

Figura 50 – Índice de risco de temperatura superior a 35°C na formação dos frutos da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



Ao observar-se a figura 50, verifica-se a presença de três classes de risco: muito baixo, baixo e médio. O risco muito baixo, temperaturas superiores a 35°C até dois dias, compreende

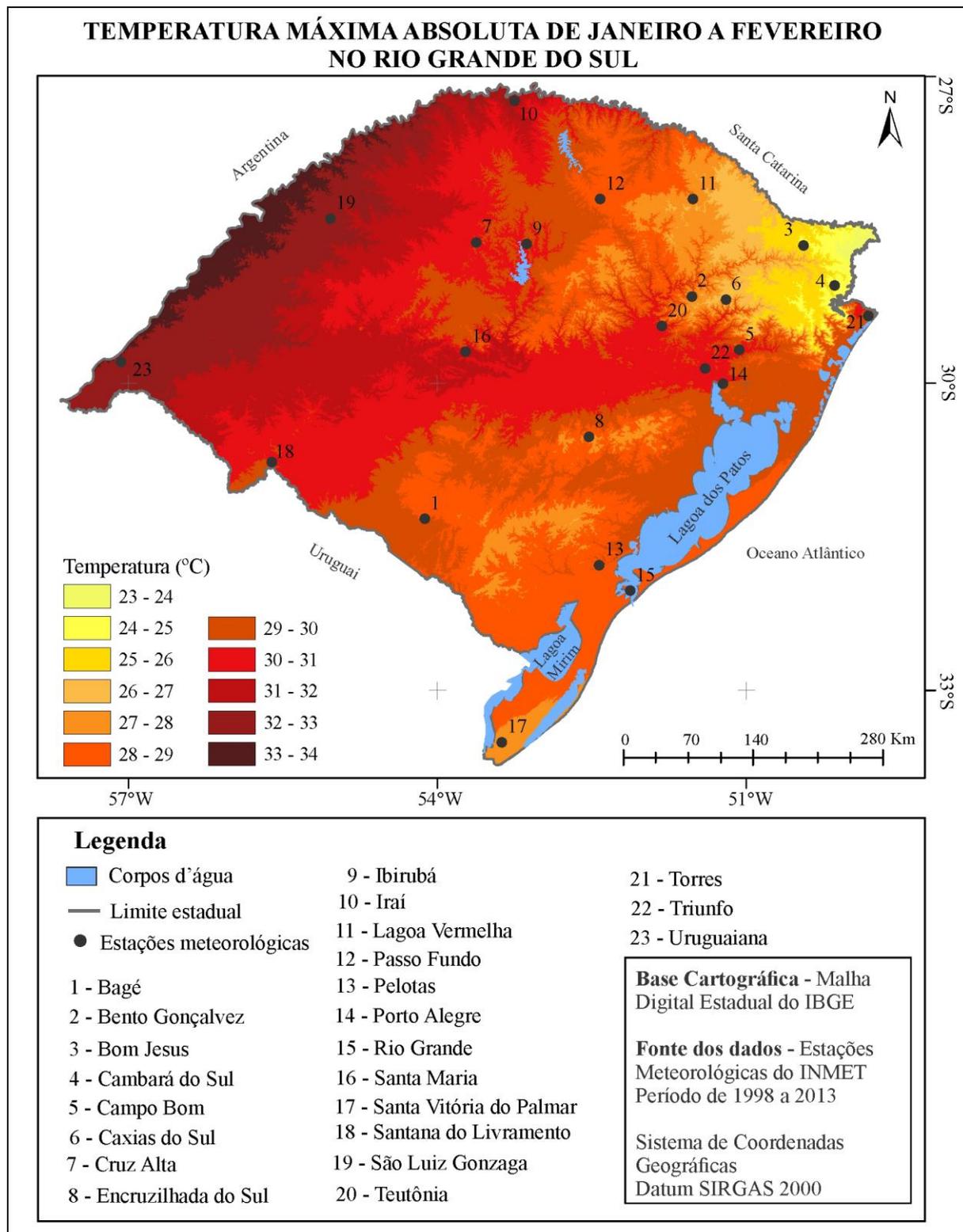
67,4% da área de estudo, isto é, a maior parte, com exceção da fronteira noroeste do Estado, com a Argentina e parte com o Uruguai. Dentre os 20 maiores municípios produtores de noqueira pecã no Estado, destacam-se, nessa classe de risco, Vila Nova do Sul, Santa Maria, Cachoeira do Sul, Rio Pardo, General Câmara, Anta Gorda, Nova Petrópolis, Barão do Triunfo, Cruzeiro do Sul, Encantado, Rondinha e Tapejara (Ver Figura 27).

O risco baixo, temperaturas superiores a 35°C até três dias, representa 25,2% da área total, compreendendo a região de Uruguaiana em direção a Iraí, ao norte. Compreende cinco dos maiores municípios produtores de nozes: São Vicente do Sul, Quevedos, Crissiumal, Iraí e Ajuricaba (Ver Figura 27). Uma pequena região, na fronteira com a Argentina, incluindo São Luiz Gonzaga representa 7,4% do total, com risco médio e temperaturas superiores a 35°C até quatro dias. Nessa área, destacam-se alguns municípios com pequena produção de noqueiras tais como São Borja, Garrujos, Itaqui, Porto Xavier e Roque Gonzáles (Ver Figura 27). De acordo com Raseira (1990), essas temperaturas elevadas são prejudiciais, pois podem reduzir o crescimento vegetativo da noqueira pecã, aumentar a queda prematura dos frutos, diminuir o seu tamanho e o acúmulo de óleo.

O índice foi elaborado a partir do número de dias com temperaturas superiores a 35°C durante a série histórica. No mês de janeiro, essas ocorrências foram mais frequentes do que no mês de fevereiro. Em termos percentuais, durante os 15 anos de análise, no mês de janeiro destaca-se a região de São Luiz Gonzaga que apresentou o maior número de dias com temperaturas superiores a 35°C, ou seja, 21,1%. Ainda, nesse mês, destacam-se outras regiões com percentual significativo: Campo Bom (18%), Iraí (15,3%), Uruguaiana (13,3%), Teutônia (12,0%), Santana do Livramento (10,7%) e Santa Maria (10,3%). Para o mês de fevereiro destacam-se as seguintes regiões com as maiores ocorrências: São Luiz Gonzaga (15,2%), Uruguaiana (11,7%), Campo Bom (11,6%), Iraí (10,7%), Teutônia (10,0%), Porto Alegre (6,7%), Triunfo (8,1%), Santana do Livramento (4,7%) e Santa Maria (4,5%).

A temperatura máxima absoluta durante os meses de janeiro e fevereiro, período em que o índice foi analisado, está representada na figura 51. A espacialização dessa variável condiz com os dados apresentados anteriormente. A amplitude térmica durante esse período é de 11°C, estando a fronteira noroeste muito mais aquecida (33 – 34°C) que a região serrana, em Bom Jesus e Cambará do Sul (23 - 24°C).

Figura 51 – Temperatura máxima absoluta de janeiro e fevereiro no Rio Grande do Sul.



Essa representação aponta o que Sartori (2003) concluiu com base em outros estudos que, nos verões, a temperatura média do mês mais quente (janeiro) é superior a 22°C, na

maior parte do Estado, e a média das máximas varia entre 28°C, no topo do Planalto (acima de 500 m) e Planície Litorânea, e 32°C na Depressão Central, Campanha e Vale do Uruguai. Segundo a autora, esse aquecimento é provocado pelo superaquecimento continental das Massas Polares (Polar Velha) ou pelo domínio eventual, de massas tropicais (MTA ou MTC).

## **5.2.2 Índice de risco de falta de horas de frio**

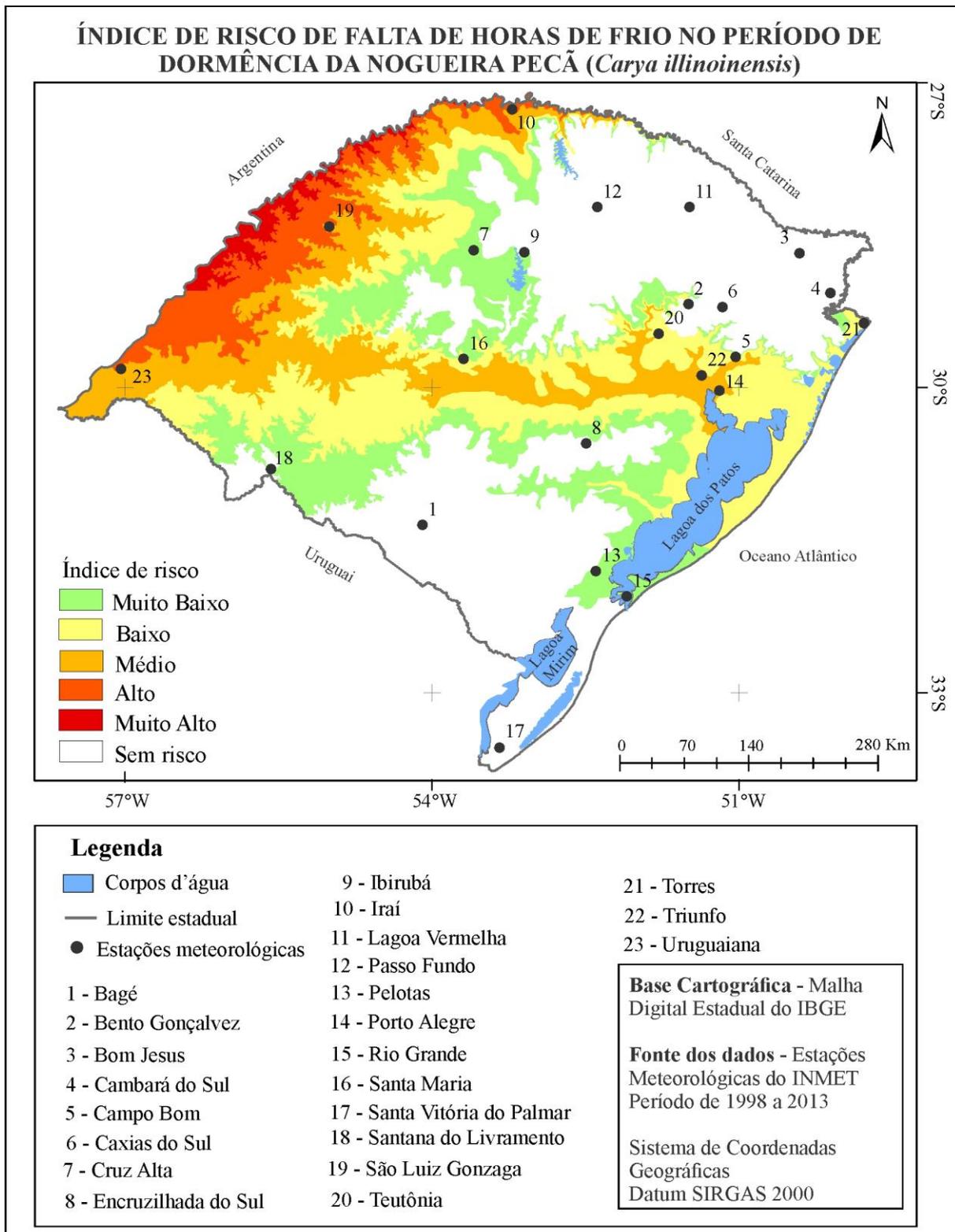
### *5.2.2.1 Na dormência*

O índice de risco de falta de horas de frio foi elaborado para o período de dormência da noqueira pecã, ou seja, durante os meses de maio a setembro (Figura 52). Definiu-se, como limite máximo e mínimo 350 e 150 horas, respectivamente. As classes de risco ficaram definidas como: horas de frio entre 300 a 350 horas: muito baixo; entre 250 a 300 horas: baixo; entre 200 a 250 horas: médio risco; entre 150 a 200 horas: alto e horas de frio abaixo de 150 horas: muito alto risco.

De acordo com a figura 52, verifica-se a existência das cinco classes de risco em 57,5% do território gaúcho e duas regiões, uma ao norte e outra ao sul, sem a presença de risco, representando 42,5% da área total. O risco muito baixo, que compreende as áreas situadas entre 300 e 350 horas de frio, representa 15,5% da área total. Nessa área, pode-se destacar os municípios produtores de nozes de Vila Nova do Sul, Quevedos e Rondinha (Ver Figura 27).

O risco baixo, entre 250 e 300 horas de frio, ocupa 20,2% da área, ou seja, maior proporção de área ocupada pelos riscos. A faixa compreendida entre 200 e 250 horas foi classificada de risco médio e representa 13,7% da área. Alguns dos maiores municípios produtores de nozes encontram-se localizados nessas duas áreas, devido, sobretudo, à influência do relevo, isto é, da diferença de altitude. São eles: São Vicente do Sul, Santa Maria, Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Cruzeiro do Sul e General Câmara (Ver Figura 27). O risco alto (6,4%) que compreende horas de frio entre 150 a 200, e muito alto (1,7%), com horas de frio inferiores a 150, apresentaram as menores proporções de termos de área. Na área de risco alto, destacam-se os municípios de Iraí e Crissiumal e, na de risco muito alto, os municípios fronteiriços tais como São Borja, Garrujos, Porto Xavier, Itaqui e Roque Gonzáles (Ver Figura 27).

Figura 52 – Índice de risco de falta de horas de frio no período de dormência da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



As regiões que não apresentaram risco, ou seja, que possuem mais que 350 horas de frio estão localizadas ao sul, nas regiões de Bagé, Santa Vitória do Palmar e Rio Grande, e na

região noroeste do Estado, compreendendo Passo Fundo, Bento Gonçalves, Lagoa Vermelha, Bom Jesus, Caxias do Sul e Cambará do Sul. A primeira região atende o número de horas de frio, pois a sua localização está relacionada com a interferência da latitude nas temperaturas e, na segunda, as horas de frio estão mais relacionadas com a interferência da altitude. Dentre os principais municípios produtores de nozes e que estão situados fora das áreas de risco tem-se os territórios de Anta Gorda, Nova Petrópolis, Arvorezinha, Ciríaco, Tapejara, Rondinha e Barão do Triunfo (Ver Figura 27).

O número de horas de frio corresponde à quantidade de frio requerida para o término do repouso e o início de um novo ciclo, o vegetativo/reprodutivo, que ocorre somente após as plantas sofrerem a ação das baixas temperaturas. Conforme destacado por Sentelhas e Angelocci (2009), as espécies frutíferas de clima temperado, de folhas caducas, apresentam um período de repouso invernal, durante o qual não apresentam crescimento vegetativo, em que as condições climáticas atuam sobre os reguladores de crescimento. Assim, a temperatura é reconhecidamente um fator muito importante no balanço hormonal dessas frutíferas.

A noqueira pecã por ser uma planta caducifolia e de clima temperado apresenta a necessidade de um período com temperaturas abaixo de 7,2°C para entrar em repouso vegetativo e, depois, brotar e frutificar de maneira satisfatória (FEIO, 1991). De acordo com Sparks (1993), as noqueiras necessitam de aproximadamente 400 horas de frio para uma brotação uniforme, mas requerem ao menos 400 horas para uma brotação rápida. Quanto maior for o frio no inverno, menor será a necessidade de calor requerido para a brotação na primavera, pois a planta satisfaz os seus requerimentos para romper a dormência e iniciar a brotação (SPARKS, 2005).

Em estudos desenvolvidos por Avila (2006) e Grageda et al. (2013), em regiões deficientes de frio, em que as necessidades de frio invernal não foram satisfeitas, os pomares de nozes apresentam brotações deficientes (inferiores a 70% das gemas brotadas), floração irregular e prolongada, folhagem raquítica e poucas ramificações. Com essas consequências, os rendimentos dos pomares de nozes tendem a ser aquém do seu potencial, isto é, apresentar redução do rendimento e da longevidade da cultura (SENTELHAS; ANGELOCCI, 2009).

As diferentes variedades de noqueira pecã podem apresentar exigências diferentes quanto ao número de horas de frio. Assim, os produtores, orientados por essa espacialização, podem adequar o seu pomar com variedades que se adaptem ao número de horas de frio nas diversas regiões do Estado, escolhendo variedades menos exigentes ao frio nas zonas que apresentam poucas horas de frio. Na zona situada no Vale do Uruguai, com horas de frio inferiores a 200, enfatiza-se que esse requerimento pode ser insuficiente para o

desenvolvimento de algumas variedades de noqueiras. Nas outras zonas que compreendem a Depressão Central e a Planície Litorânea, que apresentam risco baixo a médio, podem ser cultivadas diferentes variedades conforme a sua exigência em frio.

A falta de horas de frio não impede o desenvolvimento das noqueiras, mas afeta a brotação rápida e completa, podendo reduzir a produção de flores e o amarelo das nozes (MEXAL; HERRERA, 2013). Além disso, conhecendo a distribuição das horas de frio, Herter et al. (2002) destacam que é importante, na instalação de um pomar, selecionar uma área com elevação favorável, ou seja, áreas onduladas ou encostas com declive não muito acentuado e bem exposta ao sol, de preferência com vertentes de orientação norte, uma vez que a diferença de nível também implica na variação da temperatura. Nas zonas de maior altitude ou maiores latitudes, deve-se evitar variedades de brotação precoce, pois haverá chances de ocorrerem geadas primaveris prejudiciais.

### 5.2.3 Índice de risco de excesso de precipitação

O índice de risco de excesso de precipitação foi analisado em quatro períodos distintos: período de expansão foliar (setembro e outubro), floração e polinização (outubro e novembro), desenvolvimento dos frutos (dezembro, janeiro e fevereiro) e na colheita (abril e maio). O mesmo foi elaborado com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos de precipitação. Definiu-se como risco muito baixo para a pluviosidade consecutiva durante dois dias. Para a pluviosidade consecutiva até três dias, risco baixo; até quatro dias, risco médio; até cinco dias, alto e superior a cinco dias, risco muito alto.

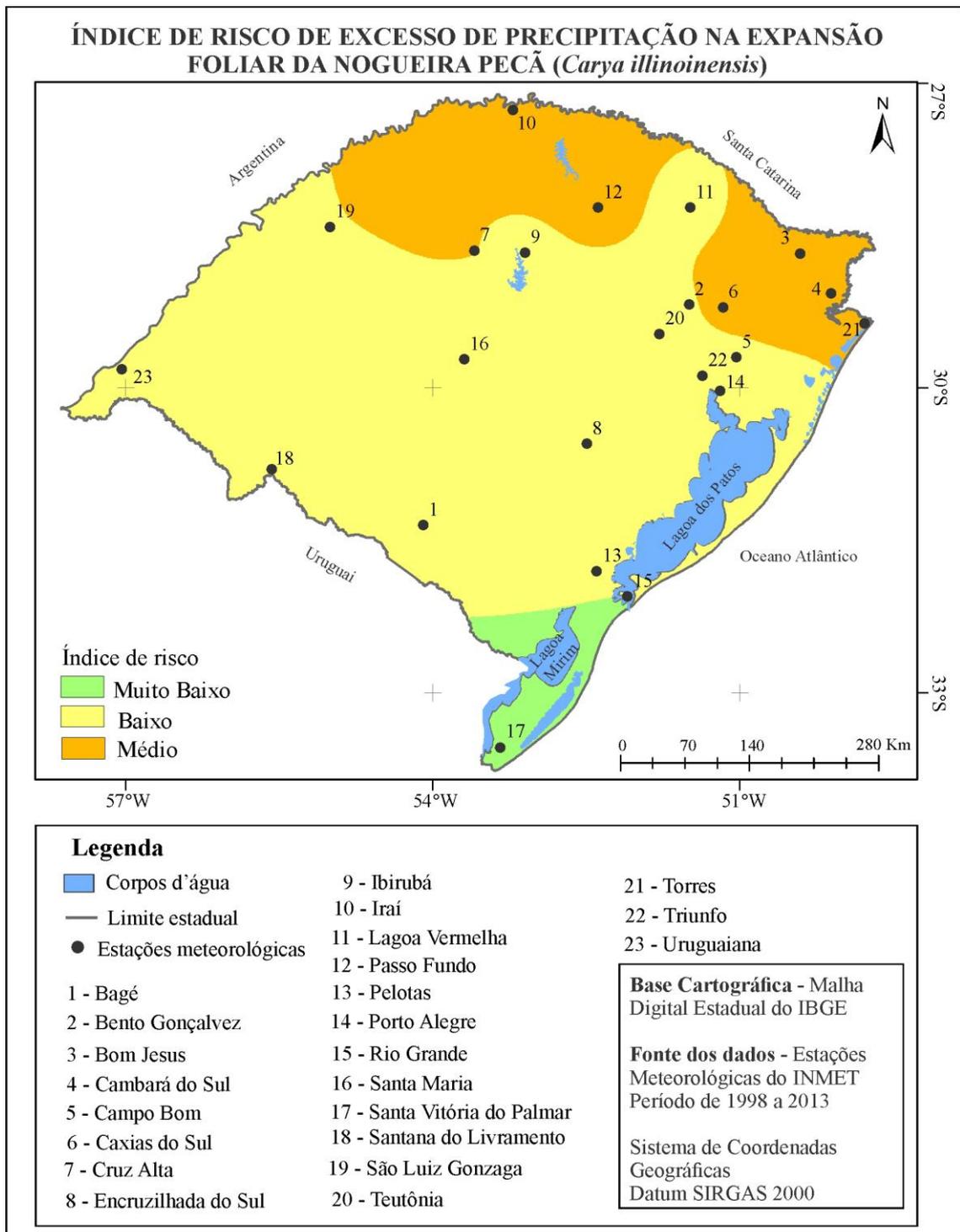
No período de expansão foliar, também conhecido como desenvolvimento vegetativo, as gemas dormidas começam a aumentar de tamanho até a sua abertura total, quando as folhas começam a desenvolver-se e atingirem o seu tamanho final, em meados de novembro. A floração e a polinização compreendem o período do desenvolvimento reprodutivo, como já destacado anteriormente. O desenvolvimento dos frutos inicia desde princípios do mês de dezembro até o final de março, compreendendo desde a formação do endocarpo, seguido do desenvolvimento da amêndoa (estado aquoso) até a formação total da parte comestível.

Nesses três períodos, deve-se atentar para a incidência de doenças fúngicas, tais como a sarna (*Cladosporium caryigenum*) e a antracnose (*Colletotrichum* sp.), desenvolvidas em ambientes de elevada umidade e precipitação consecutiva, e que podem atacar tanto as folhagens como os frutos. Em abril e maio, o excesso de precipitação interfere na colheita dos frutos.

### 5.2.3.1 Na expansão foliar

O índice de risco de excesso de precipitação na expansão foliar da noqueira pecã pode ser observado na figura 53.

Figura 53 – Índice de risco de excesso de precipitação no período de expansão foliar da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



É importante destacar que o índice final é resultado de uma média ponderada quanto ao número de ocorrências de precipitações consecutivas, conforme as cinco classes definidas. Durante a série histórica, nos meses de setembro e outubro, houve a ocorrência das cinco classes de risco, porém, no índice final, prevalecem as classes resultantes da ponderação. Nesses dois meses que compreendem a expansão foliar, o risco muito baixo e baixo tiveram 1.316 ocorrências, o risco médio 178 e os riscos alto e muito alto, 133 ocorrências. As regiões que apresentaram o maior número de ocorrências de dois dias consecutivos de precipitação foram Iraí (53) e São Luiz Gonzaga (53) e as menores deram-se em Teutônia (24) e Campo Bom (27). A maior ocorrência de cinco dias ou mais de precipitações consecutivas foi em Caxias do Sul (11) e as menores, com duas ocorrências, em Santa Vitória do Palmar e Rio Grande.

De acordo com a representação, verifica-se a presença das classes de risco muito baixo, baixo e médio. O risco muito baixo com precipitações consecutivas durante dois dias incide em 4% da área estadual, restringindo-se ao sul, em Santa Vitória do Palmar e Rio Grande. Nessa área, ainda não há registro de municípios produtores de noz pecã. Na maior parte do Estado, 72,9% do território, destaca-se a incidência do baixo risco, com precipitações consecutivas até três dias. Encontra-se desde as regiões de Pelotas, ao sul, Uruguaiana, Santana do Livramento e Bagé, na fronteira sudoeste e oeste, com o Uruguai e a Argentina, seguindo na região central, em Santa Maria, em direção à região metropolitana até Lagoa Vermelha, ao nordeste do Estado. Nessa área, estão incluídos alguns dos maiores municípios produtores de nozes, tais como Santa Maria, Cachoeira do Sul, Anta Gorda, General Câmara, Cruzeiro do Sul e São Vicente do Sul (Ver Figura 27).

Destacam-se também, duas regiões, uma ao norte, junto a Iraí e Passo Fundo, e outra a leste, envolvendo Cambará do Sul, Bom Jesus e Torres, que apresentaram risco médio (23,1%), com precipitações consecutivas até quatro dias. Destacam-se, nessa área de risco médio os municípios produtores de Nova Petrópolis, Ajuricaba, Rondinha, Tapejara, Crissiumal e Iraí (Ver Figura 27). Essas áreas requerem maior atenção, pois aumentam as chances do aparecimento de doenças fúngicas.

