

# REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA DOS ÍNDICES DE RISCO CLIMÁTICO PARA O CULTIVO DA NOGUEIRA PECÃ (*Carya illinoensis*) NO RIO GRANDE DO SUL

F. F. M. Rovani<sup>1</sup>, C. A. Wollmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

CT03 Cartografia

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa constou em definir os principais índices de risco para o cultivo da noqueira pecã no estado do Rio Grande do Sul e a metodologia para sua espacialização. Para tanto, foram coletados dados diários de temperatura máxima absoluta, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e número de horas de frio, das 23 estações meteorológicas do INMET no período de 15 anos. Além das variáveis climatológicas, coletaram-se dados referentes às fases fenológicas do cultivo junto aos referenciais teóricos. De posse dos dados, definiram-se cinco índices de risco climático para o cultivo: 1) falta de horas de frio; 2) temperaturas máximas superiores a 35°C; 3) excesso de precipitação; 4) estiagem; e 5) excesso de umidade relativa do ar. Os dados foram espacializados por meio do método de interpolação da krigagem ordinária no ArcGis 10.2.2. Esta proposta mostrou-se eficaz na representação cartográfica dos fenômenos adversos que mais influenciam no cultivo da noqueira pecã, bem como apresentou as áreas potenciais para o desenvolvimento e expansão do cultivo no Estado, sob o ponto de vista climático.

**Palavras chave:** Representação cartográfica, Risco climático, Nogueira pecã

## ABSTRACT

The objective of this research was to define the main risk indexes for pecan cropping in the of Rio Grande do Sul State and the methodology for their spatialization. For that, were collected data of absolute maximum temperature, relative air humidity, rainfall and number of cold hours from 23 weather stations of INMET in a period of 15 years. In addition to the climatological variables, data were collected regarding the phenological phases of the cropping along the theoretical references. With the data, five climatic risk indexes were defined for cultivation: 1) lack of chilling; 2) maximum temperature above 35°C; 3) excess rainfall; 4) drought; and 5) excessive relative humidity. The data were spatialized using the ordinary kriging interpolation method in ArcGis 10.2.2. This proposition proved to be effective in the cartographic representation of the adverse phenomena that most influence the pecan cultivation, as well as presenting the potential areas for the development and expansion of the cropping in the State, from a climatic point of view.

**Keywords:** Cartographic representation, Climatic risk, Pecan

### 1- INTRODUÇÃO

Os fenômenos climáticos adversos constituem-se em eventos capazes de produzir, direta ou indiretamente, danos para as pessoas ou materiais, e neste caso específico, para a produção agrícola. Mota e Agendes (1986) salientam que a seca e as estiagens são os maiores fenômenos adversos da agricultura brasileira tanto no Nordeste, como no Sul, Sudeste e Centro-Oeste, seguido das geadas e dos excessos hídricos. As variações extremas no clima influenciam fortemente na produtividade das culturas (Sparks, 1996). Para Dias (2007), depois de inserido um pomar

de nogueiras será necessário monitorar de forma permanente a evolução do cultivo ajustando-o de acordo com suas necessidades hídricas.

Estes fenômenos adversos podem manifestar-se nas três fases de desenvolvimento do cultivo: período vegetativo (repouso vegetativo e desenvolvimento das gemas e folhas), período reprodutivo (floração, polinização, desenvolvimento e maturação dos frutos) e na senescência (amarelecimento e caída das folhas). Desta forma, podem-se destacar como fenômenos adversos desta cultura as temperaturas superiores a 35°C, a falta de

horas de frio, as estiagens e/ou secas, as precipitações excessivas e a umidade relativa do ar elevada.

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

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

As precipitações excessivas durante o período de colheita das nozes podem ocasionar um comportamento irregular no próximo ano (Sparks, 1996; 1997). Chuvas constantes no período de florescimento podem prejudicar a polinização (Mota e Zahler, 1994). O desenvolvimento da amêndoa e sua qualidade poderão ser suprimidas devido às chuvas excessivas durante o período de crescimento (Sparks, 1995; 1996). As chuvas excessivas associadas à alta umidade também propiciam o desenvolvimento da sarna (*Cladosporium caryigenum*), a maior doença de folhas e frutos da pecã (Figura 17), acarretando diretamente sua produção do ano corrente e no posterior (Raseira, 1990; Sparks, 1996). Esta doença pode suprimir fortemente o crescimento do fruto nos meses de dezembro a março e a folhagem é suscetível durante a sua expansão foliar nos finais de setembro e outubro, reduzindo a eficiência fotossintética e suprimindo o tamanho da folha e/ou causando desfolhamento (Sparks, 1996).

