

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Meteorologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Meteorologia**



Dissertação

**Impacto de Eventos Severos na Agricultura do Rio Grande do Sul**

**Dejanira Ferreira Braz**

Pelotas, 2015

**Dejanira Ferreira Braz**

**Impacto de Eventos Severos na Agricultura do Rio Grande do Sul**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Barros Pinto

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Rejane Jacondino de Campos

Pelotas, 2015

Dados de catalogação na fonte:  
Ubirajara Buddin Cruz – CRB-10/901  
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

B827i      Braz, Dejanira Ferreira  
              Impacto de eventos severos na agricultura do Rio Grande  
              do Sul / Dejanira Ferreira Braz. – 94f. : il. – Dissertação (Mes-  
              trado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Uni-  
              versidade Federal de Pelotas. Faculdade de Meteorologia.  
              Pelotas, 2015. – Orientador Luciana Barros Pinto ; coorienta-  
              dor Claudia Rejane Jacondino de Campos.

              1.Meteorologia. 2.ENOS. 3.Produtividade. 4.Estiagem.  
              I.Pinto, Luciana Barros. II.Campos, Claudia Rejane Jacondi-  
              no. III.Título.

CDD: 630.2515

**Dejanira Ferreira Braz**

**Impacto de Eventos Severos na Agricultura do Rio Grande do Sul**

**Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Meteorologia, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Faculdade Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas.**

**13 de fevereiro de 2015**

**Banca examinadora**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Barros Pinto (Orientadora)  
Doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Rejane Jacondino de Campos  
Doutora em Física da Atmosfera pela Universidade Toulouse-França.**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Graciela Redies Fischer  
Doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliana Velda Klering  
Doutora em Agrometeorologia pela Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).**

## **Dedicatória**

Aos meus pais e, em especial, ao meu avô que do céu me protege e cuida de mim.

## **Agradecimentos**

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me proporcionando forças para que eu não desistisse de ir atrás do que eu buscava para minha vida.

Mãe, pai, irmãos, amor, sem vocês nada disso seria possível. Obrigado pelo apoio, carinho e compreensão. Muitos obstáculos foram impostos para mim durante o primeiro ano, mas graças a vocês eu não fraquejei. Essa vitória não é só minha, é nossa!

À Professora Dr<sup>a</sup> Luciana Barros Pinto, responsável pela minha orientação, e também por toda a sua paciência, conselhos e por seu jeito descontraído e carinhoso.

À banca examinadora pelas sugestões de grande valia para que o trabalho ficasse ainda mais elaborado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

## Resumo

BRAZ, Dejanira Ferreira. **Impacto de Eventos Severos na Agricultura no Rio Grande do Sul**. 2015. 94f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Os eventos severos (ES) podem causar prejuízos econômicos e sociais, com danos na agricultura e pecuária de uma região. O Rio Grande do Sul (RS), por ter grande parte da sua economia baseada na agricultura, sofre diretamente com a ocorrência de ES ao longo do ciclo de desenvolvimento das culturas, o que pode acarretar em quebra de safras. O objetivo deste trabalho foi analisar a ocorrência dos ES que atingiram a agricultura no RS, e caracterizar espacial e temporalmente o ES mais frequente bem como sua distribuição temporal, a relação deste com o fenômeno ENOS e o impacto dentro das principais culturas do Estado. Para isto, foram utilizados dados de ocorrência de ES que afetaram a área rural por municípios do RS no período de 2003 a 2012, obtidos no banco de dados da Defesa Civil do RS (DCRS). Para a análise do impacto nas culturas agrícolas, foram utilizados os dados de produtividade, rendimento e valor bruto das culturas de arroz, soja, milho e trigo (EMATER e IBGE). Foi observado o registro de ES durante todos os meses de todos os anos, com maior frequência nos meses de verão e outono, sendo que os ES mais frequentes são estiagem, granizo e vendaval, respectivamente. A estiagem em geral ocorre com maior frequência nos meses de dezembro a julho, e em meses sem a atuação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Mas ao compararmos a ocorrência dentro de cada fase de ENOS, observou-se que os casos de estiagem são mais frequentes em períodos de La Niña, nos meses de dezembro a março. Em relação à distribuição geográfica, a maior parte dos municípios atingidos por ano pela estiagem no RS estavam localizados na metade norte do Estado, embora a maioria das Regionais de Defesa Civil (REDECS) tenha registrado estiagem em todos os seus municípios pelo menos uma vez no período de estudo. Os anos com maiores danos para os agricultores do RS foram 2005, 2009 e 2012, sendo que a maior perda na produção final de grãos foi em 2012 em relação a 2011 foi de quase 100 milhões de toneladas de grãos. A intensidade da estiagem devido a atuação do fenômeno La Niña gerou déficit de precipitação à 296 municípios do RS, impactando diretamente na produção agrícola do Estado.