Conforme destaca Sparks (1997), dois dias consecutivos ou mais de precipitação no período de expansão foliar, bem como na formação dos frutos, favorecem a infestação pela sarna (*Cladosporium caryigenum*) e outras doenças fúngicas. Essa doença, considerada a pior e mais frequente doença de folhas e frutos da noqueira pecã, afeta diretamente a sua produção do ano corrente e no ano posterior (RASEIRA, 1990; SPARKS, 1996). A sarna pode suprimir fortemente o crescimento do fruto, danificar a folhagem, reduzindo a eficiência fotossintética

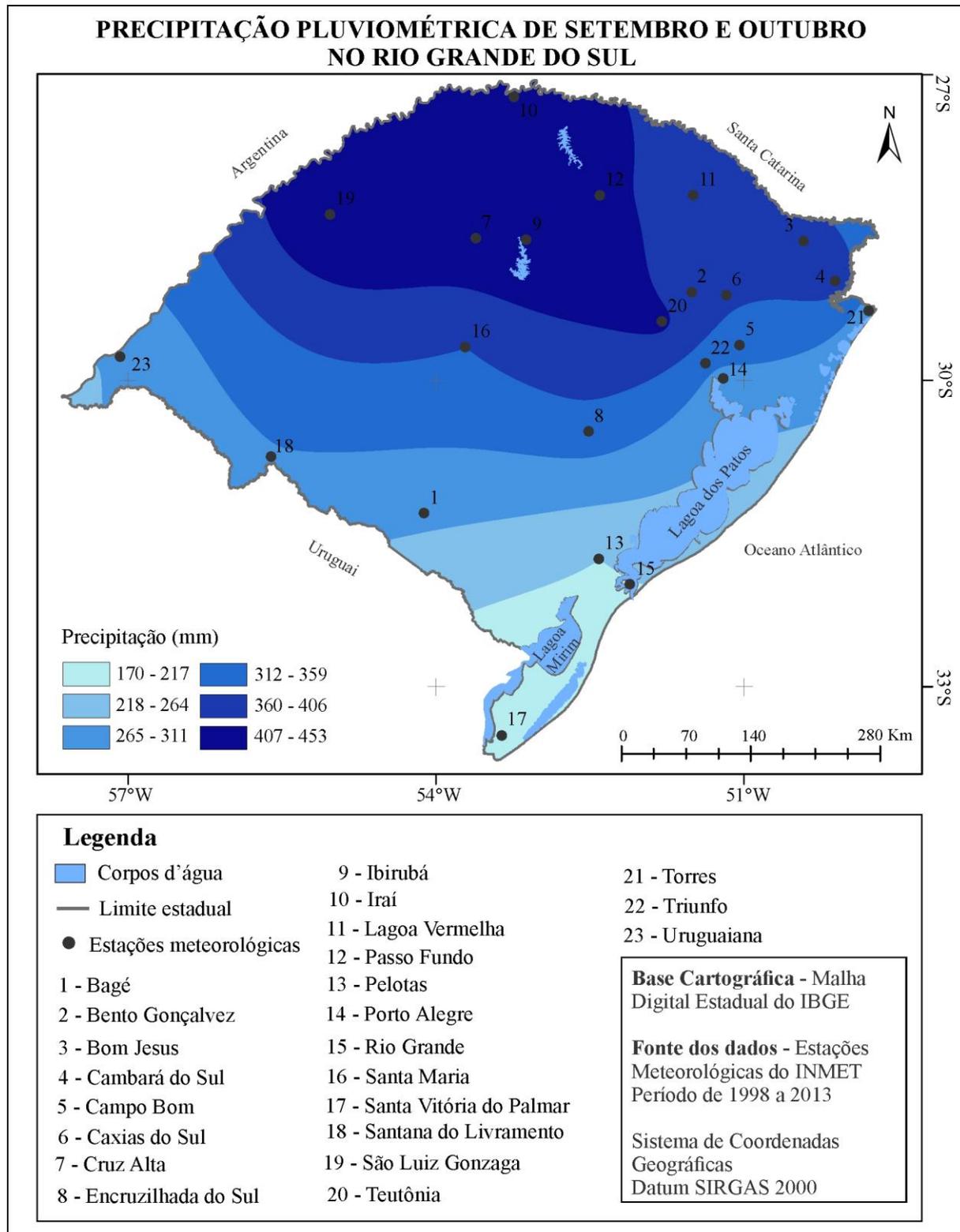
e suprimindo o tamanho das folhas e/ou causando o desfolhamento (SPARKS, 1996). Assim, após períodos de precipitações consecutivas, deve-se atentar para a folhagem e os frutos da noqueira. Quando um pomar apresentar a ocorrência dessa doença, deverão ser adotadas medidas fitossanitárias para evitar que a infestação difunda-se para grandes áreas, buscando, assim, diminuir as chances de perdas produtivas.

Em estudo desenvolvido por Silva et al. (2013), os autores destacaram a ocorrência do fungo *Pestalotiopsis clavispora* em folhas da noqueira, causando a chamada mancha-foliar que se manifesta na forma de manchas de coloração escura, que evoluem para a queda das folhas e, conseqüentemente, na diminuição da produção de frutos. Em outro estudo, Lazarotto (2013) identificou a ocorrência de fungos na noqueira pecã em cultivos no Rio Grande do Sul e destacou a incidência do gênero *Fusarium* ssp. nas folhas, nas flores e nas raízes e do gênero *Pestalotiopsis* ssp. nas folhas da noqueira, causando manchas foliares. Ainda segundo a autora, a ocorrência desse fungo causou a desfolha parcial das árvores, provocando perda na área fotossinteticamente ativa e conseqüente perda na produção.

A incidência do *Cladosporium caryigenum* está associada às precipitações consecutivas e às temperaturas entre 20 e 25°C. Vidal e Pintos (2013) identificaram o ataque da sarna nas folhas principalmente nos meses de dezembro e janeiro e, em outras partes das árvores, durante o ano todo. Sparks (1995) salienta que o controle da sarna é mais efetivo em árvore com adequada exposição solar do que em pomares densos.

A precipitação pluviométrica dos meses de setembro e outubro no Rio Grande do Sul pode ser verificada na figura 54.

Figura 54 – Precipitação pluviométrica de setembro e outubro no Rio Grande do Sul.



Como pode ser observado, a precipitação pluviométrica nos meses de setembro e outubro apresentou uma variação de mais de 283 mm. A representação evidencia uma região

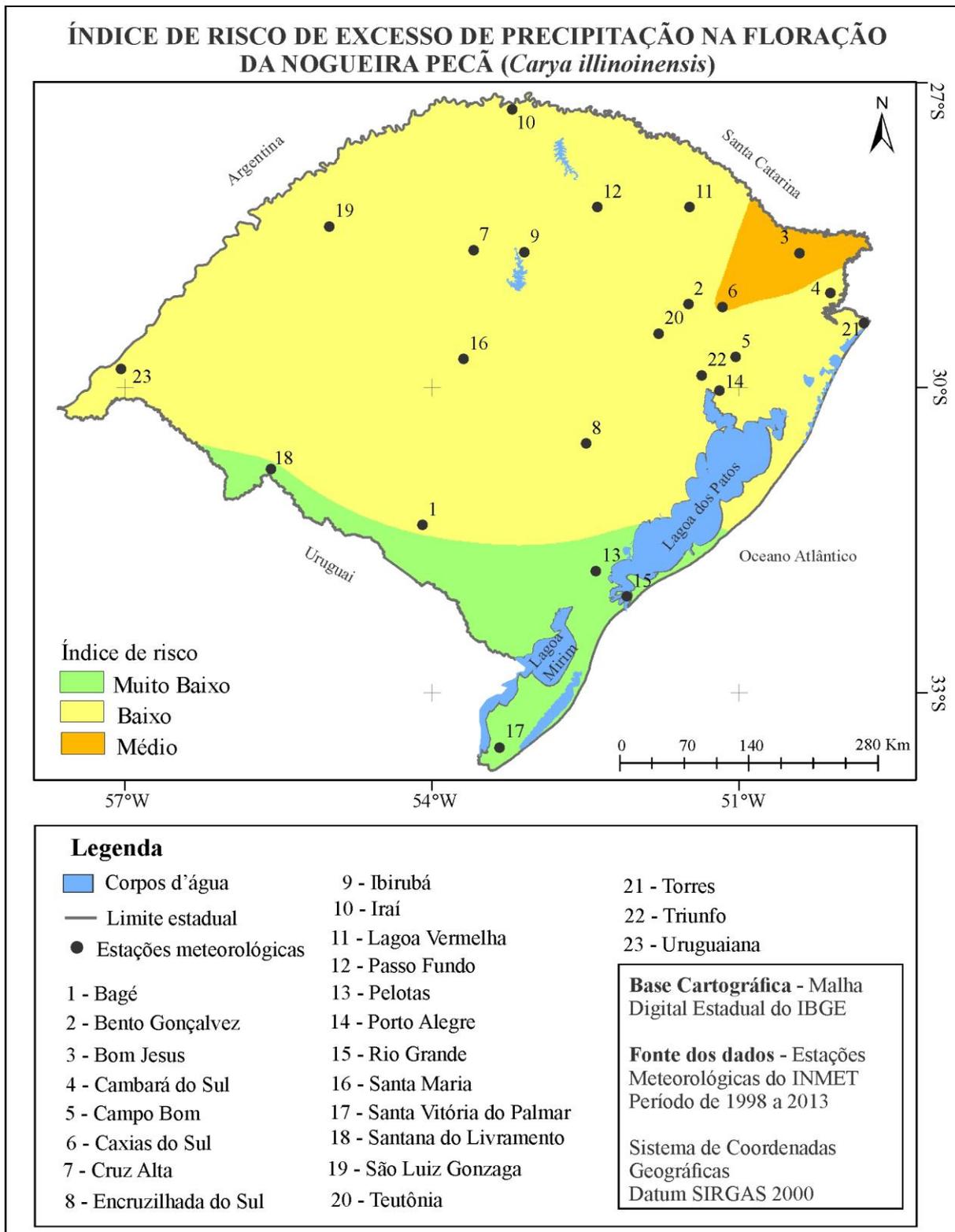
ao sul menos chuvosa quando comparada com a metade norte do Estado, similar à espacialização do índice de risco, apesar desse último estar muito mais relacionado com o número de dias com ocorrência de precipitação do que, com o total pluviométrico. A média histórica mensal para o mês de setembro foi de 163,4 mm e, para o mês de novembro, foi de 172,5 mm, as maiores médias registradas, porém com variações locais significativas. As regiões de Santa Vitória do Palmar, Pelotas e Rio Grande apresentaram os menores totais pluviométricos (170 – 217 mm). Na região da metade norte, principalmente em São Luiz Gonzaga, Cruz Alta, Ibirubá, Passo Fundo e Iraí, a pluviosidade foi acima dos 400 mm (407 - 453 mm).

#### 5.2.3.2 Na floração

O índice de risco de excesso de precipitação na floração da nogueira apresentou risco muito baixo em 11,7% da área territorial, baixo em 85% e risco médio em 3,3% (Figura 55). Durante a série histórica, nos meses de outubro e novembro, os riscos muito baixo e baixo tiveram 1.255 ocorrências, o risco médio, 121 e os riscos alto e muito alto, 105 ocorrências. O maior número de ocorrências de dois dias consecutivos de precipitação foi nas regiões de Passo Fundo (53), Bom Jesus e Iraí, ambas com 48, e a menor em Uruguaiana (28). As regiões com a maior ocorrência de cinco ou mais dias de precipitações consecutivas foram em Caxias do Sul (10) e Cambará do Sul (9), e as menores, em Rio Grande (1) e Santa Vitória do Palmar (1).

Conforme a representação na figura 55, o risco muito baixo, precipitações consecutivas durante dois dias, bem como o risco baixo, precipitações consecutivas até três dias, aumentaram a sua área de ocorrência quando comparados com o índice de risco na expansão foliar. Na área de risco muito baixo, destacam-se três municípios produtores de nogueiras: Santana do Livramento, Candiota e Dom Pedrito (Ver Figura 27). Por conseguinte, na área de influência de risco baixo de excesso de precipitação na floração, encontram-se 100% dos maiores municípios produtores de nozes. Já, o risco médio, com precipitações consecutivas até quatro dias, diminuiu a sua área de ocorrência, compreendendo os municípios de Caxias do Sul e Bom Jesus. Isso significa que o número de dias com precipitações consecutivas diminuiu e, com isso, menos períodos propícios para o desenvolvimento de fungos, tais como a sarna e a antracnose. Porém, as precipitações constantes no período de florescimento podem prejudicar a polinização (MOTA, ZÄHLER, 1994), uma vez que é anemófila e requer a presença de ventos.

Figura 55 – Índice de risco de excesso de precipitação na floração da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



Segundo dados fornecidos pelos produtores de noqueiras, durante o trabalho de campo, o pólen de uma flor da noqueira fica disponível durante quatro a cinco dias e, nesse

período, requer condições propícias para polinizar. Se as precipitações forem consecutivas durante cinco ou mais dias as chances de polinização serão muito reduzidas. Salienta-se que, esse é um fator importante para diversificar as variedades de noqueiras no pomar, assim, diferentes períodos de polinização aumentam as chances de frutificação e, conseqüentemente, o aumento em produtividade.

O risco muito baixo concentrou-se ao sul do Estado, nas regiões de Santana do Livramento, Bagé, Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, sendo que essas áreas também apresentam os menores totais pluviométricos. O risco baixo prevaleceu em 85% do Estado, excetuando as regiões anteriores e uma região a leste, que compreende principalmente Bom Jesus, que, apesar de não apresentar os maiores índices pluviométricos para esse período, apresentou o maior número de dias consecutivos com precipitação.

A ocorrência de fungos, como qualquer outro patógeno, está condicionada à disseminação por vetores, tais como o vento, a água, os insetos ou os animais (POLETTO *et al.*, 2014). As condições climáticas podem favorecer a incidência de determinados patógenos e as flores podem gerar a transmissão dos fungos para os frutos, no momento de sua formação e, conseqüentemente, para as sementes (LAZAROTTO, 2013). Os fungos *Cladosporium sp.*, causador da sarna, e *Colletotrichum sp.*, causador da antracnose, são os patógenos que estão associados à precipitação excessiva durante dias consecutivos, alta umidade relativa do ar e temperaturas elevadas, atacando tanto as folhas como os frutos da noqueira.

Terabe, Martins e Homechim (2008) ao identificarem microorganismos associados a frutos da noqueira pecã, encontraram a presença de fungos nas amêndoas e nas cascas das nozes, tais como: *Cladosporium caryigenum*, promotor da rancificação das amêndoas; *Fusarium sp.*, encontrado em porcentuais elevados; *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.*, causadores de emboloramento e produtores de aflotoxinas e, incidência de *Colletotrichum sp.*, causador da antracnose em amêndoas, que acarreta escurecimento e deterioração do produto final, levando-o ao descarte. No estudo desenvolvido por Poletto *et al.* (2014), os autores identificaram a presença de fungos em flores e sementes da noqueira pecã, tais como, *Pestalotiopsis sp.*, *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Fusarium sp.*, que representam riscos às mudas, caso a propagação seja via semente. Colaborando com esses estudos, Moraes *et al.* (2015) também identificam a presença dos gêneros *Cladosporium*, *Eurotium*, *Penicillium* e *Aspergillus* nos frutos da noz pecã, que causaram alterações na integridade e na qualidade deles e perda de rendimento da produção.

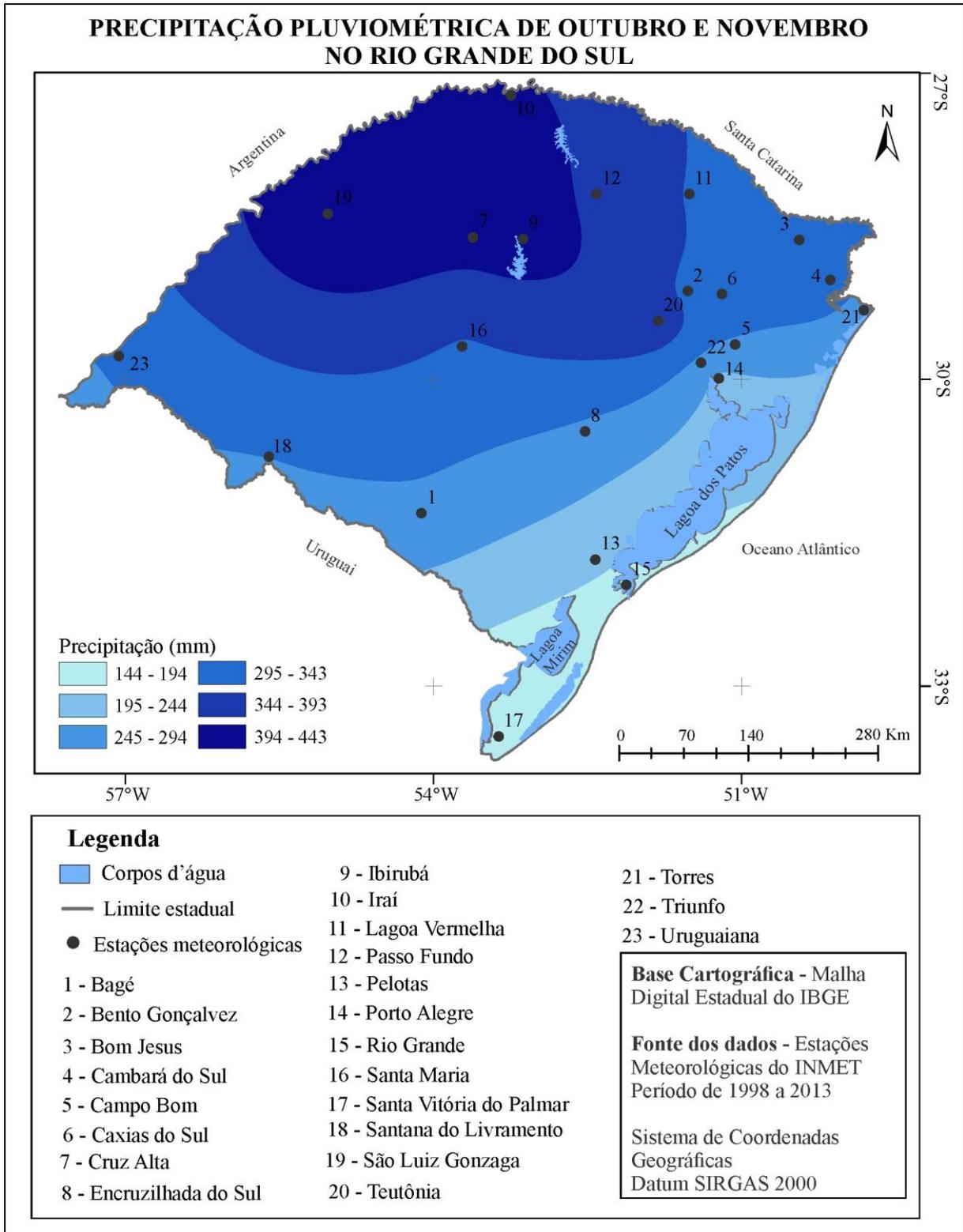
O excesso de precipitação no período de floração da noqueira possui uma relação direta com a produtividade final. Conforme a reportagem “Produção de noz pecã deve crescer

20% no RS” de 05 de fevereiro de 2009 (Anexo A), o clima prejudicou a produção de nozes na safra de 2007/2008, devido ao excesso de precipitação na floração, durante os meses de outubro e novembro de 2007 e, posteriormente, com a escassez de chuva nos meses de janeiro e fevereiro, prejudicando a fase final do desenvolvimento dos frutos, conforme afirmou o Coordenador de Fruticultura da EMATER/RS, Antônio Conte. Esse excesso de precipitação confirma-se ao verificar-se os totais pluviométricos, da estação meteorológica de Bento Gonçalves, mais próxima ao pomar de nozes, que registrou 270,0 mm em setembro, 119,2 mm em outubro e 162,3 mm em novembro.

Outro registro de influência do excesso de precipitação na floração da noqueira é destacado na reportagem “Novo horizonte para o cultivo da noz pecã”, de 26 de setembro de 2010 (Anexo B). A reportagem aponta que a chuva que atingiu o Estado, principalmente em novembro de 2009, período da floração, causou a redução na produção de nozes. Segundo o produtor Ortiz, entrevistado pela equipe de reportagem, caíram muitos frutos devido à florada insuficiente. Outro produtor entrevistado (Wallauer) reconheceu que houve redução na produção, mas que a mesma foi amenizada pelo trabalho preventivo com fertilizantes e manejo. Além disso, destacou que a elevada umidade resultou na incidência de fungos, que levaram as árvores a abortar os seus frutos. Os totais pluviométricos registrados nas duas estações mais próximas aos pomares em questão são Encruzilhada do Sul e Santa Maria, que apresentaram totais para o mês de novembro de 515,4 mm e 480,9 mm, respectivamente, comprovando o excesso de precipitação no período de floração da noqueira nessa safra.

Além das duas reportagens já destacadas, merece ênfase a reportagem publicada em 10 de maio de 2016 (Anexo C), que faz referência à menor produção de nozes por área plantada no Rio Grande do Sul na safra 2015/2016. Segundo as informações, o principal causador da redução de 40% na produtividade por planta foi o excesso de chuva no período de polinização, agravado pela influência do fenômeno El Niño. Segundo o assistente técnico da EMATER, a queda na produção está estritamente relacionada com a redução da quantidade produzida de nozes e/ou pela falta de qualidade nos frutos, ou seja, na ausência de amêndoa. A precipitação pluviométrica de outubro e novembro pode ser observada na figura 56.

Figura 56 – Precipitação pluviométrica de outubro e novembro no Rio Grande do Sul.



Durante esses dois meses, a variação de precipitação pluviométrica foi de 299 mm, o que pode ser considerado um valor bastante significativo. A região no extremo sul do Estado, em Santa Vitória do Palmar e Rio Grande, apresentou os menores valores (144 - 194 mm)

com predomínio de precipitação em dois dias consecutivos. Ao norte, nas regiões de Iraí, São Luiz Gonzaga, Cruz Alta e Ibirubá, a precipitação média do período foi de 394 a 443 mm, prevalecendo a precipitação em três dias consecutivos. A região de Bom Jesus, que apresentou risco médio, isto é, precipitação consecutiva até quatro dias, destaca-se com valores pluviométricos entre 295 - 343 mm.

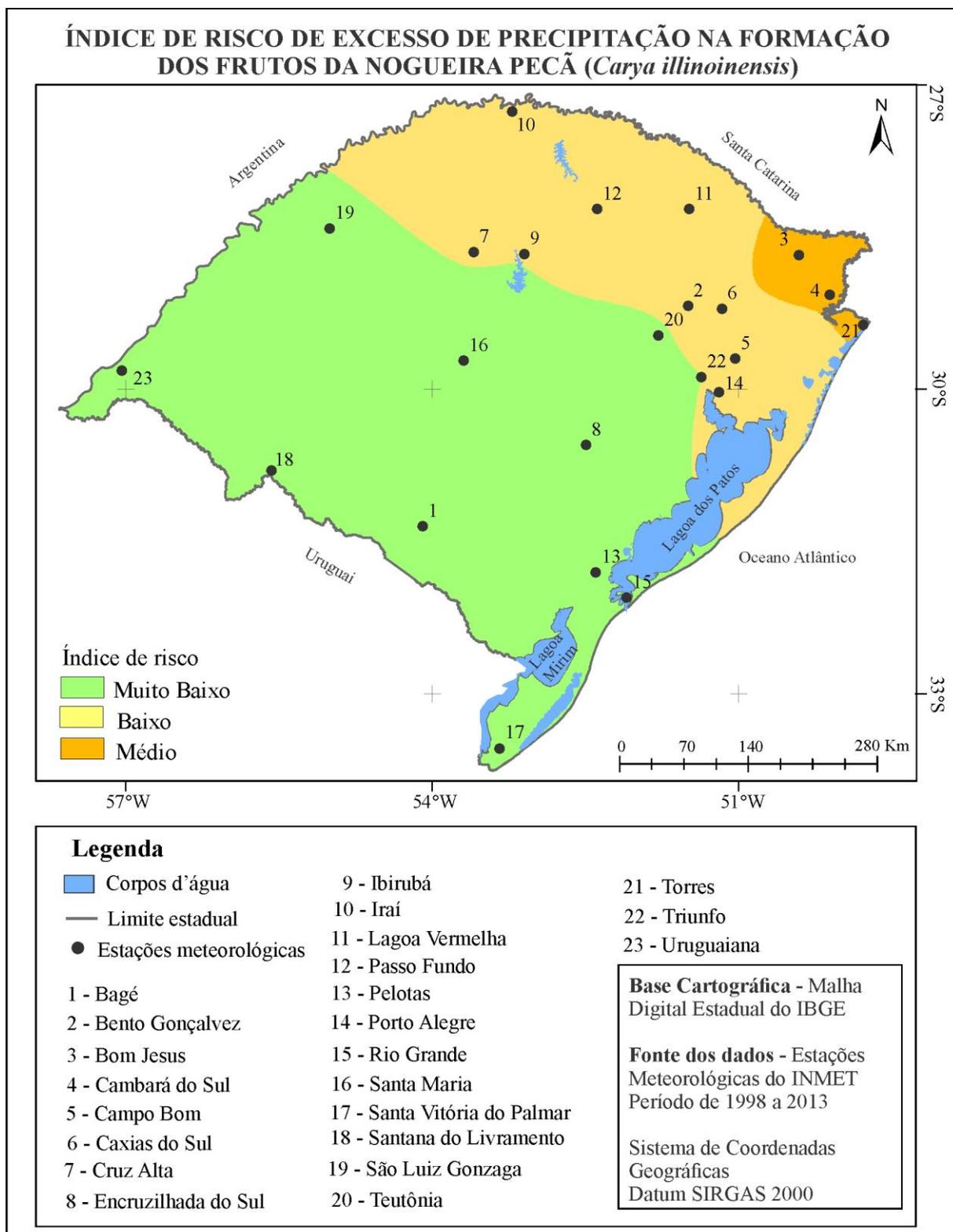
### 5.2.3.3 Na formação dos frutos

O índice de risco de excesso de precipitação na formação dos frutos, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, também apresentou três classes (Figura 57). Na série histórica, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentaram 1.707 ocorrências de risco muito baixo e baixo, 189 de risco médio e 94 ocorrências de risco alto e muito alto (menor total para todas as análises). As regiões que apresentaram o maior número de ocorrências de dois dias consecutivos de precipitação foram Bom Jesus (84) e Caxias do Sul (79), e as menores foram Uruguaiana (41) e Rio Grande (42). As regiões de Bom Jesus (11), Cambará do Sul (11) e Torres (11) apresentaram as maiores ocorrências de cinco ou mais dias de precipitações consecutivas, e Santana do Livramento (1) e São Luiz Gonzaga (1) registraram as menores.

De acordo com a representação da figura 57, destaca-se a presença do risco muito baixo em mais da metade do Estado (64,8%), compreendendo parte da fronteira oeste com a Argentina, toda a fronteira com o Uruguai, parte da faixa litorânea, limitando-se com as regiões de Triunfo, Cruz Alta e São Luiz Gonzaga. Essa área compreende também os principais municípios produtores de nozes, especialmente São Vicente do Sul, Santa Maria, Cachoeira do Sul, Cruzeiro do Sul e Rio Pardo (Ver Figura 27).

O risco baixo, precipitações consecutivas até três dias, representa 32,1% do total e compreende as regiões de Iraí, Ibirubá, Lagoa Vermelha, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Porto Alegre e Campo Bom. Nessa área de risco baixo de excesso de precipitação na formação dos frutos localizam-se os municípios de Anta Gorda, Nova Petrópolis, Rondinha, Crissiumal e Iraí (Ver Figura 27), também com destaque na produção de nozes. A região que compreende Bom Jesus, Cambará do Sul e Torres, apresenta risco médio, ou seja, precipitações consecutivas até quatro dias e está presente em 3,1% do território. Nessa região, ainda não há registro de municípios produtores de nozeiras.

Figura 57 – Índice de risco de excesso de precipitação na formação dos frutos da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



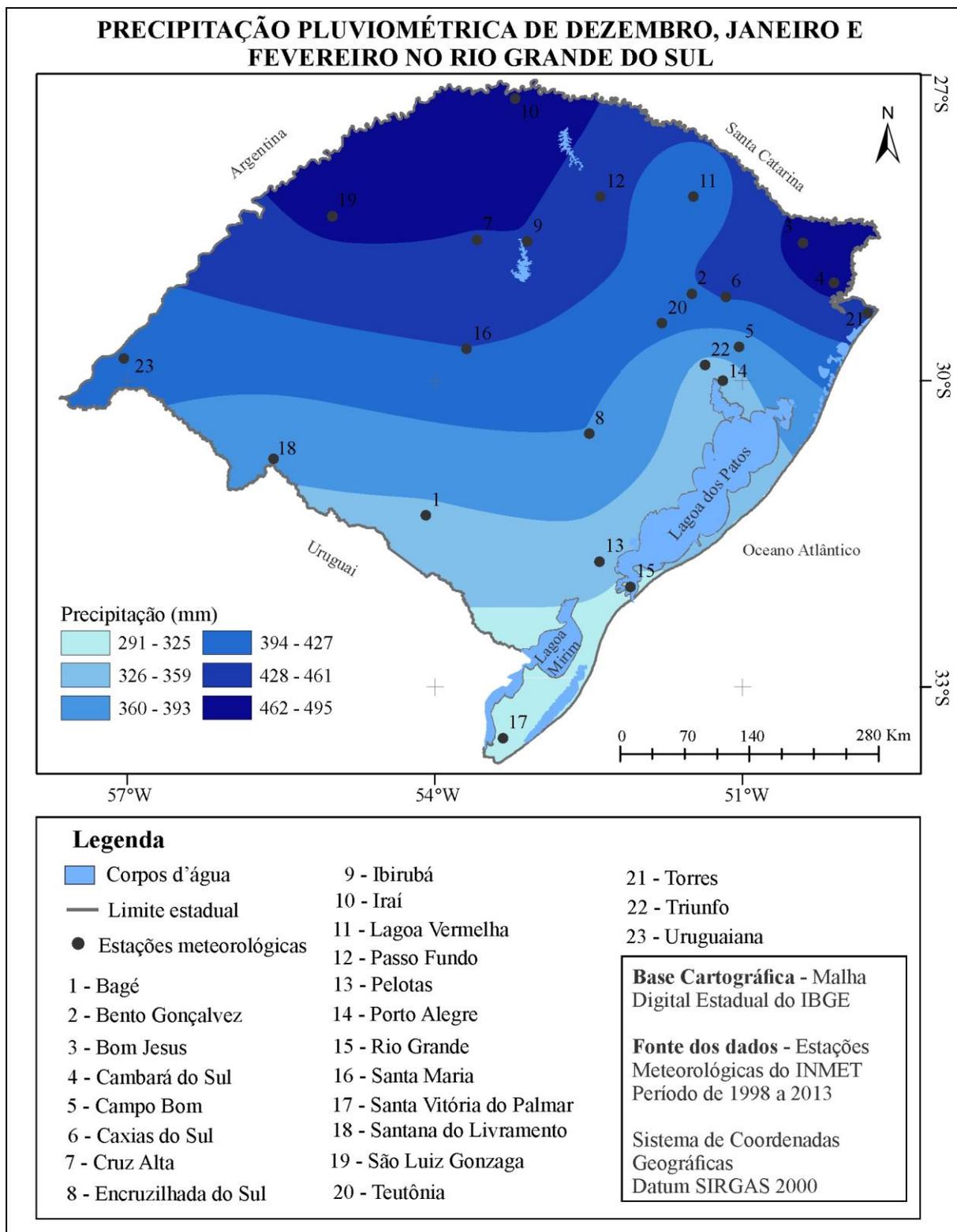
As precipitações nesse período de desenvolvimento e formação dos frutos são fundamentais, pois podem interferir na qualidade dos frutos, ou seja, no tamanho das nozes,

na cor da amêndoa e no óleo contido. A qualidade das nozes depende da precipitação adequada nesse período, que envolve desde a formação da casca até o preenchimento da amêndoa. As condições de secas podem produzir nozes pequenas, no entanto, as chuvas excessivas durante o período de alongamento dos frutos, bem como na expansão e no desenvolvimento da amêndoa, afetam a qualidade dos frutos e podem causar aborto deles (SPARKS, 1995; 1996).

Além disso, as precipitações excessivas favorecem o desenvolvimento de doenças fúngicas, como a sarna que pode suprimir significativamente o crescimento dos frutos e a produção das variedades suscetíveis (SPARKS, 1997). Ainda de acordo com o autor, as nozes são mais suscetíveis quando pequenas (dezembro e janeiro) e os danos diminuem à medida que avança o desenvolvimento do fruto, como acontece com a folhagem. A infestação por sarna sobre as folhas reduz a eficiência da fotossíntese, podendo suprimir o tamanho delas e causar desfolhamento. Em estudos desenvolvidos por Moya e Ras (2010), as autoras destacam que as perdas, em decorrência da infestação de um pomar, podem ser prevenidas somente fazendo uso de um cuidadoso programa sanitário de pulverizações e que todos os fungicidas atualmente disponíveis para o controle das enfermidades devem ser utilizados como protetores para prevenir a infecção e, como curativos, uma vez instalada a doença.

A precipitação pluviométrica durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, no desenvolvimento dos frutos, pode ser observada na figura 58.

Figura 58 – Precipitação pluviométrica de dezembro, janeiro e fevereiro no Rio Grande do Sul.



A precipitação pluviométrica, nesses três meses que compreendem praticamente o verão, apresentou uma variação espacial de 204 mm. As médias mensais foram de 135 mm

em dezembro, 129 mm em janeiro e 142 mm em fevereiro. As maiores precipitações são encontradas ao norte e a leste do Estado e as menores, verificadas ao sul. A região de Bom Jesus e Cambará do Sul, mais chuvosa, apresentou risco médio e, por este fato, merece atenção especial na implantação de pomares de nozes. Os valores compreendidos entre 291 e 427 mm estão localizados nas regiões de risco muito baixo. Nas regiões com valores de precipitação entre 428 e 495 mm, destacou-se o risco baixo.

#### 5.2.3.4 *Na colheita das nozes*

O índice de risco de excesso de precipitação na colheita, nos meses de abril e maio, pode ser verificado na figura 59. Os meses de abril e maio, durante a série histórica, apresentaram 1.081 ocorrências de risco muito baixo e baixo, 81 de risco médio e 63 ocorrências de risco alto e muito alto. Os maiores números de ocorrências de dois dias consecutivos de precipitação foram nas regiões de Caxias do Sul (46) e Bom Jesus (45), e o menor, em Pelotas (21). As regiões de Encruzilhada do Sul (9) e Cambará do Sul (8) apresentaram as maiores ocorrências de cinco ou mais dias de precipitações consecutivas e Santa Vitória do Palmar apresentou somente uma ocorrência.

A espacialização do índice de risco mostra o domínio da classe de risco baixo em todo o Estado, apesar das diferenças quanto ao número de ocorrências de dias consecutivos. Isso ocorre devido ao risco ser construído a partir de uma média ponderada das ocorrências, visando, assim, dar ênfase para a presença de dias consecutivos de precipitações e não somente ao número de ocorrências. O risco baixo, precipitações durante três dias consecutivos, no período da colheita das nozes, está mais associado com as interferências que as nozes podem ter com o excesso de precipitação do que com a ocorrência de doenças.

Antes da colheita das nozes, é aconselhável fazer uma limpeza no pomar, emparelhando e limpando a superfície do solo, embaixo das árvores para que as nozes possam ser facilmente coletadas. Lemus (2004) destaca que a colheita das nozes sobre o solo deve ser realizada o mais rápido possível para evitar problemas de descoloração e infestação de fungos nas nozes. De acordo com relato dos produtores de nozes, as chuvas excessivas podem causar o inchamento da amêndoa quando as nozes ainda estão sobre a árvore, prejudicando a qualidade delas. Além disso, Sparks (1996) enfatiza que as precipitações excessivas durante o período de colheita podem ocasionar um comportamento irregular no próximo ano. A precipitação durante os meses de abril e maio pode ser visualizada na figura 60.

Figura 59 – Índice de risco de excesso de precipitação na colheita das nozes no Rio Grande do Sul.

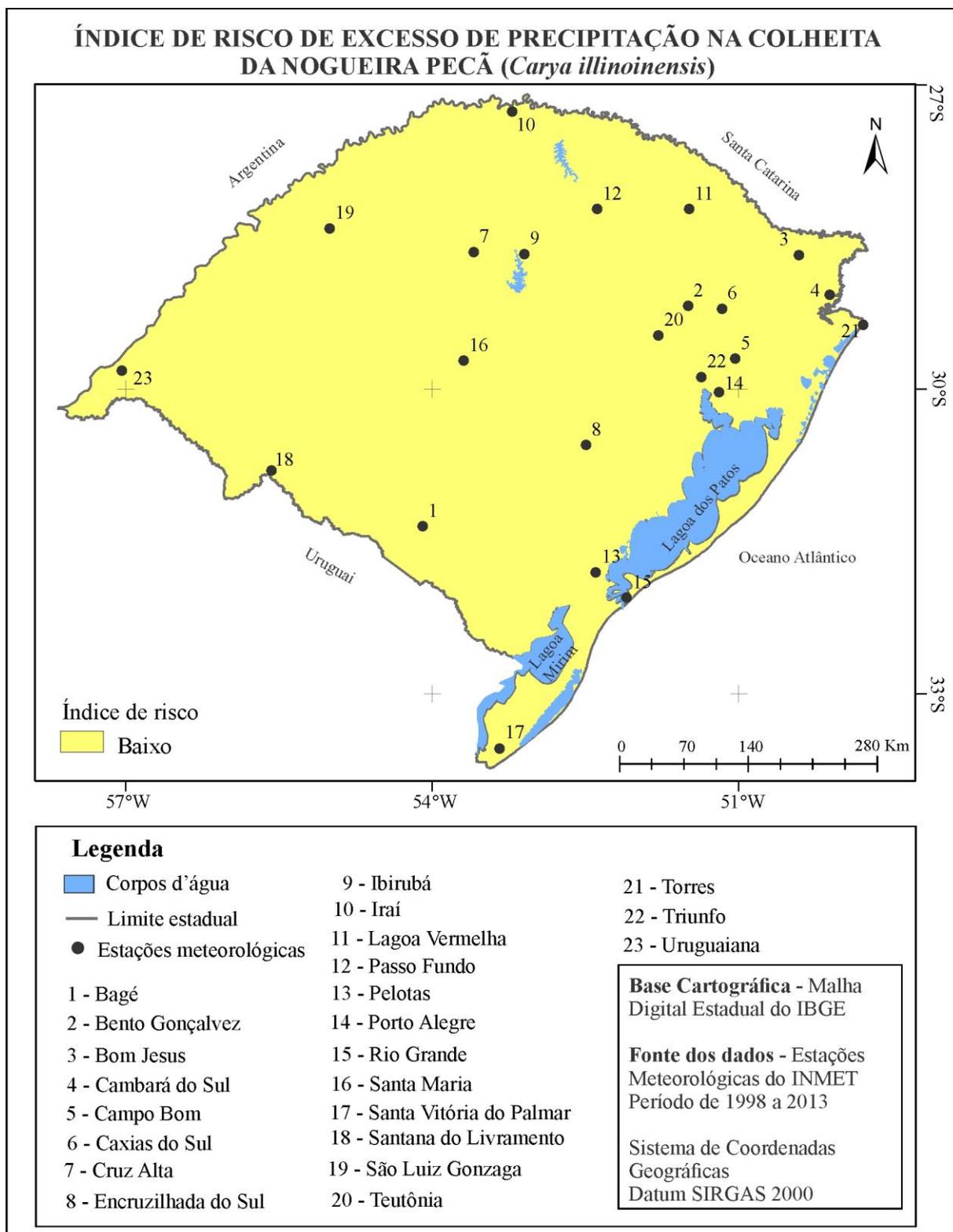
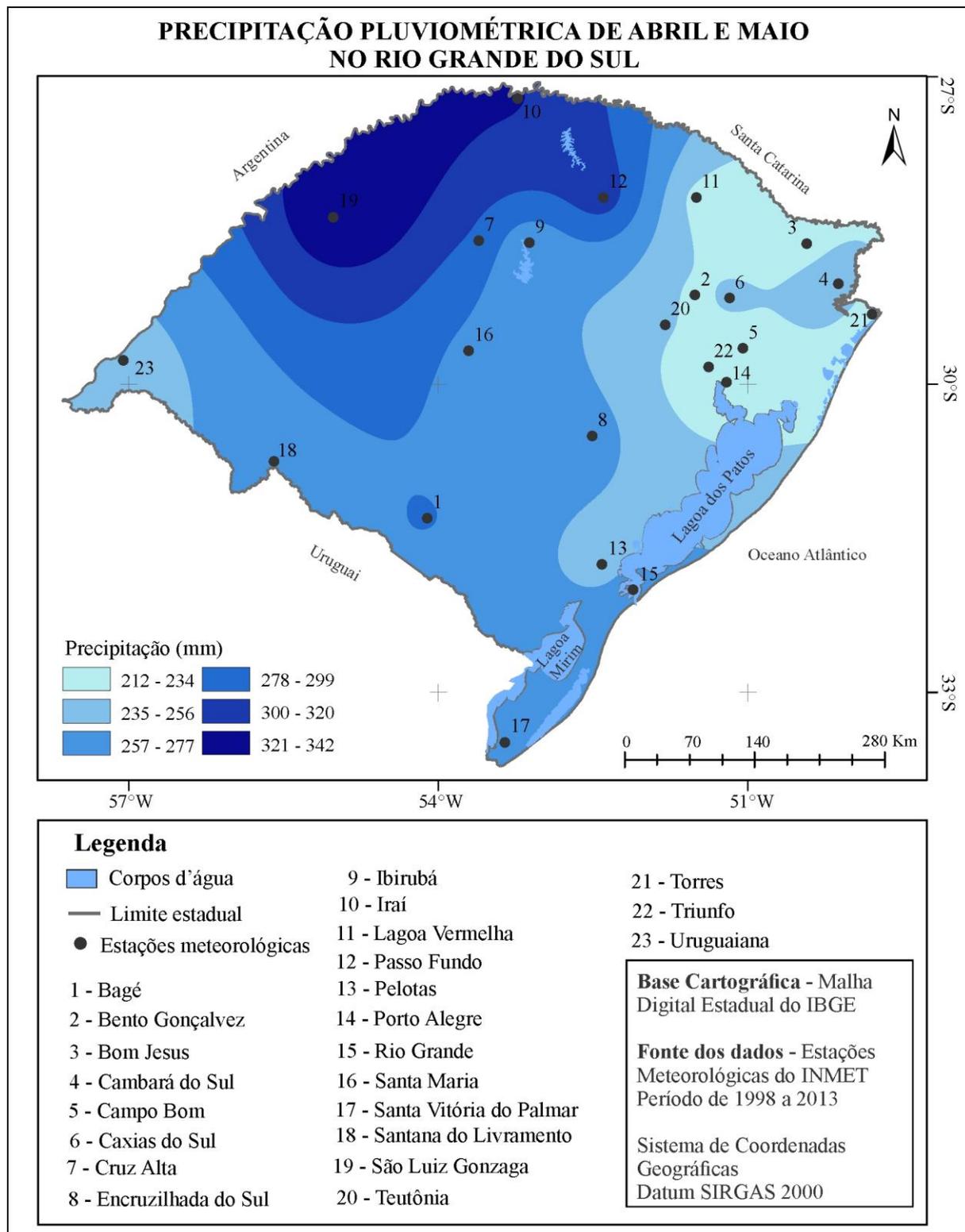


Figura 60 – Precipitação pluviométrica de abril e maio no Rio Grande do Sul.



De acordo com a figura 60, verifica-se uma diferença na espacialização da precipitação, quando comparada com os períodos de expansão foliar, floração e

desenvolvimento dos frutos. A precipitação média do mês de abril foi de 134 mm e de maio, 124 mm. A região sul, compreendida por Santa Vitória do Palmar, Pelotas e Rio Grande, nesses dois meses, não apresentou os menores valores. A classe compreendida entre 212 e 234 mm, ou seja, menor precipitação, situou-se principalmente na região metropolitana compreendendo Porto Alegre, Triunfo e Campo Bom, incluindo Caxias do Sul e Bom Jesus. As maiores precipitações encontram-se ao norte e ao noroeste do Estado, como registrado anteriormente.

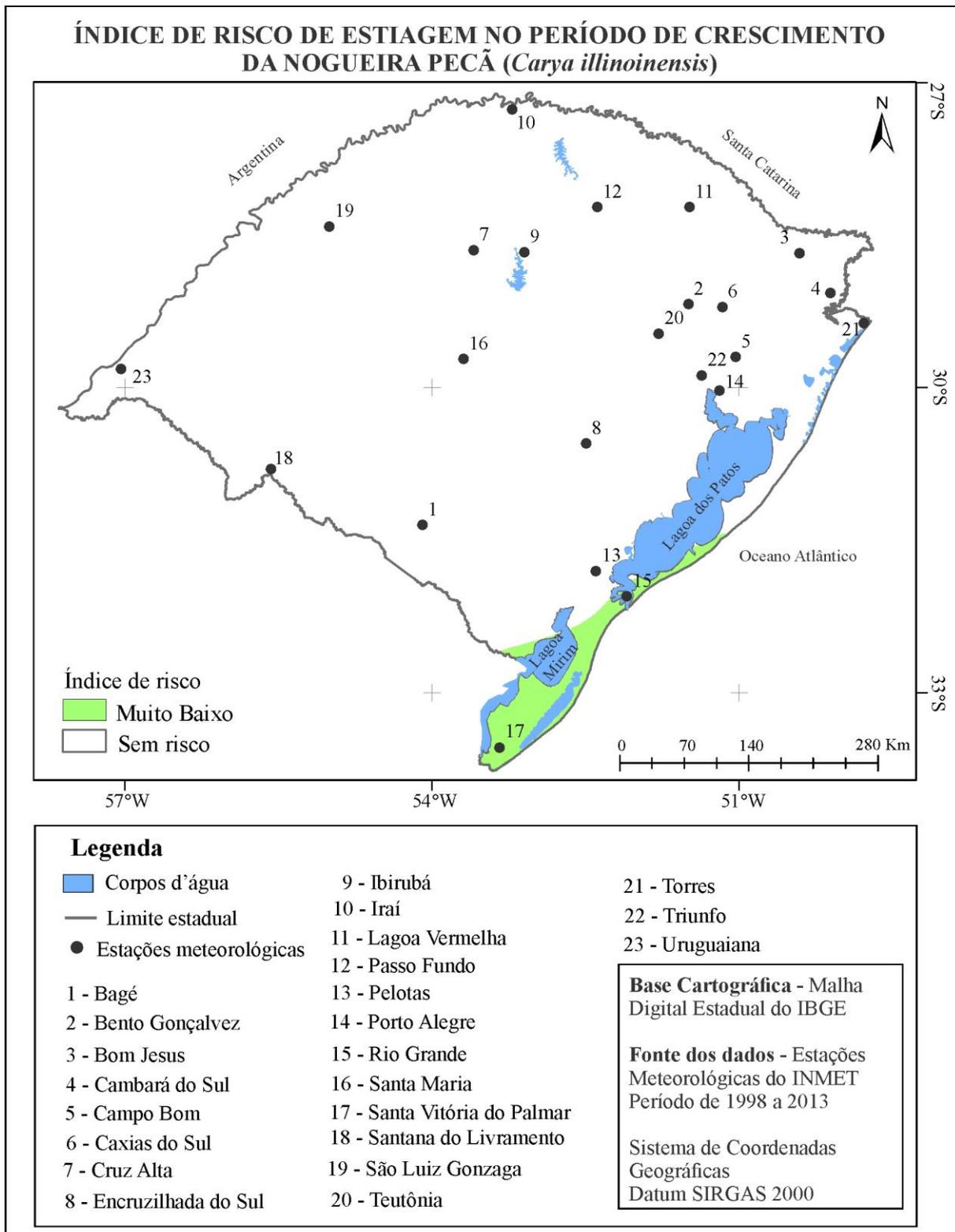
Com base nesse índice de excesso de precipitação, nas quatro fases analisadas (expansão foliar, floração, desenvolvimento dos frutos e colheita), deve-se atentar, sobretudo, na escolha de variedades de nozeiras que sejam mais resistentes às principais doenças fúngicas, especialmente a sarna. Além disso, nos pomares que possuem integração com outros cultivos agrícolas, deve-se adotar o sistema de rotação de culturas, pois, em anos de elevada umidade o ambiente é favorável ao desenvolvimento de doenças (CUNHA, et al., 2011), deve-se evitar as áreas sujeitas a inundações prolongadas, preocupar-se com a sanidade e o tratamento correto da doença, quando necessário, e realizar a colheita das nozes o mais breve possível, evitando que mantenham contato com o solo úmido por tempo prolongado.

## **5.2.4 Índice de risco de estiagem**

### *5.2.4.1 No crescimento dos frutos*

O índice de risco de estiagem no período de crescimento das nozes, nos meses de outubro a abril, compreende os estágios fenológicos de floração, formação, maturação e colheita dos frutos (Figura 61). Trata-se de um período crítico, em que as precipitações adequadas são fundamentais. Para o índice, definiu-se valores entre 750 a 500 mm com intervalo de 62,5 mm entre cada classe. No risco muito baixo, definiu-se pluviosidade entre 687,5 a 750 mm, no baixo entre 625 a 687,5, no risco médio entre 562,5 a 625, no alto, pluviosidade entre 500 a 562,5 mm e risco muito alto, inferior a 500 mm.

Figura 61 – Índice de risco de estiagem no período de crescimento da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



O índice de risco de estiagem no período de crescimento das nozes, meses de outubro a abril, apresentou somente a classe de risco muito baixo em 3,1% do território gaúcho. Isso

indica que 96,9% da área está situada fora dos valores do índice de risco, ou seja, com precipitações pluviométricas superiores a 750 mm nesse período. A região que compreende Santa Vitória do Palmar e Rio Grande apresentou o risco muito baixo, pois os totais pluviométricos para o período estiveram compreendidos entre 687,5 a 750 mm. Apesar de ainda não haver registro de municípios produtores de nozes na região, é importante atentar para as variações hídricas de toda a área de estudo, especialmente onde já existem pomares de nogueiras e para as futuras implantações.

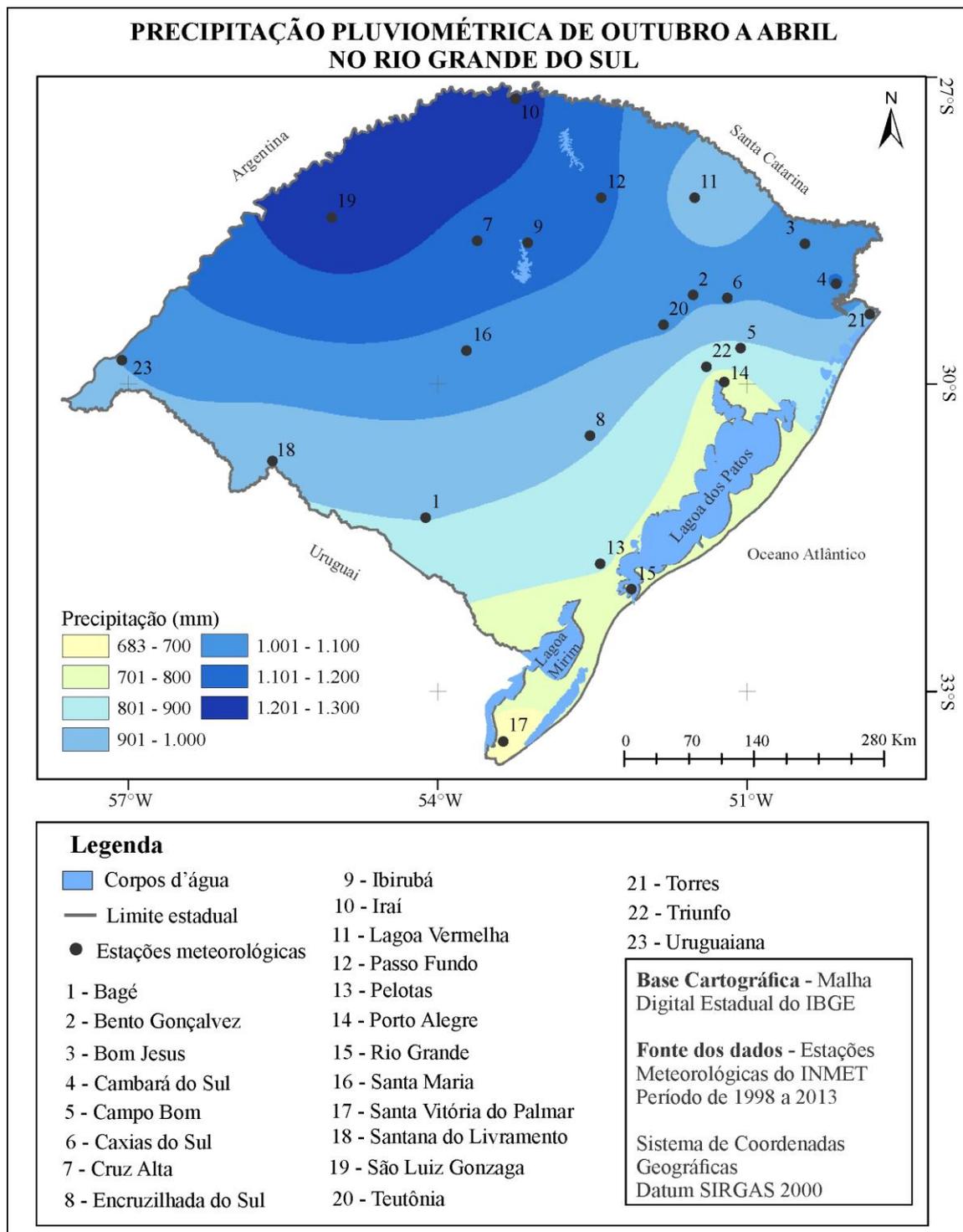
A demanda hídrica nos meses de outubro a dezembro (brotação, floração e desenvolvimento do fruto) e de janeiro a abril (crescimento e maturação dos frutos) deve ser atendida, pois esse é o período que ocorre a maior necessidade hídrica pela planta. Para Sierra, López e Pérez (2007), o mínimo de precipitação anual que a noqueira pecã tolera aproxima-se dos 750 mm, enquanto que o máximo é de 2.000 mm. Ainda segundo os autores, durante a estação de crescimento das nozes deve ocorrer no mínimo 500 mm de precipitação, já que, valores situados entre 750 a 500 mm necessitariam de uma irrigação complementar, dependendo do tipo de solo e regiões com precipitações abaixo de 500 mm, demandariam irrigação total do pomar.

Apesar de o Estado apresentar mais de 95% de sua área sem a presença de risco de estiagem, deve-se atentar para os plantios situados no extremo sul e na faixa limítrofe da área compreendida pelo risco muito baixo. As precipitações pluviométricas ao sul do Estado tendem a ser muito inferiores às registradas nas regiões norte e leste. Precipitações inadequadas influenciam negativamente na qualidade das nozes, ou seja, a ocorrência de estiagens durante os meses de dezembro a fevereiro, período que compreende a expansão dos frutos e a formação da amêndoa, resultam em nozes pequenas ou mal preenchidas (SPARKS, 1995; 1996). Além disso, Sparks (1997) destaca que a falta de precipitação no período de enchimento da parte comestível (segunda quinzena de janeiro até a primeira quinzena de fevereiro) torna-se determinante no desenvolvimento da amêndoa, pois 50% de seu peso é constituído de água. As estiagens podem causar desfolhamento prematuro, o que suprime a formação da flor em árvores com grande frutificação, além de provocar o aborto dos frutos e alterações no tamanho e na forma da noz pecã (SPARKS, 1996).

Conforme já destacado anteriormente na reportagem “Produção de nozes deve crescer em 20% do RS” (Anexo A), na safra de 2007/2008, a falta de precipitação nos meses de janeiro e fevereiro, estado aquoso das nozes e preenchimento da amêndoa, afetou a produção de nozes no Estado, segundo o Coordenador de Fruticultura da EMATER/RS, Antônio Conte. Esse cenário confirma-se, ao verificar-se os totais pluviométricos para os meses de janeiro,

fevereiro e março de 2008, que correspondem também ao desenvolvimento final dos frutos, na estação mais próxima ao pomar, Bento Gonçalves, que registrou totais mensais de 44,8 mm, 67,4 mm e 91,1 mm, respectivamente. A precipitação pluviométrica de outubro a abril no Rio Grande do Sul pode ser observada na figura 62.

Figura 62 – Precipitação pluviométrica média de outubro a abril no Rio Grande do Sul.



Conforme pode ser observado na representação, durante esses sete meses, imprescindíveis ao desenvolvimento e à formação dos frutos da noqueira, a variação pluviométrica foi superior a 600 mm. A região situada entre totais pluviométricos de 683 a 800 mm, Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Pelotas e Porto Alegre, merece especial atenção, pois compreende a área de risco muito baixo e a faixa limítrofe a ela. As demais áreas estão fora da faixa de risco analisada, porém é sempre importante atentar para as individualidades regionais. Tanto a falta como o excesso de precipitações são prejudiciais aos cultivos, porém práticas de manejo adequadas poderão minimizar os efeitos negativos.

O índice, resultado da somatória da precipitação pluviométrica desses sete meses, apresenta o total para o período. No entanto, faz-se necessário avaliar a precipitação mensal de acordo com a demanda do cultivo por meio do balanço hídrico. O balanço hídrico é a contabilização da água no solo e pode ser representado pelas entradas (precipitação, irrigação, ascensão capilar) e pelas saídas (evapotranspiração, escoamento superficial) dos fluxos da área vegetada (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Dessa forma, o balanço hídrico do cultivo é fundamental para entender as entradas e as saídas no sistema, bem como verificar o excesso ou a deficiência hídrica com base na evapotranspiração da noqueira. Neste estudo, não se visou aprofundar as questões referentes aos tipos de solo, mas é importante destacar que alguns solos possuem maior capacidade de armazenamento de água do que outros. A noqueira pecã, por sua vez, desenvolveu um sistema radicular profundo e de grande extensão longitudinal, adaptando-se às condições de solo e água nos diferentes ambientes em que é cultivada (SPARKS, 2005). De acordo com Herrera (1999) e Madero (2003), as noqueiras requerem solos de profundidade maior que 100 cm, com textura do horizonte subsuperficial, não salinos ou debilmente salinos, bem drenados a moderadamente bem drenados e que não sejam alagadiços.

O balanço hídrico sequencial do cultivo foi elaborado para os meses de setembro a maio, excetuando-se o período de dormência (meses de junho, julho e agosto). Como já destacado na metodologia, escolheu-se oito estações meteorológicas, segundo o critério espacial e de cultivo da noqueira: Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul, Iraí, Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiana. Optou-se por realizar o balanço hídrico em três situações diferentes: ano padrão chuvoso (2002), ano padrão seco (2004) e ano padrão habitual (2013). Assim, é possível verificar as particularidades de cada local em distintas condições pluviométricas. O balanço hídrico sequencial da cultura para o ano chuvoso (2002) da série histórica, nas oito estações meteorológicas, pode ser observado nas figuras 63 e 64.

Figura 63 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão chuvoso (2002) da série histórica em Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Iraí.

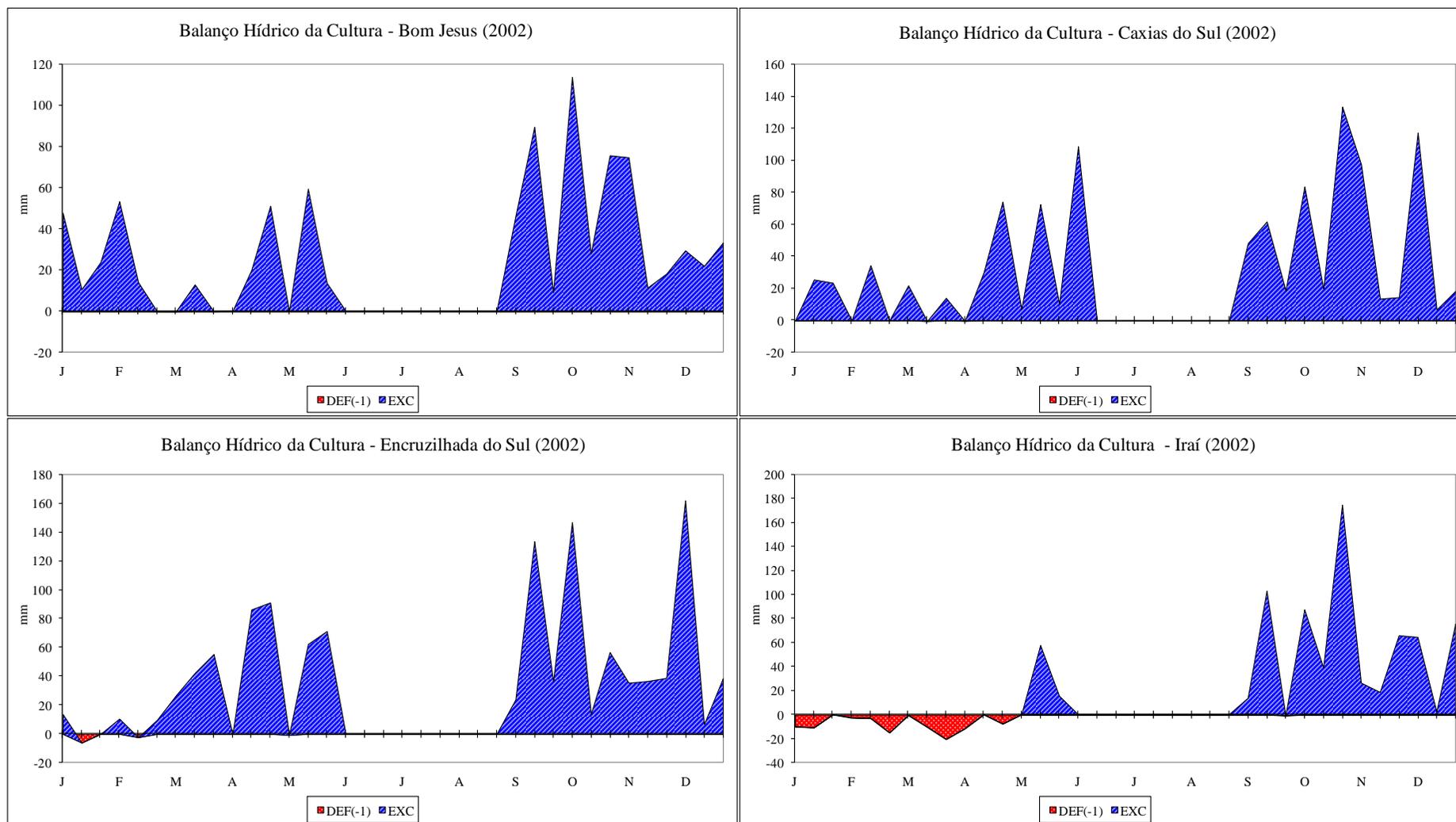
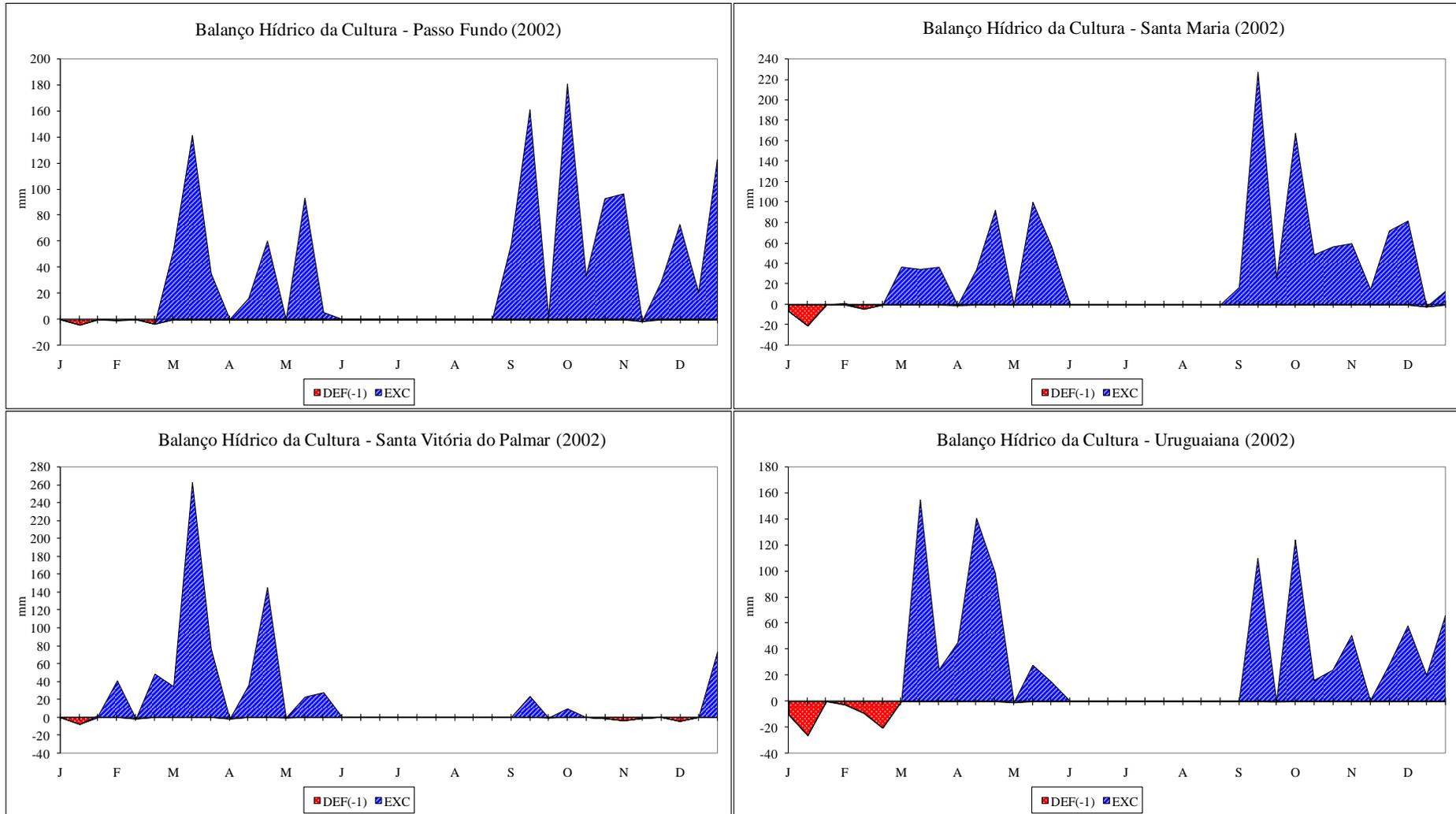


Figura 64 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão chuvoso (2002) da série histórica em Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguiana.



O balanço hídrico sequencial do cultivo para o ano de 2002, ano chuvoso da série histórica, compreende dois ciclos do cultivo da noqueira, isto é, parte da safra de 2001/2002 e da safra 2002/2003, mas, ainda assim, possibilita identificar os períodos de excesso e déficit hídrico sob condições de elevada pluviosidade, nas principais fases fenológicas. De acordo com as figuras 64 e 65, verificou-se que, na maioria dos locais em análise, houve períodos de déficit hídrico, ou seja, falta de precipitação, mesmo diante de condições de um ano considerado chuvoso. A tabela 13 mostra os totais pluviométricos registrados nas oito estações meteorológicas, mensais e anual, para o ano de 2002.

Tabela 13 – Precipitação pluviométrica do ano de 2002, mensal e total, em oito estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Estação Meteorológica	2002												Total
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov	Dez.	
Bom Jesus	178,7	137,9	103,4	127,4	109,5	263,8	137,9	158,2	172,9	278,1	174,3	180,9	2023,0
Caxias do Sul	159,0	119,3	138,0	157,2	130,7	244,9	184,9	175,5	160,6	302,9	204,2	248,0	2225,2
Encruzilhada	120,7	128,0	230,1	227,1	174,5	257,6	274,8	188,2	225,8	282,0	193,5	320,6	2622,9
Iraí	113,8	56,0	85,1	51,0	197,8	179,8	94,1	144,7	138,9	395,3	205,2	284,0	1945,7
Passo Fundo	96,0	76,7	356,8	135,9	140,4	219,0	146,3	233,8	253,6	372,3	205,0	329,5	2565,3
Santa Maria	111,8	101,2	252,1	183,7	204,6	175,1	238,3	283,8	306,8	349,8	243,4	232,8	<b>2683,4</b>
Sant V.Palmar	123,9	191,1	<b>473,5</b>	229,9	91,9	87,2	120,9	209,3	<b>42,0</b>	66,4	72,5	202,6	<b>1911,2</b>
Uruguaiana	100,3	51,4	358,1	336,8	84,4	39,9	132,7	69,7	140,0	246,2	169,3	277,4	2006,2

Ao observar as figuras 63 e 64, destaca-se que somente as regiões de Caxias do Sul e Bom Jesus não apresentaram déficit hídrico. Na maioria dos meses, destaca-se o excedente hídrico, superando em alguns meses mais de 100 mm. Os meses de setembro, outubro e novembro registraram os maiores excedentes e valores mensais de precipitação. Tal período requer atenção com relação ao excesso de precipitação e umidade nas fases fenológicas da expansão foliar e da floração. Os totais pluviométricos registrados nesses dois locais para o ano chuvoso foram, respectivamente, 2.225,2 mm e 2.023,0 mm. Segundo Sparks (2005), o efeito de umidade excessiva decorrente de chuvas prolongadas pode ser minimizado com locais de drenagem adequadas, ou seja, áreas preferencialmente em encostas do que as áreas planas, propícias a alagamentos.

Durante o período de floração e polinização da noqueira pecã, meses de outubro e novembro, somente Santa Vitória do Palmar registrou déficit hídrico de 6,2 mm. Isso deve-se

ao fato de ter apresentado os menores totais pluviométricos, dentre as estações analisadas, tanto em outubro (66,4 mm) quanto em novembro (72,5 mm). Além disso, apresentou o menor total pluviométrico anual, isto é, 1.911,2 mm para o ano em questão. Porém, ainda assim, apresentou um valor muito acima de sua média histórica que é de 1.230,6 mm.

Nos meses de janeiro, fevereiro e março, que compreendem o desenvolvimento da amêndoa, do seu tamanho até a formação da casca, destaca-se o déficit hídrico nas regiões de Encruzilhada do Sul, Iraí, Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiana, ou seja, em 75% das regiões analisadas. Isso demonstra que, apesar dos totais pluviométricos anuais serem elevados, como é o caso de Santa Maria com o maior total (2.683,4 mm), a análise da variação espacial e temporal da precipitação é fundamental para identificar-se as necessidades hídricas do cultivo.

Destaque especial para a região de Iraí que apresentou o maior período de déficit hídrico, com valor superior a 20 mm, desde janeiro até meados de maio, comprometendo quase que, na totalidade a formação e a maturação dos frutos. Além disso, o total pluviométrico registrado no ano em estudo foi inferior a sua média histórica de 1.953,3 mm. Merece ênfase também Uruguaiana que apresentou os maiores déficit hídricos para os meses de janeiro (-36,8 mm) e fevereiro (-32,4 mm). Porém, em março, apresentou o maior total mensal pluviométrico 358,1 mm e um excedente hídrico de 178,6 mm.

Segundo Sparks (1996; 2005), a baixa disponibilidade de água afeta o enchimento da amêndoa, principalmente em meados de janeiro e fevereiro, constituindo-se, assim, no maior período de estresse para a noqueira. Além disso, a falta de umidade suprime o crescimento dos frutos muito cedo, pelo menos três semanas após a polinização, influenciando também no período de expansão no mês de janeiro a meados de fevereiro (SPARKS, 2009).

No período da colheita das nozes, em abril e maio, na maioria das regiões analisadas, com exceção de Iraí, houve excedente hídrico. Em março, período em que as nozes já se encontram bem formadas, a região de Santa Vitória do Palmar apresentou o maior excedente hídrico com valor superior a 250 mm. Essa região destaca-se pelos valores máximos e mínimos registrados, ou seja, precipitação de 473,5 mm em março e 42 mm em setembro.

As figuras 65 e 66 apresentam o balanço hídrico da cultura para o ano padrão seco (2004) da série histórica, nas oito estações meteorológicas selecionadas.

Figura 65 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão seco (2004) da série histórica em Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Iraí.

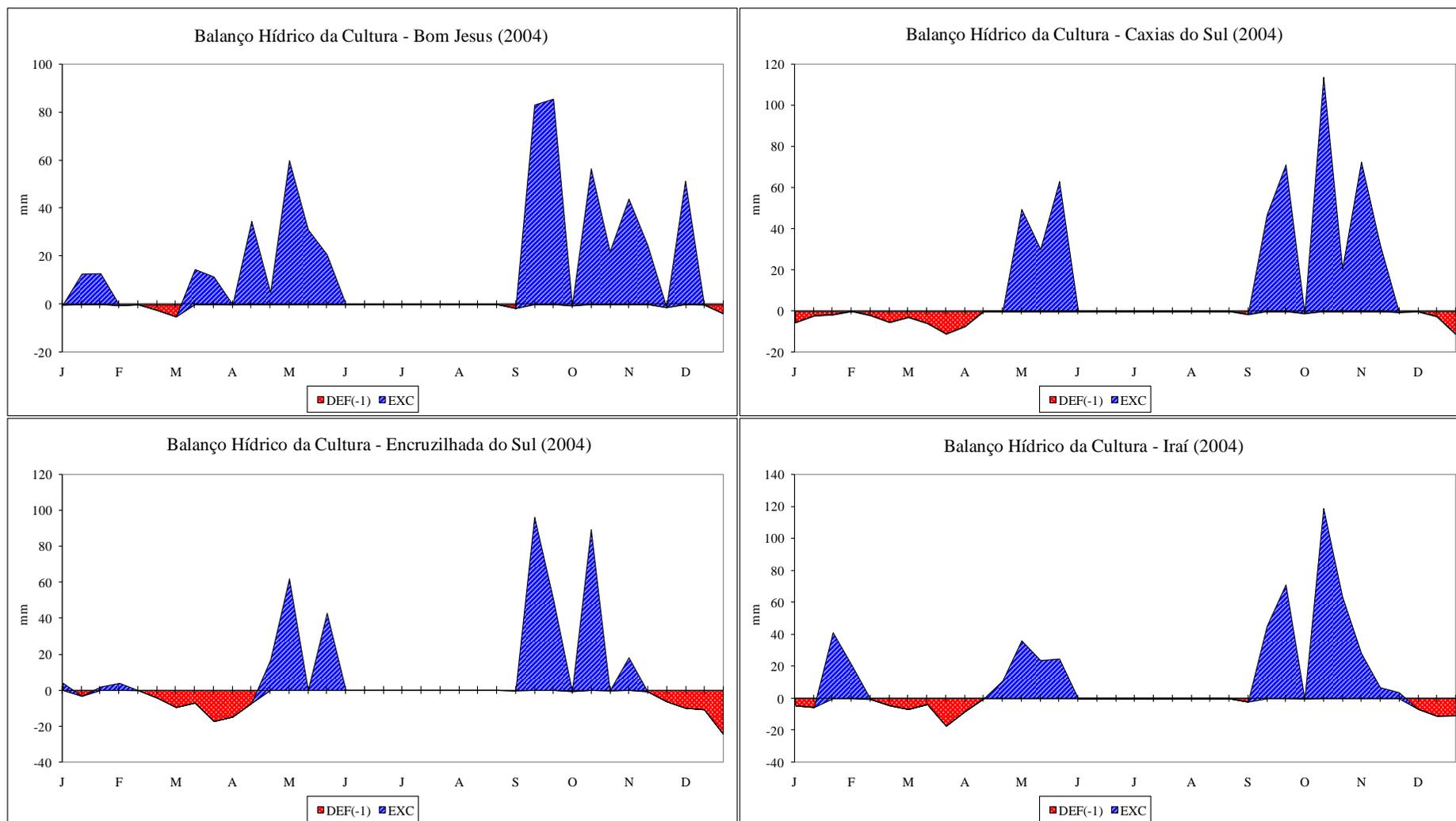
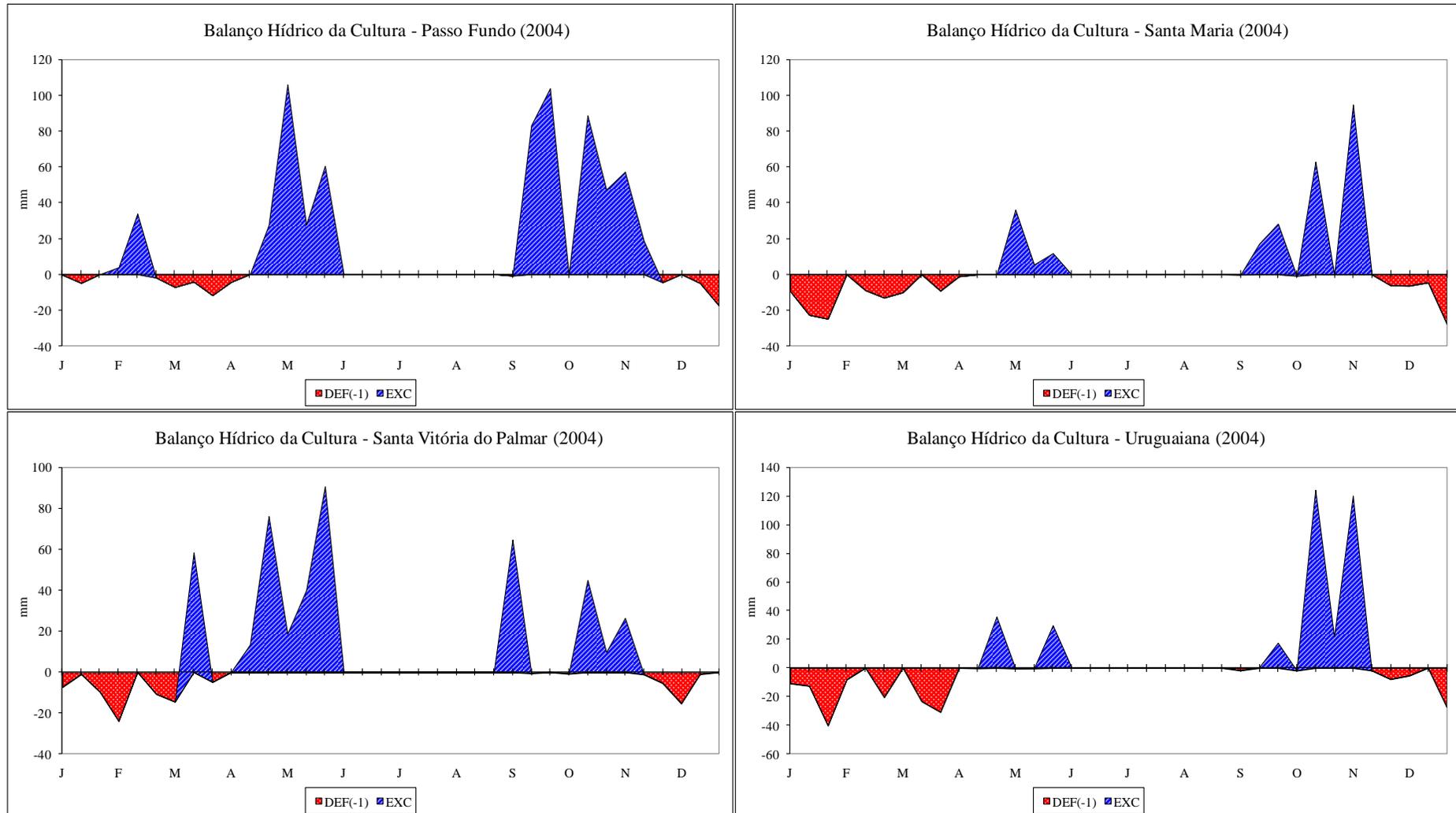


Figura 66 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão seco (2004) da série histórica em Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiiana.



De acordo com os balanços hídricos da cultura apresentados nas figuras 65 e 66, verifica-se que os períodos de déficit hídrico intensificaram-se em diferentes meses do ano em todas as estações, ainda que se notem períodos significativos de excedente. Para melhor compreender a dinâmica desse ano, considerado seco, a tabela 14 apresenta a precipitação pluviométrica para o ano de 2004, mensal e total, das oito estações meteorológicas selecionadas.

Tabela 14 – Precipitação pluviométrica do ano de 2004, mensal e total, em oito estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Estação Meteorológica	2004												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov	Dez.	Total
Bom Jesus	124,2	52,5	114,4	92,8	137,3	31,3	129,2	34,0	213,2	126,2	115,6	127,4	1298,1
Caxias do Sul	64,2	78,6	39,4	77,2	204,4	58,3	168,8	38,1	164,7	185,2	163,0	51,9	1293,8
Encruzilhada	128,4	72,6	<b>18,2</b>	121,8	135,5	94,3	210,6	107,2	190,4	134,3	57,5	29,6	1300,4
Iraí	176,4	99,0	44,1	138,5	116,1	55,0	173,0	35,3	171,0	250,5	131,0	56,2	1446,1
Passo Fundo	97,5	123,0	26,7	142,3	222,4	133,5	88,8	53,0	<b>234,3</b>	193,2	121,9	67,3	<b>1503,9</b>
Santa Maria	21,7	110,8	94,1	101,5	85,8	72,1	72,5	85,3	96,3	120,1	147,7	62,2	<b>1070,1</b>
Sant. V. Palmar	62,7	49,6	172,1	178,0	181,5	75,3	80,7	62,1	99,5	107,0	59,7	77,7	1205,9
Uruguaiana	21,7	98,1	40,7	186,0	53,6	85,4	57,9	21,7	61,2	206,9	157,3	79,6	<b>1070,1</b>

No período de expansão foliar, nos meses de setembro e outubro, todas as regiões registraram excedente hídrico, com exceção de Uruguaiana, que apresentou déficit hídrico superior a 50 mm. Destaca-se Passo Fundo que apresentou o maior total pluviométrico anual (1.503,9 mm) e também o maior total mensal para o mês de setembro (234,3 mm), resultando em um excedente hídrico superior a 100 mm. O excedente hídrico no período pode estar associado com períodos de umidade e precipitações consecutivas que favorecem o ataque por patógenos. De outubro até meados de novembro, também foram registrados excedentes hídricos em todas as regiões analisadas, período que compreende a floração e a polinização.

A formação das nozes que tem início ao final do mês de novembro prolongando-se até meados de março requer índices de precipitações adequadas, para que ocorra um bom desenvolvimento dos frutos (tamanho, coloração, óleo). No ano em análise, o mês de dezembro apresentou déficit hídrico em todas as regiões analisadas e se forem analisados os totais mensais para esse mês, comprova-se que a precipitação foi muito inferior aos outros meses. Destacam-se Encruzilhada do Sul e Santa Maria que apresentaram déficit hídricos

superiores a 20 mm e precipitações mensais em dezembro de 29,6 e 62,2 mm, respectivamente.

Os meses de janeiro, fevereiro e março destacam-se por apresentar predomínio de déficit hídrico com algumas variações de excedentes. As regiões de Uruguaiana, Santa Maria e Caxias do Sul apresentaram déficit hídrico durante todo o período de formação das nozes, registrando valores durante esses três meses de -147,7 mm, -97,8 mm e -37 mm. Uruguaiana e Santa Maria destacam-se por apresentar os menores totais pluviométricos anuais de 1.070,1 mm e Caxias do Sul de 1.293,8 mm. Além disso, Uruguaiana e Santa Maria registraram totais pluviométricos para janeiro de apenas 21,7 mm em ambos. Para as três regiões, a precipitação total no ano seco foi significativa, isto é, abaixo da média histórica que é de 1.407,1 mm para Uruguaiana, 1.736,1 para Santa Maria e 1.774,9 mm para Caxias do Sul.

As regiões de Bom Jesus, Iraí, Encruzilhada do Sul, Passo Fundo e Santa Vitória do Palmar também apresentaram déficit hídrico no período de desenvolvimento das nozes, com pequenos intervalos de excedente. Santa Vitória do Palmar apresentou o maior déficit hídrico no mês de fevereiro (-34,8 mm), com apenas 49,6 mm para esse mesmo mês, seguida da região de Encruzilhada do Sul que registrou, no mês de março, o menor total pluviométrico de todas as estações, 18,2 mm e um déficit hídrico de -34 mm.

De acordo com Sparks (1997), as precipitações inadequadas durante o período de desenvolvimento das nozes poderão interferir na sua qualidade. Segundo o autor, a falta de precipitação no início da formação das nozes pode resultar em nozes pequenas, mas se houver um período sequente de precipitação adequada, o tamanho das nozes poderá ser normal. Além disso, as nozes poderão ser grandes, mas mal preenchidas, sob condição de umidade do solo adequada durante o alongamento e a expansão das nozes (finais de novembro a primeira quinzena de janeiro), seguido de umidade inadequada durante o desenvolvimento da amêndoa (a partir da metade de janeiro até meados de março).

No estudo desenvolvido por Vidal e Pintos (2013), verificou-se caída de flores nos meados de novembro e uma queda significativa de frutos nos finais de janeiro e início de fevereiro, prolongando-se até finais de março. Segundo os autores, as flores estavam mal formadas ou não polinizadas e as nozes eram pequenas. O aborto do embrião pode estar associado ao rápido incremento de peso da amêndoa, o que implicaria em questões nutricionais entre os frutos e as folhas (SPARKS, 1995). A queda dos frutos, que atingiu cerca de 50% do potencial produtivo, foi relacionada ao déficit hídrico registrado nesse período.

No período de colheita das nozes, meses de abril e maio, as regiões em análise apresentaram variações com excedente e déficit hídrico. Destacam-se as regiões de Bom

Jesus, Passo Fundo e Santa Vitória do Palmar que apresentaram excedentes hídricos significativos superiores a 60 mm, 100 mm e 80 mm, respectivamente. Esses excedentes são decorrentes das precipitações mensais registradas nesses dois meses que superaram os 100 mm, com exceção apenas para o mês de abril, em Bom Jesus, que registrou 92,8 mm.

A análise desses balanços hídricos demonstra que, de fato, o ano seco dessa série histórica, implicaria déficit hídrico em todas as regiões do Estado, especialmente no período de formação das nozes de janeiro a março, com destaque para as regiões de Uruguaiana, Santa Maria e Santa Vitória do Palmar. As precipitações inadequadas nesse período, como já destacado anteriormente, implicam, sobretudo, a qualidade das nozes e, conseqüentemente, o rendimento produtivo.

Dessa forma, como notou-se na variabilidade de chuvas nos anos de 2002 (ano chuvoso) e 2004 (ano seco), a presença tanto de déficit como de excedente hídrico, pode-se afirmar que o espaço geográfico em estudo está mais propenso a condições de excedentes hídricos do que déficit. A partir da variabilidade espaço-temporal da precipitação em questão, quanto da temperatura, bem como de outros fenômenos naturais, é importante salientar que o homem exerce pouco controle sobre as mesmas. Assim, em casos de déficit hídrico ou de excedentes é necessário desenvolver um bom manejo do cultivo, tentando minimizar ao máximo a interferência deles sobre a produção.

Em condições de secas muito severas, Sparks (2009) relata que a seca afeta a fruta muito cedo, causando a supressão do seu crescimento, pelo menos três semanas após a polinização. Segundo o autor, a umidade armazenada no perfil do solo pelas chuvas do inverno não é suficiente para suprir as necessidades da noqueira na primavera, nas condições climáticas encontradas na Geórgia. Nesse caso, o autor indica que a gestão da irrigação para o crescimento dos frutos deve iniciar ainda na polinização. Porém, se a seca já estiver suprimindo a sessão de diâmetro, a irrigação para crescimento da parte aérea deve iniciar antes ou durante a brotação, dependendo da gravidade da seca (SPARKS, 2009).

As figuras 67 e 68 apresentam o balanço hídrico da cultura para o ano padrão habitual (2013), nas oito estações meteorológicas selecionadas.

Figura 67 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão habitual (2013) da série histórica em Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Iraí.

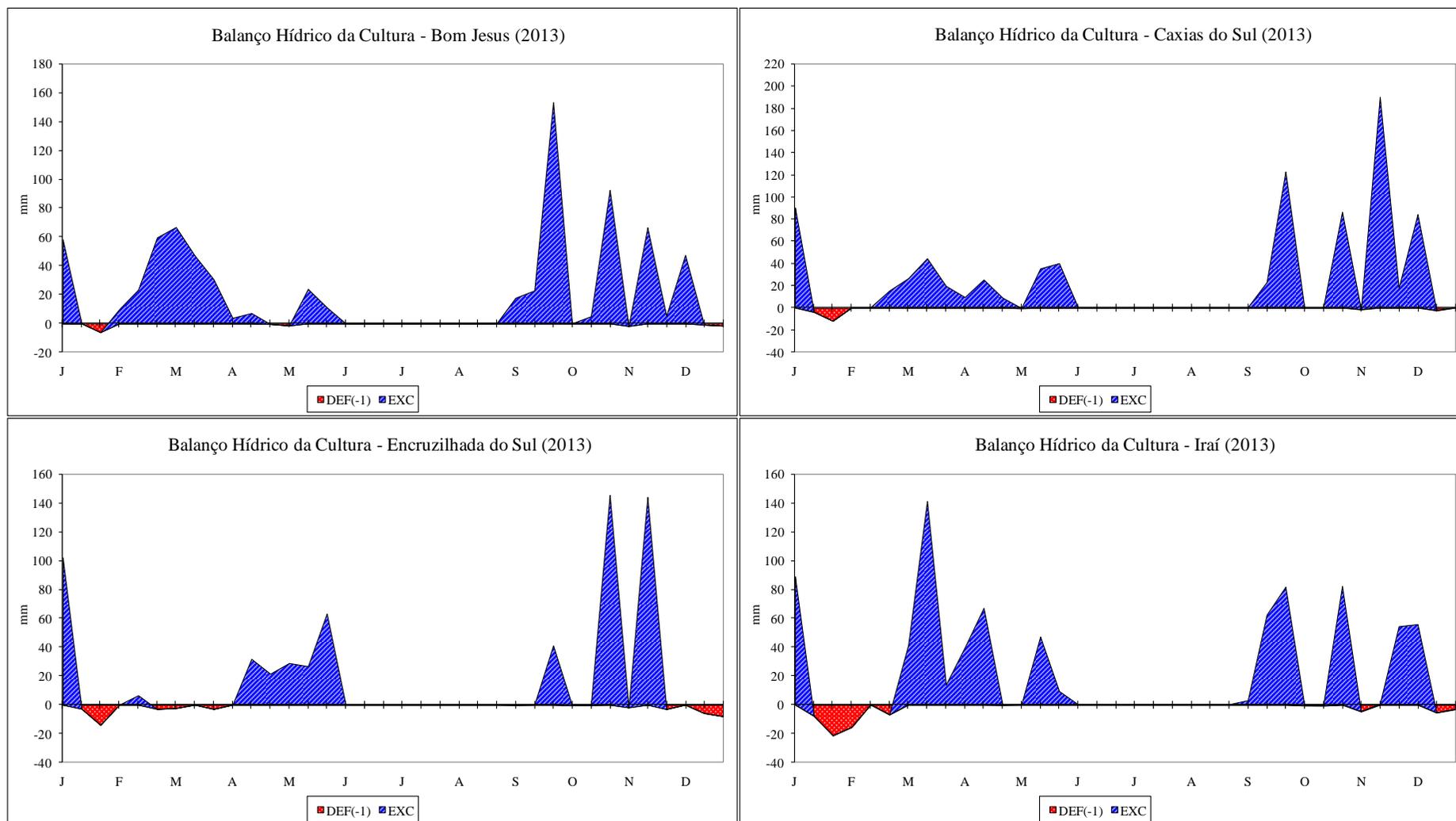
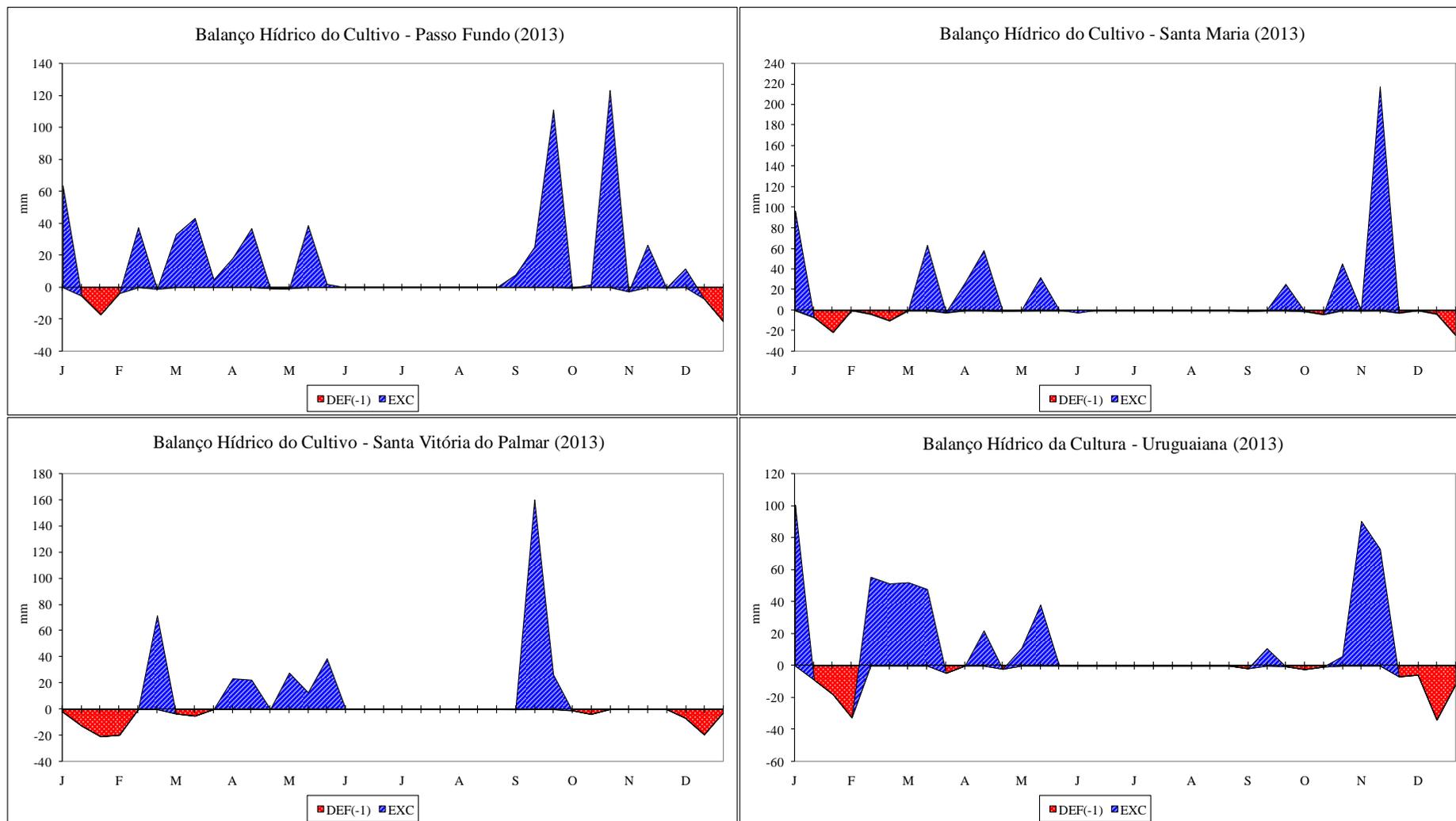


Figura 68 – Balanço hídrico da cultura para o ano padrão habitual (2013) da série histórica em Passo Fundo, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Uruguaiiana.



No ano padrão habitual de 2013, que representa o ano com totais pluviométricos mais próximos da média histórica, pode-se verificar que as regiões selecionadas apresentaram períodos de déficit hídrico, principalmente de janeiro a março e em dezembro. Os excessos concentraram-se principalmente a partir do mês de abril até novembro. A tabela 15 apresenta a precipitação pluviométrica do ano de 2013, mensal e total, das oito estações meteorológicas selecionadas e possibilitará compreender melhor o balanço hídrico para esse ano.

Tabela 15 – Precipitação pluviométrica do ano de 2013, mensal e total, em oito estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Estação Meteorológica	2013												Total
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Out.	Nov	Dez.	
Bom Jesus	116,1	212,1	211,1	45,4	75,3	136,4	98,4	<b>415,5</b>	232,1	148,7	142,4	131,2	1964,7
Caxias do Sul	131,6	157,3	159,9	93,3	110,8	144,9	82,3	373,6	186,2	140,5	284,9	185,2	<b>2050,5</b>
Encruzilhada	155,4	133,2	70,5	129,2	151,6	89,9	95,3	181,9	80,3	200,9	198,4	99,3	1585,9
Iraí	146,6	126,2	316,8	152,5	98,8	210,1	44,4	212,9	191,6	157,7	159,1	164,0	1980,7
Passo Fundo	101,8	170,5	165,9	95,7	85,2	127,6	81,4	363,6	184,0	186,4	103,9	66,4	1732,4
Santa Maria	145,3	97,7	188,6	147,4	71,6	81,6	113,5	163,8	69,2	108,7	294,5	92,8	1574,7
Sant. V. Palmar	27,5	222,0	52,3	111,7	113,9	33,2	90,5	114,9	223,8	29,3	88,6	59,7	<b>1167,4</b>
Uruguaiana	163,4	257,7	155,4	84,4	101,4	25,8	102,4	<b>23,1</b>	42,5	85,1	225,1	89,9	1356,2

É importante destacar que, no ano de 2013, considerado ano habitual, as variações pluviométricas são significativas, quando observam-se os totais mensais na tabela 15. Entre os meses de março a julho, de forma alternada, as regiões em análise apresentaram totais pluviométricos mensais abaixo de 30 mm, ainda que, este seja o período de menores requerimentos para a noqueira pecã. Dá-se ênfase para o mês de agosto que, após baixa precipitação em julho, registrou um aumento na precipitação em sete das oito regiões. A exceção foi Uruguaiana, que, no mesmo mês, apresentou o menor total mensal de todo o período, ou seja, apenas 23,1 mm.

Ao observar as figuras 67 e 68, verifica-se que, após o período de dormência, isto é, meses de junho, julho e agosto, no inverno, a maioria das regiões registrou excedentes hídricos significativos, tais como Bom Jesus e Santa Vitória do Palmar, com mais de 160 mm. Essas duas regiões destacam-se também por apresentarem os maiores totais pluviométricos mensais para o mês de setembro, período da expansão foliar da noqueira pecã, em que Bom Jesus registrou 232,1 mm e Santa Vitória do Palmar, 223,8 mm. Além disso, Bom Jesus

apresentou o maior total pluviométrico mensal, dentre as regiões analisadas, para o mês de agosto com 415,5 mm.

Durante a expansão foliar, nos meses de setembro e outubro, todas as regiões registraram excedente hídrico, especialmente Bom Jesus, Caxias do Sul, Passo Fundo e Santa Vitória do Palmar. Nos meses de outubro e novembro, durante a floração e o término da expansão foliar, a maioria das regiões apresentou excedentes hídricos significativos, tais como Santa Maria com mais de 220 mm, Caxias do Sul, mais de 180 mm, Encruzilhada do Sul, mais de 140 mm, Passo Fundo, superior a 120 mm e Bom Jesus, Uruguaiana e Iraí, com excedentes superiores a 80 mm. Santa Vitória do Palmar destaca-se por não apresentar excedente hídrico para esse período e um déficit de -4,7 mm em outubro, registrando somente 29,3 mm para esse mês. Essa região apresentou também o menor pluviométrico anual 1.167,4 mm, um pouco abaixo de sua média histórica de 1.230,6 mm.

Em dezembro, quando as nozes já iniciaram a sua formação e requerem pluviosidade adequada para o seu bom desenvolvimento, destaca-se o déficit hídrico em seis das oito regiões analisadas. A região de Uruguaiana merece ênfase por apresentar o maior déficit hídrico (-57,6 mm), seguida de Santa Vitória do Palmar (-28,8 mm) e Passo Fundo (-28,2 mm). O total pluviométrico para dezembro nessas três regiões foi, respectivamente, 89,9 mm, 59,7 mm e 66,4 mm. Essas variações de déficit ou excesso hídrico não se devem somente à pluviosidade, mas também à interferência da temperatura média e da latitude, variáveis consideradas no balanço hídrico. Ainda nesse mês, destacam-se as regiões de Bom Jesus e Caxias do Sul que não apresentaram déficit hídrico. Caxias do Sul, por sua vez, é a região que apresentou o maior total pluviométrico anual (2.050,5 mm), dentre as estações analisadas.

Nos meses sequentes à formação dos frutos, de janeiro a março, destacam-se períodos de déficit hídrico intercalados com excedentes, o que pode não ser tão prejudicial à noqueira pecã. As regiões que mais se destacaram pelo déficit hídrico foram Santa Vitória do Palmar (-64,0 mm), Uruguaiana (-63,6 mm), Iraí (-52,4 mm) e Santa Maria (-44,8 mm).

Nesse índice de estiagem, apesar do Estado ter apresentado somente uma pequena área com risco ao cultivo da noqueira pecã, o que é excelente, deve-se atentar para as variações pluviométricas interanuais, que foram destacadas através do balanço hídrico, especialmente no que se refere ao déficit hídrico. Além disso, deve-se observar os anos que estiverem sob a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, principalmente quando a expectativa de chuva é abaixo ou acima do normal. Recomenda-se, na implantação de um pomar, observar uma densidade de árvores que esteja de acordo com o tipo de solo e condições climáticas do local, implantar um sistema de irrigação se a área a ser cultivada possuiu um histórico de estiagens,

especialmente atentando para os períodos críticos da noqueira e manter uma boa cobertura do solo por meio do manejo de forrageiras e pastagens.

## **5.2.5 Índice de risco de excesso de umidade**

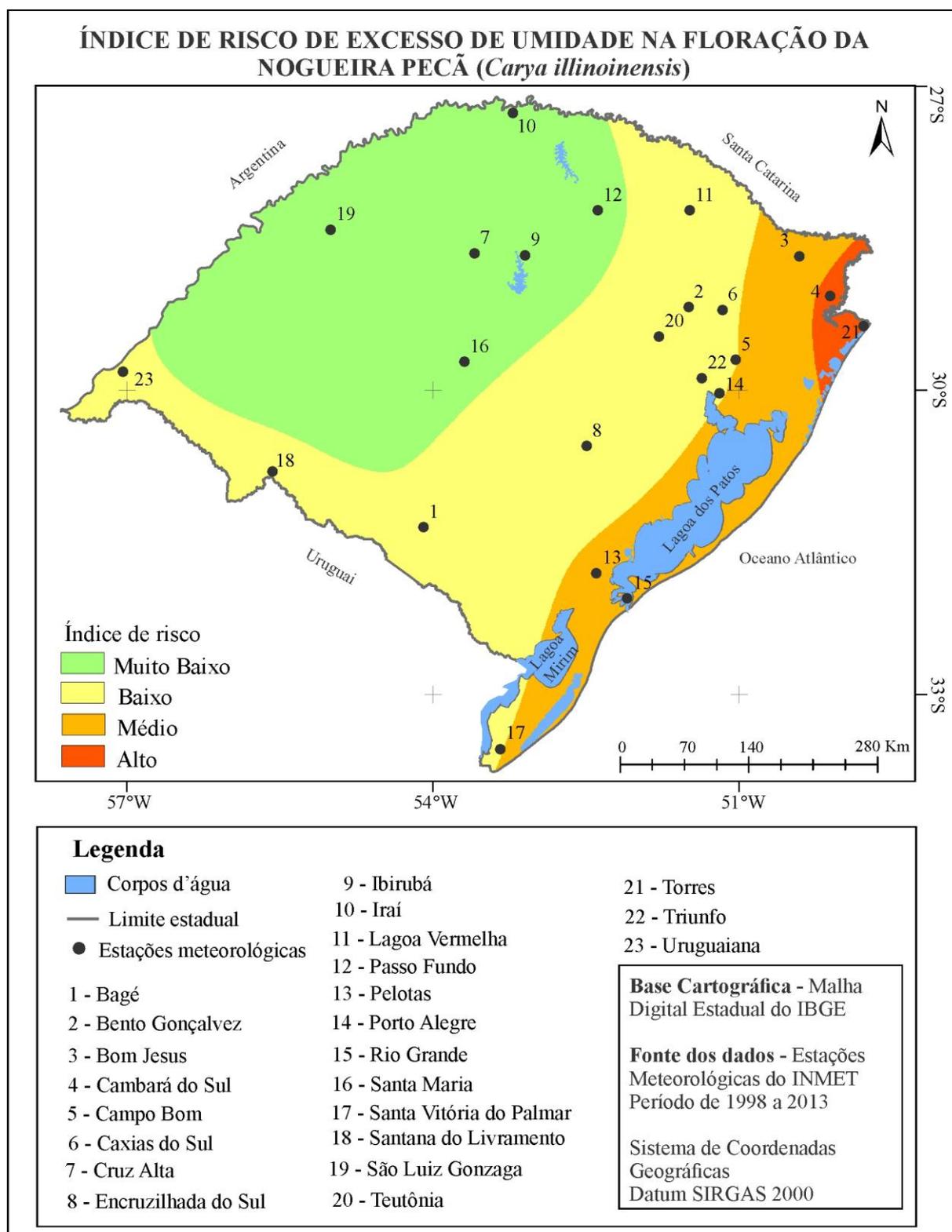
### *5.2.5.1 Na floração*

O índice de risco de excesso de umidade relativa do ar foi elaborado para o período de floração e polinização da noqueira, durante os meses de outubro e novembro, com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos com umidade relativa do ar acima de 80% (Figura 69). Definiram-se as classes de risco de acordo com a umidade relativa do ar acima de 80%: durante 3 a 4 dias consecutivos, risco muito baixo; durante 5 dias consecutivos, baixo; durante 6 dias consecutivos, risco médio; durante 7 dias consecutivos, alto e superior a 8 dias consecutivos, risco muito alto. O índice foi construído por meio de uma média ponderada de acordo com o número de ocorrências em cada classe.

O excesso de umidade relativa do ar associado com as precipitações consecutivas, durante o período de floração influencia, sobretudo, na polinização. De acordo com Brison (1976), quando a umidade relativa do ar é superior a 80% no período de polinização, ocorre uma limitação da polinização efetiva pelo fato de que as flores masculinas possivelmente não abriram para liberar o pólen, além disso, promove o desenvolvimento de enfermidades fúngicas que atacam as folhas e os frutos.

Na série histórica, os meses de outubro e novembro apresentaram 659 ocorrências de risco muito baixo e baixo, 61 de risco médio e 103 ocorrências de risco alto e muito alto. As regiões que apresentaram o maior número de ocorrências durante três a quatro dias consecutivos de umidade relativa do ar superior a 80% foram Santa Vitória do Palmar e Torres, ambas com 38 ocorrências e Rio Grande, Caxias do Sul e Bom Jesus com 33. E as menores ocorrências foram em São Luiz Gonzaga (11) e outras três regiões, Passo Fundo, Iraí e Bagé, com 17 ocorrências cada uma. As maiores ocorrências de umidade relativa superior a 80%, em sete ou mais dias, foram em Torres (27) e Cambará do Sul (18). Já as regiões de Santa Maria, Passo Fundo e Bagé não registraram nenhuma ocorrência de sete ou mais dias consecutivos de umidade relativa do ar superior a 80%.

Figura 69 – Índice de risco de excesso de umidade na floração da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.



Observando a figura 69, verifica-se a presença de quatro classes de risco. Em 42,9% do Estado, destaca-se o risco muito baixo, ou seja, umidade relativa superior a 80% durante

três a quatro dias consecutivos, nas regiões que compreendem Santa Maria, São Luiz Gonzaga, Cruz Alta, Ibirubá, Passo Fundo e Iraí. Essa área compreende alguns dos 20 maiores municípios produtores de nozes, tais como Iraí, Crissiumal, Rondinha, Ajuricaba, São Vicente do Sul, Quevedos e Santa Maria(Ver Figura 27).

Em proporção aproximada, 42,2%, apresenta o risco baixo, umidade relativa superior a 80% durante cinco dias consecutivos, nas regiões de Uruguaiana, Santana do Livramento, Bagé, Encruzilhada do Sul, Triunfo, Campo Bom, Teutônia, Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Lagoa Vermelha. Nessa área, também estão compreendidos municípios de destaque na produção de nozes, especialmente Cachoeira do Sul, Rio Pardo, General Câmara, Barão do Triunfo, Tapejara, Ciríaco, Anta Gorda, Arvorezinha e Nova Petrópolis (Ver Figura 27).

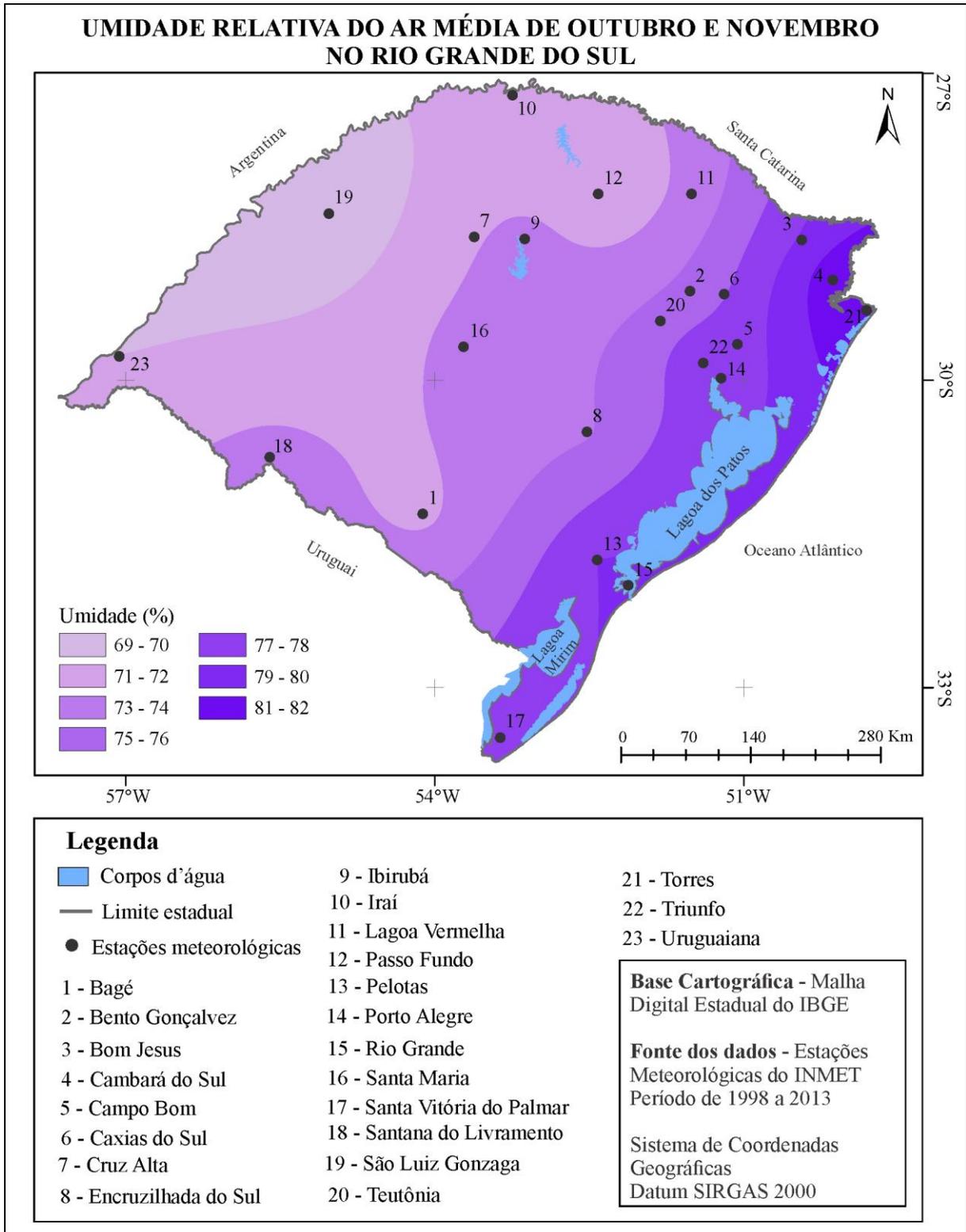
O risco médio, umidade relativa superior a 80% durante seis dias, destaca-se em 13,2% do território, principalmente nas regiões litorâneas de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Pelotas e Bom Jesus. Nessa área de risco médio de excesso de umidade na floração da noqueira destacam-se também pequenos municípios produtores tais como Caxias do Sul, Porto Alegre, Taquara, Glorinha e Riozinho (Ver Figura 27). O risco alto, umidade relativa superior a 80% durante sete dias consecutivos, representa 1,7% da área nas regiões que compreendem Torres e Cambará do Sul, com forte influência da umidade marítima. Nessa área, ainda não há registro de municípios produtores de nozes.

De acordo com o resultado obtido na representação do índice de risco de excesso de umidade, pode-se afirmar que a região que compreende o risco médio e alto merece especial atenção, pois predominam condições desfavoráveis (umidade relativa superior a 80%, a seis e sete dias consecutivos) para a floração e favoráveis para a incidência de doenças fúngicas. Nestas zonas recomenda-se o plantio de diversas variedades nos pomares de noqueiras e variedades mais resistentes a umidade. Assim, as chances de polinização serão aumentadas e favorecidas, se houver a incidência de vento.

O excesso de umidade, além de limitar o deslocamento do pólen, aumenta as chances de ocorrências da sarna, que é beneficiada por chuvas frequentes, alta umidade e temperaturas acima de 21°C (HEEREMA; GOLDBERG; THOMAS, 2010). Conforme já destacado anteriormente e concordando com Fronza, Poletto e Hamann (2013), a sarna compromete os tecidos jovens em crescimento, tais como folhas, pecíolos, epicarpo dos frutos e amentos, podendo causar prejuízos de 50 a 100%, em períodos de elevada umidade. Quando houver infestação dessa doença no pomar, deve-se controlá-la por meio de práticas de manejo, podendo restringir a sua área de ataque, diminuindo o sombreamento mútuo entre as árvores, e também com aplicação de fungicidas.

Além disso, conforme já relatado anteriormente na reportagem “Novo horizonte para o cultivo de noz pecã” (Anexo B) e “Menos nozes em área plantada recorde no Rio Grande do Sul” (Anexo C), o excesso de umidade, associado a precipitações consecutivas na safra de 2009/2010 e 2015/2016, causou redução na produção de nozes. Segundo os entrevistados, a umidade excessiva causou a incidência de fungos, principalmente o *Cladosporium caryigenum*, o que levou as árvores a abortarem parte dos frutos e reduzirem o tamanho da amêndoa. A influência da umidade relativa do ar na produção de nozes, da safra 2009/2010, pode ser comprovada quando verifica-se a média mensal da umidade relativa do ar para o mês de novembro, nas duas estações meteorológicas mais próximas ao pomar, Encruzilhada do Sul e Santa Maria, que registraram média mensal de 84% e 82%, respectivamente. A média da umidade relativa do ar para os meses de outubro e novembro pode ser observada na figura 70.

Figura 70 – Umidade relativa do ar média de outubro a novembro no Rio Grande do Sul.



A média histórica da umidade relativa do ar para o mês de novembro é de 77% e para o mês de outubro é de 72%. Os meses de maio, junho e julho foram os meses que

apresentaram as maiores médias históricas, sendo 82, 83 e 81% respectivamente. Observando-se a representação da umidade relativa do ar, verifica-se uma variação de 13% em relação às áreas compreendidas na fronteira noroeste do Estado confrontadas com as áreas litorâneas ao leste.

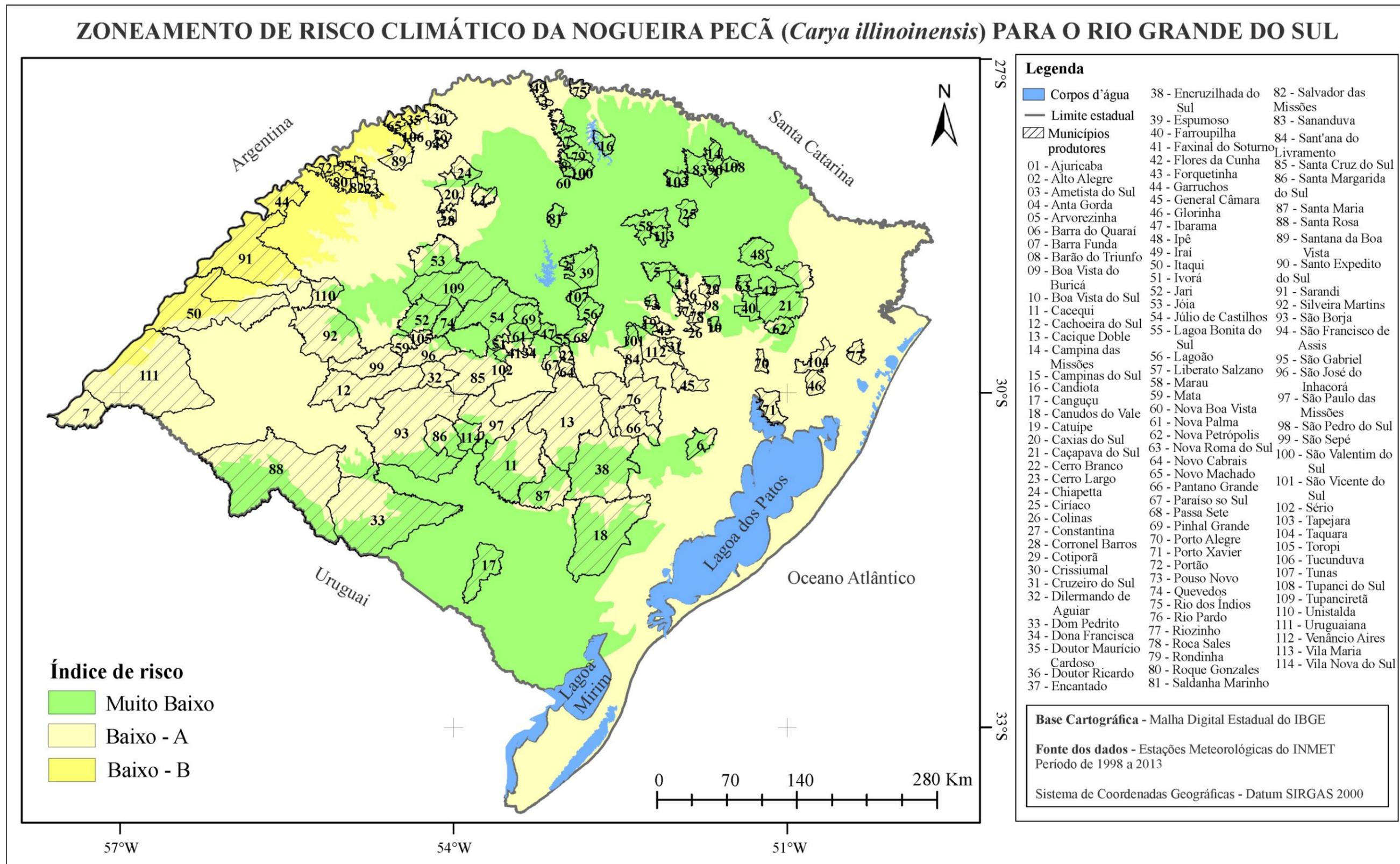
Destaca-se uma relação entre a representação do índice de risco com a umidade relativa, ou seja, nas áreas de risco muito baixo prevaleceram os menores valores de umidade, por outro lado, nas áreas de risco médio e alto, a umidade relativa do ar média manteve-se acima de 77%. A partir dessas análises, pode-se concluir que, no interior do Estado, a umidade relativa do ar tende a ser menor e as temperaturas maiores, do que nas regiões litorâneas, onde ocorre a influência da maritimidade.

### **5.2.6 Mapa síntese do zoneamento**

A integração dos cinco índices de risco resultou no mapa final do Zoneamento de Risco Climático (Figura 71). Para os índices de risco que foram analisados em mais do que uma fase fenológica do cultivo como no índice de temperaturas superiores a 35°C e no índice de excesso de precipitação, realizou-se a união das informações, resultando em um único mapa de índice para cada um destes. Assim, com as cinco representações dos índices e utilizando a álgebra de mapas, obteve-se o mapa síntese, o zoneamento final.

De acordo com o mapa de Zoneamento de Risco Climático para a noqueira pecã para o Estado, verifica-se a presença de duas classes de risco: muito baixo e baixo. A classe de risco baixo foi subdividida em duas (baixo – A e baixo – B) para melhor destacar as características das regiões classificadas, pois, apesar de serem de risco baixo, apresentam diferenciações significativas quanto à presença dos cinco índices de risco analisados. O zoneamento final permite uma visão total das áreas que apresentam menores ou maiores riscos ao cultivo da noqueira pecã. Porém, para a análise individualizada das fases fenológicas e da ocorrência dos riscos, é importante verificar os índices de risco nas suas especificidades regionais.

Figura 71 – Zoneamento de Risco Climático da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) para o Rio Grande do Sul.





A classe de risco muito baixo encontra-se em 41,8% do território gaúcho e representa as áreas em que predominaram os índices de risco muito baixo ou a ausência de riscos. Destacam-se duas regiões, uma na porção sudoeste, na fronteira com o Uruguai, compreendendo Santana do Livramento, Bagé e Encruzilhada do Sul, e outra, na porção centro norte, abrangendo Cruz Alta, Ibirubá, Passo Fundo, Lagoa Vermelha, Bento Gonçalves e Caxias do Sul. Nessas áreas, prevaleceu o risco baixo de excesso de precipitação, o risco muito baixo de temperaturas superiores a 35°C e os riscos muito baixo e baixo de excesso de umidade relativa do ar. Destaca-se ainda por ser a zona com ausência de estiagem e da falta de horas de frio, sendo assim, a região mais indicada para o cultivo da noqueira pecã. Dentre os 20 maiores municípios produtores de nozes no Estado, destacam-se, nessa área, os municípios de Quevedos, Rondinha, Tapejara, Ciríaco, Arvorezinha, Anta Gorda, Nova Petrópolis e Barão do Triunfo.

A região com predomínio do risco baixo – A representa a maior parte do Estado, ou seja, 51,6% da área total. Abrange uma área bastante diversificada, tanto em latitude, como em longitude, que se estende desde o norte até o sul e de oeste até leste, em toda a faixa litorânea. Compreende as regiões de Iraí, Santa Maria, Teutônia, Triunfo, Porto Alegre, Bom Jesus, Cambará do Sul, Torres, Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. Enfatiza-se a presença de risco muito baixo e baixo com relação às temperaturas superiores a 35°C e excesso de precipitação, respectivamente. Apresentou risco de estiagem ao sul e risco muito baixo a médio de falta de horas de frio. Por ser uma área de extensão longitudinal, apresentou todas as classes de risco do índice de excesso de umidade relativa do ar (muito baixo a alto). Destacam-se, nessa zona de risco baixo – A, os maiores municípios produtores de noqueiras tais como Santa Maria, Cachoeira do Sul, Rio Pardo, General Câmara, Cruzeiro do Sul e Iraí.

A classe de risco baixo – B destaca-se em uma pequena porção situada a noroeste do Estado, na fronteira com a Argentina, e representa 6,6% da área total. Compreende basicamente a região de São Luiz Gonzaga e Uruguaiana e os municípios próximos ao Rio Uruguai. Envolve principalmente pequenos municípios produtores de nozes localizados na região fronteira com ênfase para Itaqui, São Borja, Garruchos, Porto Xavier, Campina das Missões, Novo Machado e Doutor Maurício Cardoso. Essa região distinguiu-se da anterior pelo fato de apresentar o predomínio da falta das horas de frio, ou seja, apesar de representar uma área de baixo risco, no que se refere às necessidades de horas de frio, apresenta risco alto e muito alto. Por outro lado, apresenta ausência do risco de estiagem e risco muito baixo quanto ao índice de excesso de precipitação. Também destaca-se por apresentar risco baixo para os índice de excesso de precipitação e temperatura superior a 35°C.

Em ambas as zonas de risco baixo, o cultivo da noqueira pecã pode ser implantado e cultivado, porém, recomenda-se especial atenção quanto aos índices determinantes nessas áreas, pois a sua influência será refletida na produção do cultivo. Na zona de risco baixo – B, o cultivo estaria condicionado ao requerimento de horas de frio. Orienta-se para a escolha de variedades de noqueiras que sejam menos exigentes no número de horas de frio nesses locais de risco baixo a médio. Indica-se, ainda, atentar para as condições climáticas de cada região e associá-las ao tipo de solo, buscando desenvolver um sistema de manejo adequado com acompanhamento dos requerimentos nutricionais e fitossanitários, tipos de podas visando otimizar a produção da noqueira.

A síntese da ocorrência das classes de risco em percentagem por índice e fase fenológica, bem como do zoneamento, pode ser observada na tabela 16.

Tabela 16 – Síntese das classes de ocorrência em relação à superfície total do Estado (%) dos índices de risco e do Zoneamento de Risco Climático para a noqueira pecã no Rio Grande do Sul.

Índice de Risco	Fenologia	Classes (%)				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Temperaturas superiores a 35°C	Floração	100	-	-	-	-
	Formação dos frutos	67,4	25,2	7,4	-	-
Falta de horas de frio	Período de dormência	15,5	20,2	13,7	6,4	1,7
	Expansão foliar	4,0	72,9	23,1	-	-
Excesso de precipitação	Floração	11,3	85,0	3,3	-	-
	Desenvolvimento dos frutos	64,8	32,1	3,1	-	-
	Colheita	-	100	-	-	-
Estiagem	Período de crescimento	3,1	-	-	-	-
Excesso de umidade	Floração	42,9	42,2	13,2	1,7	-
<b>Zoneamento de Risco Climático</b>		41,8	58,2	-	-	-

A partir dessa síntese, nota-se que os riscos muito baixo e baixo foram os que prevaleceram na maioria dos índices analisados, tanto em área quanto nos registros, e conseqüentemente, no zoneamento final. A classe de risco médio registrada em seis fases fonológicas da noqueira pecã também merece atenção, porém representa áreas menos significativas que as duas classes anteriores. Destaca-se o índice de risco de falta de horas de frio que apresentou classes de risco alto e muito alto e o índice de risco de excesso de

umidade, com o risco alto. Enfatiza-se, ainda, o índice de risco de estiagem que repres uma pequena área territorial com risco muito baixo.

Assim, evidencia-se que o cultivo da noqueira pecã apresenta elevado potencial de desenvolvimento no Rio Grande do Sul. Considerando-se a atuação dos riscos climáticos, sejam em maior ou menor proporção, ainda assim, se tomadas as devidas formas de manejo, o cultivo é viável majoritariamente no espaço geográfico em estudo. De acordo com Mexal e Herrera (2013), as noqueiras adaptam-se ao clima segundo a estação do ano e possuem uma notável capacidade de ajustar-se fisiologicamente às variações de temperatura, umidade, luz solar e vento. Os produtores de noqueira, por sua vez, também podem adaptar as necessidades do pomar buscando estratégias de manejo, conhecimento dos requerimentos termo-hídricos, de solos e, se necessário, buscando novas variedades.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O cultivo da noqueira pecã está em expansão no Rio Grande Sul, como foi observado no incremento de área cultivada de 1.366 hectares (2006) para 3.396 hectares (2014). A produtividade estadual é baixa, o que significa que os cultivos ainda são muito jovens e pouco produtivos. Não há uma evolução histórica do cultivo, tanto em termos de área cultivada como de produção disponível em órgãos estaduais ou pesquisas científicas, o que dificulta a realização de uma análise integrada com a ocorrência de riscos climáticos.

Com relação ao referencial teórico, destaca-se uma expressiva produção científica no que se refere ao cultivo de noqueira pecã nos Estados Unidos e México. Porém, sob condições do Hemisfério Sul, especialmente no Brasil, destaca-se uma lacuna de conhecimento científico tanto em relação ao manejo do cultivo, quanto das condições climáticas e edáficas mais favoráveis à implantação dos pomares. A Climatologia Geográfica, especialmente a Climatologia Agrícola, apresenta-se com grande potencial para o desenvolvimento de estudos nessa temática, já que apresenta baixo índice de pesquisas dentro dessa esfera científica.

A metodologia proposta mostrou-se adequada para este estudo. Destaca-se a importância das Geotecnologias, especialmente dos Sistemas de Informações Geográficas e da Cartografia Digital, e da Geoestatística para o tratamento, armazenamento, análise e espacialização dos dados. Estas ferramentas favoreceram a elaboração do Zoneamento de Risco Climático permitindo obter resultados com maior rapidez e precisão, integrando numa única base de dados todas as informações relativas às normais climatológicas e aos índices de risco e contribuíram significativamente para as análises espaciais.

Da análise da variabilidade climática sazonal e anual da temperatura, da precipitação pluviométrica, da umidade relativa do ar, bem como das horas de frio, buscou-se identificar os principais requerimentos climáticos da noqueira pecã. No período de crescimento dos frutos, a temperatura média deve situar-se entre 24 e 30°C. Requer temperaturas abaixo de 7,2°C durante o repouso vegetativo com predomínio em torno de 400 horas de frio e apresenta necessidade hídrica considerável acima de 800 mm anuais.

Com relação à temperatura média, destaca-se que, no verão, varia entre 17 e 27°C atendendo os requerimentos exigidos pela noqueira para o desenvolvimento das nozes. Quanto às horas de frio, o Estado apresentou uma distribuição que variou de 75 a mais de 700 horas. Esse requerimento depende da variedade de cultivar que poderá ser maior ou menor, porém evidencia-se que a maior parte do território atende ao mesmo, especialmente na Serra do Sudeste, na Campanha, parte do Planalto, na Serra Gaúcha e na Serra do Nordeste.

A precipitação pluviométrica apresenta média anual de 1.651 mm com variações significativas entre a região norte, com totais em torno de 2.000 mm, e na região sul, com médias de 1.200 mm anuais. Esses valores apontam que o requerimento hídrico é atendido na grande maioria, mas se deve atentar para as variações mensais e sazonais. A primavera é a estação que apresentou maior variação espacial quanto à distribuição das chuvas, com totais mínimos de 200 mm e máximos de 650 mm. Os meses de outubro e novembro são os meses mais chuvosos de acordo com a frequência verificada no período de análise e que possuem relação direta com o cultivo da noqueira, especialmente na floração.

No que se refere ao zoneamento de risco climático, foi possível definir as classes de muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto risco, de acordo com a frequência da ocorrência dos fenômenos adversos para o cultivo nas suas fases fenológicas. Os principais riscos climáticos são as temperaturas superiores a 35°C, a falta de horas de frio, o excesso de precipitação, as estiagens e o excesso de umidade relativa que foram analisados por meio dos índices de risco. A partir da proposta metodológica desenvolvida na pesquisa, tornou-se possível identificar e zonar o espaço geográfico de acordo com as cinco classes de risco, evidenciando que a metodologia utilizada foi coerente para a elaboração do zoneamento final.

O índice de risco de temperaturas superiores a 35°C na floração é muito baixo em todo o Estado, não comprometendo essa fase fenológica. Na formação dos frutos, destaca-se a presença do risco muito baixo em 67,4% da área, o risco baixo em 25,2% e o risco médio em 7,4%, principalmente nas áreas próximas a São Luiz Gonzaga e na fronteira com a Argentina, onde a média das temperaturas máximas absolutas é superior aos 33°C. Esse risco está associado ao estado aquoso da noz pecã, isto é, à formação da amêndoa, podendo interferir na formação e na qualidade dos frutos, especialmente se as altas temperaturas estiverem associadas a períodos de déficit hídrico.

O índice de risco de falta de horas de frio no período de dormência da noqueira apresentou as cinco classes de risco em 57,5% do território gaúcho. O risco muito baixo esteve presente em 15,5% e o risco baixo em 20,2% da área. A faixa compreendida entre 200 e 250 horas representou o risco médio em 13,7% do território. O risco alto ocupou 6,4% da área e o risco muito alto (horas de frio inferiores a 150) representou 1,7%, sendo que a ocorrência desses três últimos limita-se principalmente ao Vale do Uruguai e à Depressão Central. A falta de horas de frio afeta principalmente a brotação, resultando em folhas raquíticas e poucas ramificações, além de influenciar na floração. Recomenda-se, na implantação de um pomar, optar por variedades menos exigentes ao frio, na fase de dormência, nessas áreas de risco baixo a médio.

O índice de risco de excesso de precipitação teve ocorrência nas quatro fases fenológicas analisadas e merece especial atenção. Na expansão foliar, foi verificada em maior proporção (72,9%), a presença do risco baixo, 4% do risco muito baixo e 23,1% do risco médio nas regiões norte e noroeste do Estado. Na floração, o risco muito baixo representou 11,7%, principalmente na região de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, o risco médio 3,3% concentrou-se na região de Bom Jesus e no restante do Estado predominou o risco baixo em 85%. Na formação dos frutos, o risco muito baixo destacou-se na metade sul em 64,8% da área, o risco baixo em 32,1% e o médio em 3,2%. Na colheita dos frutos, predominou, em todo o território, o índice baixo. Essas constatações merecem ênfase, pois esse índice pode ser considerado o de maior interferência para o cultivo da noqueira, uma vez que o excesso de chuva favorece a incidência de doenças fúngicas que afetam tanto as folhas, quanto os frutos, além de influenciar na floração e na colheita, mantendo relação direta com as perdas na produção.

O índice de risco de estiagem no período de desenvolvimento dos frutos apontou para uma pequena área, no extremo sul do Estado, com risco muito baixo (3,1%). Apesar desse resultado otimista, é importante destacar que a precipitação pluviométrica apresenta notória variação temporo-espacial e é necessário atentar para esse fator, mesmo em anos considerados chuvosos, como verificado por meio do balanço hídrico. O déficit hídrico, nesse período de formação dos frutos, afeta diretamente a qualidade das nozes, podendo resultar em frutos pequenos e mal formados, com pouco óleo e coloração alterada. Em regiões com histórico de falta de precipitações, indica-se a implantação de um sistema de irrigação adequado ao tipo de clima e solo.

No índice de risco de excesso de umidade na floração, com umidade relativa do ar superior a 80% e em dias consecutivos, destacou-se com a presença do risco muito baixo em 42,9% do Estado. O risco baixo representou 42,2 %, o risco médio 13,2% e o risco alto, 1,7%, sendo os dois últimos de ocorrência na região litorânea. A umidade elevada associada com as precipitações consecutivas favorece a incidência de doenças fúngicas que causam danos significativos nos pomares, dependendo de sua ocorrência que poderá ser controlada por meio de práticas de manejo adequadas.

O Zoneamento de Risco Climático, síntese da integração dos cinco índices de risco, apresentou duas classes. A classe de risco muito baixo encontra-se em 41,8% do território gaúcho e representa as áreas em que predominaram os índices de risco muito baixo ou a ausência de riscos. A zona com predomínio do risco baixo – A representa a maior parte do Estado, ou seja, 51,6% da área total, e contempla as áreas com risco de estiagem ao sul e risco

muito baixo a médio de falta de horas de frio. A classe de risco baixo – B destaca-se em uma pequena porção situada a noroeste do Estado, na fronteira com a Argentina, representa 6,6% da área total e distinguiu-se da anterior pelo fato de apresentar o predomínio da falta das horas de frio. Isso representa que o cultivo da noqueira pecã apresenta grande potencial para o seu desenvolvimento no Rio Grande do Sul, desde que observadas às áreas de restrições quanto aos riscos climáticos. A ocorrência dos riscos climáticos não significa que a noqueira pecã não poderá ser cultivada nestas áreas. No entanto, a incidência de fenômenos adversos para o cultivo poderá acarretar interferências, principalmente na produção, por um ou mais anos.

A partir deste estudo, que resultou no Zoneamento de Risco do ponto de vista climático para o cultivo da noqueira pecã (*Carya illinoensis*), deixam-se algumas recomendações. A primeira consiste na necessidade do desenvolvimento de pesquisas que enfoquem as diferentes variedades de noqueira pecã, o que não foi contemplado neste estudo, visando obter os principais requerimentos climáticos e edáficos para as diferentes regiões do Estado. Salienta-se a importância do desenvolvimento de pesquisas, especialmente nas zonas as quais foram identificadas a ocorrência de riscos climáticos e onde existem pomares de noqueiras já implantados. O monitoramento destas áreas será muito importante para constatar se há ou não influência dos riscos considerados, para aquelas variedades cultivadas.

A segunda recomendação é que seja realizado um levantamento histórico da produção da noqueira, em termos de área cultivada e de rendimento da produção, para que, assim, seja possível relacionar a ocorrência de eventos adversos ao cultivo com a produção e verificar se houve redução na produtividade, por meio da influência climática ou de outro fator, e, dessa forma, propor alternativas ao cultivo. E, por último, destaca-se a importância de serem realizados mais estudos que enfoquem o manejo do cultivo, as formas de implantação dos pomares, a fertilização e a nutrição, os sistemas de irrigação, o controle de pragas e doenças a fim de potencializar o cultivo e aumentar a capacidade produtiva e a rentabilidade econômica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROLINE. Notícias. **Pecanita lança projeto para ampliar plantação de nogueiras no RS**. 2010. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php?id=19388>>. Acesso em: 23 set. 2014.
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: Unisinos. 2009.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA, 1998.
- AVILA, J. A. Importancia del reposo invernal y uso de compensadores de frio em nogal pecanero. 2006. In: 10º DÍA DEL NOGALERO. **Anais...** Chihuahua, México, 2006.
- ARAÚJO, L. C. **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço de Informações do Ministério da Agricultura, 1930.
- BARBOSA, J. P. M. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o SIG como ferramenta. **Caminhos de Geografia**. v. 9, n. 17. fev. 2006. p. 86 – 96.
- BERRY, J. K. Cartographic modeling: the analytical capabilities of GIS. In: GOODCHILD, M.; PARKS, B. O.; STEYAERT, L. T. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 1993, p. 59-73.
- BRACALE, G. **Zoneamento agrícola de risco climático**. III Reunião Técnica do CEMADEN. Fortaleza: SPA/MAPA, 2012. Disponível em: <[http://www.cemaden.gov.br/cemadenarquivos/IIIrtdocemaden/gustavo%20Apres\\_CEMADEN\\_abr12.pdf](http://www.cemaden.gov.br/cemadenarquivos/IIIrtdocemaden/gustavo%20Apres_CEMADEN_abr12.pdf)>. Acesso em 21 set. 2015.
- BRASIL. **Lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966**. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. Brasília, 1966. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/L5106.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L5106.htm)>. Acesso em: 6 out. 2014.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.134, de 16 de novembro de 1970**. Altera a sistematiza de incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. Brasília, 1970. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/1965-1988/Del1134.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1965-1988/Del1134.htm)>. Acesso em: 6 out. 2014.
- BRENA, D. A. et al. **Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. UFSM/SEMA-RS: 2003. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em: 04 set. 2015.
- BRISON, R. F. **Cultivo del nogal pecanero**. México: CONAFRUT. 1976.
- BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1987. 193p.

BUZAI, G. D.; DURÁN, D. **Enseñar e investigar con Sistemas de Información Geográfica**. Buenos Aires: Troquel. 1997.

CABO, A. Nuez Pecan. El cultivo em el mundo e em Argentina. **Informe FRUTIHORTICULA**. Argentina. 2006. p. 14-15.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCK, S. et al. (Ed. Técnicos). **Análise espacial de dados geográficos**. Platina: Embrapa Cerrados, 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 6, p. 893 – 901, jun. 2006.

CASAUBON, E. A. Guía para la plantación de pecan. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. (Org.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [s.n], 2007. p. 1-27.

CARGNIN, A. P. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEPLAN, 2008. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/>>. Acesso em: 03 set. 2015.

CARUSO, C.; QUARTA, F. Interpolation methods comparison. **Computers Mathematical application**. v. 35, p. 109 – 126, 1998.

CREPANI, E. et al. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996. 18 p.

CUNHA, G. R. da; HAAS, J. C.; ASSAD, E. D. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do trigo no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, 1998.

CUNHA, G. R. da, et al. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Ed. 121, p. 1-7, jan./fev. 2011.

DIAS, H. E. Necesidades hídricas y riego del pecán. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. (Org.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [s.n], 2007. p. 1- 21.

DIVINUT. **DVD do Produtor Parceiro**. Conhecendo a Divinut - Orientações técnicas, plantio e manejo da noqueira pecã. Variedades. 1 CD-ROM. 2013.

DIVINUT. **Produtos Divinut**. Cachoeira do Sul, 2014. Disponível em: <[http://www.divinut.com.br/index.php?option=com\\_imageshow&view=show&Itemid=61](http://www.divinut.com.br/index.php?option=com_imageshow&view=show&Itemid=61)>. Acesso em: 23 set. 2014.

DORESTE, P. Frutas secas: nuez pecan. In: GONZÁLEZ, C. C. **Alimentos Argentinos**. Argentina: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2011.

DUARTE, V.; ORTIZ, E. R. N. Podridão de *Phytophthora* da amêndoa e casca da noqueira pecan. In: LUZ, E. D. M. N, et al. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Rural, 2001. p. 493-508.

EMATER/RS-ASCAR. Cultura da noz pecã em 2014 no Rio Grande do Sul: área total, produção e número de produtores. Tabela. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2014.

FEIO, M. **Clima e agricultura**. Lisboa: Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. 1991.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011.

FILIPPIN, I. L. **Viabilidade econômica do cultivo de noqueira pecã em áreas de reserva legal e de preservação permanente**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRANCO, A. S. El cultivo del nogal. In: BOSQUE, L. A. R. del.; RIVERO, S. E. T. (Editores). **Manejo integrado de plagas del nogal**. México: Doble Hélice Ediciones, 1997, p. 25 -33.

FRONZA, D.; POLETTO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: Colégio Politécnico, 2013.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da noqueira-pecã**. Santa Maria: Colégio Politécnico, 2016.

FRUSSO, E. A. Características morfológicas y fenológicas del pecán. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. (Org.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [s.n], 2007. p. 1 – 18.

GALVANI, E. Considerações acerca dos estudos bioclimáticos. In: Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. **Anais...** São Paulo, 2005, p. 5691 – 5700.

GARDIMAN JUNIOR, et al. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**. Guarapuava. v. 08, n. 01, p.61-71, jan./abr. 2012.

GERARDI, L. H.; SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia**. Difel: São Paulo, 1981.

GOMES, A. R. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (PE)**. 2005. 160f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

GONÇALVES, M. B.; SENTELHAS, P. C. **Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão manso no estado da Bahia, objetivando a produção de bicomustível**. Prêmio Mercosul de Ciência e Tecnologia. Brasília, 2008, p. 121 – 140.

GRAGEDA, J. G. et al., El clima y la producción de nogal pecanero. In: XIV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANEIRO, 2013, México. **Anais...** México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2013, p. 55-66.

HERRERA, E. Selecting soil and Site for a Pecan Orchard. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. **Guide H-614**, 1999.

HEREERA, R.; GOLDBERG, N.; THOMAS, S. Diseases and other disorders of pecan in New Mexico. NM State Univerty, **Guide H-657**, p. 1-12, nov. 2010.

HERTER, F. G. et al. **Zoneamento agroclimático do pessegueiro e da nectarina para o Rio Grande do Sul**. Documentos - 91. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002, p. 27.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Pecã (noz pecã)**. In: Boletim 200 - Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Editores: FAHL, J. L. 6º Ed. Campinas: IAC, 1998, p. 151-152.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa Exploratório de Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. 1 Mapa. IBGE: Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário - 2006**. Tabelas 73, 1612 e 1613. Rio de Janeiro: 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=t&o=1&i=P>>. Acesso em: 06 maio 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico - 2010**. Tabela 200. Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=200&z=t&o=1&i=P>>. Acesso em: 06 maio 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015a. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=t&o=1&i=P>>. Acesso em: 14 out. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha digital municipal**. Formato *shapefile*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015b. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. **Guía para la plantación y cuidado de árboles jóvenes de pecán**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2013.

JIMENEZ, K. Q.; DOMEQ, F. M. **Estimação de chuva usando métodos de interpolação**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

LACERDA, M.; LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. São Paulo: Nova Cultura, 2006.

LAZAROTTO, M. **Identificação e caracterização de *Fusarium spp.* e *Pestalotiopsis spp.* associados a *Carya illinoensis* no Rio Grande do Sul**. 2013. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

LEMUS, G. **El cultivo del Pecano** (*Carya illinoensis*). Chile: Ministerio de Agricultura, 2004.

LENNON, J. J.; TURNER, J. R. G. Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. **Journal of Animal Ecology**, v. 64, n.3, p. 670-392, 1995.

LE SANN, J. G. O papel da Cartografia temática nas pesquisas ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 16, p. 61-69, 2005.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 1, p. 1 -14, 1971.

LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. **Modelagem de Banco de Dados Geográficos**. Porto Alegre, 2001.

LOCH, R. E. N. **Cartografia**: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2006.

MADERO, E. La nuez pecán. **IDIA XXI**, Argentina, v. 3, n. 5, p. 78 – 82, 2003.

MADERO, E. R.; FRUSSO, E. A.; BRUNO, N. R. **Desarrollo del cultivo de la nuez pecan en la Argentina**. ProPecan. Argentina: INTA, 2012.

MADERO, E.; FRUSSO, E. A.; CASAUBON, E. Manejo del cultivo. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. (Org.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [s.n], 2007. p. 1-27.

MADERO, E. **El cultivo del Nogal Pecan** – Características del Mercado. Comunicación. Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná. Proyecto ProPecan: INTA, 2012.

MADDEN, G. D.; TISDALE, H. W. Effect of chilling and stratification on nut germination of northern pecan cultivars. **HortScience**. v. 10, n. 3, p. 265 – 270, 1975.

MALUF, J. R. T. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 468 - 476, 2001a.

MALUF, J. R. T. et al., Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 460 – 467, 2001b.

MANASTER J. **The Pecan Tree**. University of Texas Press: Austin, 1994.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

MARTINELLI, M. **Mapas, gráficos e redes: elabore você mesmo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

MARTINELLI, M. **Mapas, gráficos e redes: elabore você mesmo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. de (Ed.). **Atlas Climático**: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.

MELLO, C. R. de., et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.

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

MENEZES, P. M. L. de; FERNANDES, M. do C. **Roteiro de cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MEXAL, J. G.; HERRERA, Y. E. Impactos potenciales del cambio climático en la producción de nuez en la Región del Noroeste de México y Suroeste de Estados Unidos. **Tecnociencia**, Chihuahua, v. 7, n. 3, p. 163 – 170, set./dez. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008**. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. 2008. Disponível em: < [http://www.abdir.com.br/legislacao/legislacao\\_abdir\\_13\\_10\\_08\\_1.pdf](http://www.abdir.com.br/legislacao/legislacao_abdir_13_10_08_1.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático: instrumento de gestão de risco utilizado pelo seguro agrícola do Brasil**. 2010. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Zoneameno\\_agricola\\_000f17v6vox02wyiv80ispccruh04mek.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Zoneameno_agricola_000f17v6vox02wyiv80ispccruh04mek.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2012.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MOHLENBROCK, R. **Peca - *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch**. Plant Guide. Lousiana: USDA, 2003.

MONTEIRO, A. et al. **Atlas da saúde e da doença: Vulnerabilidades Climáticas e Socioeconômicas**. Volume II. Porto – Portugal, 2012.

MONTEIRO, C. A. de F. **Análise Rítmica em Climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1971. 21 p.

MONTEIRO, C. A. de F. O Clima da região Sul. In: CATALDO, D. M. (Org.). **Geografia do Brasil, Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1963, p. 117-169.

MOORE, L. M. **Pecan**. National Plant data Center. Baton Rouge, Louisiana, 2011. Disponível em: <[http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/cs\\_cail2.pdf](http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/cs_cail2.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2012.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

MOTA, F. S. da. **Agrometeorologia**: uma seleção de temas e casos. Pelotas: Editora do Autor, 2002.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. 7ª Ed. São Paulo: Nobel, 1983.

MOTA, F. S. da; AGENDES, M. O. de O. **Clima e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: SAGRA, 1986.

MOTA; F. S. da; ZAHLER, P. J. M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Livraria Mundial, 1994.

MOTA, F. S. da et al. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Agroclima do Rio Grande do Sul e Zoneamento. Pelotas: EMBRAPA, v. 2, 1974.

MOURA, M. de O.; ZANELLA, M. E. Escolha de “anos- padrão” para o estudo do conforto térmico em Fortaleza, CE: verificação de critérios. **Revista GEONORTE**, v. 1, n. 2, p. 547-560, 2012.

MOYA, M. C.; RAS, C. H. Intercambio de experiencias y la búsqueda de solución a problemas específicos en la producción de nogal pecán en la provincia de Buenos Aires. 2010. In: XV JORNADAS NACIONALES DE EXTENSIÓN RURAL Y VII DEL MERCOSUR. **Anais...** Argentina, 2010. Disponível em: <[http://www.aader.org.ar/XV\\_Jornada/sitio/trabajos.html](http://www.aader.org.ar/XV_Jornada/sitio/trabajos.html)>. Acesso em: 22 set. 2014.

MORAES, M. V. et al. Microbiota de nozes pecã gaúchas. In: 5º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR. Bento Gonçalves. **Anais...** 2015, p. 1 – 4.

MURRIETA, A. L. La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad). In: XIII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO. **Anais...** Sonora: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2012. p. 58 -66

NAVARRO, M. L. H. La agroclimatología, instrumento de planificación agrícola. **Geographicalia**, v. 30, p. 213-228, 1993.

NICKNICH, F. et al. Efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña no rendimento de grãos das principais culturas agrícolas do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais...** Campinas: SBA – Unicamp, 2005. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do71\\_tc20-1.PDF](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do71_tc20-1.PDF)>. Acesso em: 16 set. 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1979.

OJEDA-BARRIOS, D. L. et al. Evolución de los sistemas de producción de nuez en México. **Tecnociencia**, Chihuahua, v. 3, n. 3, p. 115-120, set./dez. 2009.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **World Climate Programme Data**: calculation of monthly and annual 30-years standard normals. WMO-TD/Nº 341. Washington: WMO, 1989.

ORO, T. **Composição nutricional, compostos bioativos e vida de prateleira de noz e óleo prensado a frio de noz-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch]**. 2007. 105 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

ORTIZ, E. R. N. **Propriedade nutritivas e nutracêuticas das nozes**. 2000. 42 p. Monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, 2000.

ORTIZ, E. R. N.; CAMARGO, L. E. A. Doenças da Nogueira Pecan. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005, p. 501–505.

PAIVA, P. **Saiba como os fenômenos El Niño e La Niña afetam a agricultura brasileira**. Reportagem. Canal Rural: São Paulo, 14 de maio de 2015. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/tempo/saiba-como-fenomenos-nino-nina-afetam-agricultura-brasileira-8929>>. Acesso em: 16 set. 2015.

PANDO, Q. Morfología, biología y hábitos de los pulgones del nogal. In: BOSQUE, R. del; RIVERO, T. (Ed.). **Manejo integrado de plagas del nogal**. México: Doble Hélice, 1997.

PARALELO 30. **Cases**. Excelência em noz pecan. Cachoeira do Sul: 2015. Disponível em: <<http://www.pecan.com.br/cases/>>. Acesso em: 05 maio 2015.

PECANITA. **Produtos**. Cachoeira do Sul, 2014. Disponível em: <<http://www.pecanita.com.br/produtos>>. Acesso em: 23 set. 2014.

PELLEGRINO, G. Q. et al. O uso de Sistemas de Informações Geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas**: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA, 1998, p. 329-348.

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

PETERSON, J. K. **Pecan - *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch**. Volume 2: Hardwoods. Silvics of North America. 1990. Disponível em: <[http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics\\_manual/volume\\_2/carya/illinoensis.htm](http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/volume_2/carya/illinoensis.htm)>. Acesso em 30 jun. 2014.

PIMENTEL, L. D. et al. Estudo de viabilidade econômica na cultura da noz-macadâmia no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 500-507, dez. 2007.

POLETTTO, T. et al. Análise de características dos frutos de cultivares de noqueira-pecã cultivadas no Rio Grande do Sul. 2012. In: XVI SIMPOSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENÇÃO. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, 2012.

POLETTTO, T. et al. Fungos associados às flores e as sementes da noqueira pecã (*Carya illinoensis*). **Revista de Ciências Ambientais**. Canoas, v. 8, n. 1, p. 5 – 13, 2014.

QUEIROZ FILHO, A. P.; MARTINELLI, M. Cartografia de análise e de síntese na geografia. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 87, p. 7-43, dez. 2007.

RASEIRA, A. **A cultura da Nogueira pecã**. Comunicado Técnico. Pelotas: EMBRAPA, nº 63, p. 3, abr. 1990.

REID, W.; HUNT, K. L. Pecan Production in the Northern United States. **Horl Technology**. v. 10, n. 2, p. 298 – 301, abr./jun, 2000.

RIBEIRO, G. P. Tecnologias digitais de Geoprocessamento: Sistemas de Informação Geográfica (SIG). In: ARCHELA, R. S.; FRESCA, T. M.; SALVI, R. F. (Org.) **Novas tecnologias**. Londrina: Ed. UEL, 2001. p. 1 - 12.

RIVERO, S. H. T. **Manejo del nogal pecanero com base em su fenologia**. Folheto Técnico. 17. México: UNIFAP, 2004.

ROLIM, G. DE S.; SENTELHAS, P. C. **Balço Hídrico Sequencial por Thornthwaite & Wather (1955)**. Planilha do Excel. 2002. Disponível em: < [www.lce.esalq.usp.br/angelocci/BHseq63.xls](http://www.lce.esalq.usp.br/angelocci/BHseq63.xls)>. Acesso em: 04. nov. 2014.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8 ed. São Paulo: Contexto, 2007. SAA. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SAA, 1994.

ROSSATO, M; S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologias**. 2011. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Geociências. Porto Alegre, 2011.

SANCHES, M. C. Conteúdo e eficácia da imagem gráfica. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v. 11, n. 21/22, p. 74-81, 1981.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. 202f. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, A. R. et al. **Espacialização de dados meteorológicos no ArcGis 10.3 passo a passo**. Alegre: CAUFES, 2015.

SARTORI, M. da G. B. A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão do tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 1, n. 15, p. 69-93, 1993.

SARTORI, M. da G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Revista Terra Livre**. São Paulo, v. 1, n. 20, p. 27-49, jan/jul. 2003.

SARTORI, M. da G. B. **Clima e percepção geográfica**: fundamentos teóricos à percepção climática e à bioclimatologia humana. Santa Maria: [s. n.], 2014.

SARTORI, M. da G. B. **Clima e percepção**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SAA/EMBRAPA-CNPT, 1994.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Atlas Socioeconômico** – Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/default.asp>>. Acesso em: 05 maio 2015.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Classificação dos Solos do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[www.sema.rs.gov.br](http://www.sema.rs.gov.br)>. Acesso em: 03 nov. 2015.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. **Temperatura do Ar como fator agrônômico**. Anotações de aula. Disciplina LCE 306 – Meteorologia Agrícola. São Paulo: ESALQ/USP, 2009. Disponível em: <[www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula10.pdf](http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula10.pdf)>. Acesso em 18 set. 2015.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A. Agrometeorologia dos cultivos: informações para uma agricultura sustentável. In: MONTEIRO, J. E. B. de A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: [s.n.], 2000.

SIERRA, E. M.; LÓPEZ, E. L.; PÉREZ, S. P. Agroclimatología del pecán (*Carya illinoensis*) en la Argentina. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. (Org.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [s.n.], 2007. p. 1-10.

SILVA, F. B. da et al. Isolamento e seleção de *Trichoderma* spp. antagonistas à *Pestalotiopsis clavispora*, patógeno da noqueira-pecã. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 8, n. 3, p. 109-118, 2013.

SILVA, K. R. et al. Avaliação de interpoladores para a espacialização de variáveis climáticas na bacia do rio Itapemirim-ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: INPE, 2007. p.3141-3146.

SILVA, V. de P. R. et al. Risco climático da cana-de-açúcar cultivada na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 180–189, 2013.

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. 20, n. 2, p. 23-53, 2013.

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1971.

SOTELO, M. B. **Evaluacion nutricional de la fertilizacion nitrogenada de otoño en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) bajo sistema de aspersión y microaspersión**. 2005. 138 p. Tese (Doutorado em Fisiologia) - Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, 2005.

SOUZA, J. L. L. L. de., et al. Avaliação de métodos de interpolação aplicados à espacialização das chuvas no território identidade Portal do Sertão/Bahia. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Curitiba. **Anais...** 2011, p. 4295-4302.

SPARKS, D. A. A Climatic approach to pecan scab control. **HortTechnology**. v. 5, n. 3, p. 225 - 230, 1995.

SPARKS, D. A. A Climatic Model for Pecan Production under Humid Conditions. **Journal of the American Society Horticultural Science**. Georgia, v. 121, n. 5, p. 908 - 914, 1996.

SPARKS, D. A. A climatic model for predicting Georgia's pecan production. **Proc. S. E. Pecan Growers Assn.** v. 90, p. 32 - 44, 1997.

SPARKS, D. A. Adaptability of Pecan as a Species. **HortScience**. Georgia, v. 40, n. 5, p. 1175 – 1189, 2005.

SPARKS, D. A. **Drought Damages Pecan During the Early Stage of Fruit Development**. 2009. Disponível em: <[http://www.oocities.org/pecan\\_man1/drought.htm](http://www.oocities.org/pecan_man1/drought.htm)>. Acesso em: 14 jul. 2014.

TERABE, N. I.; MARTINS, C. M.; HOMECHIN, M. Microorganismos associados a frutos de diferentes cultivares de noz pecan. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 659 – 662, mar./abr 2008.

THORNTHWAITE, C. W.; WATHER, J. R. The water balance. Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology. **Publications in Climatology**. v. VIII, n. 1, 1955.

TOMLIN, C.D. **Geographic information systems and cartographic modelling**. New York: Prentice Hall, 1990.

VALDEZ, G. B.; DURÓN, N. L. Programación del riego en Nogal. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO. México: INIFAP. **Anais...** 2009, p. 37 - 47.

VALLES, G. de F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados à geração de uma carta de vulnerabilidade natural à perda do solo**. 2008. 161f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

VIDAL, V. T.; PINTOS, V. V. G. **Caracterización de la nuez pecan “*Carya illinoensis*” y sus perspectivas de comercialización en el Uruguay**. Monografía (Facultad de Agronomía) – Universidad de la República, Montevideo, 2013.

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C. J. C. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade de federação**. Porto Alegre: UFRGS – Centro de Ecologia, 2000. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento Agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae spp.*) no Rio Grande do Sul**. 2011. 376 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento Agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica - conceitual. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 179-190, jan/abr. 2013.

WOOD, B. W.; CONNER, P. J.; WORLEY, R. E. Relationship of alternate bearing intensity in pecan to fruit and canopy characteristics. **HortScience**. [S/l.], v. 38, n. 3, p. 361-366, jun. 2003.

WOOD, B. W.; CONNER, P. J.; WORLEY, R. E. Insight into alternate bearing of pecan. **Acta Horticulturae**. Canadá, v. 01, n. 636, p. 617-629, 2004.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2010.

ZAVATTINI, J. F.; BOIN, M. N. **Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Editora Alínea, 2013.

## ANEXOS

### Anexo A – Produção de noz pecã deve crescer 20% no RS (Reportagem por Zero Hora)

Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticia/2009/02/producao-de-noz-peca-deve-crescer-20-no-rio-grande-do-sul-2394330.html#>

Data da reportagem: 05 de fevereiro de 2009.

#### Produção de noz-pecã deve crescer 20% no RS

05/02/09 - 11:32

No pomar dos Pitol, os cachos das noqueiras pecã estão carregados com frutos bem mais graúdos na comparação com a mesma época do ano passado, em Anta Gorda, no Vale do Taquari. A menos de dois meses do início da safra, técnicos da Emater já projetam uma produção 20% maior do que na anterior, chegando a 1,2 mil toneladas no Estado.

Comentários: 3

Visitas: 1534

Segundo o coordenador de Fruticultura da Emater, Antônio Conte, este ano deve ser melhor porque, entre 2007 e 2008, o clima castigou muito a produção.

– No período da florada, em outubro e novembro de 2007, tivemos chuva em excesso. Na sequência, em janeiro e fevereiro, a escassez de chuva prejudicou a fase final de desenvolvimento do fruto. Vamos aguardar este verão, mas considerando o clima até agora, as perspectivas são melhores – analisa Conte.



As previsões animam os dois irmãos Pitol, Lenio, 43 anos, e Leandro, 41 anos, que há sete meses diversificaram os negócios iniciados nos anos 60 pelo pai Luizinho, 67 anos. Além do viveiro e do pomar, inauguraram uma agroindústria familiar para beneficiamento das nozes.

– Completamos o ciclo, produzimos a muda e vendemos. Depois compramos a produção para ser industrializada – comemora Leandro.

Nesses sete meses, já industrializaram 59 toneladas – oito próprias e o restante comprado de produtores dos três Estados do Sul. Este ano, com o clima mais favorável, esperam produzir dez toneladas. Nos seis hectares com noqueiras pecã, a família trabalha em sistema de consórcio com a criação de 80 ovelhas. Além de fornecerem adubo, elas mantêm o pomar limpo.

No Vale do Taquari, em 2008, os produtores receberam de R\$ 5 a R\$ 6 pelo quilo da noz-pecã com casca. Este ano, se for confirmado o aumento da safra, a estimativa dos Pitol é de que o quilo fique em torno de R\$ 4,50.

## Anexo B – Novo horizonte para o cultivo de noz pecã (Reportagem por Correio do Povo Rural)

Disponível em:

[http://www.divinut.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=106:novo-horizonte-para-o-cultivo-de-noz-peca-&catid=1:latest-news&Itemid=62](http://www.divinut.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=106:novo-horizonte-para-o-cultivo-de-noz-peca-&catid=1:latest-news&Itemid=62)

Data da reportagem: 25 de setembro de 2010.

### Novo horizonte para o cultivo de noz pecã

#### *Aumento no consumo eleva demanda das indústrias, incentivando produção*

Apesar do revés na safra atual, prejudicada pelo grande volume de chuva, a produção de noz pecã está em expansão. Pelo menos, é o que garantem as duas principais indústrias processadoras da fruta, a Pecanita e a Divinut. O número de produtores e a oferta de noz pecã têm crescido, afirmam os diretores. As duas empresas estão em fase de expansão e comemoram bons resultados.

A Divinut processa 1 tonelada por dia da fruta e média de 200 toneladas ao ano. A empresa conta com 800 pomares, em sua maioria de pequenos produtores como fornecedores, além de adquirir o produto por meio de intermediários. O beneficiamento ocorre de acordo com a demanda do cliente e também atua com a produção de mudas. Conforme o diretor da Divinut, Edson Ortiz, há demanda por matéria-prima nos mercados interno e externo e a cultura é rentável. "O poder de consumo aumentou muito no Brasil e metade da produção da noz chilena, produto equivalente, mas mais amargo, vem para o Brasil." Ele salienta as linhas de crédito voltadas para o fomento.

Já a Pecanita comemora o bom resultado do lançamento do óleo de noz pecã que, em menos de um ano no mercado, começa a trazer resultados. A empresa também registrou nos últimos cinco anos o aumento da 40% na oferta de nozes e, atualmente, conta com 500 produtores. O volume médio processado oscila entre 200 a 300 toneladas ao ano. "Nossa meta é chegar a 500 toneladas", projeta o diretor da Pecanita, Claiton Wallauer.

Apesar deste cenário favorável, ainda falta produto. "É uma questão mais cultural, de os agricultores convencerem-se de que vale a pena investir em uma cultura de médio prazo", diz Ortiz. Mas os agricultores estão demonstrando mais interesse no mercado. "O que atrai o produtor é a rentabilidade", salienta Wallauer.

Por todo esse cenário é que as chuvas que afetaram o Estado em novembro de 2009 - período de floração da noqueira - e reduziram a produção de nozes pecã não fizeram com que as indústrias mudassem os planos. O clima apenas fez com que as empresas tivessem que ampliar o número de fornecedores para atender à produção. "Em alguns casos, o resultado chegou a menos que 50% do esperado", afirma Ortiz, que atua há 20 anos no segmento. "Caíram muitos frutos pequenos devido à florada insuficiente."

Wallauer reconhece que houve redução na produção, mas que a mesma foi amenizada pelo trabalho preventivo com fertilizantes e manejo. "A umidade começou a gerar fungos, o que leva a árvore a abortar os frutos." O Estado, segundo estimativa da Emater de agosto de 2008, cultiva mil hectares da fruta, em 320 propriedades, e produz mais de 1,2 mil toneladas.



Novas regiões têm investido no cultivo no Estado, afirmam diretores da Pecanita e da Divinut  
Crédito: robespierre giuliani / cp memória

MARCELA CAETANO/CORREIO DO POVO RURAL - 25/09/2010

Like 0

Selecione o idioma ▾

Copyright © 2015 Divinut. Todos os direitos reservados.

Powered by Genesis

## Anexo C – Menos Nozes em área plantada recorde no Rio Grande do Sul (Reportagem por Zero Hora Notícias)

Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2016/05/menos-nozes-em-area-plantada-recorde-no-rio-grande-do-sul-5797024.html#>

Data da reportagem: 10 de maio de 2016.

### Menos nozes em área plantada recorde no Rio Grande do Sul

No Rio Grande do Sul, o cultivo de nozes cresce em torno de 700 hectares ao ano, segundo a Emater. O excesso de chuvas, porém, deve reduzir em 40% a produtividade média por planta

Por: **Karen Viscardi**

10/05/2016 - 03h55min | Atualizada em 10/05/2016 - 03h55min

Compartilhar



A estimativa de uma área recorde com plantações de nogueiras no Rio Grande do Sul não se refletirá em uma maior produção de noz pecã. Mesmo sem números consolidados no atual ciclo, que está em plena fase de colheita, a expectativa da Emater é de uma redução de 40% da produtividade por planta. Assim, de uma média de 2 mil quilos por hectare, não deve ultrapassar 1,2 mil quilos.

O vilão mais uma vez foi o fenômeno El Niño, que trouxe excesso de chuvas em plena primavera, prejudicando a polinização das árvores — realizada pelo vento. A esperança dos agricultores é que, neste ano, com possibilidade de La Niña, os períodos de seca sejam maiores, favorecendo as plantas.

— A queda é resultado de duas situações: menor quantidade colhida por planta ou produto sem qualidade, sem a amêndoa — explica Derli Paulo Bonine, assistente técnico regional em Fruticultura da Emater-RS de Lajeado.

A situação não se restringe ao atual ciclo. Nos últimos dois anos, houve perdas significativas em função da umidade — determinante para o aparecimento de pragas. Entre os problemas, Bonine cita a caducifolia, quando as folhas caducam e caem. Outro é a sarna, causada por fungo durante a floração e que prejudica o desenvolvimento das nozes e, quando estas se formam, são fora de padrão.

Para combater as doenças, produtores aplicam tratamentos intensivos. De acordo com Leandro Pitol, diretor da Nozes Pitol, foram aplicadas entre quatro e cinco pulverizações, quando, em safras normais, ficam em duas ou três:

— Tivemos um trabalho maior para manter a atual safra com qualidade entre média e boa.

Mais do que falta de padrão, o problema deste ciclo foi o volume.

— Esta foi a pior safra em termos de quantidade. A indústria ficou praticamente sem operar por seis meses. Notamos que a variação climática reduziu o volume em algumas regiões. Alguns produtores foram muito bem, outros não. Temos uma boa análise, pois compramos de mais de 2 mil parceiros, de 500 municípios da Região Sul — detalha Edson Ortiz, diretor da Divinut, indústria de nozes de Cachoeira do Sul.

A interrupção das atividades não foi exclusividade da Divinut.

— Ficamos 90 dias parados pela falta de matéria-prima e reiniciamos somente em maio — conta Pitol, sócio e responsável pela área comercial da empresa. Ele comanda os negócios da família ao lado do irmão, Lenio, responsável pelos viveiros, e do pai Luizinho, que faz as entregas de mudas e visitas a produtores.

#### **Estímulo que vem da indústria**



Área plantada passou de 1,77 mil hectares em 2011 para 3,4 mil hectares em 2014, são cerca de 700 novos hectares ao ano  
Foto: Divulgação / Nozes Pitol

A noz pecã é um produto cobiçado. Toda a produção tem mercado garantido, pois está bem abaixo da necessidade das indústrias. As empresas tentam garantir a manutenção e expansão de seu portfólio, que inclui nozes com casca, descascadas, inteiras, moídas, in natura, doces e salgadas, chá de nozes e rapaduras. Isso faz com que as processadoras invistam também nas vendas de mudas, com prestação de assessoria técnica aos agricultores que decidem cultivar o fruto.

No Rio Grande do Sul, a área plantada praticamente dobrou em três anos, passando de 1,77 mil hectares em 2011 para 3,4 mil hectares em 2014, segundo dados mais recentes da Emater/RS. A média é de 700 novos hectares ao ano. Estes números consideram apenas produção comercial, diferentemente do IBGE que quantifica o cultivo total. Os preços da noz em casca também estão em alta.

— Enxergamos as mudas como um meio, o fim é a industrialização — diz Edson Ortiz, da Divinut, destacando a necessidade de vender a planta por falta de matéria-prima.

Para se ter uma ideia da demanda, a capacidade produtiva da Divinut é de 6 mil quilos ao dia, mas o processamento médio é de mil quilos/dia. Isso faz com que alguns projetos estejam engavetados. Ortiz pesquisa óleo de noz há quase 10 anos, assim como de petiscos.

— Só não levamos adiante por falta de matéria-prima — lamenta Ortiz.

Elaborar óleo de noz também faz parte do projeto de longo prazo da Nozes Pitol e o impedimento é o mesmo. Leandro Pitol lembra que, para cada litro de óleo, são necessários cinco quilos do fruto. Esta conta demonstra o desafio das empresas. A escassez da matéria-prima também se reflete no dia a dia da empresa de Anta Gorda, que tem capacidade para mil quilos ao dia, e que deve processar a metade, em torno de 500 quilos.

Atualmente, a comercialização de enxertos de nogueiras pecã é a principal atividade da Pitol. São 2,5 mil árvores em 30 hectares, com produção estimada entre 15 mil a 20 mil quilos. Pela qualidade e alta produtividade, parte dos frutos das plantas mais velhas são usados para matrizes, através do sistema de enxertia por borbulha.

— É um investimento de médio e longo prazo — afirma.

Somente a Pitol comercializou 40 mil mudas em 2015 e, para este ano, estima chegar a 50 mil.

Outra forma de estimular novas áreas de plantações é a promoção de cursos de cultivo gratuitos promovidos pela Divinut. Os próximos ocorrem em 28 de maio, 25 de junho, 23 de julho e 27 de agosto. Além destas datas, serão também ministrados cursos exclusivos a produtores parceiros.

### **Metade da safra brasileira é gaúcha**

A menor quantidade colhida no Rio Grande do Sul impacta diretamente no volume total do país, já que o Estado é responsável por 49% da produção brasileira de noz pecã, ou seja, a metade, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O cultivo concentrado é explicado pelo clima, já que a variedade precisa de frio para pleno desenvolvimento. Dependendo do tipo, necessita entre 300 a 500 horas por ano com temperaturas abaixo de 8°C e 7,2°C. Também há plantações em Santa Catarina, Paraná e em regiões serranas de São Paulo.

O espaçamento entre as árvores é de sete a 10 metros, dependendo da cultura.

— A árvore se desenvolve melhor com clima seco, solo profundo, frio, geada e altitude mínima de 40 metros acima do mar — explica Leandro Pitol, diretor da Nozes Pitol.

#### **Fruto da América do Norte se adapta ao Sul**



A produção de pecã está concentrada na América do Norte. A noz tem origem nos Estados Unidos, responsável por mais de 70% da produção mundial. Outros 20% vêm do México. Ambos têm árvores nativas. Atualmente, os países com maior expansão são Argentina, Brasil e África do Sul. Em menor volume, Austrália, China, Israel, Uruguai e Peru vêm investindo na cultura.

— Há poucos países produzindo, pois a noqueira não tolera muito frio ou muito calor. Outra questão é que, embora alguns locais ofereçam temperaturas favoráveis, podem não ter solo ideal ou a quantidade de água suficiente. Pela arquitetura da planta, a polinização é feita através do vento. Outro fator que demonstra o potencial da noz é o aumento de consumo em países como na China, por uma questão de saúde — conta Edson Ortiz, diretor da Divinut.

Segundo a Emater, 99% da noz pecã consumida no Brasil é importada, o que reforça a necessidade de ampliar a área plantada.

— A demanda é constante, a produção mundial não cresce porque o investimento é alto e demora a retornar. Mas a área não fica inativa, como espaçamento é grande, é possível criar animais ou plantar outras culturas. Além disso, o retorno financeiro é satisfatório — detalha Derli Paulo Bonine, assistente técnico regional em Fruticultura da Emater/RS de Lajeado.

No campo, o sombreamento da noqueira traz conforto térmico aos animais - vacas e ovelhas — nas épocas de altas temperaturas e, no frio, as árvores perdem as folhas e permitem maior incidência de sol. Os produtores também podem adotar cultivos anuais antes de a noqueira fazer sombreamento em toda a área, como feijão, milho, soja e fumo.