Com base nestas premissas, o objetivo deste estudo consistiu em espacializar os índices de risco climático do cultivo da noqueira pecã para o estado do Rio Grande do Sul. Esta espacialização apresenta as áreas com maior ou menor risco climático para o cultivo, com base nas suas fases fenológicas.

## 2- MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa coletou-se dados climatológicos diários junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referente à temperatura máxima absoluta, temperatura média do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e número de horas de frio, no período de 1998 a 2013, das 23 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul. Coletou-se também, dados de produção da noqueira pecã junto a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS) e dados referentes aos requerimentos climáticos e fenologia do cultivo. Os dados climáticos foram organizados em planilhas do *Microsoft Office Excel*, na forma mensal e anual e realizado as análises estatísticas de tendência central e variabilidade. Em seguida, foram inseridos no banco de dados geográficos do ArcGIS 10.2.2.

Definiu-se cinco índices de risco climático com base nas características climáticas da área de estudo, juntamente com as características da região de origem da noqueira, embasados nos estudos desenvolvidos por Sparks (1996; 1997; 2005) e Sierra, López e Pérez (2007). Os cinco índices de risco climático foram definidos de acordo com as fases fenológicas em que os mesmos apresentavam ocorrências e definidos pelas classes de muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto risco.

O índice de risco de falta de horas de frio (temperaturas inferiores a 7,2°C) foi elaborado no período de dormência das plantas (maio a setembro) e contemplou o intervalo de horas de frio entre 300 a 350 horas (muito baixo) até horas de frio abaixo de 150 horas (muito alto).

O índice de risco de temperaturas superior a 35°C foi analisado na polinização e floração (outubro a novembro) e na formação dos frutos (janeiro e fevereiro) com base na frequência das ocorrências do número de dias em que a temperatura máxima foi superior a 35°C, variando de até dois dias (muito baixo) até temperatura máxima superior a 35°C maior que 5 dias (muito alto).

O índice de risco de excesso de precipitação foi considerado no período de expansão foliar (setembro e outubro), floração e polinização (outubro e novembro), formação dos frutos (dezembro, janeiro e fevereiro) e na colheita (abril e maio) com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos, variando de pluviosidade consecutiva durante 2 dias (muito baixo) até superior a 5 dias (muito alto).

O índice de risco de estiagem foi observado na estação de crescimento das nozes (outubro a abril) que compreende os estágios fenológicos de floração, formação e maturação dos frutos, considerando o intervalo de pluviosidade entre 687,5 e 750 mm (muito baixo) até inferior a 500 mm (muito alto).

O índice de excesso de umidade relativa do ar foi analisado no período de floração e polinização

(outubro e novembro) com base na frequência da ocorrência de dias consecutivos com umidade relativa do ar acima de 80%, considerando umidade relativa do ar acima de 80% durante 3 a 4 dias consecutivos (muito baixo) até superior a 8 dias consecutivos (muito alto). A espacialização dos cinco índices de risco foi por meio do método da krigagem ordinária. Utilizou-se a variável visual cor para todas as representações, variando do amarelo claro (riscos mais baixos) até o vermelho (riscos mais elevados).

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultado desta pesquisa destacam-se os cinco índices de risco climático para a noqueira pecã no Rio Grande do Sul, em diferentes fases fenológicas do cultivo. O índice de risco de temperaturas superiores a 35°C na floração e polinização é um risco muito baixo (Figura 1A). Como se pode observar, o índice de risco foi considerado muito baixo para todo o Estado, ou seja, prevaleceu a ocorrência de temperaturas superiores a 35°C até dois dias durante os meses de outubro e novembro.

Para este mesmo índice, mas no período de formação dos frutos (Figura 1B), destaca-se a presença de três classes. O risco muito baixo, temperaturas superiores a 35°C até dois dias, compreende 67,4% da área de estudo, isto é, a maior parte, com exceção da fronteira noroeste do Estado, com a Argentina e parte com o Uruguai. O risco baixo, temperaturas superiores a 35°C até três dias, representa 25,2% da área total, compreendendo a região de Uruguiana em direção a Iraí, ao norte. Compreende cinco dos maiores municípios produtores de nozes: São Vicente do Sul, Quevedos, Crissiumal, Iraí e Ajuricaba. Uma pequena região, na fronteira com a Argentina, incluindo São Luiz Gonzaga representa 7,4% do total, com risco médio e temperaturas superiores a 35°C até quatro dias.

Para o índice de risco de excesso de precipitação no período de expansão foliar (Figura 1C) verificou-se a presença das classes de risco muito baixo, baixo e médio. O risco muito baixo com precipitações consecutivas durante dois dias incide em 4% da área estadual. Nessa área, ainda não há registro de municípios produtores de noz pecã. Na maior parte do Estado, 72,9% do território, destaca-se a incidência do baixo risco, com precipitações consecutivas até três dias. Nessa área, estão incluídos alguns dos maiores municípios produtores de nozes, tais como Santa Maria, Cachoeira do Sul, Anta Gorda, General Câmara, Cruzeiro do Sul e São Vicente do Sul. Destacam-se também, duas regiões, uma ao norte, junto a Iraí e Passo Fundo, e outra a leste, envolvendo Cambará do Sul, Bom Jesus e Torres, que apresentaram risco médio (23,1%), com precipitações consecutivas até quatro dias.

O índice de risco de excesso de precipitação na floração da noqueira (Figura 1D) apresentou risco muito baixo em 11,7% da área territorial, baixo em 85% e risco médio em 3,3%. O risco muito baixo,

precipitações consecutivas durante dois dias, bem como o risco baixo, precipitações consecutivas até três dias, aumentaram a sua área de ocorrência quando comparados com o índice de risco na expansão foliar. O risco baixo prevaleceu em 85% do Estado.

O índice de risco de excesso de precipitação na formação dos frutos também apresentou três classes de ocorrência (Figura 1E). Destaca-se a presença do risco muito baixo em mais da metade do Estado (64,8%), compreendendo parte da fronteira oeste com a Argentina, toda a fronteira com o Uruguai, parte da faixa litorânea, limitando-se com as regiões de Triunfo, Cruz Alta e São Luiz Gonzaga. O risco baixo, precipitações consecutivas até três dias, representa 32,1% do total e compreende as regiões de Iraí, Ibirubá, Lagoa Vermelha, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Porto Alegre e Campo Bom. A região que compreende Bom Jesus, Cambará do Sul e Torres, apresenta risco médio, ou seja, precipitações consecutivas até quatro dias e está presente em 3,1% do território. Nessa região, ainda não há registro de municípios produtores de noqueiras.

O índice de risco de estiagem no período de crescimento das nozes, nos meses de outubro a abril, compreende os estágios fenológicos de floração, formação, maturação e colheita dos frutos (Figura 1F). O índice de risco de estiagem no período de crescimento das nozes, meses de outubro a abril, apresentou somente a classe de risco muito baixo em 3,1% do território gaúcho. Isso indica que 96,9% da área está situada fora dos valores do índice de risco, ou seja, com precipitações pluviométricas superiores a 750 mm nesse período.

O índice de risco de falta de horas de frio no período de dormência (Figura 2A) apresentou-se em 57,5% do território gaúcho e duas regiões, uma ao norte e outra ao sul, sem a presença de risco, representando 42,5% da área total. O risco muito baixo, que compreende as áreas situadas entre 300 e 350 horas de frio, representa 15,5% da área total. O risco baixo, entre 250 e 300 horas de frio, ocupa 20,2% da área, ou seja, maior proporção de área ocupada pelos riscos. A faixa compreendida entre 200 e 250 horas foi classificada de risco médio e representa 13,7% da área. Alguns dos maiores municípios produtores de nozes encontram-se localizados nessas duas áreas, devido, sobretudo, à influência do relevo, isto é, da diferença de altitude. São eles: São Vicente do Sul, Santa Maria, Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Cruzeiro do Sul e General Câmara. O risco alto (6,4%) que compreende horas de frio entre 150 a 200, e muito alto (1,7%), com horas de frio inferiores a 150, apresentaram as menores proporções de termos de área. Na área de risco alto, destacam-se os municípios de Iraí e Crissiumal e, na de risco muito alto, os municípios fronteiriços tais como São Borja, Garrujos, Porto Xavier, Itaqui e Roque Gonzáles.

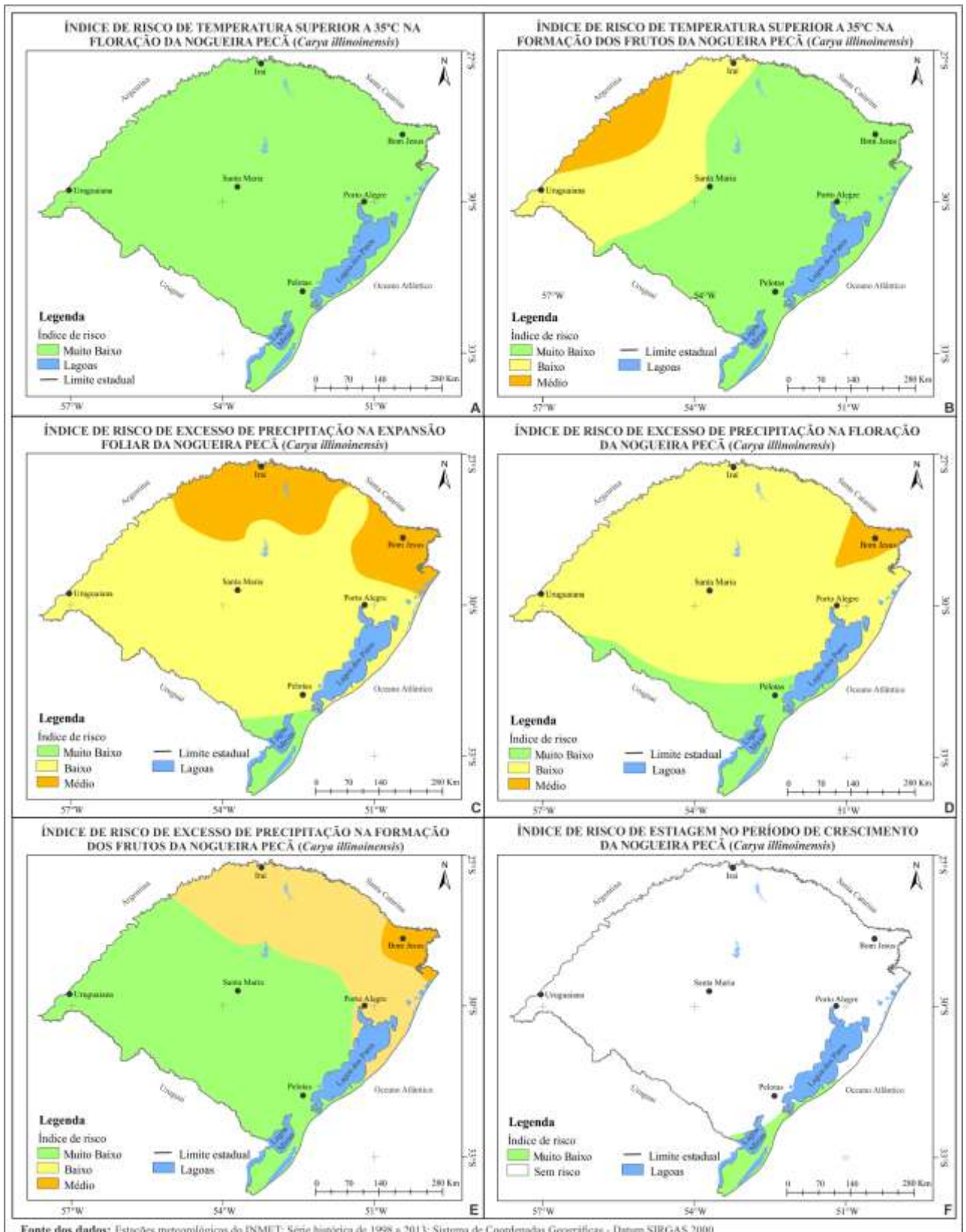


Fig. 01 – Índice de risco de temperaturas superiores a 35°C na floração (A) e na formação dos frutos (B); Índice de risco de excesso de precipitação na expansão foliar (C), na floração (D) e na formação dos frutos (E); e Índice de risco de estiagem no período de crescimento da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) (F).

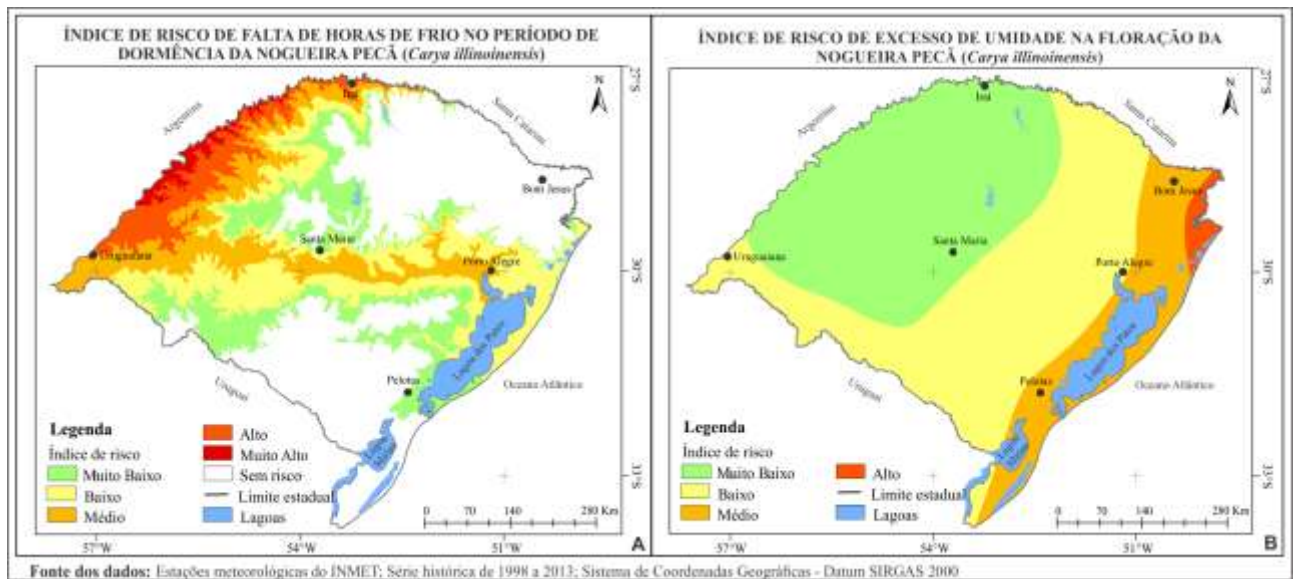


Fig. 02 – Índice de risco de falta de horas de frio no período da dormência (A) e Índice de risco de excesso de umidade na floração da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) (B).

O índice de risco de excesso de umidade relativa do ar para o período de floração e polinização da noqueira (Figura 2B) apresentou presença de quatro classes de risco. Em 42,9% do Estado, destaca-se o risco muito baixo, ou seja, umidade relativa superior a 80% durante três a quatro dias consecutivos. Em proporção aproximada, 42,2%, apresenta o risco baixo, umidade relativa superior a 80% durante cinco dias consecutivos. O risco médio, umidade relativa superior a 80% durante seis dias, destaca-se em 13,2% do território. O risco alto, umidade relativa superior a 80% durante sete dias consecutivos, representa 1,7% da área nas regiões que compreendem Torres e Cambará do Sul, com forte influência da umidade marítima. Nessa área, ainda não há registro de municípios produtores de nozes.

#### 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta proposta mostrou-se eficaz na representação cartográfica dos fenômenos climáticos adversos que mais influenciam no cultivo da noqueira pecã, utilizando-se da espacialização por krigagem. Além disso, os cinco índices apresentaram as áreas com maiores ou menores riscos de incidência nas fases fenológicas do cultivo. O índice de risco de estiagem apresentou a menor ocorrência e o índice de risco de falta de horas de frio no período de dormência, apresentou as cinco classes de risco no Estado.

#### 5- AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado da primeira autora.

#### 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dias, H. E., 2007. Necesidades hídricas y riego del pecán. In: LAVADO, Raúl. S.; FRUSSO, E. A. (Org.).

Producción de pecán en Argentina. Buenos Aires: [s.n], pp. 1- 21.

Grageda, J. G. et al., 2013. El clima y la producción de nogal pecanero, em XIV Simposio Internacional De Nogal Pecaneiro. México, v. 01, pp. 55-66.

Mota, F. S. da; M. O. de O. Agendes, 1986. Clima e agricultura no Brasil. Porto Alegre: SAGRA.

Mota, F. S. da; P. J. M. Zahler, 1994. Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul. Pelotas: Livraria Mundial.

Raseira, A., 1990. A cultura da noqueira pecã. Comunicado Técnico. Pelotas: EMBRAPA, nº 63, p. 3.

Sierra, E. M.; E. L. López; S. P. Pérez, 2007. Agroclimatología del pecán (*Carya illinoensis*) en la Argentina. Em: Lavado, R. S.; E. A. Frusso. (Org.). Producción de pecán en Argentina. Buenos Aires: [s.n], pp. 1-10.

Sparks, D. A, 1995. Climatic approach to pecan scab control. HortTechnology. v. 5, n. 3, p. 225 – 230.

Sparks, D. A, 1996. Climatic Model for Pecan Production under Humid Conditions. Journal of the American Society Horticultural Science. Georgia, v. 121, n. 5, p. 908 – 914.

Sparks, D. A, 1997. A climatic model for predicting Georgia's pecan production. Proc. S. E. Pecan Growers Assn. v. 90, p. 32 – 44.

Sparks, D. A, 2005. Adaptability of Pecan as a Species. HortScience. Georgia, v. 40, n. 5, p. 1175 – 1189.