Palavras-chave: Estiagem, ENOS, produtividade.

## Abstract

BRAZ, Dejanira Ferreira. **Impact of Severe Events in Agriculture in Rio Grande do Sul**. 2014. 94f. Thesis (Master) - Graduate Program in Meteorology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Severe events (ES) can cause economic and social losses, damage to agriculture and livestock in a region. The state of Rio Grande do Sul (RS), because much of its economy is based on agriculture, suffers directly with the occurrence of ES along with the development cycle of the crops, which can result in crop failures. The objective of this study was to analyze the occurrence of ES that hit agriculture in RS, and characterize spatially and temporally the most frequent ES and its temporal distribution, the relationship with the ENSO phenomenon and the impact within the state's major crops. For this, ES occurrence data were used that affected the rural area by RS municipalities from 2003 to 2012, obtained from the Civil Defense database RS (DCRS). For the analysis of the impact on agricultural crops, productivity data were used, yield and gross value of rice, soybean, corn and wheat (EMATER and IBGE). The ES log was observed during every month of every year, most often in the summer months and fall. And the most frequent ES are drought, hail and gale, respectively. The drought usually occurs more frequently between the months December to July, and months without the work of the El Niño Southern Oscillation (ENSO). But when comparing the occurrence within each ENSO phase, it was observed that cases of drought are more frequent during periods of La Niña in the months from December to March. Regarding geographical distribution, most of the municipalities affected by the drought year in RS were located in the northern half of the state, although the majority will of REDECS has recorded drought in all municipalities at least once during the study period. The worst years with further damage to farmers in RS were in 2005, 2009 and 2012, with the greatest loss in the final grain yield was in relation to 2012 and 2011 it was of nearly 100 million tons of grain. The intensity of the drought was because of the La Niña phenomenon that generated precipitation Deficit 296 municipalities in the RS, directly impacting production.

Keywords: Drought, ENOS, productivity.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa topográfico. ....	18
Fonte: ASERS (2014).	
Figura 2 – Divisão municipal do RS. ....	19
Fonte: ASERS (2014).	
Figura 3 - Bacias hidrográficas do RS. ....	20
Fonte: ASERS (2014).	
Figura 4 - Tipos de clima da Região Sul do Brasil. ....	20
Fonte: ANTUNES (1996, p.90).	
Figura 5 – Atuação das massas de ar que atuam no Brasil: Verão (à esquerda e Inverno (à direita). ....	21
Fonte: Tubelis e Nascimento (1988).	
Figura 6 - Temperatura média anual do RS. ....	22
Fonte: ASERS (2014).	
Figura 7 - Precipitação pluvial média anual do RS. ....	22
Fonte: ASERS (2014).	
Figura 8 - Condições oceânica e atmosférica no Oceano Pacífico Tropical: (a) condições normais e (b) condições de El Niño. ....	24
Fonte: CPTEC/INPE	
Figura 9 - Condições oceânica e atmosférica no Oceano Pacífico Tropical: (a) condições normais e (b) condições de La Niña. ....	24
Fonte: CPTEC/INPE	
Figura 10 - Condições anômalas no Pacífico Tropical. ....	26
Fonte: Ashok e Yamagata (2009).	
Figura 11 - Distribuição de produtividade do país. ....	27
Fonte: LSPA/IBGE 2013.	
Figura 12 - Municípios que cultivam soja. ....	28
Fonte: ASERS(2014).	

Figura 13 - Municípios que cultivam trigo.....	28
Fonte: ASERS(2013).	
Figura 14 - Municípios que cultivam arroz.....	29
Fonte: ASERS(2013).	
Figura 15 - Municípios que cultivam milho. ....	30
Fonte: ASERS(2013).	
Figura 16 - Coordenadorias Regionais de Defesa Civil do RS.....	39
Fonte: Defesa Civil/RS	
Figura 17– Distribuição do número de dias/mês com a atuação de ES de 2003-2012 no estado do RS.....	45
Figura 18- Distribuição do número de dias/meses com a atuação de estiagem de 2003-2012 no estado do RS.....	47
Figura 19- Distribuição do número de dias/ano com a atuação de estiagem de 2003-2012 no estado do RS. ....	47
Figura 20 - Distribuição espacial dos registros de casos de estiagem (em itálico) no RS, divididos por REDECS, onde: REDEC 1 – Metropolitana; REDEC 2 – Passo Fundo; REDEC 3 – Santa Maria; REDEC 4 – Pelotas; REDEC 5 – Santo Ângelo; REDEC 6 – Santa do Livramento; REDEC 7 – São Luiz Gonzaga; REDEC 8 – Imbé; REDEC 9 – Caxias do Sul; REDEC 10 – Uruguaiana e REDEC 11 - Lajeado. Sendo 2003 (a),2004(b),2005(c),2006(d) e 2007(e).....	52
Figura 21–Distribuição espacial dos registros de casos de estiagem (em itálico) no RS, divididos por REDECS, onde: REDEC 1 – Metropolitana; REDEC 2 – Passo Fundo; REDEC 3 – Santa Maria; REDEC 4 – Pelotas; REDEC 5 – Santo Ângelo; REDEC 6 – Santa do Livramento; REDEC 7 – São Luiz Gonzaga; REDEC 8 – Imbé; REDEC 9 – Caxias do Sul; REDEC 10 – Uruguaiana e REDEC 11 - Lajeado. Sendo 2008(a),2009(b),2010(c),2011(d) e 2012(e).....	53
Figura 22- Distribuição do desvio de precipitação trimestral(mm/trimestral) dos anos: 2004 Jan-fev-mar(a), abri-mai-jun (b), jul-ago-set (c), out-nov-dez (d) e 2005 jan-fev-mar(e), abri-mai-jun(f), jul-ago-set(g) e out-nov-dez(h).	56
Figura 23 - Distribuição do desvio de precipitação trimestral(mm/trimestral) dos anos: 2008 Jan-fev-mar(a), abri-mai-jun (b), jul-ago-set (c), out-nov-dez	

(d) e 2009 jan-fev-mar(e), abri-mai-jun(f), jul-ago-set(g) e out-nov-dez(h). .....	57
Figura 24- Distribuição do desvio de precipitação trimestral(mm/trimestral) dos anos: 2011 Jan-fev-mar(a), abri-mai-jun (b), jul-ago-set (c), out-nov-dez (d) 2012 jan-fev-mar(e), abri-mai-jun(f), jul-ago-set(g) e out-nov-dez(h). .	58
Figura 25- Rendimento médio de arroz dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f). .....	60
Figura 26- Desvio de rendimento médio de arroz entre as safras dos ano: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012. ....	61
Figura 27- Gráfico da distribuição da produção e do rendimento médio de arroz no RS para o período de 2003-2012. ....	62
Figura 28- Distribuição do valor bruto da produção de arroz no RS para o período de 2003-2012. ....	63
Figura 29 – Rendimento médio de milho dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f). ....	64
Figura 30- Desvio de rendimento médio de milho entre as safras dos ano: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012. ....	65
Figura 31- