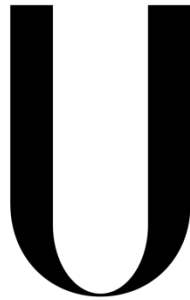


Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Zoneamento Edafoclimático da Nogueira-pecã - *Carya illinoensis*, no
Rio Grande do Sul - RS, Brasil**

Beatriz Matos Silva Aparício Carvalho

Relatório de Estágio orientado pelo Professor Doutor César Dinis Santos
Capinha e pelo Doutor José Maria Filippini Alba

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial
aplicados ao Ordenamento

2021

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Zoneamento Edafoclimático da Nogueira-pecã - *Carya illinoensis*, no
Rio Grande do Sul - RS, Brasil.**

Beatriz Matos Silva Aparício Carvalho

Relatório de Estágio orientado pelo Professor Doutor César Dinis Santos
Capinha e pelo Doutor José Maria Filippini Alba

Júri:

Presidente: Professor Doutor Fernando Jorge Pedro da Silva Pinto da Rocha
do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de
Lisboa

Vogais:

- Professora Doutora Liane de Souza Weber da Universidade Federal de
Santa Maria
- Doutor César Dinis Santos Capinha do Instituto de Geografia e
Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Helena e Paulo, por sempre me apoiarem e aceitarem a pessoa que sou. Por embarcarem e receberem de braços abertos as aventuras que tive o prazer de realizar ao longo da minha formação e vida pessoal. Tudo o que eu hoje sou e sei, devo a vocês.

Ao meu irmão, o meu primeiro amigo e conselheiro. Quando criança junto comigo para fazer asneiras, atualmente, sempre pronto a dizer as palavras certas no momento certo.

Aos meus orientadores, Professor Doutor César Dinis Santos Capinha e Doutor José Maria Filippini Alba pela disponibilidade total que sempre demonstraram para comigo, pelo apoio incansável, por tudo o que me ensinaram ao longo do estágio e pela ajuda na construção deste relatório.

Ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, à Embrapa – Clima Temperado, e a todas as pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento deste estágio.

À Gabriela, por me ter mostrado que a distância é possível de ser superada. Por ser o meu apoio nos bons e nos maus momentos. Por abraçar todas as minhas ideias e planos, sabendo que quando alguns não resultam, há sempre um que vai resultar. Obrigada por tudo aquilo que já conquistamos juntas.

Aos meus primos André e Marlene, por acreditarem na pessoa que sou e permitirem com que eu conseguisse contruir o meu caminho académico.

A minha avó, a minha estrela que nunca deixou de olhar por mim.

A todos os meus familiares que me ajudaram ao longo do meu percurso. Obrigada pelos almoços calorosos partilhados convosco.

À Esther e ao Marcelo, por me terem aceite na sua família. Por me terem recebido tão bem na casa deles e pela ajuda que sempre me deram. Obrigada por terem feito com que as saudades que eu tinha de casa ficassem mais ténues com a vossa presença.

À Rufino, que conheci na licenciatura, que participou comigo nas maluqueiras dos primeiros anos de faculdade e na aventura do Erasmus. O meu braço direito da faculdade, que sempre me ajudou e, também quando era preciso, chamou-me à razão. Obrigada por nunca me ter deixado cair. Obrigada também à tia Alda, à Joe e à Catas e ao Sr. Sebas, por me terem dado uma família com que posso sempre contar em Lisboa.

Ao António, por me acompanhar desde os anos do secundário. Os encontros em Lisboa começaram a ser mais esporádicos, mas o sentimento de amizade continua igual. Obrigada pelas chamadas de vídeo, quando um de nós estava fora de Portugal, são sempre um conforto no meu coração. Nem o ecrã do telemóvel impede que pareça que não estamos juntos.

À Capi, ao Pacha e à Pulga, por serem os seres mais inocentes que existem, e por me mostrarem como o amor é construído a partir de coisas simples. Obrigada também por todos os carregadores e sapatos que comeram.

À Rafa, Mel e Gugu, obrigada por me resgatarem quando precisei. Obrigada pelos fim-de-semana, pelas trocas de conversa, por ouvirem as minhas preocupações, mas, acima de tudo, obrigada pelo companheirismo.

À Maria Inês, à Nadine, ao Espanhol, à Catarina e a todos os meus colegas que tive o prazer de conhecer na faculdade. Obrigada por todas as idas ao pato, trabalhos de grupo realizados convosco. Acima de tudo, obrigada pela vossa sincera amizade.

Aos meus amigos de Abrantes, Adri, Chico, Fifas, Gabi, Gata, Marchas, Maria Carô, Mel e Jorge, por serem a minha primeira família escolhida, por terem crescido comigo e por se estarem a tornar os adultos que me enchem de orgulho.

À Xana e à Joana por serem as minhas irmãs. Mesmo com distância, sempre estão dispostas a ajudar-me. Obrigada por mantermos a nossa amizade tão saudável. Pelos nossos encontros sempre com sorrisos de orelha a orelha. Obrigada por estes longos anos de amizade.

À Filipa, amiga de longa data, que sempre se preocupou comigo e sempre me apoiou. Obrigada pela tua amizade e por todos os jantares e companheirismo trocados na nossa casa. Obrigada também ao Kobe, pelos risos e arranhões que me deu.

À Lu e à Carina por uma das amizades mais espontâneas e saudáveis que já construí. Que os nossos encontros continuem a ser possíveis, e que logo mais logo menos, possamos então viver num prédio todas juntas.

À May, à Sammy, à Carol, ao Marcelo, à Bruna, à Luccinha, e à Pagu, obrigada por serem a minha família em Pelotas e estarem sempre prontos para me ajudar. Obrigada pelos encontros, mesmo estando um pouco mais limitados por causa da Covid-19. Obrigada pela vossa amizade.

Resumo

O presente relatório de estágio tem como tema o zoneamento edafoclimático da cultura da noqueira-pecã, no Rio Grande do Sul – RS, Brasil. A investigação foi elaborada no âmbito da unidade curricular de estágio profissional do mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial aplicados ao Ordenamento, realizado de 09 de março de 2020 a 31 de dezembro de 2020, na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

A noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] é uma planta nativa da América do Norte. Introduzida no Brasil, por volta dos anos de 1870 por imigrantes norte americanos, a cultura começou a ser explorada economicamente entre 1960-70 devido a incentivos fiscais disponibilizados pelo estado. No entanto, devido a fatores como a falta de estudos e conhecimentos científicos sobre a espécie, muitos pomares encontram-se abandonados e/ou com problemas fitossanitários.

De modo a que não ocorresse novos erros, investigadores da área começaram a realizar modelos de zoneamento climático - cálculo do acúmulo de horas de frio, e edáfico - parâmetro do solo, para a noqueira-pecã. A partir destes dois modelos surge o zoneamento edafoclimático, instrumento de apoio a agricultores, empresas, entre outros, que permite a análise e identificação das áreas com condições climáticas e quais os solos mais adequados para a cultura da noqueira-pecã.

Neste trabalho é construído um modelo de zoneamento edafoclimático, com recurso a Sistemas de Informação Geográfica, onde são identificadas as áreas com menor ou melhor aptidão para a cultura no Rio Grande do Sul. Procurou-se conhecer, também, quais são os modelos de horas de frio que melhor se adequam ao clima do Rio Grande do Sul, para além do modelo de horas de frio, modelo proposto por Weinberger (1950), que é o modelo mais utilizado para o cálculo de horas de frio.

Nesta pesquisa, do estudo do zoneamento edafoclimático da noqueira-pecã, os resultados obtidos dos quatro modelos, é possível observar, para todos eles, que a espécie têm um grande potencial para ser produzida no Rio Grande do Sul. O zoneamento edafoclimático do modelo de 7,2 °C foi o que apresentou resultados mais satisfatórios.

Palavras-chave: horas de frio; modelo climático; modelo edáfico; noqueira-pecã; sistemas de informação geográficas

Abstract

The present report aims to develop an edaphoclimatic zoning of pecan culture, in Rio Grande do Sul - RS, Brazil. The investigation was carried out within the professional internship curricular unit of the master's degree in Geographic Information Systems and Territorial Modeling applied to Planning, carried out from March 9, 2020 to December 31, 2020, at Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

The pecan tree [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] is a native plant of North America. Introduced in Brazil, around the 1870s by North American immigrants, the culture began to be explored economically between 1960-70 due to tax incentives provided by the state. However, due to factors such as the lack of studies and scientific knowledge about the species, many orchards are abandoned and / or with phytosanitary problems.

In order to prevent new errors from occurring, researchers in the area began to make models of climatic zoning - calculation of the accumulation of chilling hours, and edaphic - soil parameter, for pecan. From these two models emerges the edaphoclimatic zoning, an instrument to support farmers, companies, among others, which allows the analysis and identification of areas with climatic conditions and which are the most suitable areas for pecan culture.

In this work, an edaphoclimatic zoning model is constructed, using Geographic Information Systems, where the areas with the least or best aptitude for culture in Rio Grande do Sul are identified. So, a study of the suitable modelo of chilling hours for Rio Grande do Sul state was performed, using as reference Weinberger (1950)

In this research, from the study of the edaphoclimatic zoning of pecan tree, the results obtained from the four models, it is possible to observe, for all of them, that the species has a great potential to be produced in Rio Grande do Sul. The edaphoclimatic zoning of the model of 7.2°C showed the most satisfactory results.

Keywords: chilling hours; climate model; edaphic model; geographic information system

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice de Figuras	ix
Índice de Quadros	xi
1. Introdução	1
2. A noqueira-pecã e a sua importância no contexto mundial e brasileiro	5
2.1. Caracterização da noqueira-pecã	5
2.2. A noqueira-pecã no cenário Brasileiro	7
2.3. Caracterização do Rio Grande do Sul	10
3. Descrição metodológica dos procedimentos de zoneamento edafoclimático da noqueira-pecã.....	13
3.1. Caracterização do zoneamento edáfico.....	13
3.2. Requisitos climáticos da noqueira-pecã.....	13
3.2.1. A importância da dormência invernal para a espécie	14
3.2.2. Modelos matemáticos para o cálculo de horas e unidades de frio.....	15
3.2.2.1. Modelos de horas de frio abaixo de 7,2 °C, 11 °C e 13 °C.....	15
3.2.2.2. Unidades de Frio.....	15
3.2.2.2.1 Modelo de Infruitec – Versão Positiva de Utah.....	16
3.2.2.2.2 Modelo de Gilreath	16
3.2.2.2.3 Modelo de Taiwan	17
3.3. Critérios edáficos	17
3.3.1. Profundidade Efetiva	18
3.3.2. Textura.....	18
3.3.3. Relevo	19
3.3.4. Drenagem.....	20

3.3.5.	Saturação por bases.....	21
3.3.6.	Pedregosidade e/ou afloramentos rochosos	21
4.	Metodologia	23
4.1.	Zoneamento climático.....	23
4.2.	Zoneamento edáfico.....	28
4.3.	Zoneamento edafoclimático.....	29
5.	Discussão e comparação dos resultados	35
5.1.	Zoneamento climático.....	35
5.2.	Zoneamento Edáfico	41
5.3.	Zoneamento Edafoclimático.....	42
6.	Considerações Finais.....	53
	Referências.....	55
	Anexos.....	59

Índice de Figuras

Figura 1 - Nogueira-pecã.....	5
Figura 2 - Noz-pecã.....	6
Figura 3 - Mapa de localização do Rio Grande do Sul.....	10
Figura 4 - Densidade Demográfica no estado do Rio Grande do Sul desde 1872 até 2010 em habitante por km ²	11
Figura 5 - Total de área de produção (ha) de noqueira-pecã no Rio Grande do Sul por município.....	11
Figura 6 - Área de cultivo da noqueira-pecã.....	18
Figura 7 - Localização das estações utilizadas.....	24
Figura 8 - Divisão geográfica do Rio Grande do Sul.....	35
Figura 9 - Valores de horas de frio no estado do Rio Grande do Sul de acordo com os modelos matemáticos distintos.....	36
Figura 10 - Valores normalizados de horas de frio no estado do Rio Grande do Sul de acordo com os modelos matemáticos.....	39
Figura 11 - Aptidão edáfica para o cultivo de noqueira-pecã no estado do Rio Grande do Sul.....	41
Figura 12 - Zoneamento Edafoclimático da noqueira-pecã - Todos os modelos climáticos.....	44
Figura 13 - Comparação da classe de aptidão de 10 - 40% de 100 - 300 horas de frio para os modelos de 13 °C e Gilreath.....	48
Figura 14 - Comparação da classe de aptidão de 10 - 40% de 300 - 500 horas de frio para os modelos de 7,2 °C e 13 °C.....	49

Índice de Quadros

Quadro 1 - Importação de noz pecã em toneladas por ano.....	7
Quadro 2 - Quantificação dos pomares brasileiros de noqueira-pecã conforme idade	9
Quadro 3 - Cultivares de noqueira-pecã presentes no Brasil.....	9
Quadro 4 - Parâmetros de profundidade efetiva.....	18
Quadro 5 - Classes de declividade consideradas	19
Quadro 6 – Classes de drenagem consideradas	20
Quadro 7 - Classes de pedregosidade e/ou afloramentos rochosos consideradas	21
Quadro 8 - Valores unitários das unidades de frio para cada modelo.	25
Quadro - 9 Amostra da base de dados	25
Quadro 10 - Análise do coeficiente de correlação de Pearson dos modelos climáticos.	26
Quadro 11 - Análise da qualidade dos modelos através do parâmetro R ²	27
Quadro 12 – Ponderações Edáficas utilizadas	29
Quadro 13 - Limiares de acumulação de horas de frio para os demais modelos.	31
Quadro 14 - Reclassificação dos modelos	31
Quadro 15 – Reclassificação dos modelos	32
Quadro 16 - Reclassificação do raster do zoneamento edáfico e a sua respetiva legenda.	32
Quadro 17 - Reclassificação do Raster do zoneamento edafoclimático e a sua respetiva legenda.....	33
Quadro 18 - Informação geográfica utilizada.....	34
Quadro 19 – Números máximos e mínimos presentes em cada modelo	37
Quadro 20 – Resultados de aptidão edáfica.....	42
Quadro 21 - Classes de aptidão para o cultivo de Noz-pecã e a ordem de favorecimento para o seu cultivo.....	43
Quadro 22 - Localização das áreas de aptidão	47
Quadro 23 - Descrição da aptidão edafoclimática da noqueira-pecã no território do Rio Grande do Sul considerando indicador multiparâmetros.	50

1. Introdução

A noqueira-pecã, foi introduzida no Brasil, nos anos 1870, por imigrantes norte-americanos que se estabeleceram no estado de São Paulo. Anos mais tarde, por volta de 1960-70, através de incentivos fiscais, a espécie começou a ser utilizadas para proveitos económicos (Ortiz & Camargo, 1997).

Devido a fatores como a falta de estudos e conhecimentos científicos sobre a espécie, esses pomares encontram-se atualmente abandonados e/ou com problemas fitossanitários (Ortiz & Camargo, 1997). Desta forma, para não cometer os erros do passado, estudos de zoneamento climático e edáfico começaram a ser realizados para a noqueira-pecã (Filippini Alba *et al.*, 2018). Em termos simples, estes estudos correspondem à identificação das áreas com as condições climáticas e os solos mais adequados para a espécie, permitindo assim otimizar a produtividade da mesma e diminuir a propensão à ocorrência de problemas fitossanitários na combinação dos dois surge então, o zoneamento edafoclimático, isto é, a identificação das condições climáticas e edáficas adequadas, como instrumento de apoio para agricultores, empresas, entre outros (Flores *et al.*, 2009).

O objeto de estudo desta investigação foi o cálculo do zoneamento edafoclimático para a cultura da noqueira-pecã no Rio Grande do Sul, Brasil. O mapeamento digital deste modelo matemático com recurso a Sistemas de Informação Geográfica permite conhecer em detalhe quais as áreas com potencial para a exploração de uma cultura. Ou seja, torna-se um instrumento de apoio ao cultivo da espécie, para os indivíduos que procuram obter mais informações, e assim, conseguir uma melhor potencialidade produtiva da espécie, sem comprometer o ambiente e o próprio investimento para a produção da cultura (Flores *et al.*, 2009).

Procurou-se, também, compreender se o modelo de horas de frio, que é utilizado para o cálculo do zoneamento climático pela maioria dos investigadores desta área, seria o mais adequado, uma vez que nos últimos anos, vários autores têm vindo a questionar se um só modelo de horas de frio pode ser aplicado com confiabilidade nos diferentes tipos de clima do planeta (Milech, 2015).

No decorrer desta investigação, para além de estudar o modelo mais utilizado, procurou-se conhecer outros modelos de horas de frio existentes, e por sua vez, identificar

quais os que melhor se adequam ao clima do Rio Grande do Sul. A partir desses, foram então criados zoneamentos climáticos referentes a cada modelo. Com base nos dados referentes aos parâmetros físicos dos solos foram atribuídas várias ponderações de classes edáficas, as quais foram posteriormente usadas para a elaboração do zoneamento edáfico. Alcançadas as etapas anteriores, desenvolveu-se o zoneamento edafoclimático, que resulta da sobreposição e conjunção dos zoneamentos climáticos e edáficos, para os demais modelos de horas de frio da cultura da noqueira-pecã.

Este trabalho começa por descrever a noqueira-pecã e qual a sua importância no contexto mundial e brasileiro. De seguida especificam-se os fundamentos teóricos da estimativa de adequabilidade climática para a espécie, ao que se segue uma descrição dos mesmos para a componente edáfica. Posteriormente, são detalhados os procedimentos metodológicos adotados para a criação dos três zoneamentos: climático, edáfico e edafoclimático, e a informação geográfica utilizada nos diferentes processos. No último capítulo a apresentação e discussão dos resultados é feita de forma detalhada.

1.1. Entidade de Acolhimento do Estágio: Embrapa - Clima Temperado

O Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado ou 'Embrapa Clima Temperado' é uma das quarenta e três unidades descentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Fundada inicialmente em 1973, detinha duas Unidades Experimentais de Pesquisa de Âmbito Estadual na região de Pelotas. Mais tarde, em 1993, foi criada a Embrapa Clima Temperado que atua nos três estados do sul do Brasil, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Paraná, onde desenvolve tecnologias para os agroecossistemas da região.¹

O presente relatório, apresenta as atividades que foram desenvolvidas no âmbito do estágio curricular do mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial aplicados ao Ordenamento, de 09 de março de 2020 a 31 de dezembro de 2020, na Embrapa Clima Temperado. Nesta instituição, os trabalhos decorreram no Laboratório de Planeamento Ambiental (LABPLAN), que visa o desenvolvimento e aplicação de geotecnologias na monitorização e planeamento ambiental de projetos de pesquisa da empresa e em áreas de exploração agrícola da Unidade: a Estação Experimental Cascata; a Estação Experimental Terras Baixas e Sede. É de referir que devido à situação

¹Disponível em <https://www.embrapa.br/embrapa-no-brasil>

epidemiológica provocada pelo coronavírus SARS-CoV-2 e da doença COVID-19, uma parte dos trabalhos desenvolvidos no estágio também decorreu sob a forma de ‘teletrabalho’.

2. A noqueira-pecã e a sua importância no contexto mundial e brasileiro

2.1. Caracterização da noqueira-pecã

A noqueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] é uma planta nativa da América do Norte, desde as áreas dos estados de Nebraska, Iowa, nos Estados Unidos da América, até Oaxaca, no sul do México, onde cresce nas margens de diversos rios, como o Mississípi (Ortiz & Camargo, 1997).

Pertence ao Reino: Plantae; Subreino: Trachaobionta (plantas vasculares; Superdivisão: Spermatophyta (plantas com sementes); Divisão: Magnoliophyta (plantas com floração); Classe Magnoliopsida (dicotiledóneas); Subclasse: Mamamelididade; Ordem Juglandales; Família: Juglandaceae; Género: *Carya*; Espécie: *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch (Hamann, 2018).

É uma planta arbórea (figura 1), de grande porte, podendo atingir mais de 40 metros de altura, caducifólia (planta que perde as suas folhas no período de repouso vegetativo) e manóica (planta que apresenta flores estaminadas e pistiladas no mesmo indivíduo) (Hamann, 2018). É uma espécie de clima temperado, sendo que o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo requer pelo menos, entre 180 a 200 dias (Martins *et al.*, 2019). Na sua área de distribuição nativa, a árvore apresenta uma altura máxima de 55 metros e um diâmetro de 210 cm (Peterson, 1990).



Figura 1 - Nogueira-pecã
Fonte: Carlos Martins – Embrapa Clima Temperado

O principal produto da cultura desta árvore é a fruta, ou seja, a noz-pecã (figura 2), podendo ser consumida de forma natural, crua, tostada, salgada, revestida em açúcar e mel e/ou processada. É usada numa grande variedade de produtos alimentares, *snacks*,

pratos especiais, saladas, sobremesas. A sua casca pode também ser usada em chás. Existem empresas que processam a noz e oferecem o seu produto na forma de noz descascada, farinha e óleo. Este último é considerado *gourmet* devido às suas qualidades nutricionais (Martins *et al.*, 2017).

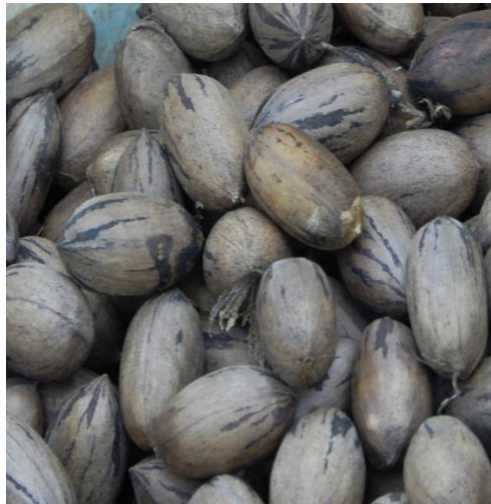


Figura 2 - Noz-pecã

Fonte: Carlos Martins – Embrapa Clima Temperado

Como é possível observar no quadro 1, o consumo da noz-pecã e dos seus derivados possui um aumento constante nos últimos doze (12) anos em diversos países.

Quadro 1 - Importação de noz pecã em toneladas por ano

Importação de noz-pecã - Toneladas (Ton)											
Países	Anos										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
USA	26489	22634	29089	20441	22636	18448	22972	35252	38397	37993	51767
Canadá	4299	3687	3794	4186	4554	433	4173	4997	551	5628	5425
Países Baixos	2427	2027	248	2851	2216	2408	2845	3346	4156	4897	4183
Reino Unido	1716	1388	1263	1898	2445	2235	2478	2974	256	2744	2643
Alemanha	0	39	11	46	214	189	657	1186	833	1829	2304
Israel	1352	989	978	1197	949	1572	1571	1316	1531	1681	2077
México	933	667	1195	2046	3165	2238	1649	125	779	596	1688
França	931	673	846	1065	813	837	645	825	999	1027	1195
Coreia	128	50	132	166	145	284	406	453	610	650	683
China	934	3707	1436	361	393	180	133	889	2155	690	611
Bélgica	18	104	110	239	152	123	161	228	373	455	598
Arábia Saudita	69	3	23	44	48	107	122	184	135	299	367
Espanha	44	30	31	73	44	72	73	130	191	158	345
Japão	174	154	147	198	153	153	141	247	245	211	313
EAU	42	35	59	32	53	98	101	161	147	210	195
Austrália	0	2	85	65	77	31	60	162	57	138	160
Kuwait	41	33	21	36	49	49	30	57	54	108	117
Peru	0	0	0	0	16	15	21	43	92	84	102
Itália	109	102	67	155	119	115	209	227	306	346	81
Suíça	55	12	18	78	60	109	213	168	231	271	74
Outros	524	2946	532	767	563	2397	1736	1258	1202	930	1255
Total	40285	39282	40085	35944	38864	32093	40396	54228	53300	60945	76183

Fonte: INC, 2020

Em 2019, os principais produtores foram o México (47%), seguido pelos Estados Unidos da América (43%) e África do Sul (8%), o Brasil, representou apenas 1% da produção mundial. No entanto, no que se refere à exportação de produção, o Brasil não entra no cenário, sendo que o México e os Estados Unidos da América são responsáveis pela totalidade do volume exportado (INC, 2020).

2.2. A noqueira-pecã no cenário Brasileiro

Por volta dos anos de 1870, a noqueira-pecã foi introduzida no Brasil, por imigrantes estadunidenses que se estabeleceram na cidade de Santa Bárbara D'Oeste, no estado de São Paulo (Ortiz & Camargo, 1997). No entanto, só em 1960-1970, devido à implementação de políticas públicas de incentivo à reflorestação, como a Lei nº5.106/66, regulamentada pelo Decreto nº59.615/66, que visava o incentivo à plantação de florestas com isenção de impostos, que a cultura começou a ser explorada economicamente desde

os estados de Minas Gerais até ao Rio Grande do Sul (Nakusu & Raseira (1981) citado por Filippini Alba *et al.*, 2018).

Segundo Ortiz & Camargo, os grandes pomares implantados com os incentivos fiscais encontram-se agora ao abandono, onde a maior parte das árvores apresenta problemas fitossanitários. Além destas plantações, no território brasileiro é possível encontrar esta espécie nas regiões no sudeste e no sul, com cerca de oito mil hectares de área cultivada pelo país (Martins *et al.*, 2017). O sul do país, composto pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, apresenta climas diversificados, segundo a classificação de Köppen, como o clima tropical (AF), clima subtropical (Cfa) e clima temperado quente (Cfb) (Wrege *et al.*, 2012). Ainda assim, o Rio Grande do Sul apresenta a maior área de cultivo e produção do país, onde os municípios de Anta Gorda e Cachoeira do Sul, destacam-se por serem os maiores produtores (Martins *et al.*, 2017).

Nos últimos anos, a noqueira-pecã tem vindo a ganhar relevo no cenário agroflorestal brasileiro devido à procura crescente pelo fruto, quer no mercado interno – visto que o Brasil ainda apresenta uma dependência externa para abastecer o mercado – quer para exportação (Martins *et al.*, 2019). A espécie é maioritariamente cultivada em pequenas extensões (considerando a realidade do Brasil), em média de 15 ha. Na sua maioria são explorações de cariz familiar, geralmente em sistemas de monocultivo ou em regimes de exploração mista, quer através de policultura em associação com culturas como a do tabaco, arroz, soja, milho, feijão, batata, entre outros, quer pela sua utilização em sistemas agrossilvipastoris, em que é conjugada com a produção de carne e leite (Martins *et al.*, 2019).

Diversos fatores, como a possibilidade de um pomar poder ser explorado economicamente durante 30 a 60 anos, com baixos custos de produção, facilidade em mecanizar o manuseamento do pomar, o período de colheita não coincidir com a época tradicional de outras culturas, ser um alimento saudável e nutritivo – considerado minimizador do risco de doenças cardiovasculares e de cancro – e ao seu alto valor comercial, faz com que seja uma cultura muito rentável, sendo este o maior incentivo à sua exploração (Martins *et al.*, 2017).

Os pomares da noqueira-pecã produzidos no Brasil são compostos por árvores compreendidas entre alguns meses a sessenta anos de idade (Martins *et al.*, 2019).

A partir dos dez anos de idade, a espécie, deixa de ser caracterizada como jovem, uma vez que entra na fase de produção. Observando o quadro 2, é possível identificar que a maioria dos pomares é considerado jovem - os valores compreendidos entre menos de cinco e de cinco a dez anos de idade, representam cerca de 90%, e conseqüentemente, estes pomares refletem uma baixa produtividade de noz-pecã no Brasil (Martins *et al.*, 2019).

Quadro 2 – Quantificação dos pomares brasileiros de noqueira-pecã conforme idade

Pomares	
Anos	%
<5	60
5 a 10	30
>10	10

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Martins et al.(2019)

No Registro Nacional de Cultivares (RNC) (MAPA, 2020) são descritos os cultivares de noqueira-pecã presentes no Brasil (quadro 3), são no total quarente e dois (42).

Quadro 3 - Cultivares de noqueira-pecã presentes no Brasil

Cultivares noqueira-pecã		
Barton	Forkert	Patrick
Brooks	Giles	Pawnee
Caddo	Gloria grande	Peruque
Cape fear	Gormely	Pitol 1
Charokee	Jackson	Pitol 2
Chatopa	Jenkins	Posey
Chickasaw	Jubilee	Prilop of lavaca
Choctaw	Kiowa	Shawnee
Clark	Mahan	Shoshoni
Curtis	Major	Sioux
Davis	Moneymaker	Stuart
Desirable	Moore	Success
Elliott	Oconee	Sumner
Farley	Owens	Woodroof

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Mapa (2020).

2.3. Caracterização do Rio Grande do Sul

O estado do Rio Grande do Sul (figura 3) localiza-se no sul do Brasil. Tem uma área de 281.707,149 km², correspondendo aproximadamente a 3% da totalidade do território do país (IBGE, 2020).

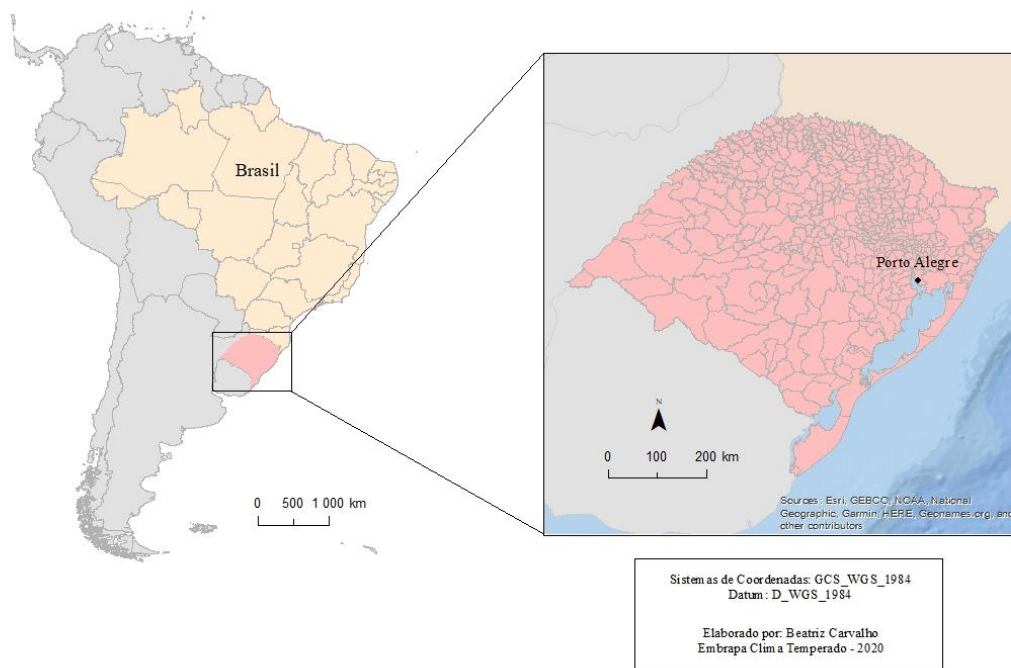


Figura 3 - Mapa de localização do Rio Grande do Sul

É delimitado a norte pelo estado de Santa Catarina, a oeste pela Argentina, a este pelo oceano Atlântico e a sul pelo Uruguai. O Rio Grande do Sul apresenta uma população de 11.422.973 habitantes e uma densidade demográfica de 39,79 hab/km² onde é possível verificar na figura 4 que esta tem vindo a crescer ao longo dos anos (IBGE, 2020).

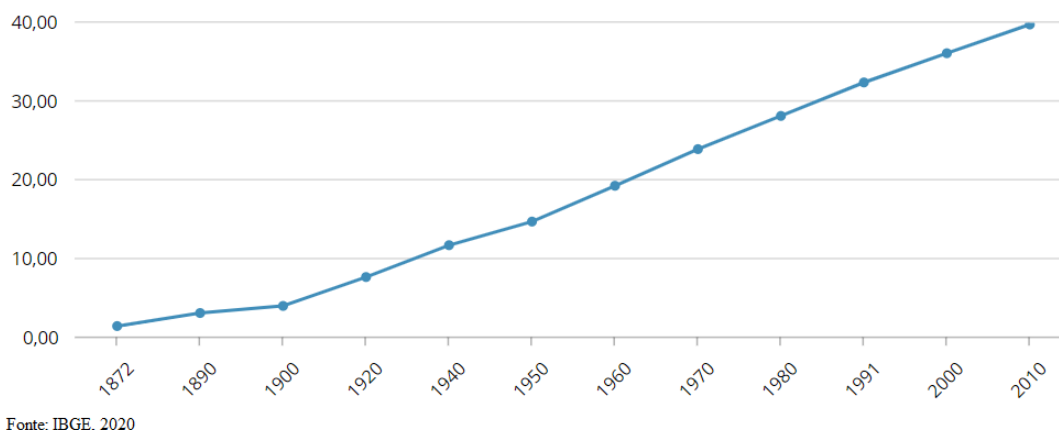


Figura 4 - Densidade Demográfica no estado do Rio Grande do Sul desde 1872 até 2010 em habitante por km²

Segundo a classificação de Köppen, verifica-se um clima subtropical, que predomina em quase todo o estado, este clima caracteriza-se pela ocorrência de períodos de precipitações durante todo o ano e um verão quente (Cfa), a nordeste observa-se também um clima temperado quente (Cfb) (Wrege *et al.*, 2012).

Na Figura 5, estão representados os municípios produtores de noqueira-pecã, por hectares, no Rio Grande do Sul. O estado apresenta no total quatrocentos e noventa e sete (497) municípios, sendo a noqueira-pecã cultivada em cento e quarenta e nove (149) Emater (Martins *et al.*, 2018).

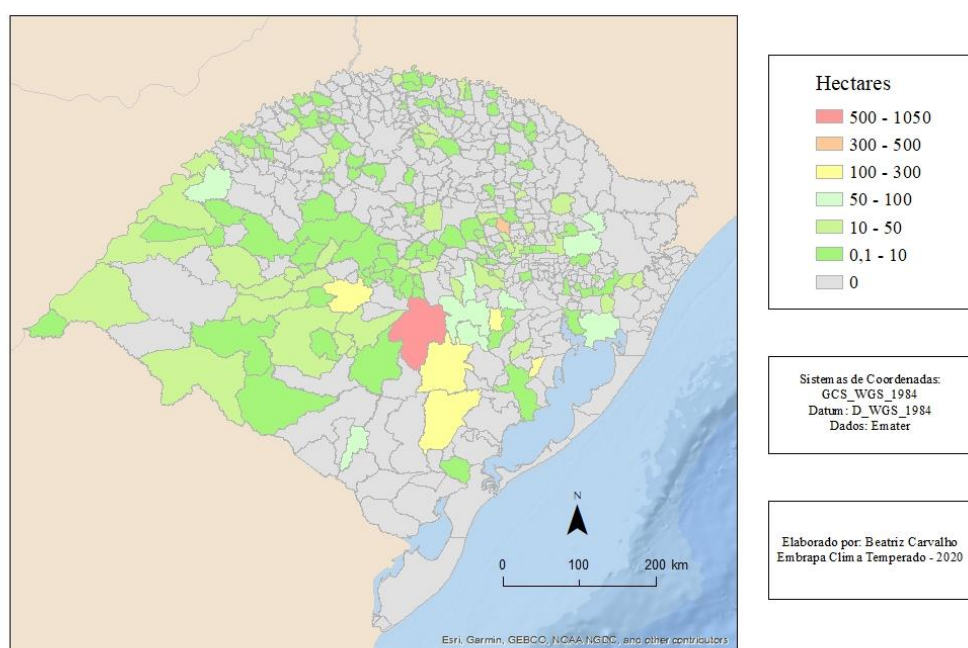


Figura 5 - Total de área de produção (ha) de noqueira-pecã no Rio Grande do Sul por município.

É possível observar que a maioria dos municípios apresenta áreas totais de exploração de 0,1 a 50 hectares (ha). Segundo dados do Emater (Martins *et al.*, 2018), os maiores produtores desta espécie são:

- Cachoeira do Sul - 1043 ha;
- Anta Gorda - 480 ha;
- Encruzilhada do Sul - 270 ha;
- Santa Maria - 176 ha;
- Minas de Leão - 150 ha;
- Sentinela do Sul - 130 ha;
- Canguçu 119 – ha;
- General Câmara – 100 ha;
- Rio Pardo – 100 ha;
- Santo Antônio das Missões – 80 ha.

3. Descrição metodológica dos procedimentos de zoneamento edafoclimático da nogueira-pecã

3.1. Caracterização do zoneamento edafoclimático

Para entender quais os critérios climáticos e edáficos necessários para a construção de um zoneamento edafoclimático, é essencial compreender o seu conceito.

Segundo Ferreira (2005) citado por (Flores *et al.*, 2009), uma região com características próprias de clima, de vegetação, de ocupação humana, pode ser caracterizada por zona, onde por sua vez o verbo “zonear” é apresentado por “dividir zonas” conceito referente ao neologismo “zoneamento”. Este último, relaciona-se com o campo do ordenamento do território, significando: definir e caracterizar zonas segundo critérios técnicos criados à priori (Flores *et al.*, 2009).

Devido à grande diversidade de parâmetros utilizados para o termo zoneamento, emprega-se geralmente em combinação com um segundo termo que permita a melhor identificação das características consideradas (Flores *et al.*, 2009). A construção do termo zoneamento edafoclimático pode ser observada a partir da representação abaixo.

Zoneamento Edafoclimático = Zoneamento Climático + Zoneamento Edáfico

Em termos técnicos, trata-se de um procedimento de álgebra de mapas, isto é, um modelo matemático, calculado partir dos sistemas de informação geográfica (SIG), e que tem por objetivo determinar a aptidão de qualquer espécie vegetal considerando as condições edáficas e climáticas (Filippini Alba *et al.*, 2020).

3.2. Requisitos climáticos da nogueira-pecã

Como qualquer espécie, a nogueira-pecã possui um conjunto de requisitos climáticos para que o seu desenvolvimento, e conseqüentemente o seu cultivo, decorra de forma adequada. De entre estes requisitos estão parâmetros específicos relativos a fatores como a temperatura do ar, a humidade relativa do ar, a precipitação pluviométrica e o número de horas de frio (Rovani & Wollmann, 2018).

No que diz respeito às temperaturas, no inverno a temperatura deve apresentar uma média de 10°C a -1°C, com extremos negativos máximos de -18°C a -29°C, e no verão é necessária uma temperatura média acima de 27°C, com extremos máximos de 41°C a 46°C (Peterson, 1990). Autores como Martins (2017) afirmam que a temperatura média anual ótima é de 20 °C a 30 °C, sendo que temperaturas mais elevadas prejudicam o crescimento das plantas, podendo desidratar o pólen da época de polinização e, assim, afetar a produção de noz-pecã.

Segundo Peterson (1990) a Nogueira pecã, apresenta uma necessidade hídrica média de 760 mm/m a 2010 mm/m de água. A sua plantação pode ser realizada em locais húmidos a áridos (quando dispõe de um sistema de irrigação). No período de floração, a necessidade de água é mínima, no entanto, no período de crescimento do fruto há uma exigência maior da mesma. Quando cumpridos estes requisitos a frutificação não apresenta o risco de abortamento ou de desenvolvimento de frutos pequenos e/ou de baixa qualidade (Martins *et al.*, 2019).

A polinização é influenciada pela humidade, uma vez que, quando esta ocorre em excesso (acima de 80%), os processos de libertação do pólen e de receptividade do estigma são afetados (Martins *et al.*, 2017).

De forma a transitar por um período de dormência, que é requerido para que não ocorram problemas de floração disforme com baixa produtividade, a espécie necessita de um número predefinido de horas de frio. Estas horas são habitualmente contabilizadas quando a temperatura regista valores inferiores a um valor de temperatura predefinido, geralmente de 7,2 °C. Para este valor de referência, de um modo geral, a noqueira-pecã necessita de menos de 300, entre 400 – 600 e acima de 600 horas de frio (Martins *et al.*, 2017).

3.2.1. A importância da dormência invernal para a espécie

O período de dormência é considerado uma condição de baixa atividade fisiológica que permite a sobrevivência das plantas em condições de baixa temperatura (Milech, 2015). Durante os meses de outono e inverno a noqueira-pecã, como qualquer espécie caducifólia, requer um período de dormência. Neste período, a ocorrência de baixas temperaturas, impulsiona atividades bioquímicas e a concentração de hormonas que deslocam carboidratos, o que promove o crescimento das gemas vegetativas e

floríferas (Almeida & Antunes (2012) citado por Filippini Alba *et al.*, 2018). Este fator, permite assim, que o crescimento dos ramos e das flores ocorram de forma uniforme (Filippini Alba *et al.*, 2018)

3.2.2. Modelos matemáticos para o cálculo de horas e unidades de frio

3.2.2.1. Modelos de horas de frio abaixo de 7,2 °C, 11 °C e 13 °C

Estudos de probabilidade de horas de frio são relevantes para as culturas de clima temperado pois permite compreender e adaptar os períodos de brotação das espécies (Pandolfo *et al.*, 2007).

Esta tipologia de modelos quantifica como hora de frio quando a temperatura do ar é menor que um valor de temperatura de referência. O modelo mais utilizado por pesquisadores desta área, para contabilizar horas de frio é o modelo proposto por Weinberger (1950). Este considera como hora de frio, sempre que uma hora atinge valores inferiores a 7,2 °C (Milech, 2015).

Este modelo foi criado para regiões com ocorrência de frio, no entanto, é amplamente usado em regiões quentes, e/ou com baixa ocorrência de frio, podendo não ser, não muito preciso para essas zonas (Linsley-Noakes *et al.*, 1994).

Estes modelos, baseados no conceito de horas de frio são simples de calcular, tendo outros valores limite também sido utilizados, nomeadamente os valores de 11°C e 13°C (Milech, 2015).

3.2.2.2. Unidades de Frio

Como o planeta apresenta climas muitos distintos à sua superfície, encontrar uma temperatura padrão global para estimar horas de frio é muito complexo, os investigadores produziram vários modelos matemáticos para estudar a acumulação de frio (Machado, 2009).

Ao longo dos anos começou-se a verificar que outras temperaturas também tinham efeito sobre a fisiologia das plantas (Milech, 2015). Por exemplo, autores como Fishman, Erez e Couvillon (1987) referem que o processo de dormência apresenta uma função em forma de sino, com um máximo de 6°C a 8°C conforme demonstrou Erez e Lavee (1971)

no caso do pessegueiro, e Seeley e Damavandy (1985) em sete sementes de espécies de frutos caducifólias.

Diferentes limiares de temperatura implicam diferentes valores de quantidade de horas de frio acumuladas necessárias para permitir a saída de dormência. Em condições naturais, as temperaturas variam de forma cíclica e temperaturas inferiores a 0°C não estimulam o processo fisiológico e o mesmo acontece para valores acima de 21°C, que podem anular parte do frio acumulado, em espécies caducifólias (Erez e Lavee, (1971), citado por Milech 2015).

Neste contexto, elevadas variações de temperatura levam a um aumento do número de horas de frio necessárias para satisfazer as necessidades da planta. Neste processo fisiológico, o mais importante não é a intensidade das temperaturas baixas, mas sim a frequência com que estas ocorrem (Erez e Lavee (1971), citado por Milech, 2015)

Desta forma, os modelos descritos abaixo, são contabilizados como unidades de frio. São métodos mais complexos onde cada unidade de frio depende das variações de temperatura, ou seja, da sua evolução temporal. Esta evolução é considerada em termos de unidades horárias e dependendo da temperatura horária registada, são somadas ou subtraídas unidades de frio (Milech, 2015).

3.2.2.2.1. Modelo de Infruitec – Versão Positiva de Utah

Segundo Milech (2015) o modelo de Utah proposto por Richardson (1974), assume que altas temperaturas podem anular o efeito causado por baixas temperaturas. No modelo de Infruitec Linsley-Noakes (1995) ou versão positiva de Utah, este não considera os valores negativos na acumulação de frio. Neste método, em cada hora, as temperaturas são registadas da seguinte forma:

- Inferiores a 1,4°C, não são contabilizadas unidades de frio;
- Entre 1,5°C a 2,4°C, são contabilizadas 0,5 unidades de frio;
- Entre 2,5°C a 9,1°C contabilizada 1 unidade de frio;
- Valores de 9,2°C a 12,4°C, contabilizam 0,5 unidades de frio;
- Acima de 12,5°C, não são contabilizadas unidades de frio.

3.2.2.2.2. Modelo de Gilreath

Criado por Gilreath e Buchanan (1981), o modelo de Gilreath, também conhecido como modelo de baixo frio, contabiliza como horas de frio, temperaturas horárias registadas como:

- Inferiores a -1°C , não é contabilizada acumulação de frio;
- No intervalo de $1,8^{\circ}\text{C}$ a $7,9^{\circ}\text{C}$, contabiliza 0,5 unidades de frio;
- Entre 8°C a $13,9^{\circ}\text{C}$, contabiliza 1 unidade de frio;
- Valores entre 14°C a $16,9^{\circ}\text{C}$, contabiliza 0,5 unidades de frio;
- Valores $19,5^{\circ}\text{C}$ a $20,5^{\circ}\text{C}$, descontam 0,5 unidades de frio;
- Valores superiores a $20,5^{\circ}\text{C}$, descontam 1 unidade de frio.

3.2.2.2.3. Modelo de Taiwan

O modelo de Taiwan proposto por Ou e Chen (2000) nas regiões que apresentam baixa ocorrência de frio, surgiu a necessidade de criar um modelo específico para o cálculo das unidades de frio (Milech, 2015). Neste modelo, por cada horas em que as temperaturas são registadas, considera-se:

- Inferiores a $7,2^{\circ}\text{C}$, é contabilizado 1 unidade de frio;
- Entre $7,3^{\circ}\text{C}$ a 15°C , contabiliza-se 0,5 unidades de frio;
- valores de $15,1^{\circ}\text{C}$ a $26,6^{\circ}\text{C}$, não contabilizam acumulação de frio;
- Na faixa de $26,7^{\circ}\text{C}$ a $27,8^{\circ}\text{C}$, são descontadas 0,5 unidades de frio;
- Superiores a $27,8^{\circ}\text{C}$, é descontada 1 unidade de frio.

3.3. Critérios edáficos

O solo é um produto da integração de vários fatores, como o clima, o material geológico de origem, o relevo, os organismos e o próprio tempo (Flores *et al.*, 2009). Desta forma, são vários os aspetos edáficos que devem ser considerados de forma a aprimorar a produção de uma cultura. No caso da noqueira-pecã, fatores como a profundidade efetiva do solo, a sua textura, relevo, drenagem, saturação por bases, pedregosidade e/ou afloramentos rochosos foram os principais critérios a serem estudados neste zoneamento edáfico.



Figura 6 - Área de cultivo da noqueira-pecã
Fonte: Carlos Martins – Embrapa Clima Temperado

3.3.1. Profundidade Efetiva

Este parâmetro relaciona-se com profundidades máximas que as raízes penetram no solo em número razoável, sem impedimentos de qualquer natureza. Assim, assegura às plantas sustento físico e meio de absorção de água, nutrientes e ar (Filippini Alba & Flores, 2015). Para os efeitos deste trabalho foram consideradas as classes apresentadas no quadro 4.

Quadro 4 - Parâmetros de profundidade efetiva

Classe	Profundidade
Muito profundo	Maior que 200 cm
Profundo	100 cm a 200 cm
Pouco profundo	50 a 100 cm
Raso	Menor que 50 cm

Fonte: Filippini Alba et al. 2015

3.3.2. Textura

Este parâmetro está ligado à capacidade da retenção de água, à sua permeabilidade, capacidade de conservar catiões, a sua condição arável e suscetibilidade à erosão. A classificação das classes aqui considerada, com modificações, baseia-se nos

agrupamentos textuais que constam no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013) (Filippini Alba & Flores, 2015):

- arenosa, média, argilosa (1:1);
- muito argilosa (1:1);
- argilosa (2:1);
- siltosa e orgânica, onde a expressão orgânica foi atribuída aos solos que apresentam constituição predominantemente orgânica.

3.3.3. Relevo

O microclima do solo e o movimento da água, estão diretamente relacionados com o relevo. O primeiro, devido a fatores como a incidência diferenciada da radiação solar, em função da inclinação, à exposição das vertentes, e à diminuição da temperatura há medida que a altitude aumenta. A dinâmica da água, ao longo da vertente, quer na superfície, quer no interior do solo, é influenciada pelo relevo, uma vez que os solos situados num relevo ingreme, são geralmente, mais secos e menos profundos. Isto acontece uma vez que quanto mais ingreme for o terreno menor é a possibilidade de infiltração da água. Este efeito leva a uma maior quantidade de água transportada pela superfície, o que por sua vez, aumenta a energia cinética, intensificando o processo de erosão (Flores *et al.*, 2009). Neste contexto, foram consideradas as classes de declive dos solos conforme constam no Quadro 5

Quadro 5 - Classes de declividade consideradas

Classe	Declive (%)
Plano	0% - 3%
Suave ondulado	3% - 8%
Moderadamente ondulado	8% - 13%
Ondulado	13% - 20%
Forte ondulado	20% - 45%
Montanhoso	45% - 75%
Escarpado	> 75%

Fonte: Flores et al 2009

3.3.4. Drenagem

A importância da drenagem dos solos para o desenvolvimento e produção vegetal, não é ditada diretamente pelo excesso de disponibilidade de água, mas sim pela condição arável do solo, que pode levar a um aumento de resistência da difusão dos gases no solo e/ou atmosfera. O oxigênio necessário na respiração metabólica é rapidamente absorvido pelos microrganismos e plantas, prejudicando assim, o crescimento do sistema radicular. Quando a falta de oxigênio é muito elevada, compostos como o etanol, etileno e o metano, concentram-se, e estes quando presentes em teores muito elevados são tóxicos para as plantas (Filippini Alba & Flores, 2015).

No Quadro 6, estão identificadas diferentes classes de drenagem referentes à quantidade e rapidez com que a água recebida pelo solo escoar por infiltração e escoamento (Filippini Alba & Flores, 2015).

Quadro 6 – Classes de drenagem consideradas

Excessivamente a fortemente drenado	A água é removida do solo rapidamente. Solos muito porosos, de textura média a arenosa e bem permeáveis
Acentuadamente drenado	A água é removida rapidamente do solo. Solos de textura média ou argilosa, porém com argilas de baixa atividade (Tb), muito porosos e bem permeáveis
Bem drenado	A água é removida com facilidade do solo, porém não rapidamente. Os solos geralmente apresentam textura argilosa ou média, sem mosqueados ou, se presentes, localizam-se a mais de 150 cm de profundidade e também a mais de 30 cm do topo do horizonte B ou do horizonte C, se não existir B
Moderadamente drenado	A água é removida um tanto lentamente do solo, de modo que o perfil permanece molhado por uma pequena, porém significativa parte do tempo. Os solos geralmente apresentam camada de permeabilidade lenta no solum ou imediatamente abaixo dele. O lençol freático acha-se imediatamente abaixo do solum ou afetando a parte inferior do horizonte B por adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação dessas condições. Algum mosqueado de redução na parte inferior do horizonte B ou no topo dele associado à diferença textural acentuada entre o horizonte A ou E e o horizonte B
Imperfeitamente drenado	A água é removida lentamente do solo, de modo que este permanece molhado por período significativo, mas não durante a maior parte do ano. Os solos apresentam geralmente camada de permeabilidade lenta no solum, lençol freático alto, adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação dessas condições e algum mosqueado de redução no perfil, notando-se na parte baixa indícios de gleização
Mal drenado a Muito mal drenado	A água é removida do solo tão lentamente que o lençol freático permanece na superfície ou próximo dela durante a maior parte do ano. Os solos ocupam áreas planas ou depressões onde há, frequentemente, estagnação de água. Solos com gleização e comumente com horizonte hístico

Fonte: Filippini Alba & Flores (2015)

3.3.5. Saturação por bases

A saturação por bases de um solo, é um fenómeno complexo. Este está relacionado com fatores extrínsecos, com as propriedades físicas e químicas do solo, e a existência de determinados elementos nutritivos, o que depende do material que deu origem a um determinado solo. Como parâmetro de teor de matéria orgânica dos solos usou-se a variável saturação por bases (V%): (Flores *et al.*, 2009)

- Muito baixa - Alumínico;
- Baixo - Alítico;
- Média - Distrófico
- Alto - Eutrófico.

3.3.6. Pedregosidade e/ou afloramentos rochosos

Este fator, está relacionado com a quantidade de fragmentos de rochas/pedras e afloramentos rochosos presentes no solo, que podem interferir com o uso de máquinas agrícolas (Filippini Alba & Flores, 2015). No quadro 7 são apresentadas as classes consideradas.

Quadro 7 - Classes de pedregosidade e/ou afloramentos rochosos consideradas

Classes	Pedras ou rocha	Tipo de restrição
Ausente	0% a 0,1%	Sem restrições
Pouca	0,1% a 3%	Ligeira a moderada
Moderada	3% a 15%	Moderada
Acentuada	15% a 50%	Forte
Abundante	Maior que 50%	Muito forte

Fonte: Filippini Alba & Flores (2015)

4. Metodologia

O processo do zoneamento edafoclimático foi desenvolvido a partir de três etapas: criação do zoneamento climático (anexo 1); produção do zoneamento edáfico (anexo 2); e por fim, a integração dos dois modelos anteriores que gera o zoneamento edafoclimático (anexo 3).

4.1. Zoneamento climático

A noqueira-pecã, como todas as árvores de fruto de clima temperado, necessita de um número predeterminado de horas de frio (no período do outono e inverno) para atingir uma produção mais elevada. No âmbito do desenvolvimento desta etapa, o primeiro passo foi a criação de uma base de dados que possibilita o cálculo dos modelos a) horas de frio abaixo de 7,2 °C; b) horas de frio abaixo de 11 °C; c) horas de frio abaixo de 13°C; d) Positivo de Utah; e) *Gilreath*; f) *Taiwan*.

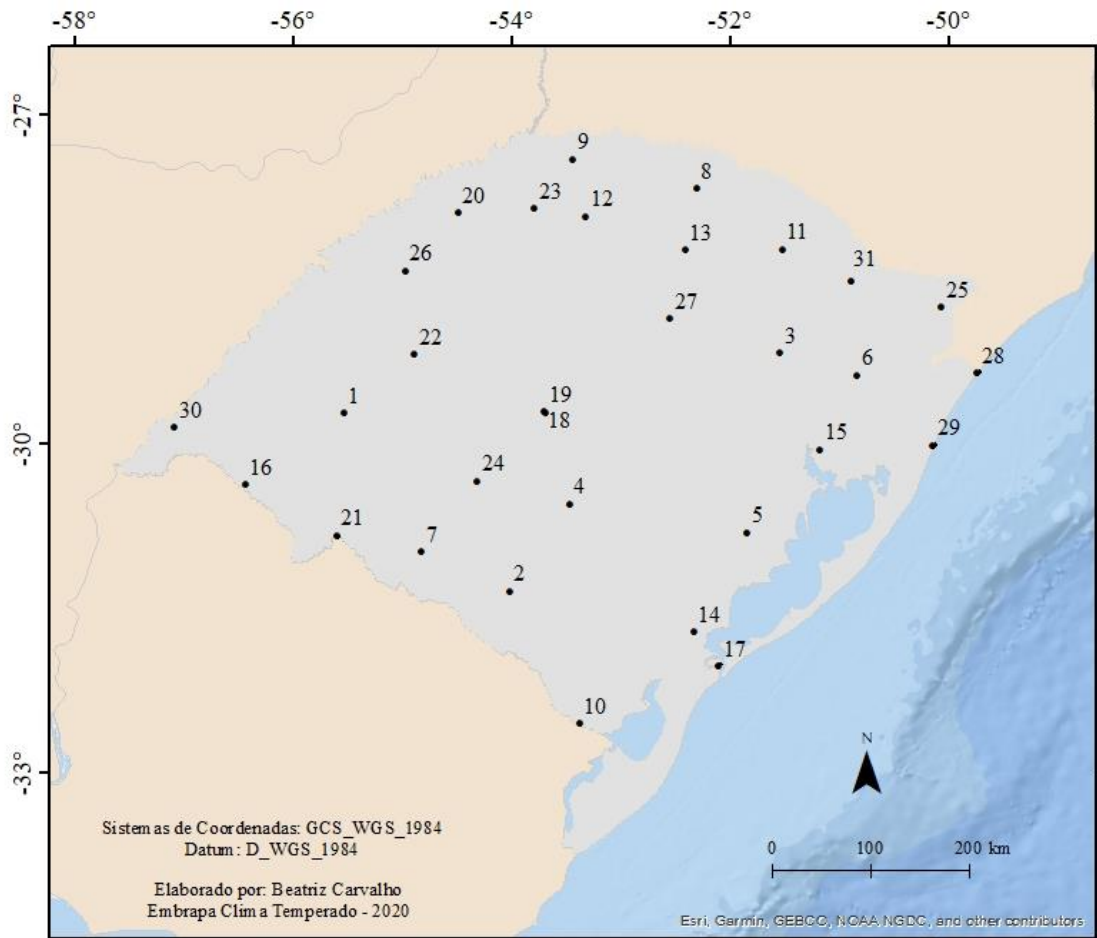
Numa primeira tentativa de obter os dados para a realização deste estudo, foi contatado o órgão Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, que se disponibilizou a enviar os dados requisitados, porém estes não foram recebidos em tempo útil.

Assim, através do *website* NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*, (Noaa, 2020) foram retirados os dados. Foram utilizados os seguintes critérios para a criação da base de dados:

1. Disponibilização de temperaturas horárias para os meses de maio a setembro (meses equivalentes aos de outono e inverno do Brasil)
2. Para cada ano, era necessário que todos os meses apresentassem informação horária completa.

Os dados foram tratados a partir do *software Microsoft Excel*, versão 2016, no entanto, devido aos critérios de elevada resolução temporal necessária, apenas foi possível obter o histórico de temperaturas horárias de 2016 a 2019 de trinta e uma estações instaladas no Rio Grande do Sul (figura 7). Este período, não permite caracterizar a variação climática a longo prazo, como uma normal climatológica de trinta anos. Ainda assim, dada a elevada velocidade de alteração dos climas (Change, 2014), a utilização destes dados de anos muito recentes, pode oferecer uma melhor caracterização de estados climáticos futuros, do que dados de passados mais distantes. Para fins de comparação posterior, foi disponibilizado pela Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, uma base de

dados já preparada, de dados de trinta anos, para o modelo de horas de frio abaixo de 7,2 °C (Wrege *et al.*, 2012).



Estações

1 - Alegrete	12 - Palmeira das Missões	23 - Santo Augusto
2 - Bagé	13 - Passo Fundo	24 - São Gabriel
3 - Bento Golçalves	14 - Pelotas	25 - São José dos Ausentes
4 - Caçapava	15 - Porto Alegre	26 - São Luiz Gonzaga
5 - Camaquã	16 - Quaraí	27 - Soledade
6 - Canela	17 - Rio Grande	28 - Torres
7 - Dom Pedrito	18 - Santa Maria I	29 - Tramandai
8 - Erechim	19 - Santa Maria II	30 - Uruguaiana
9 - Frederico Westphalen	20 - Santa Rosa	31 - Vacaria
10 - Jaguarão	21 - Santana do Livramento	
11 - Lagoa Vermelha	22 - Santiago	

Figura 7 - Localização das estações utilizadas

Após a criação e tratamento da base de dados, foram calculadas para cada estação, a temperatura mínima, a máxima e a média, e os seis modelos a serem testados: a) horas

de frio abaixo de 7,2 °C; b) horas de frio abaixo de 11 °C; c) horas de frio abaixo de 13°C; d) Positivo de *Utah*; e) *Gilreath*; f) *Taiwan*.

Para o cálculo das horas de frio, isto é, com temperatura abaixo de 7,2 °C, 11 °C e de 13°C, contabilizou-se como hora de frio (hf) aquando a temperatura do ar registava valores inferiores ao valor de temperatura de referência: 7,2 °C, 11 °C e 13°C, respetivamente, conforme medições de hora em hora. Por outro lado, os modelos Positivo de *Utah*, de *Gilreath* e de *Taiwan*, são modelos mais complexos já que utilizam unidades de frio (UF), e assim, são consideradas horas em outros intervalos de temperatura. Desta forma, o cálculo matemático para cada modelo foi realizado conforme mostra o quadro 8

Quadro 8 - Valores unitários das unidades de frio para cada modelo.

Unidades de Frio	Temperatura (°C)		
	Positivo de Utah ¹	Gilreath ²	Taiwan ³
0	<1,499	< -1,0	-
0,5	1,5 a 2,499	1,8 a 7,999	-
1	2,5 a 9,199	8 a 13,999	<7,299
0,5	9,2 a 12,499	14 a 16,999	7,3 a 15,099
0	>12,5	17 a 19,499	15,1 a 26,699
-0,5	-	19,5 a 20,499	26,7 a 27,799
-1,0	-	>20,5	>27,8

¹ Linsley-Noakes e Allan, 1995.

² Gilreath e Buchanan, 1981.

³ Ou e Chen, 2000.

Fonte: Elaboração Própria, adaptado de Milech (2015)

Após o cálculo dos modelos acima descritos, foi ainda calculado a média para cada um deles. Para os modelos de horas de frio abaixo de 7,2 °C, 11 °C e de 13°C os resultados foram expressos em horas de frio, enquanto nos restantes em unidades de frio. No quadro 9, é apresentada uma amostra da base de dados.

Quadro - 9 Amostra da base de dados

NOME	Tmin	Tmax	Tmedia	HF (7,2C)	HF (11C)	HF (13C)	UF Utah	UF Gilreath	UF Taiwan
Alegrete	2,12	29,69	15,29	325	811,5	1147,5	763,25	727,25	927,75
Bage	3,39	27,53	14,15	374	869,5	1295	869,25	1241,5	1024,5
Bento	3,92	27,25	14,88	259,5	731	1119,5	735,5	1124,5	1004
Cacapava	4	25,84	14,05	267	794,33	1301	829,17	1361,17	1062,17
Camaqua	5,45	28,83	15,61	100,5	505,5	866,5	509,25	935,75	732

Fonte: Elaboração própria

Para determinar quais os modelos a serem analisados, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson, que é dado a partir da seguinte equação:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Onde, x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis, sendo que as médias aritméticas de ambas as variáveis são dadas a partir de:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \quad (3)$$

O objetivo desta análise foi observar como os modelos se correlacionavam com o modelo de 7,2 °C, uma vez que este é o modelo mais usado para o cálculo de horas de frio. A partir da Quadro 10, é possível observar que os modelos de 13°C e Gilreath são os que menos se correlacionam com o modelo 7,2 °C. Desta forma, os modelos de 13 °C e Gilreath foram os modelos escolhidos para esta análise, uma vez que, um dos objetivos deste estudo é compreender se o modelo de 7,2 °C é o mais indicado para o Rio Grande do Sul

Quadro 10 - Análise do coeficiente de correlação de Pearson dos modelos climáticos.

Correlação de Pearson - Modelos Climáticos						
	7,2 °C	11 °C	13 °C	Positivo de Utah	Gilreath	Taiwan
7,2 °C	-	0,877*	0,808*	0,856*	0,575*	0,830*
11 °C	-	-	0,965*	0,987*	0,756*	0,935*
13 °C	-	-	-	0,976*	0,857*	0,965*
Positivo de Utah	-	-	-	-	0,791*	0,946*
Gilreath	-	-	-	-	-	0,888*
Taiwan	-	-	-	-	-	-

* Significativo a 1% de probabilidade

Fonte: Elaboração Própria

A partir do resultado obtido, foi elaborado, para cada modelo, uma interpolação espacial para estimar os valores de temperatura para toda a área do Rio Grande do Sul, nomeadamente regressão linear simples. Este método de interpolação considera como variáveis preditoras a latitude, longitude e altitude de cada local. O modelo de regressão linear simples corresponde à função linear:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i, i = 1, \dots, m \quad (4)$$

Onde Y_i é a variável dependente ou variável resposta, X_i é a variável preditora ou variável explicativa, β_1 e β_2 são parâmetros e ε_i são os erros aleatórios do modelo.

O relevo e topografia do Rio Grande do Sul são bastante diversificados. O norte do estado, é caracterizado pela presença de áreas montanhosas com elevadas altitudes, enquanto o sul do apresenta, regra geral, menores altitudes e áreas planas.

De maneira a deixar o modelo o mais ajustado possível, as estações foram divididas em dois grupos: norte e sul. O cálculo deste parâmetro foi realizado através do *software* SPSS. Para comprovar a qualidade dos modelos de regressão observou-se os resultados do R^2 de cada modelo (quadro 11).

Quadro 11 - Análise da qualidade dos modelos através do parâmetro R^2

Modelos	Norte	Sul
	R^2	R^2
Horas de frio abaixo de 7,2 °C	0,938	0,882
Horas de frio abaixo de 13 °C	0,97	0,998
Gilreath	0,97	0,986
30 Anos	0,764	0,843

Fonte: Elaboração própria

Os mapas dos modelos de horas e unidades de frio, foram criados a partir da equação:

$$HF = ax + by + cz + d \quad (5)$$

Onde: x) longitude; y) latitude; z) altitude; d) valor dos coeficientes não padronizados do cálculo da regressão linear.

A partir do *software* ArcGis (ArcMap 10.6.1) utilizando a ferramenta *Raster Calculator*, foram calculadas todas as fórmulas para cada grupo (norte e sul) de cada modelo. No final, usou-se a função *Mosaic to New Raster* para juntar as duas estruturas matriciais (*raster*) norte e sul, de modo a ficar apenas com um mapa final que representa cada modelo.

Para posterior comparação, cada *raster* de cada modelo foi normalizado seguindo a seguinte equação:

$$Raster\ Normalizado = \frac{(raster\ do\ modelo - valor\ mínimo\ do\ raster)}{(valor\ máximo\ do\ raster - valor\ mínimo\ do\ raster)} \quad (6)$$

4.2. Zoneamento edáfico

O solo é um produto de várias combinações de fatores como o clima, relevo, material de origem e tempo, que podem limitar ou potencializar a produtividade e o cultivo de diferentes culturas. Assim, em função das características que cada tipo de solo dispõe, requer um manuseamento diferenciado de forma a desenvolver toda a sua potencialidade sem comprometer o meio ambiente (Flores *et al.*, 2009).

A cultura da noqueira-pecã é caracterizada por desenvolver-se em solos profundos, permeáveis e bem drenados, de textura média (franco-argilo-arenosa), ricos em nutrientes e com o pH neutro a alcalino (Rovani, 2016)

A construção deste modelo edáfico foi realizada com dados geoespaciais preexistentes, nomeadamente: 1) cartas de solos em estrutura vetorial à escala 1:250 000 disponibilizadas pelo projeto RadamBrasil (Projeto RadamBrasil, 1986), 2) limites municipais da área de estudo em estrutura vetorial, disponibilizados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); 3) modelo digital de elevação (MDE) da missão Shuttle disponível no site da LABGEO – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Considerou-se as seguintes classes do solo, relevo (declividade), drenagem, teor de matéria orgânica, textura, profundidade efetiva e pedregosidade. Através do *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), *ArcMap*, as diferentes classes foram reclassificadas com diferentes ponderações, como é identificado no quadro 12.

Quadro 12 – Ponderações Edáficas utilizadas

Classes	Ponderação Edáfica			
	1	2	3	4
Relevo (declividade)	0 - 13%	13 - 20%	20 - 45%	> 45%
Drenagem	Fortemente acentuadamente ou bem drenado	Moderadamente drenado	Imperfeitamente ou excessivamente drenado	Mal ou muito mal drenado
Teor de matéria orgânica	Eutrófico ou Ta Distrófico	Distrófico ou Tb Distrófico	Alítico ou alumínico	Presença de sais
Textura	Média ou argilosa (1:1)	Muito argilosa (1:1)	Argilosa (2:1) ou siltosa	Areia, areia franca ou orgânica
Profundidade efetiva do solo	>100 cm	100 - 50 cm	-	< 50cm
Pedregosidade e/ou afloramentos rochosos	0 - 3%	3 - 15%	15 - 50%	> 50%

Fonte: Filippini Alba et al (2018).

Todas as classes foram multiplicadas pela ponderação que lhe era atribuída, para cada área do solo. O produto final de cada ponderação foi convertido para percentagem para uma melhor análise do modelo edáfico.

4.3. Zoneamento edafoclimático

Através do uso de diferentes algoritmos presentes nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e a partir das imagens geradas para os zoneamentos climático e edáfico anteriormente descritos, gerou-se o zoneamento edafoclimático (Filippini Alba *et al.*, 2009).

No Rio Grande do Sul existem áreas protegidas por lei, são elas as áreas das Unidades de Conservação Ambiental (UCs) e Áreas de Preservação Permanente (nomeadamente as áreas com declividade superior a 45°). Ao serem consideradas áreas protegidas é proibido

a plantação de qualquer espécie vegetal, assim, estas áreas são aqui também consideradas como inaptas ao cultivo da noqueira-pecã. A delimitação destas áreas foi obtida a partir do *website* da secretaria do meio ambiente e infraestrutura (SEMA, 2020). Os ficheiros são disponibilizados em formato KMZ, tendo sido convertidos para formato *Keyhole Markup Language* (KML), através do software *Google Earth*, de maneira a serem lidos pelo software *ArcMap*. Os ficheiros no formato KML, foram então adicionados ao software *ArcMap* tendo sido convertidos para estrutura matricial (*raster*). O tema *raster* foi reclassificado, através da função *reclassify*, tendo-se definido duas classes, uma com valor zero, correspondente às áreas das unidades de conservação ambiental e a outra com valor um, que representa a restante área do Rio Grande do Sul.

As áreas com declive superior a 45°, foram calculadas a partir do *raster* MDE – modelo digital de elevação da missão Shuttle (Weber *et al.*, 2004), com uma resolução espacial de 30 metros. Através da ferramenta *slope* foi possível identificar o declive de cada célula do *raster*, e assim, obter o mapa de declives do Rio Grande do Sul. Posteriormente, o *raster* foi reclassificado (função *reclassify*) onde o valor zero representa as áreas com declividade superior a 45°, e o valor um representa os valores até 45°.

Os dois *rasters* reclassificados foram integrados através do *raster calculator* onde ambos os *rasters* foram multiplicados entre si. O resultado deste processo correspondeu a um *raster* que apresenta valores 0 e 1, o valor zero corresponde às áreas inaptas (unidades de conservação e áreas onde o declive é superior a 45°) e o valor um corresponde ao restante do território.

A noqueira-pecã, necessita acumular horas de frio durante o outono e o inverno de forma a superar a sua dormência para começar a sua brotação. Para cada modelo foram criados limiares de acumulação de frio. No caso do modelo de horas de frio abaixo de 7,2 °C, este número de horas de frio necessário já é conhecido, de uma maneira geral, a planta necessita de condições climáticas com número de horas de frio abaixo de 300, entre 400-600 e, por vezes, acima de 600 horas de frio, dependendo do tipo de cultivar (Martins *et al.*, 2017) É de ressaltar, que em algumas áreas do estado, evidencia-se produção de noqueira-pecã com horas de frio compreendidas entre 100 – 200 horas de frio (Fronza (2016) citado por Martins *et al.*, 2019)

Nesta pesquisa, os valores 100, 300 e 500 foram os parâmetros estudados no número de horas de frio do modelo de 7,2 °C

Para os modelos horas de frio abaixo de 13 °C e Gilreath, como não há conhecimento do número de horas necessárias para superar a dormência da planta, criaram-se limiares de horas/unidades de frio (quadro 13). Esses limiares, foram criados a partir dos limiares do modelo de 7,2 °C, e através da função da reta ou afim:

$$y = ax + b \quad (7)$$

Onde a corresponde ao coeficiente angular do gráfico de y , x corresponde à variável independente, e b corresponde ao ponto de interseção com o eixo y .

Quadro 13 - Limiares de acumulação de horas de frio para os demais modelos.

Limiares		
7,2 °C	13 °C	Gilreath
100	664,82	335,25
300	1246,24	1007,82
500	1827,66	1680,39

Fonte: Elaboração própria

Através da ferramenta *reclassify*, os dados para cada modelo foram reclassificados (quadro 14) de modo a corresponder aos limiares acima descritos:

Quadro 14 - Reclassificação dos modelos

7,2 °C	13 °C	Gilreath	Reclassificação
<100	<664,82	<335,25	1
100 - 300	664,82 - 1246,24	335,25 - 1007,82	2
300 - 500	1246,24 - 1827,66	1007,82 - 1680,39	3
>500	>1827,66	>1680,39	4

Fonte: Elaboração própria

Os *rasters* da declividade acima de 45° e unidades de conservação foram integrados com cada modelo através do *raster calculator*. Os *rasters* finais para cada modelo são apresentados no quadro 15:

Quadro 15 – Reclassificação dos modelos

7,2 °C	13 °C	Gilreath	Reclassificação
Ucs e declividade >45%	Ucs e declividade >45%	Ucs e declividade >45%	0
<100	<664,82	<335,25	1
100 - 300	664,82 - 1246,24	335,25 - 1007,82	3
300 - 500	1246,24 - 1827,66	1007,82 - 1680,39	3
>500	>1827,66	>1680,39	4

Fonte: Elaboração própria

Através da ferramenta *reclassify* os dados para cada modelo foram, de novo, reclassificados onde, as unidades de conservação e declividade acima de 45% foram agrupadas ao primeiro valor do limiar de acumulação de horas de frio, ou seja, valor da reclassificação 1. Posteriormente, converteu-se o *shapefile* do zoneamento em *raster* através da função *polygon to raster*. O resultado obtido foi reclassificado da seguinte forma (Quadro 16):

Quadro 16 - Reclassificação do raster do zoneamento edáfico e a sua respetiva legenda.

Legenda	Valores Antigos	Reclassificação
Inapto	0 a 0,5	0
Pouco recomendado	0,5 a 1,5	11
1	1,5 a 5	21
2	5 a 10	31
3	10 a 40	41
4	40 a 200	51
Água	200	61
Urbano	300	71

Fonte: Elaboração própria

A integração do *raster* do zoneamento edáfico com cada um dos *rasters* do zoneamento climático, foi feito a partir do *raster calculator*. O resultado de cada modelo, do zoneamento edafoclimático é apresentado no quadro 17:

Quadro 17 - Reclassificação do *Raster* do zoneamento edafoclimático e a sua respetiva legenda.

Legenda	Reclassificação
Inapto por conservação ambiental e carência de horas de frio	0
0,5 - 1,5% de 100 - 300 Hf	1
0,5 - 1,5% de 300 - 500 Hf	2
0,5 - 1,5% de > 500 Hf	3
1,5 - 5% de 100 - 300 Hf	4
1,5 - 5% de 300 - 500 Hf	5
1,5 - 5% > 500 Hf	6
5 a 10% de 100 - 300 Hf	7
5 a 10% de 300 - 500 Hf	8
5 a 10% de > 500 Hf	9
10 a 40% de 100 - 300 Hf	10
10 a 40% 300 - 500 Hf	11
10 a 40% > 500 Hf	12
>40% de 100 - 300 Hf	13
>40% de 300 - 500 Hf	14
>40% de > 500 Hf	15
Água	16
Urbano	17

Fonte: Elaboração própria

Por último, para cada *raster* do zoneamento edafoclimático de cada modelo foram calculadas as áreas de cada classe de aptidão, para fins comparativos, através da função *calculate area*.

No quadro 18, é ainda possível verificar a informação geográfica utilizada no processo de construção desta metodologia.

Quadro 18 - Informação geográfica utilizada

Informação	Tipo de Informação	Fonte	Escala/Resolução
Modelo SRTM	Matricial (<i>Raster</i>)	LABGEO - UFRGS	30 metros
Carta de Solos	Vetorial (<i>Shapefile</i>)	Projeto RamBrasil	1 / 250 000
Limites Municipais	Vetorial (<i>Shapefile</i>)	IBGE	2 / 250 000
Unidades de Conservação	KMZ	SEMA	NSA*

* NSA - Não se aplica

Fonte: Elaboração própria

5. Discussão e comparação dos resultados

Neste capítulo são descritos e analisados os resultados da metodologia descrita anteriormente. Tal como no processo anterior, cada zoneamento foi dividido por subcapítulos onde se encontram as suas respetivas descrições.

Como referido anteriormente, o relevo do Rio Grande do Sul, é bastante diversificado, para fins de discussão da expressão geográfica dos resultados adotou-se a divisão espacial do Rio Grande do Sul em seis zonas, como consta na figura 8.

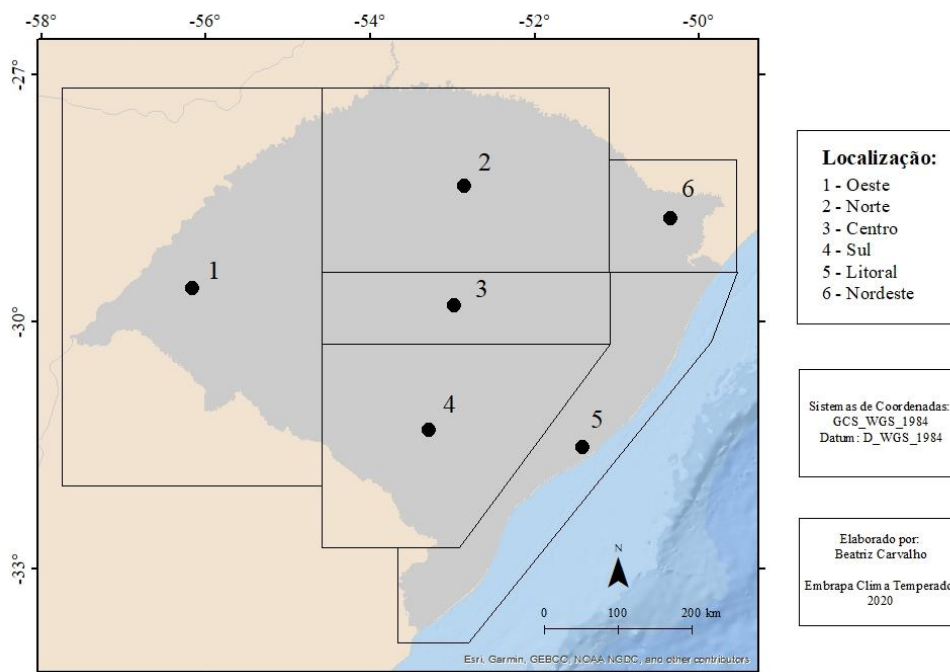


Figura 8 - Divisão geográfica do Rio Grande do Sul

5.1. Zoneamento climático

Na figura 9 é possível observar os mapas referentes aos quatro diferentes zoneamentos climáticos.

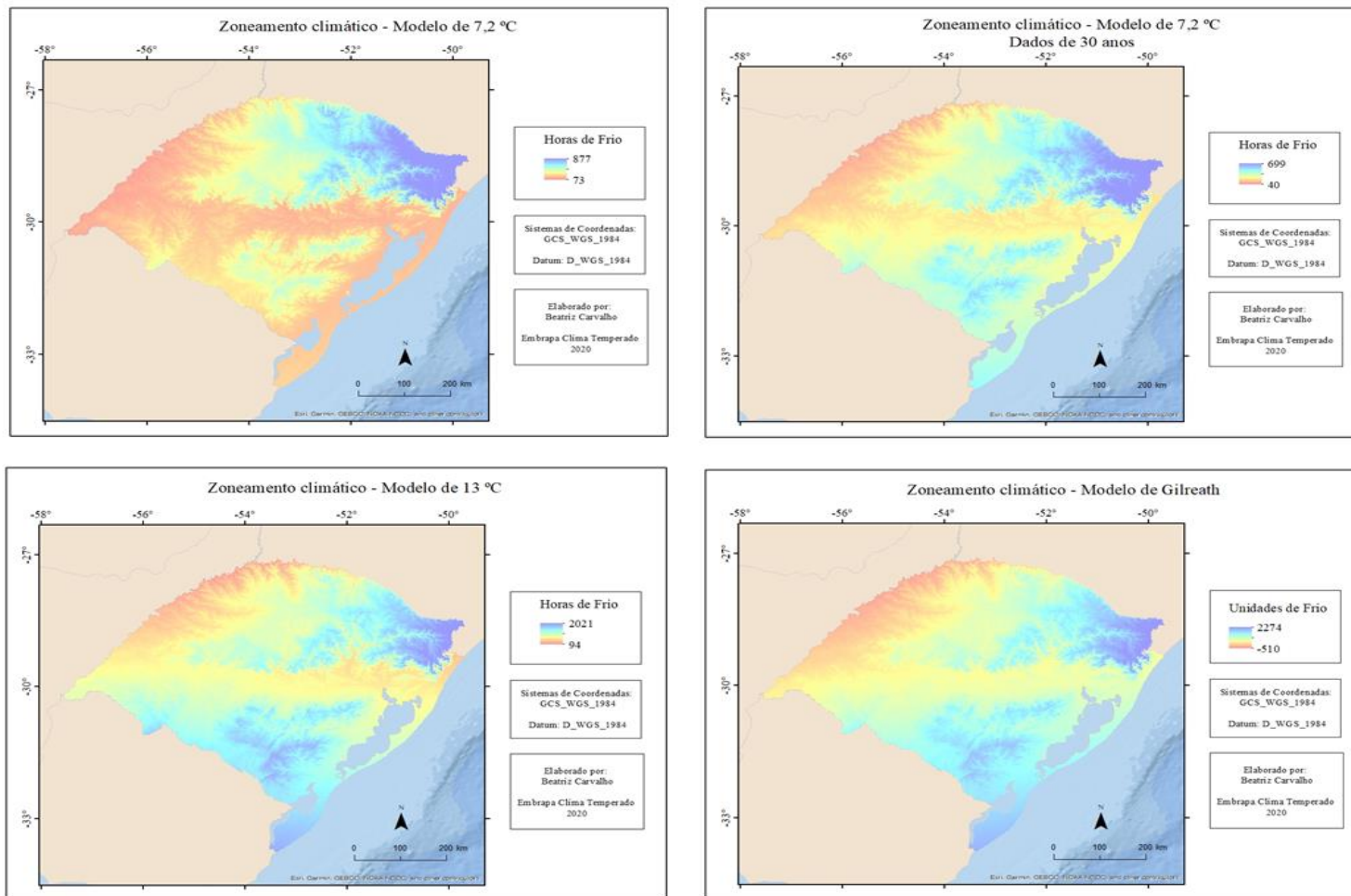


Figura 9 - Valores de horas de frio no estado do Rio Grande do Sul de acordo com os modelos matemáticos distintos

Os diferentes modelos climáticos resultaram em valores de horas de frio bastante distintos (Quadro 19).

Quadro 19 – Números máximos e mínimos presentes em cada modelo

Modelos	Horas/Unidades de Frio	
	Mínima	Máxima
7,2°C	73	877
7,2°C - Dados 30 anos	40	699
13°C	94	2021
Gilreath	-510	2274

Fonte: Elaboração própria

Num primeiro olhar sobre os mapas dos modelos, o que mais diverge dos restantes é o mapa de 7,2 °C (anexo 4), seguido pelo modelo de 7,2 °C de dados de trinta anos (anexo 5). Os modelos de e 13 °C (anexo 6) e Gilreath (anexo 7) são os mais similares. Em todos os modelos, é possível verificar que a nordeste do estado concentram-se as áreas com maior número de horas de frio. Nos modelos de 13 °C e Gilreath estas áreas também são observadas no sul e litoral sul do estado.

Em todos os modelos, as áreas com menor número de horas de frio encontram-se no noroeste da área de estudo. No modelo de 7,2 °C, as áreas com menos horas de frio são mais extensas, ou seja, estas estão presentes no oeste, no centro, e no litoral.

Embora o modelo de 7,2 °C apresente extremos de horas de frio mais elevadas que o modelo de 7,2 °C de trinta anos, constata-se que o primeiro apresenta menos horas de frio máximas ao longo do território. Neste modelo, como referido anteriormente, praticamente todo o oeste, centro, e o litoral, apresentam áreas com menos horas de frio. Enquanto que no modelo de 7,2 °C com dados de trinta anos, os locais com menos horas de frio concentram-se maioritariamente no noroeste do estado. No centro, apresenta valores intermédios, representando que embora não continuem a existir um número elevado de horas de frio, este aumentou comparando com os dados do noroeste. A sul e litoral do estado é possível observar que o modelo apresenta um número elevado de horas de frio.

Comparando os modelos de 13 °C e Gilreath, é possível identificar que, em quase todas as regiões do estado os valores de horas de frio apresentam o mesmo padrão de variação, ou seja, embora os valores absolutos de horas de frio sejam distintos a variação destes no espaço é idêntica. Em ambos os modelos, os locais com menos horas de frio encontram-se no noroeste, onde se verifica que no modelo de 13 °C, essa área é menos

ampla que no modelo de Gilreath. Em contrapartida, no centro este e no norte do litoral, o modelo de 13 °C apresenta zonas com menos horas de frio, o que não é evidenciado no modelo de Gilreath. O sul e litoral sul do estado nos dois modelos, apresentam áreas com elevado número de horas de frio.

O resultado do número de horas de frio para cada modelo apresentou um valor diferente, assim, através do mapa normalizado é possível proceder-se a uma melhor comparação dos resultados (Figura 10).

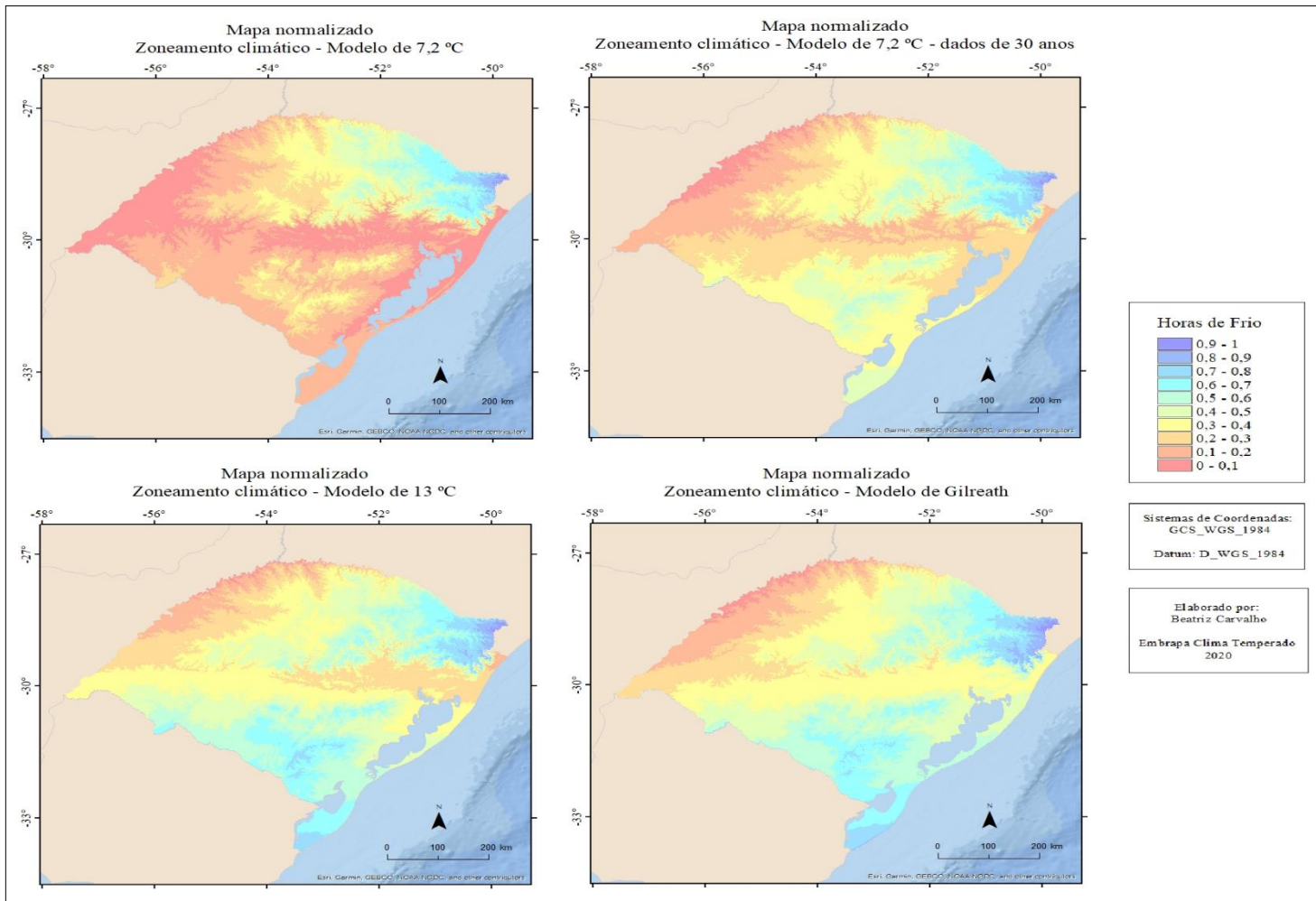


Figura 10 - Valores normalizados de horas de frio no estado do Rio Grande do Sul de acordo com os modelos matemáticos distintos

Comparando os mapas, é possível observar que o mapa do modelo de 7,2 °C (anexo 8) continua a ser o mais distinto. Os mais similares também permanecem os mesmos, sendo eles, os modelos de 13 °C (anexo 10) e Gilreath (anexo 11). O modelo de 7,2 °C apenas apresenta um número elevado de horas de frio no nordeste do estado, perdendo a área a sul em relação ao mapa anterior. O oeste, o centro e o litoral continuam a registar pouca ocorrência de horas de frio.

No mapa do modelo de 7,2 °C de dados de trinta anos (anexo 9), também é possível verificar que as zonas com um número elevado de horas de frio, perdeu representatividade. A área a nordeste que no mapa anterior registava uma área abrangente das zonas com elevado número de horas de frio, no mapa normalizado, grande parte agora encontra-se representado nos intervalos de 0,6 a 0,8, apenas no extremo do Rio Grande do Sul permanecem representados 0,9 a 1 de horas de frio. Outra grande diferença observada, é que o sul e o litoral sul também perderam representatividade.

No mapa normalizado do modelo de 13 °C também é possível observar que as áreas com maior número de horas de frio são menos representadas. Em contrapartida, ao contrário do que foi observado nos modelos anteriores, na zona sul e litoral sul, o número de horas de frio ainda se encontra próximo do número máximo de horas de frio.

Quanto ao modelo de Gilreath, este apresenta igualmente áreas menos extensas com valores elevados de horas de frio. Como no mapa normalizado do modelo de 13 °C, as áreas no sul e litoral sul, embora se verifique uma diminuição do número máximo de horas de frio, os valores verificados agora permanecem perto do número máximo.

De um modo geral, nos mapas dos modelos normalizados, todos estes registam perda das áreas com o máximo de número de horas de frio. No entanto, os mapas com maior representatividade do número de horas de frio continuam a ser os de 13 °C e de Gilreath. O mapa de 7,2 °C continua a ser o que detém menos horas de frio, e também, onde nos outros mapas apresentava uma maior área do número máximo de horas de frio a nordeste, no mapa normalizado este não é verificado. No mapa normalizado, o modelo que apresenta uma área maior a nordeste é o de Gilreath, onde mesmo assim, a área é muito semelhante ao de 13 °C.

5.2. Zoneamento Edáfico

Ao analisar o mapa do zoneamento edáfico (figura 11), é possível observar que quase todo o litoral é composto por aptidão muito baixa para o cultivo da noqueira-pecã, com valores maioritariamente entre os 0 e os 3%. Esta gama de valores é ainda verificada nas regiões central e sudoeste do estado. A oeste também ocorrem diversas áreas de muito baixa aptidão, no entanto são áreas menores e mais dispersas.

De um modo geral, o norte do estado é caracterizado por possuir aptidão nos intervalos de 15% a 40%, no entanto, no limite norte, o modelo encontra-se em intervalos compreendidos entre 5% a 10%.

O sul do estado apresenta mais de uma classe de aptidão representada, tendo maior destaque os intervalos de 0 – 1%, 10 – 15%, 40 – 60%. Também se observa que o único local onde tem representado a classe de maior aptidão (>60%) se encontra nesta área, mais explicitamente no limite do estado mais a sul.

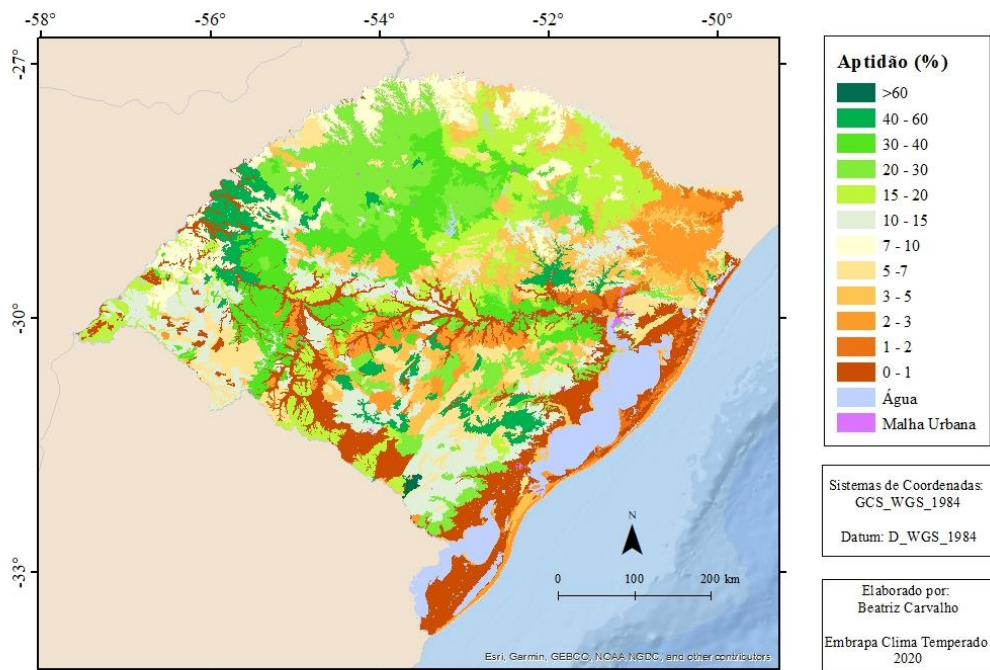


Figura 11 - Aptidão edáfica para o cultivo de noqueira-pecã no estado do Rio Grande do Sul

No Quadro 20 encontra-se a percentagem de cada intervalo representado no mapa para uma melhor compreensão.

Quadro 20 – Resultados de aptidão edáfica

Aptidão (%)	%
0-1	9,4195
1 - 2	7,8122
2 - 3	8,4841
3 - 5	7,8313
5 - 7	9,4276
7 - 10	8,3586
10 - 15	10,5242
15 - 20	8,5168
20 - 30	10,9111
30 - 40	9,8201
40 - 60	8,8099
>60	0,0842
Água	0,0001
Malha urbana	0,0003

Fonte: Elaboração própria

5.3. Zoneamento Edafoclimático

Neste subcapítulo encontram-se as observações relativas aos quatro zoneamentos edafoclimático, realizados para os diversos modelos. A sua análise foi realizada tendo em conta os níveis de aptidão que foram gerados para cada local no Rio Grande do Sul. É ainda de referir que, excluindo as áreas inaptas, os diferentes níveis de aptidão não impossibilitam a produção de nogueira-pecã, apenas designa em termos relativos, quais as zonas mais ou menos favoráveis para a sua plantação.

No quadro 21 são apresentados os diferentes graus de aptidão, e a ordem de favorecimento para a cultura da nogueira-pecã, ressaltando que, cada classe de aptidão refere-se à percentagem de aptidão consoante o número de horas de frio necessárias para cada cultivar superar a dormência, ou seja, o fator preferencial é a (%) de aptidão.

Quadro 21 - Classes de aptidão para o cultivo de Noz-pecã e a ordem de favorecimento para o seu cultivo

Classes de Aptidão	
1	Inapto por conservação ambiental e carência de horas de frio
2	0,5-1,5% de aptidão edáfica e 100 - 300 horas de frio
3	0,5-1,5% de aptidão edáfica e 300 - 500 horas de frio
4	0,5-1,5% de aptidão edáfica e > 500 horas de frio
5	1,5 - 5% de aptidão edáfica e 100 - 300 horas de frio
6	1,5 - 5% de aptidão edáfica e 300 - 500 horas de frio
7	1,5 - 5% de aptidão edáfica e > 500 horas de frio
8	5 - 10% de aptidão edáfica e 100 - 300 horas de frio
9	5 - 10% de aptidão edáfica e 300 - 500 horas de frio
10	5 - 10% de aptidão edáfica e > 500 horas de frio
11	10 - 40% de aptidão edáfica e 100 - 300 horas de frio
12	10 - 40% de aptidão edáfica e 300 - 500 horas de frio
13	10 - 40% de aptidão edáfica e > 500 horas de frio
14	>40% de aptidão edáfica e 100 - 300 horas de frio
15	>40% de aptidão edáfica e 300 - 500 horas de frio
16	>40% de aptidão edáfica e > 500 horas de frio
17	Água
18	Urbano

Não Preferencial



Preferencial

Fonte: Elaboração própria

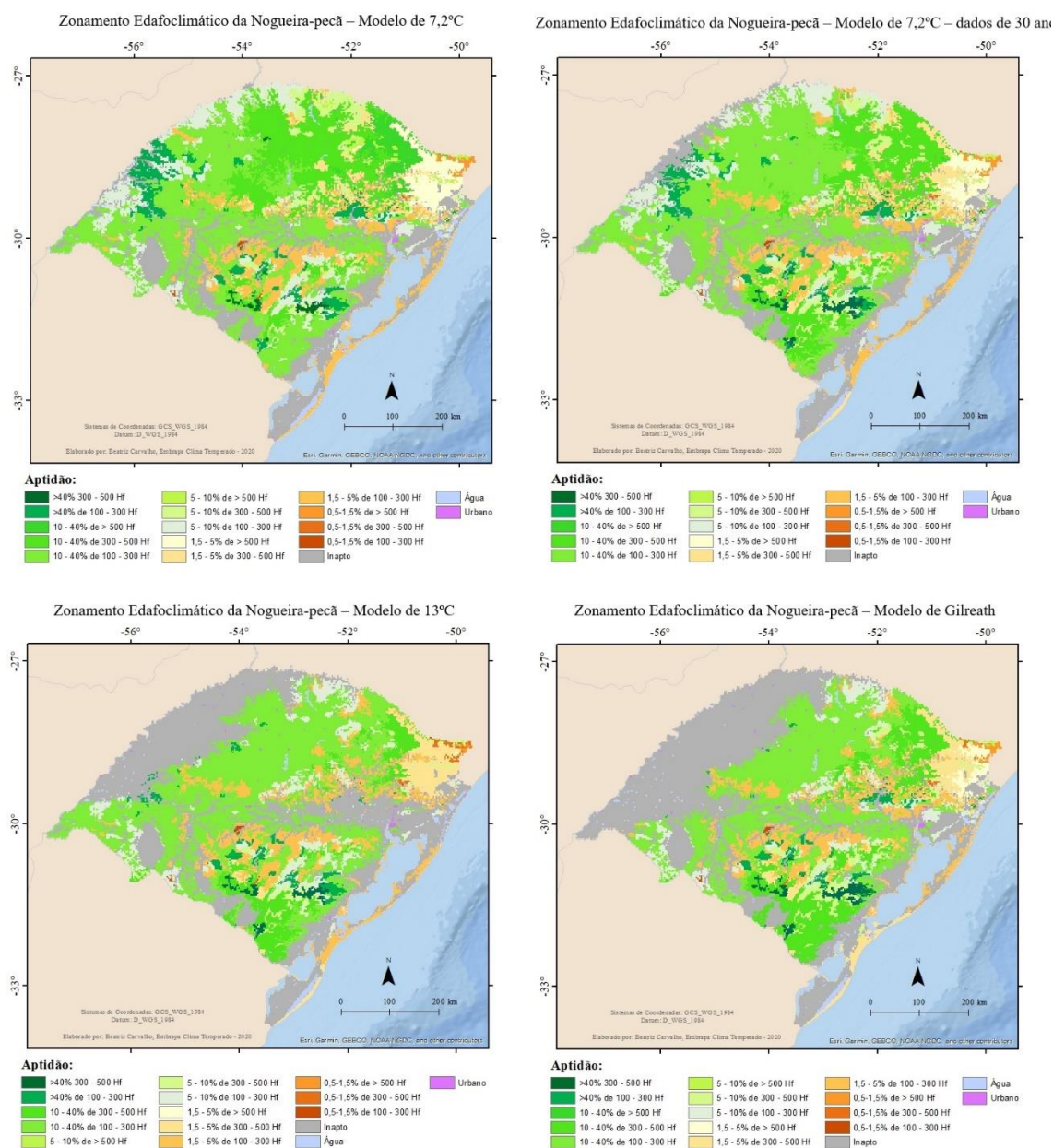


Figura 12 - Zoneamento Edafoclimático da noqueira-pecã - Todos os modelos climáticos.

Analisando os mapas da figura 12 referente aos diferentes zoneamentos edafoclimáticos, observa-se que o cultivo da noqueira-pecã apresenta uma grande aptidão no Rio Grande do Sul. É ainda possível observar que os mapas que apresentam uma maior área apta para o cultivo da noqueira-pecã são os de 7,2 °C (anexo 12) seguido pelo de 7,2 °C de dados de trinta anos (anexo 13), nos mapas dos modelos de 13 °C (anexo 14) e Gilreath (anexo 15) identifica-se áreas mais limitadas a oeste do estado.

Em nenhum dos modelos é apresentado o valor de aptidão de >40% para cultivares >500 horas de frio e no modelo de 13 °C a classe de aptidão: 10 - 40% para cultivares de >500 horas de frio, ficou sem representatividade.

Em todos os modelos, o sul, apresenta um comportamento idêntico, nesta área, diversos são os níveis de aptidão observados, desde o 1,5 - 5% para cultivares de 100 - 300 horas de frio ao maior nível de aptidão >40%, para os diferentes cultivares de 100 - 300 e 300 - 500. O centro, apresenta, em todos os modelos, maioritariamente valores de aptidão 10 - 40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio. Neste local, o modelo de 13 °C apresenta mais áreas inaptas que os restantes modelos. O litoral, apresenta restrições para o cultivo da noqueira-pecã, com muitas áreas inaptas e/ou com aptidões muito baixas quando comparadas com outras áreas do estado.

As áreas do oeste, norte, e nordeste apresentam desempenhos diferentes consoante cada modelo, apresentadas a seguir:

Zona oeste:

Modelo de 7,2 °C: Observa-se neste local áreas caracterizadas maioritariamente por 10 - 40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio. O nível de aptidão de >40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio, também é fortemente evidenciado nesta área. Ainda é possível, observar em áreas menores e mais dispersas, valores de aptidão de 1,5 - 5% para cultivares de 100 - 300 horas de frio 5 - 10% para cultivares de 100 - 300 horas de frio e áreas inaptas.

Modelo de 7,2 °C dados de 30 anos: neste modelo, a área do oeste apresenta valores bem semelhantes ao do modelo de 7,2 °C, a maior diferença registada é o aumento da área inapta.

Modelo de 13 °C: É possível analisar que as áreas inaptas ganham grande destaque comparativamente a outros níveis de aptidão. No entanto, é ainda possível observar pequenas áreas dispersas com valores de aptidão de >40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio e de 1,5 - 5% para cultivares de 100 - 300 horas de frio.

Modelo de Gilreath: praticamente representado por áreas inaptas. Também se observam áreas menores de 1,5 - 5% para cultivares de 100 - 300 horas de frio e >40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio.

Zona norte:

Modelo de 7,2 °C: apresenta resultados muito satisfatórios, onde os níveis de aptidão que ganham maior destaque são os de 10 - 40% para os diferentes cultivares: 100 - 300 horas de frio; 300 - 500 horas de frio e > 500 horas de frio.

Modelo de 7,2 °C dados de 30 anos: caracterizado essencialmente por áreas com 10 - 40% para cultivares de 100 - 300 e 300 - 500 horas de frio, no extremo é possível observar zonas com aptidão de 5 - 10% de 100 - 300 horas de frio.

Modelo de 13 °C: observa-se maioritariamente níveis de aptidão de 10 - 40% para cultivares de 100 - 300 de horas de frio. Verifica-se ainda pequenas áreas com aptidão de 5 - 10% para cultivares de 100 - 300 horas de frio e de 1,5 - 5% para cultivares de 100 - 300 horas de frio e área inaptas.

Modelo de Gilreath: representado maioritariamente pelos valores de 10 - 40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio, neste local, embora sejam áreas menores e dispersas, também se evidenciam zonas com aptidões de 5 - 10% para cultivares de 100 - 300 horas de frio e 1,5 - 5% para cultivares de 100 - 300 horas de frio.

Zona nordeste:

Modelo de 7,2 °C: é caracterizado maioritariamente por níveis de aptidão de 1,5 - 5% de > 500 horas de frio. No extremo do nordeste observa-se valores de 0,5-1,5% de > 500 horas de frio, e no limite desta área ainda se verifica níveis de aptidão de 10 - 40% de > 500 horas de frio. Apresenta ainda locais com áreas menores e dispersas com 1,5 - 5% de 300 - 500 e 5 - 10% de > 500 horas de frio

Modelo de 7,2 °C dados de 30 anos: apresenta valores de aptidão maioritariamente compreendidos entre 1,5 - 5% para cultivares de 300 - 500 horas de frio e 1,5 - 5% de > 500 horas de frio, em pequenas áreas também é possível encontrar zonas com 5 - 10% para cultivares de 300 - 500 horas de frio.

Modelo de 13 °C: encontra-se composto maioritariamente pela classe 1,5 - 5% para cultivares de 300 - 500 de horas de frio, seguido por 10 - 40% para cultivares de 300 - 500 horas de frio. No extremo desta área apresenta com 0,5-1,5% para cultivares de 300 - 500 horas de frio de aptidão. É ainda possível analisar pequenos locais com aptidão de frio 5 - 10% para cultivares de 300 - 500 horas de frio.

Modelo de Gilreath: encontram-se maioritariamente as áreas de aptidão de 1,5 - 5% para cultivares de 300 - 500 de horas de frio, e seguidamente por 10 - 40% para cultivares de 300 - 500 horas de frio. Na extremidade é possível analisar locais com 0,5-1,5% para cultivares de 300 - 500 horas de frio de nível de aptidão e ainda se encontram pequenas zonas com 5 - 10% para cultivares de 300 - 500 horas de frio.

Foi ainda elaborado um quadro, (Quadro 22) dos locais onde se encontram cada nível de aptidão de cada zoneamento edafoclimático, para uma melhor observação.

Quadro 22 - Localização das áreas de aptidão

Níveis de aptidão com maior destaque por área				
Aptidão	7,2 ° C	7,2° C Dados 30 Anos	13° C	Gilreath
Inapto	Oeste; Centro; Sul; Litoral; Nordeste	Oeste; Norte; Centro; Sul; Litoral; Nordeste	Oeste; Norte; Centro; Sul; Litoral; Nordeste	Oeste; Norte; Centro; Sul; Litoral; Nordeste
0,5-1,5% de 100 - 300 Horas de frio	Oeste e Centro	Oeste e Centro	Oeste e Centro	Oeste e Centro
0,5-1,5% de 300 - 500 Horas de frio	Nordeste	Nordeste	Nordeste	Nordeste
0,5-1,5% de > 500 Horas de frio	Nordeste	Nordeste	Nordeste	Nordeste
1,5 - 5% de 100 - 300 Horas de frio	Oeste; Norte; Centro; Sul e Litoral	Oeste; Norte; Centro; Sul e Litoral	Oeste; Norte; Centro; Sul; Litoral e nordeste	Oeste; Norte; Centro; Sul; Litoral e nordeste
1,5 - 5% de 300 - 500 Horas de frio	Norte; centro e Nordeste	Norte; Sul e Nordeste	Sul; Litoral e nordeste	Sul; Litoral e nordeste
1,5 - 5% de > 500 Horas de frio	Nordeste	Litoral e nordeste	Nordeste	Nordeste
5 - 10% de 100 - 300 Horas de frio	Oeste; Norte e sul	Oeste; Norte; Centro; Sul e Litoral	Oeste; Norte; Sul e litoral	Oeste; Norte; Sul e litoral
5 - 10% de 300 - 500 Horas de frio	Norte e sul	Norte; Sul e Nordeste	Sul e nordeste	Norte; Sul e nordeste
5 - 10% de > 500 Horas de frio	Norte e nordeste	Nordeste	Nordeste	Nordeste

10 - 40% de 100 - 300 Horas de frio	Oeste; Norte; Centro e sul	Oeste; Norte; Centro e sul	Oeste; Norte; Centro e sul	Oeste; Norte; Centro e sul
10 - 40% de 300 - 500 Horas de frio	Norte e sul	Norte; Sul e Nordeste	Norte; Sul e Nordeste	Norte; Sul e Nordeste
10 - 40% de > 500 Horas de frio	Norte e nordeste	Nordeste	-	Nordeste
>40% de 100 - 300 Horas de frio	Oeste; Centro e sul	Oeste; Norte; Centro e sul	Oeste e sul	Centro e sul
>40% 300 - 500 Horas de frio	Sul	Sul	Sul	Sul

As figuras 13 e 14, representam uma sobreposição de modelos, isto é, após observar os mapas finais dos diferentes modelos, escolheram-se por base nas diferenças das expressões das mesmas classes de aptidão, dois modelos para serem comparados um a um. A figura 13 representa a classe de aptidão de 10 – 40% de 100 – 300 horas de frio dos modelos de 13 °C e Gilreath, e a figura 14, a classe de aptidão 10 - 40% de 300 – 500 horas de frio para os modelos de 7,2 °C e 13 °C.

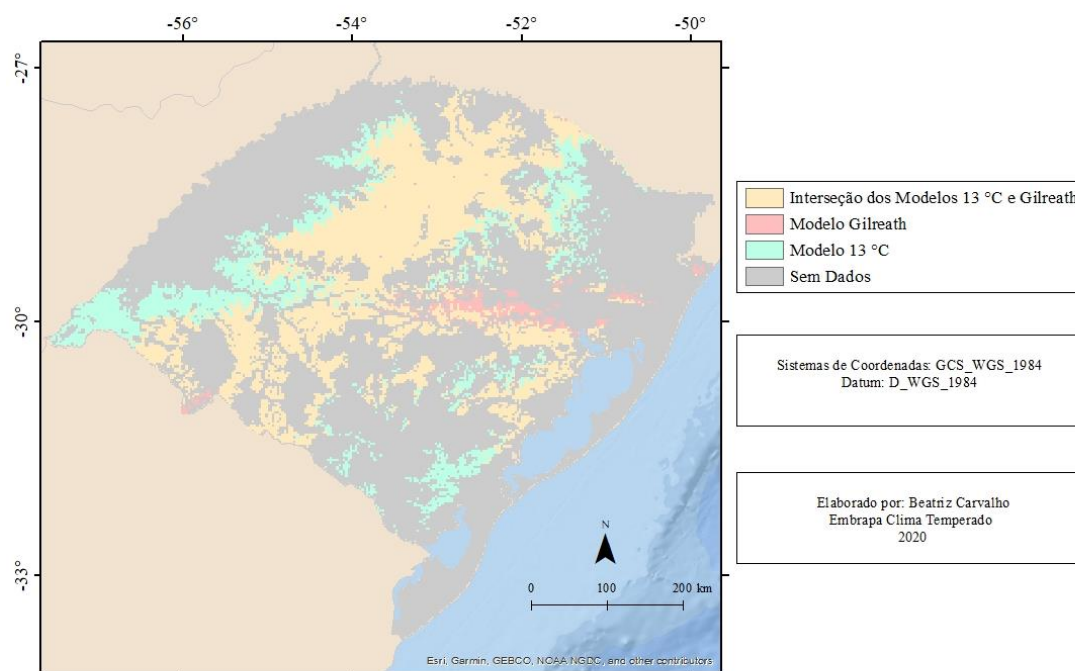


Figura 13 - Comparação da classe de aptidão de 10 - 40% de 100 - 300 horas de frio para os modelos de 13 °C e Gilreath

Ao analisar a figura 13, verifica-se que ambos os modelos indicam como apta uma parte significativa do estado, a norte, centro e sudoeste. A classe 10 – 40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio, tem mais expressão no modelo de 13 °C, na qual, a sua área toca os limites da interseção dos dois modelos, a oeste e a norte. Observa-se ainda zonas com esta a aptidão a sul do estado, enquanto no modelo de Gilreath, a sua expressão é muito inferior, apresentado pequenos e dispersos locais no centro, nordeste, e no limite a sudoeste do estado.

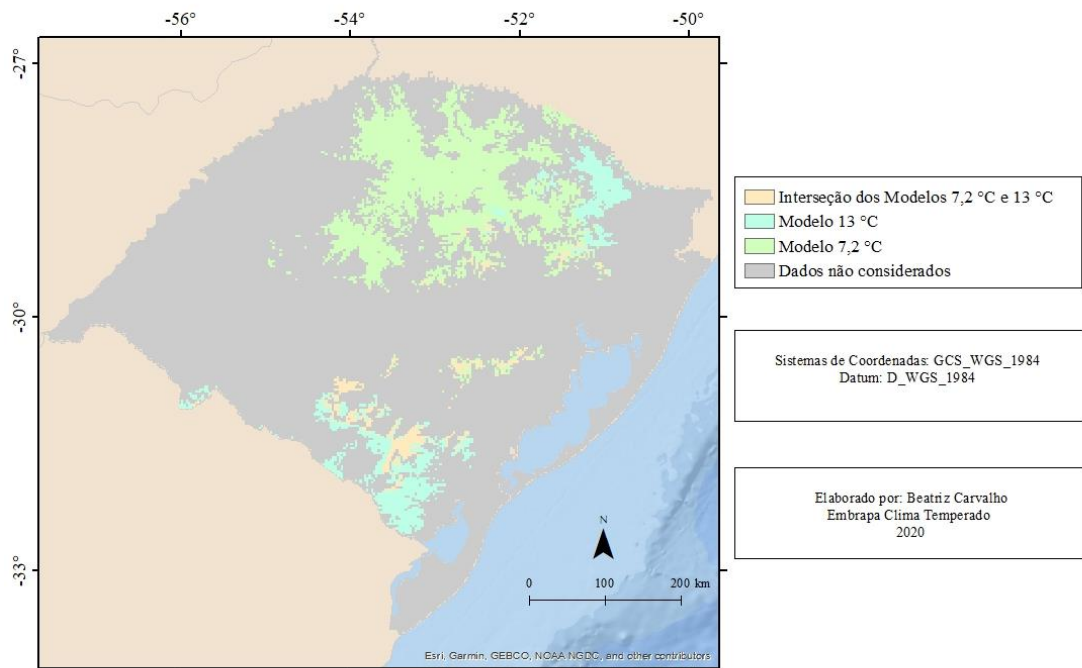


Figura 14 - Comparação da classe de aptidão de 10 - 40% de 300 - 500 horas de frio para os modelos de 7,2 °C e 13 °C

Quanto à classe de aptidão 10 - 40% para cultivares de 300 - 500 horas de frio, esta apresenta um comportamento interessante, entre os dois modelos. Através da figura 14, observa-se que a área de interseção dos modelos é muito inferior às áreas que cada modelo ocupa separadamente. Também é possível verificar que o nível de aptidão no modelo de 7,2 °C tem uma maior representatividade no norte do estado, enquanto no modelo de 13 °C, este apresenta-se no sul.

Como a avaliação visual não é suficiente para comparar em detalhe os mapas gerados pelos diferentes modelos de zoneamento edafoclimático da noqueira-pecã,

recorreu-se ao cálculo das áreas de cada nível de aptidão (quadro 23) para uma melhor compreensão.

Quadro 23 - Descrição da aptidão edafoclimática da noqueira-pecã no território do Rio Grande do Sul considerando indicador multiparâmetros.

Área ocupada por cada nível de aptidão - %				
Aptidão	Modelo 7,2°C	Modelo 7,2°C - Dados de 30 Anos	Modelo 13°C	Modelo Gilreath
1	15,895%**	17,677%	33,285%	36,242%*
2	0,094%*	0,081%**	0,093%	0,081%
3	0,020%**	0,063%	0,327%*	0,126%
4	0,376%	0,348%	0,077%**	0,284%*
5	9,12%**	9,138%	10,094%*	9,162%
6	3,058%**	4,360%	3,855%	4,719%*
7	3,295%*	1,894%	0,035%**	1,055%
8	9,763%*	9,520%	6,617%	5,729%**
9	3,552%*	3,442%	1,337%**	2,405%
10	0,636%*	0,114%	0,006%**	0,063%
11	30,081%	33,984%	34,130%*	25,735%**
12	14,775%*	13,464%	6,066%**	10,434%
13	2,846%*	0,061%	-	0,003%
14	4,452%*	3,467%	1,730%	1,438%**
15	0,526%**	0,885%	0,695%	1,058%*
17	1,235%	1,233%	1,336%*	1,207%**
18	0,272%	0,268%	0,318%	0,258%
Total	100%	100%	100%	100%

* Modelo mais elevado

** Modelo menos elevado

Fonte: Elaboração própria

Neste quadro da descrição da aptidão edafoclimática, as classes 1: Inapto por conservação ambiental e carência de horas de frio, 17: Água e 18: Urbano, representam áreas onde não é possível produzir noqueira-pecã. Por outro lado, as restantes classes apresentam as zonas com potencial para o cultivo da espécie.

Começando por analisar cada modelo separadamente, é possível observar, que o modelo 7,2 °C apresenta uma percentagem de total de área onde não é possível produzir a cultura da noqueira-pecã de 17,40%. A classe de aptidão que apresenta uma menor percentagem de área total é a de 0,5-1,5% para cultivares de 300 - 500 horas de frio. Por outro lado, a classe com a percentagem mais elevada é a de 5 - 10% para cultivares > 500 horas de frio.

No modelo de 7,2 °C de dados de trinta anos, compreende um total de 19,18% de áreas inabilitadas para o cultivo. Contrariamente ao observado para o modelo anterior, o nível de aptidão com menos expressão foi o de 10 - 40% para cultivares de > 500 horas de frio, sendo esta classe uma das classes mais favoráveis para os cultivares da noqueira. O grau de aptidão mais elevado foi o de 10 - 40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio.

Na comparação a partir dos mapas comentada anteriormente, verificou-se que o modelo de 13 °C, não apresentava a classe de 10 - 40% para cultivares de > 500 horas de frio. Observando o quadro, é ainda possível compreender que cerca de 34,94% da área de estudo representa as zonas onde não é possível produzir a noqueira. O nível de aptidão com mais percentagem foi o de 10 - 40% para cultivares de 100 - 300 horas de frio. A classe com menos expressão (sem contar com a de 10 - 40% para cultivares > 500 horas de frio) é a de 5 - 10% para cultivares de > 500 horas de frio.

O modelo de Gilreath é o único que apresenta a classe de aptidão mais elevada do modelo, a classe de aptidão inapta, cerca de 36,24%, e agregando esse valor às zonas impossibilitadas de cultivar a espécie, representa 37,71% da área total. O valor da aptidão com menor percentagem é o de 10 - 40% para cultivares > 500 horas de frio.

Fazendo uma comparação conjunta dos modelos a partir dos dados da tabela, é possível observar que o total de áreas aptas para cada modelo de zoneamento edafoclimático é apresentado por:

- Modelo de 7,2 °C – 82,60%;
- Modelo de 7,2 °C dados de 30 anos – 80,82%;
- Modelo de 13 °C – 65,06%;
- Modelo de Gilreath – 62,29%.

O modelo que detém maior extensão de áreas inaptas é o de Gilreath com aproximadamente 36%. Por outro lado, a percentagem mais elevada da melhor classe de aptidão - >40% - está representada no modelo de 7,2 °C, para os cultivares de 100 – 300 horas de frio e no modelo de Gilreath, para cultivares de 300 - 500 horas de frio.

O modelo de 7,2 °C foi o que expressou melhores condições para o cultivo da espécie na área de estudo. Nas áreas classificadas como inaptas apresenta a menor percentagem de área total, comparando com os outros modelos. Também nas classes mais preferenciais de aptidão, exceto as classes, 10 - 40% para cultivares de 300 - 500 horas de frio e >40% para cultivares de 300 - 500 horas de frio, apresenta percentagens mais elevadas de área total.

6. Considerações finais

A noqueira-pecã, tem vindo a ganhar popularidade tanto a nível mundial, como no Brasil. Foi implementada no território brasileiro por volta de 1870, mas apenas na década de 1960, esta foi explorada economicamente, todavia devido à falta de informações e estudos, a maior parte encontra-se ao abandono e/ou com problemas fitossanitários.

Ao longo dos anos vários estudos sobre zoneamento climático e edáfico da noqueira-pecã têm vindo a ser realizados. No entanto, vários pesquisadores têm-se questionado qual o melhor modelo para o cálculo de horas de frio, uma vez que é complicado encontrar uma temperatura padrão, para aplicar numa área tão diversificada em termos de clima.

No cálculo do zoneamento edafoclimático, os SIG, são uma importante ferramenta pois permitem a construção e análise de mapas matemáticos que apresentam a informação espacial acerca dos fenómenos a serem estudados.

Este relatório comparou os resultados de três metodologias para a construção de um modelo de adequabilidade climática: o modelo de 7,2 °C, modelo de 13 °C e o modelo de Gilreath. Complementarmente foi efetuado um zoneamento edáfico, através da integração de múltiplos parâmetros físicos do solo. Posteriormente, agregaram-se os resultados dos dois modelos, o climático e o edáfico, para se obter o zoneamento edafoclimático.

Em relação ao estudo realizado do zoneamento edafoclimático da noqueira-pecã, dos diferentes modelos climáticos, é possível observar que esta espécie têm um grande potencial para ser produzida no Rio Grande do Sul.

Os modelos de 7,2 °C e 7,2 °C de dados de trinta anos, apresentaram resultados muito similares. Nestes dois zoneamentos climáticos, a noqueira-pecã, apresentou uma maior área de aptidão no norte do estado, no entanto é no sul, mesmo em menor área, que apresenta a melhor aptidão para o cultivo da noqueira-pecã.

Já os modelos de Gilreath e 13 °C, apresentam áreas muito vastas para a classe referente à inaptidão para o cultivo a oeste do estado. Como nos outros dois modelos anteriores, o norte apresenta os melhores resultados para esta cultura, e o sul apresenta, também o melhor nível de aptidão para >40% de 300 - 500 horas de frio.

Em todos os modelos é possível identificar que o litoral do estado, apresenta limitações consistentes para o cultivo da noqueira-pecã. O zoneamento climático do modelo de 7,2

°C foi o que apresentou áreas adequadas mais extensas, seguido pelo modelo de 7,2 °C de dados de trinta anos, quando comparados com os modelos de Gilreath e de 13 °C que geraram resultados com áreas adequadas mais reduzidas.

Por fim, é de ressaltar que os modelos de 13 °C e Gilreath, por serem modelos mais recentes em comparação ao de 7,2 °C, torna-se necessária a realização estudos que visem a determinação do requisito acumulação de horas e unidades de frio da espécie para estes modelos, conferindo assim, um maior aperfeiçoamento e confiabilidade para os estudos edafoclimáticos da noqueira-pecã. Este trabalho de estágio permitiu dar o primeiro passo nesse sentido.

Referências

- Almeida, I. R. d. & Antunes, L., 2012. *Necessidades climáticas e influência do clima sobre adaptação, produção e qualidade*. s.l.:Embrapa.
- Change, I. P. o. C., 2014. *Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Erez, A. & Lavee, S., 1971. *The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds*. s.l.:s.n.
- Ferreira, A. B., 2005. *Miniaurélio: o dicionário da língua portuguesa*. Curitiba: Positivo.
- Filippini Alba, J. & Flores, C. A., 2015. *Zoneamento edáfico de culturas para o município de Santa Maria - RS, visando o ordenamento territorial*. Brasília, DF: Embrapa.
- Filippini Alba, J. M., Wrege, M. S., Almeida, I. R. d. & Martins, C. R., 2018. *Critérios e Indicadores Edafoclimáticos para o Cultivo da Nogueira-pecã no Sul do Brasil - Documentos 479*. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado.
- Filippini Alba, J. M., Wrege, M. S., Almeida, I. R., Martins, C. R., Zemnicahak, S., Souza, T. G., 2020. *Zoneamento Edafoclimático da Nogueira-pecã - Documentos 492*. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado.
- Fishman, S., Erez, A. & Couvillon, G. A., 1987. *The Temperature Dependence of Dormancy Breaking in Plants: Computer Simulation of Processes Studied Under Controlled Temperatures*. s.l.:Academic Press Inc. (London) Lid.
- Flores, C. A., Filippini Alba, J. M. & Wrege, M. S., 2009. *Zoneamento Agroclimático do Eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e Edafoclimático na Região do Corede Sul - RS*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- Flores, C. A., Garrastazu, M. C. & Filippini Alba, J. M., 2009. *Documentos 261 - Metodologia de zoneamento edáfico de culturas para o Estado do Rio Grande Sul*. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado.
- Fronza, D.; Poletto, T.; Hamann, J. J. *O cultivo da noqueira-pecã*. Santa Maria: UFSM: Colégio Politécnico: Núcleo de Fruticultura Irrigada, 2016. 424 p.
- Gilreath, P. & Buchanan, D., 1981. *Rest prediction model for low-chilling "Sungold" nectarine*. s.l.:s.n.
- Hamann, J. J., 2018. *Determinação do período de receptividade do estigma e liberação de pólen em cultivares de noqueira-pecã a noqueira-pecã (Carya illinoensis K) cultivadas em Cachoeira do Sul e Santa Maria (RS)*. Santa Maria, RS: s.n.
- IBGE, 2020. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. [Online] Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html> [Acedido em 18 Outubro 2020].

INC, 2020. *Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook*, Reus, Espanha: INC - International Nuts & Dried Fruit.

Linsley-Noakes, G., Allan, P. & Matthee, G., 1994. *Modification of rest completion prediction models for improved accuracy in South African stone fruit orchards*. Elsenburg, África do Sul: J. S. Afr. Soc. Hort. Sci..

Linsley-Noakes, G., Louw, M. & Allan, P., 1995. *Estimating daily positive Utah chill units using daily maximum and minimum temperatures*. s.l.:Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences.

Machado, L. N., 2009. *Estimativa dos impactos gerados pelas mudanças climáticas na potencialidade da cultura da videira européia (Vitis vinifera L.) no Estado de Santa Catarina*. Florianópolis/SC: s.n.

MAPA, 2020. *Registro Nacional de Cultivares -RNC*. [Online] Disponível em : http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php [Acedido em Novembro 23 2020].

Martins, C. R., Filippini Alba, J. M., Marco, R. D. & Hamann, J. J., 2019. *Noz-pecã Produção no Brasil - Informe Técnico*. Campo & Negócios, Outubro, pp. 56 - 57.

Martins, C. R., Fonza, D., Malgarim, M.B., Bilharva, M. G., Marco, R., Hamman, J. J., 2017. Cultura da noz-pecã. Em: *Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, pp. 65-81.

Martins, C. R., Rudinei, M., Medeiros, J.C.F., Porto, J.A., Bilharva, M. G., Herter, F. G 2019. *Aspectos e Critérios Básicos para Implantação de Pomar de Nogueira-pecã. Comunicado Técnico 365*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.

Martins, C.R.; Conte, A.; Fronza, D.; Alba, J.M.F.; Hamann, J.J.; Bilharva, M.G.; Malgarim, M.B.; Farias, R.M.; Marco, De R.; Reis, T.S., 2018. *Situação e Perspectiva da Nogueira-pecã no Brasil - Documentos 462*, Embrapa Clima Temperado.

Milech, C. G., 2015. *Estimativas da necessidade em frio de genótipos de pessegueiro por modelos matemáticos*, Pelotas: Universidade Federal de Pelotas.

Nakasu, B. H. & Raseira, A., 1981. *Tratamento Fitossanitário para a noqueira-pecã*, Pelotas: Embrapa.

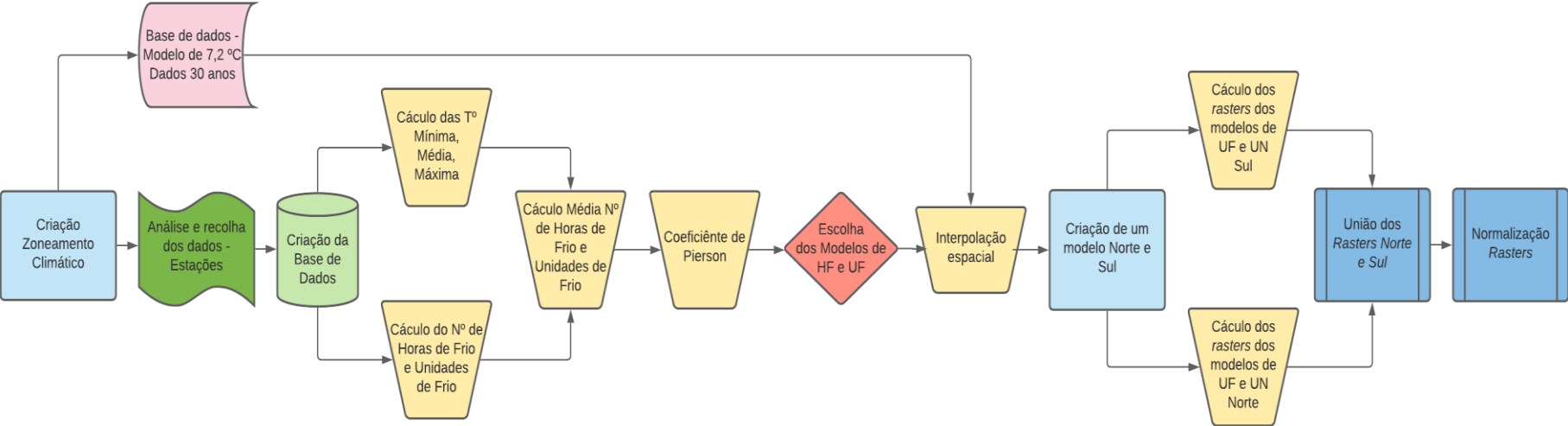
Noaa, 2020. *Noaa*. [Online] Disponível em: <https://www.noaa.gov/> [Acedido em 21 Março 2020].

Ou, S.K. E Chen, C.L. 2000. Estimation of chilling requirement and development of low-chill model for local peach trees in Taiwan. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 46(4): 337-350.

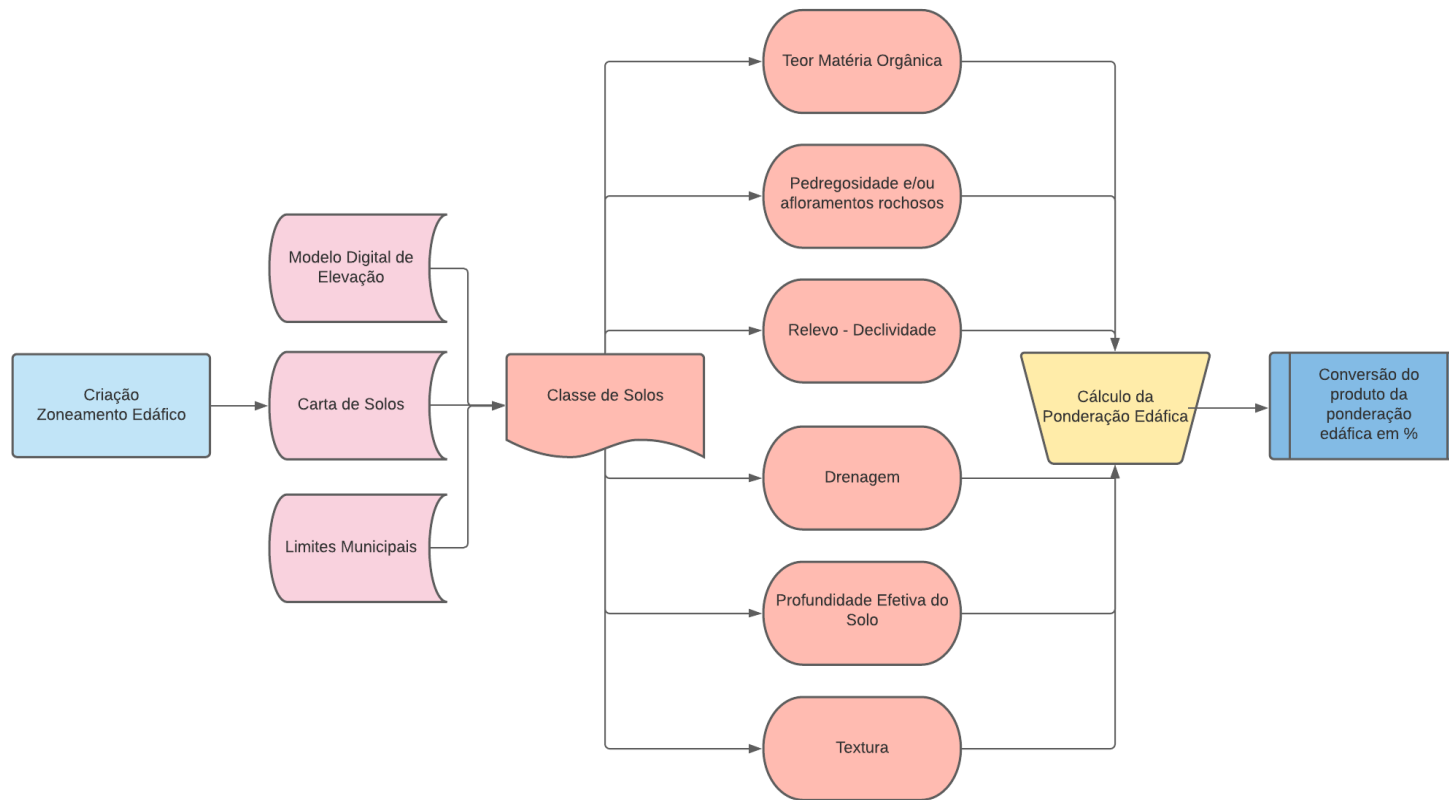
Ortiz, E. & Camargo, L., 1997. Doenças da noqueira pecan (*Carya illioensis* (Wang) Koch). Em: H. Kimati, et al. edits. *Manual de Fitopatologia - Volume 2: Doenças das Plantas Cultivadas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., pp. 531 - 537.

- Pandolfo, C., Massignam, A. M., Hammes, L. A. & Pereira, E. S., 2007. *Espacialização das probabilidades de número de horas de frio ($hf \leq 7,2^\circ\text{C}$) em Santa Catarina*. Agropecuária Catarinense: s.n.
- Peterson, J. K., 1990. *Carya illinoensis*. Em: R. M. Burns & B. H. Honkala, edits. *Silvics of North America - Volume 2, Hardwoods*. Washington. DC: Forest Service - United States Department of Agriculture, pp. 205-210.
- Projeto RadamBrasil, 1986. *Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folha SH.21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra..* Rio de Janeiro: s.n.
- Richardson, E. A., Seeley, S. D. & Walker, D. R., 1974. *A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" peach trees..* s.l.:HortScience.
- Rovani, F. F. M., 2016. *Zoneamento de risco climático para o cultivo da noqueira-pecã (Carya illinoensis) para o Rio*, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de ciências naturais e exatas .
- Rovani, F. F. M. & Wollmann, C. A., 2018. *Análise sazonal e anual dos requisitos climáticos do cultivo da noqueira-pecã (Carya illinoensis) no Rio Grande do Sul*. Geosp - Espaço e Tempo, pp. 191 - 209.
- Santos, H. G. d., 2013. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3ª ed. Brasília: Embrapa.
- Seeley, S. D. & Damavandy, H., 1985. *Response of seed of seven deciduous fruits to stratification temperatures and implications for modeling*. s.l.:s.n.
- SEMA, 2020. *Limites das Unidades de Conservação*. [Online] Available at: <https://sema.rs.gov.br/limites-das-unidades-de-conservacao> [Acedido em 14 Setembro 2020].
- Weber, E.; Hasenack, H.; Ferreira, C.J.S. 2004. *Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação*. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-02-9. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>.
- Weinberger, J. H., 1950. *Chilling requirements of peach varieties*. s.l.:s.n.
- Wrege, M. S., Steinmetz, S., Júnior, C. R. & Almeida, I. R. d., 2012. *Atlas Climático da Região - Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. 2ª edição ed. Brasília - DF: Embrapa.

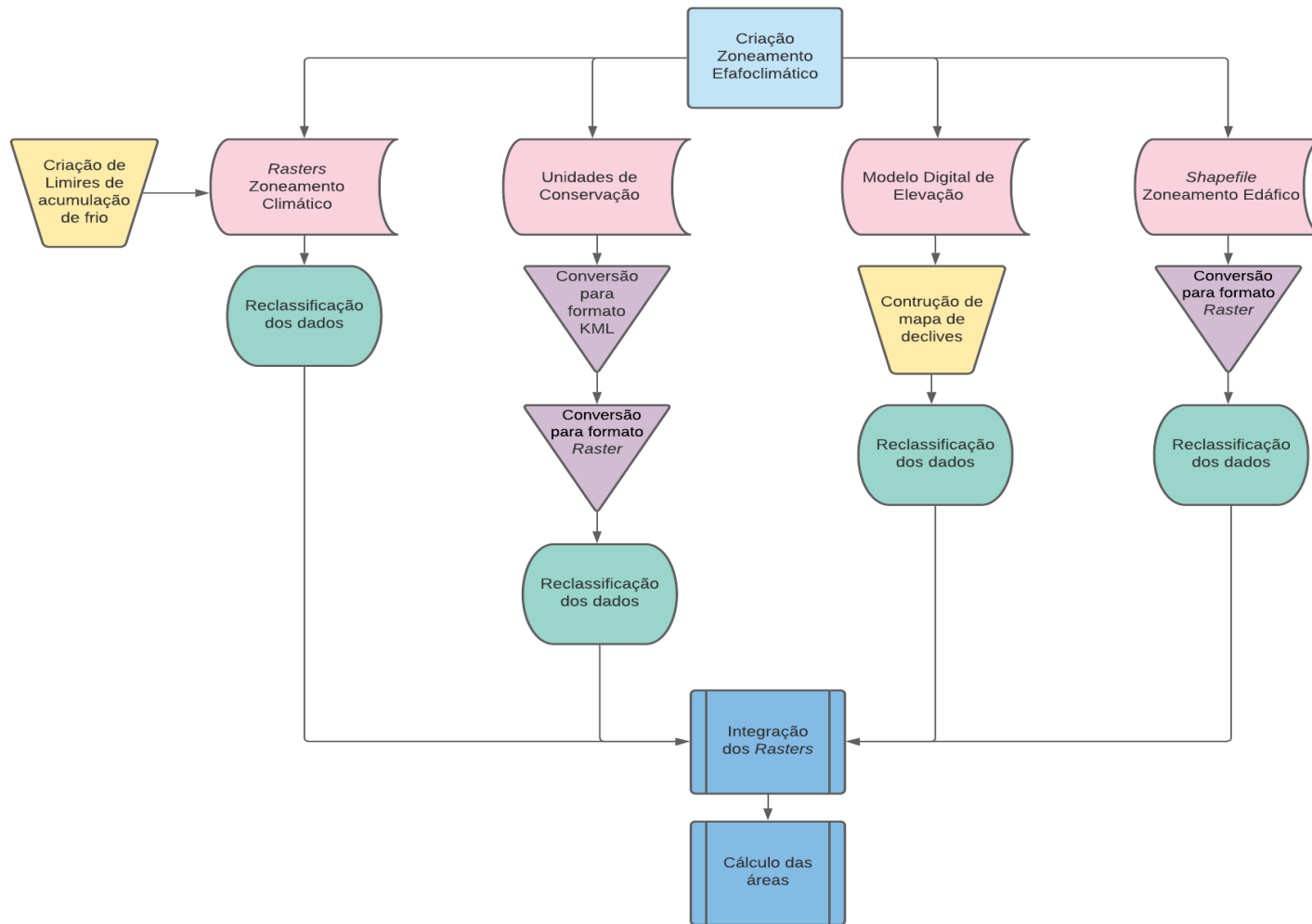
Anexos



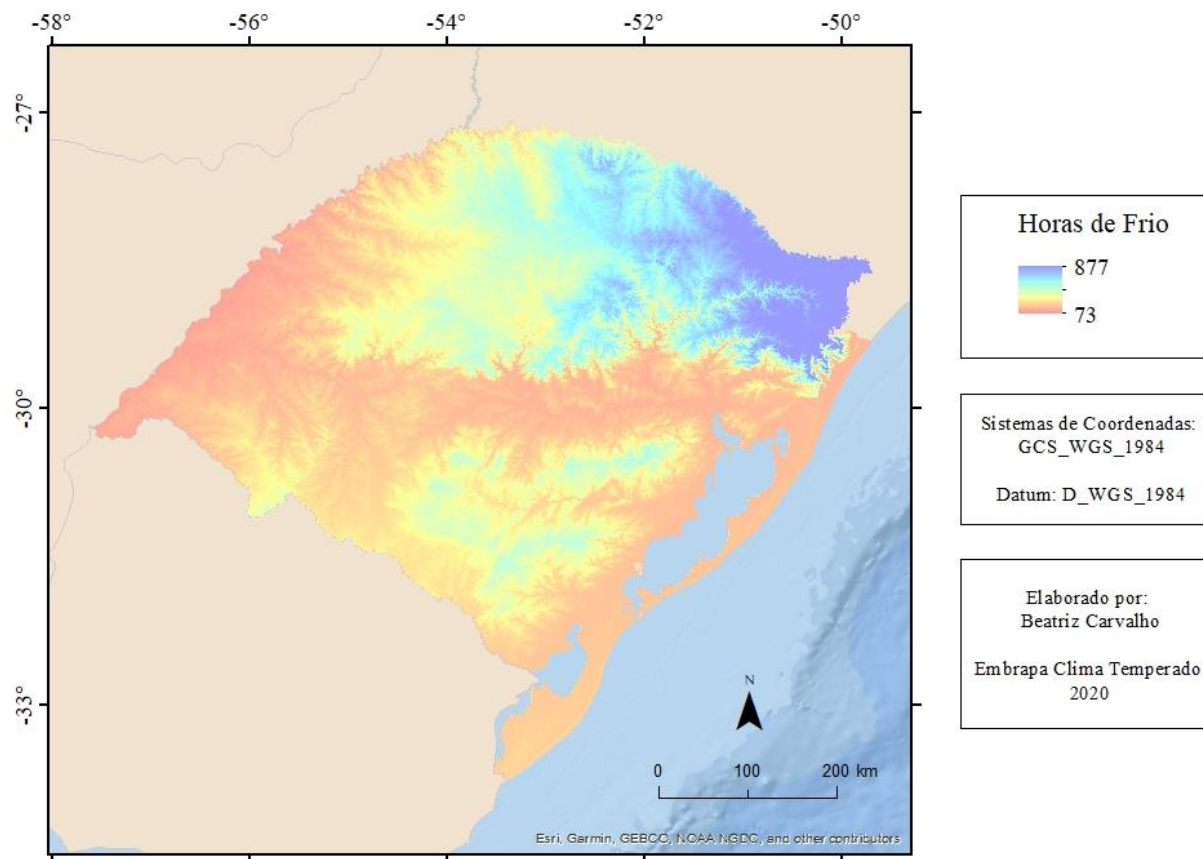
Anexo 1 – Fluxograma do processo metodológico do zoneamento climático



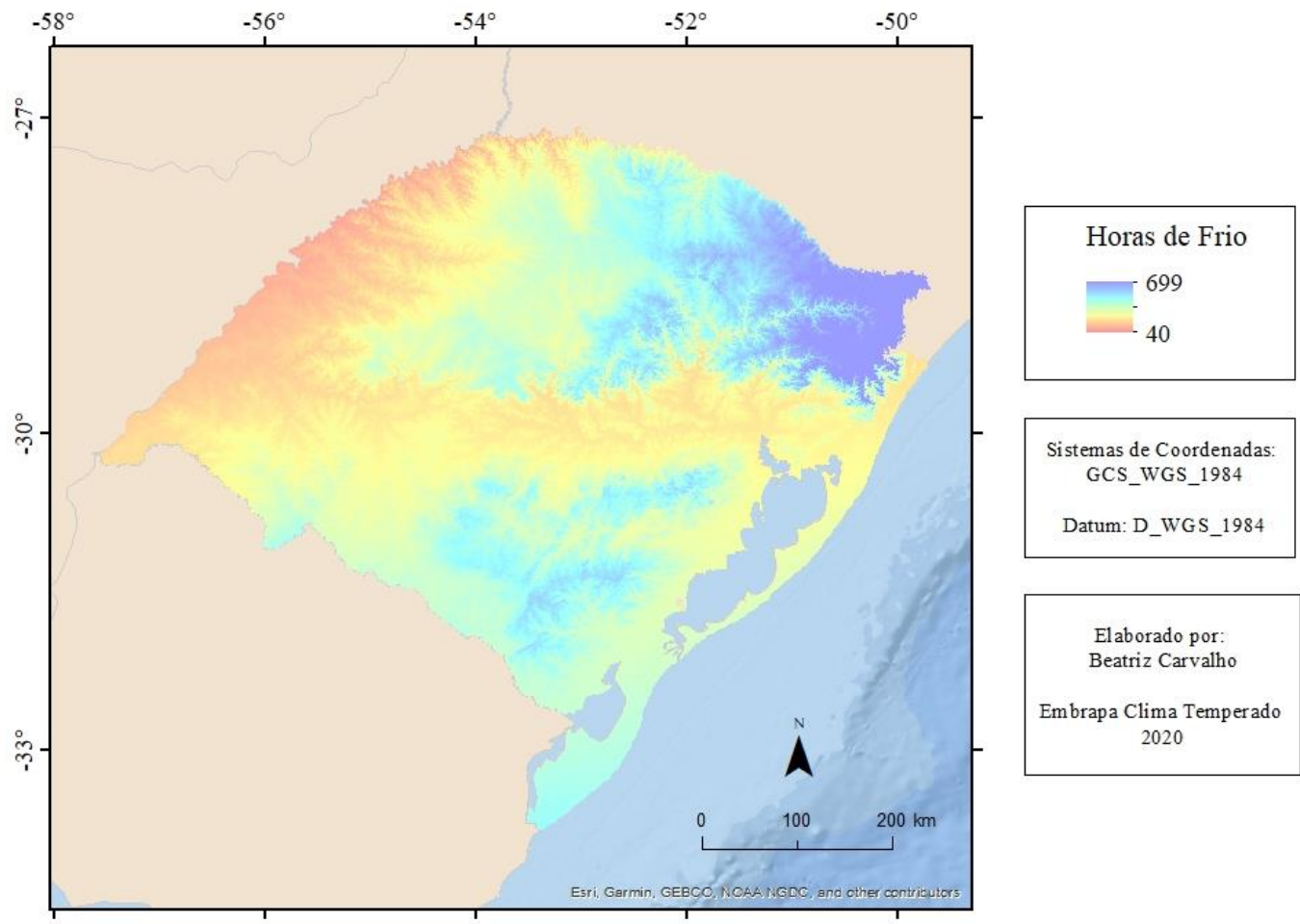
Anexo 2 – Fluxograma do processo metodológico do zoneamento edáfico



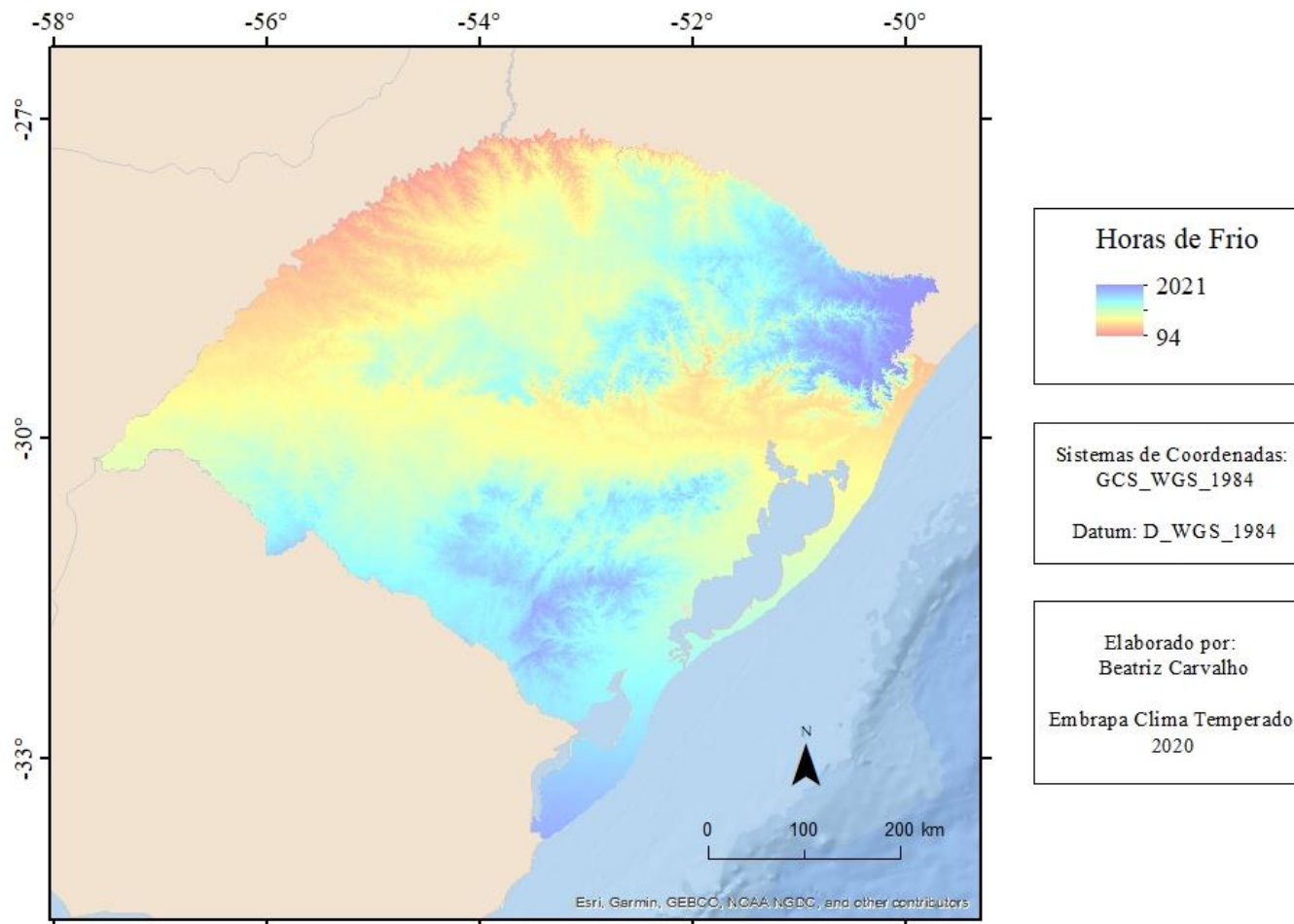
Anexo 3 – Fluxograma do processo metodológico do zoneamento edafoclimático



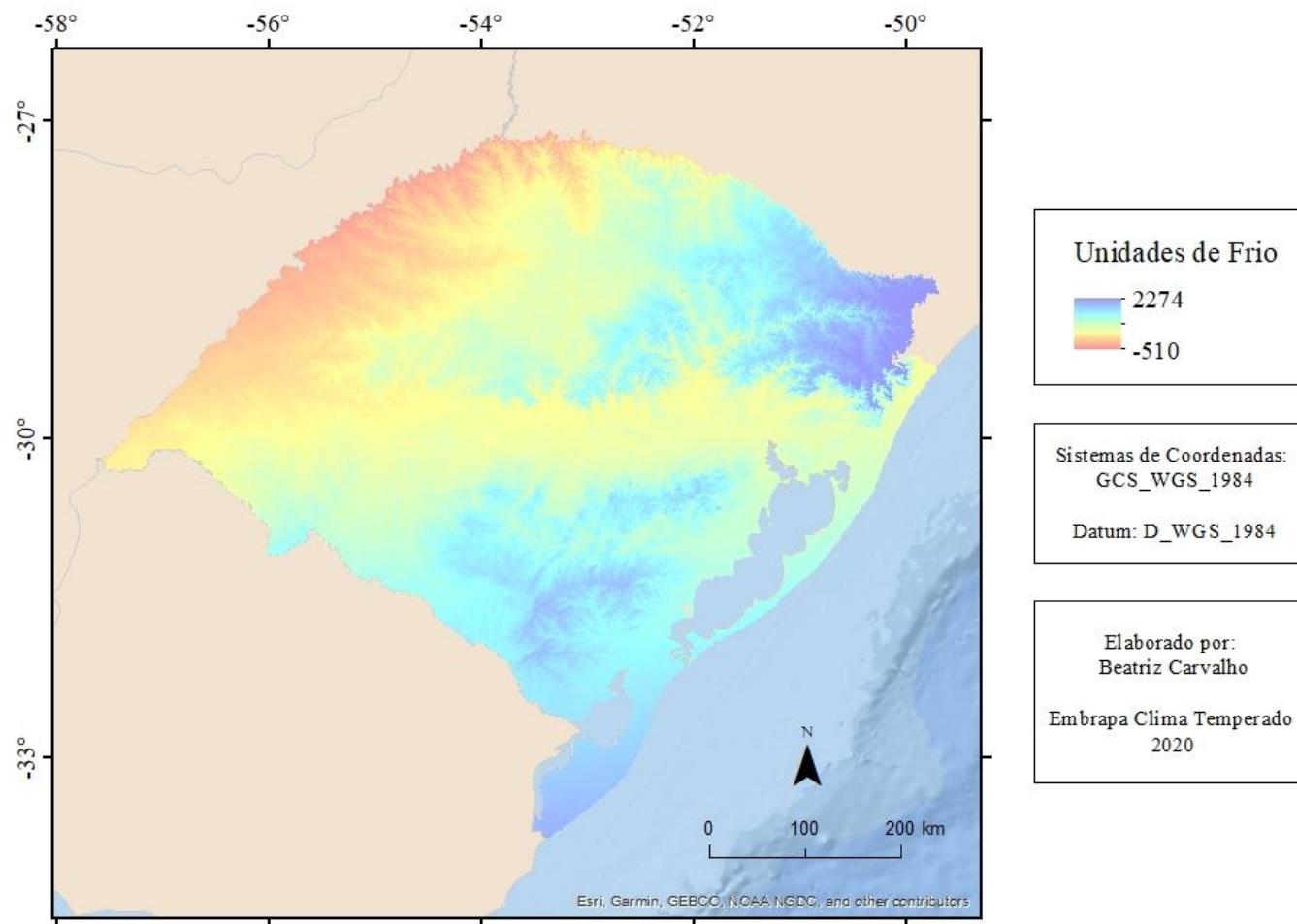
Anexo 4 – Zoneamento climático: Modelo de 7,2 °C



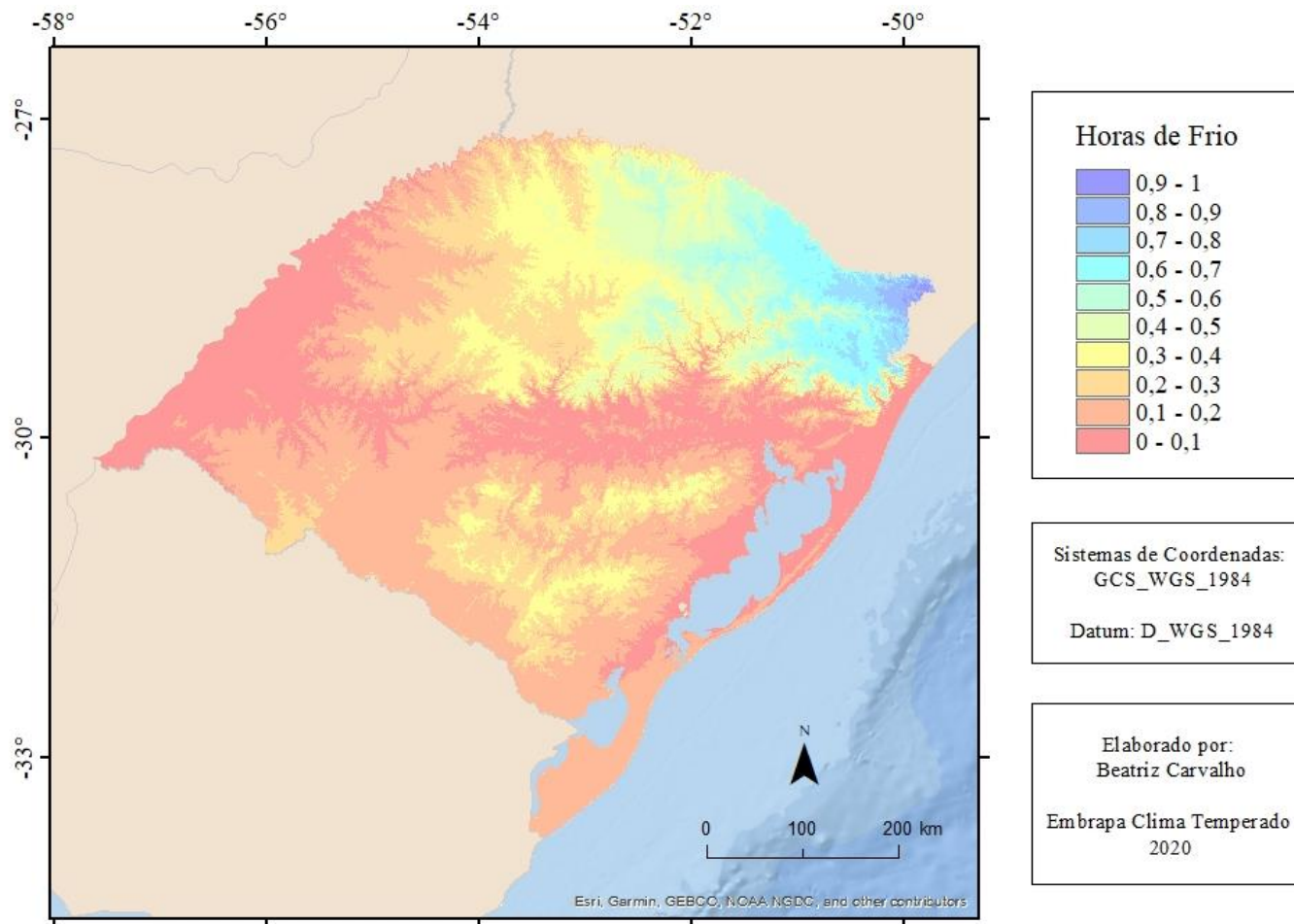
Anexo 5 – Zoneamento climático: Modelo de 7,2 °C – Dados de 30 anos



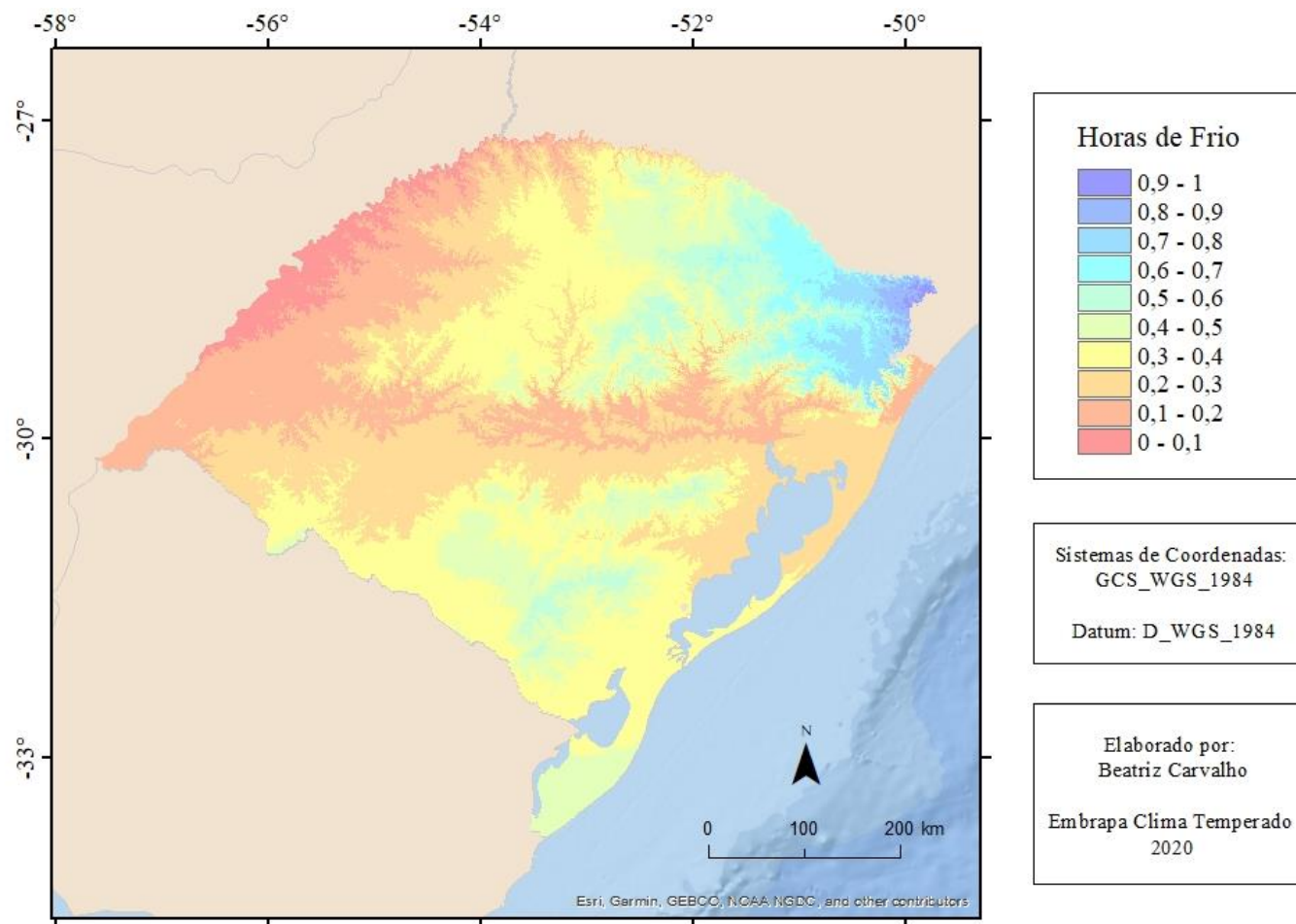
Anexo 6 – Zoneamento climático: Modelo de 13 °C



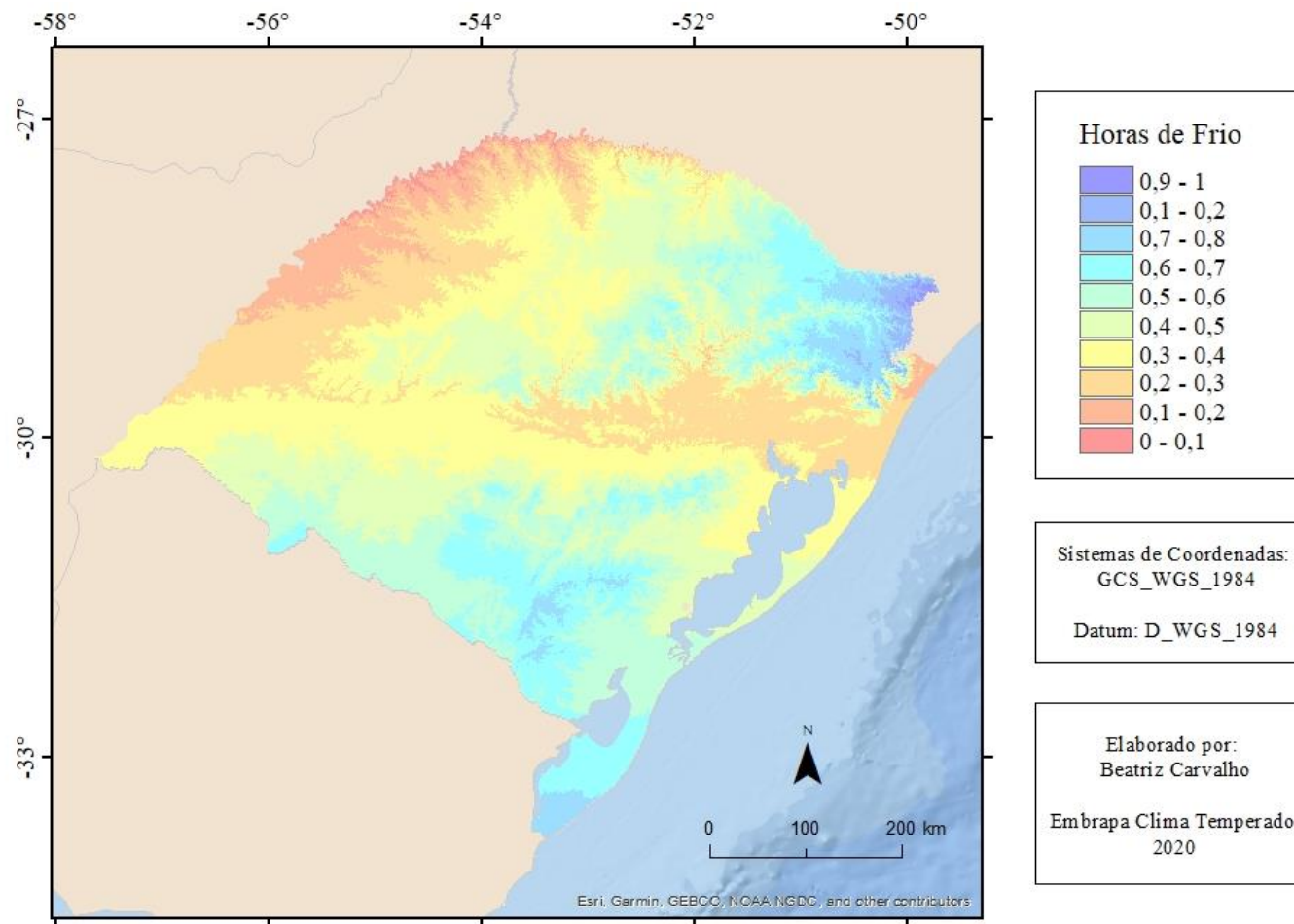
Anexo 7 – Zoneamento climático: Modelo de Gilreath



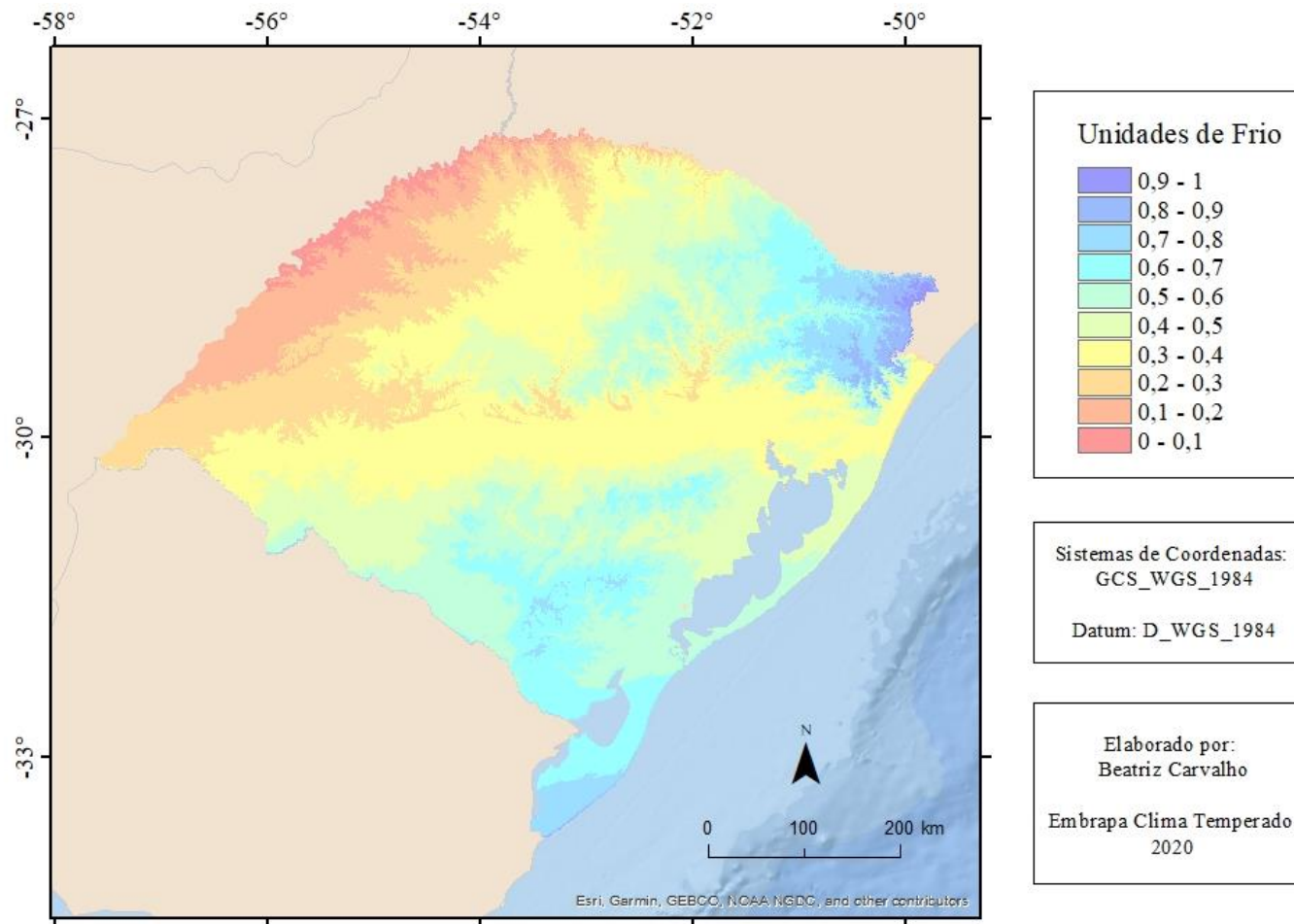
Anexo 8 – Mapa normalizado do zoneamento climático: Modelo de 7,2 °C



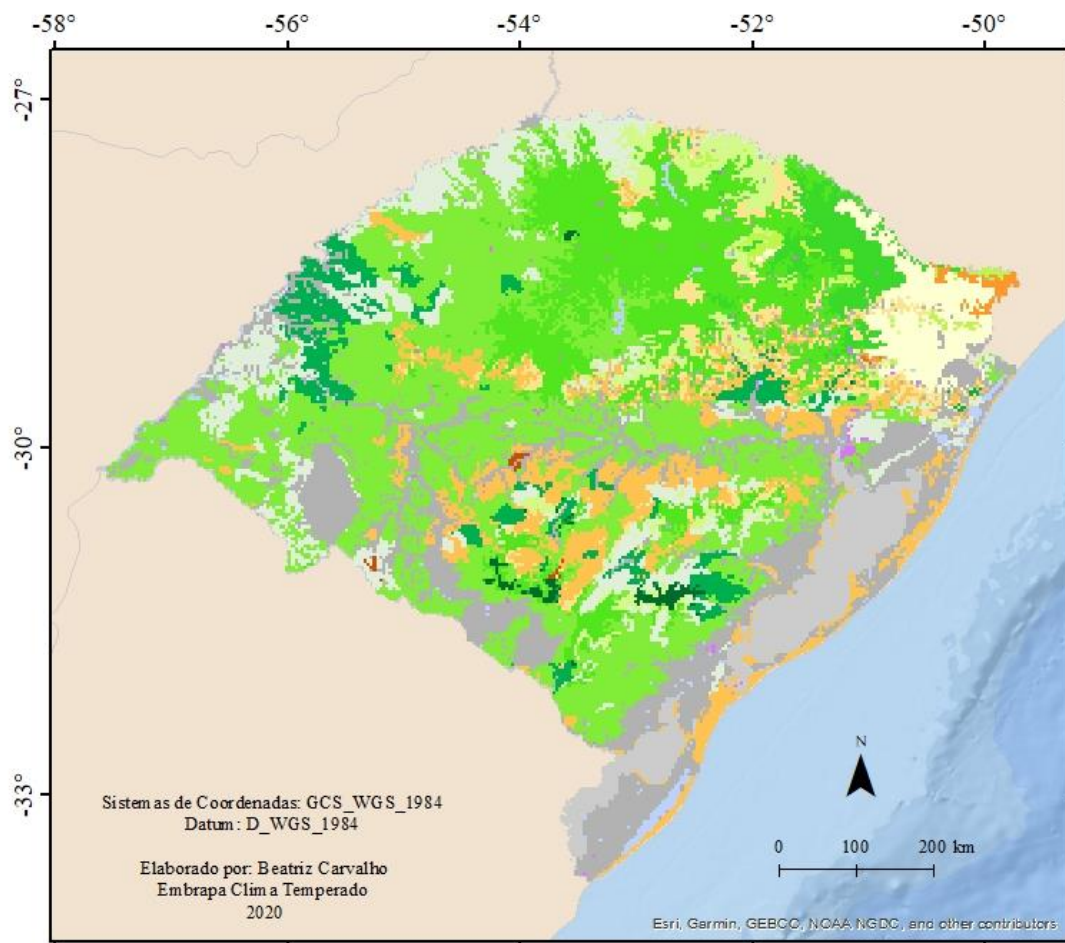
Anexo 9 – Mapa normalizado do zoneamento climático: Modelo de 7,2 °C – Dados de 30 anos



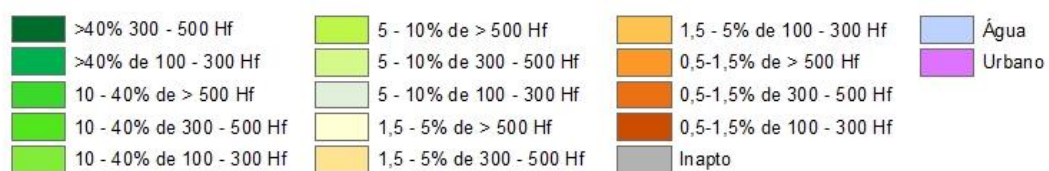
Anexo 10 – Mapa normalizado do zoneamento climático: Modelo de 13 °C



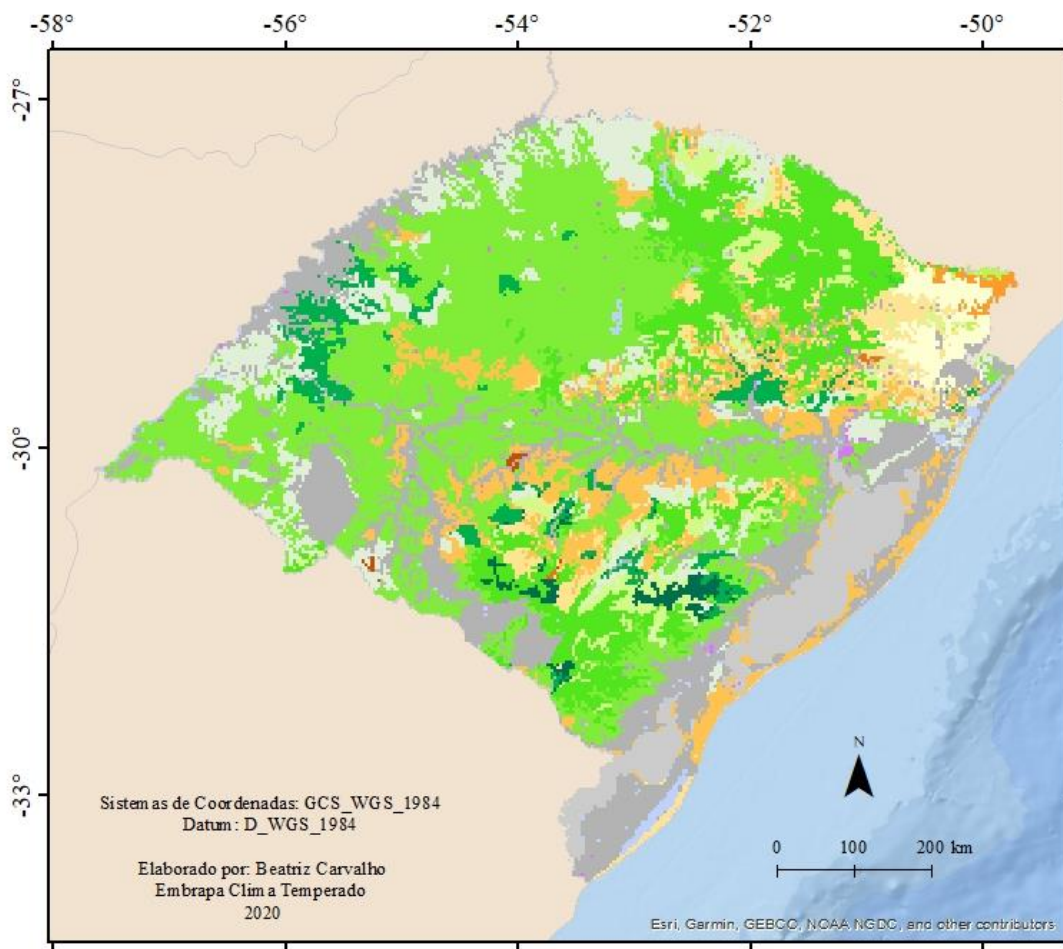
Anexo 11 – Mapa normalizado do zoneamento climático: Modelo de Gilreath



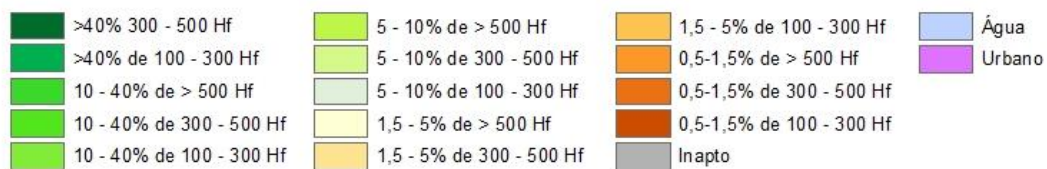
Aptidão



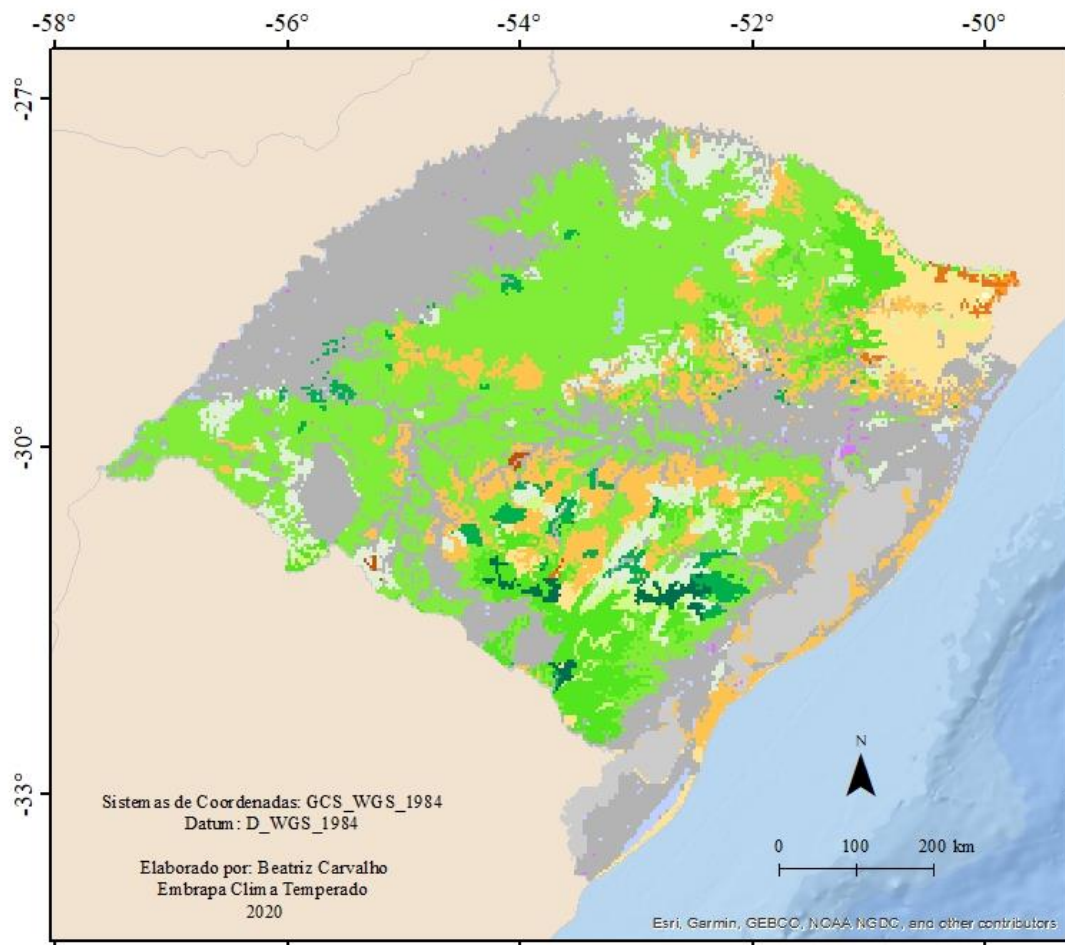
Anexo 12 – Zoneamento edafoclimático: Modelo de 7,2 °C



Aptidão



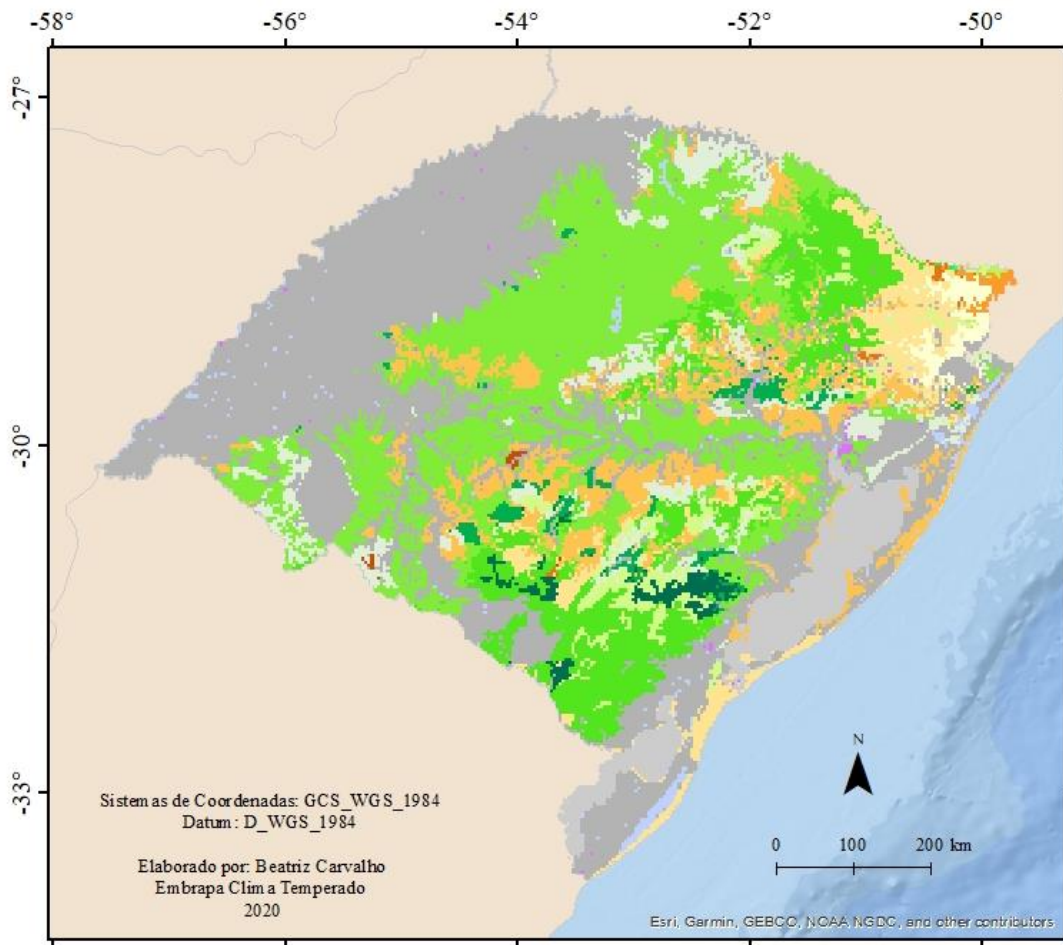
Anexo 13 – Zoneamento edafoclimático: Modelo de 7,2 °C – Dados 30 anos



Aptidão



Anexo 14 – Zoneamento edafoclimático: Modelo de 13 °C



Aptidão



Anexo 15 – Zoneamento edafoclimático: Modelo de Gilreath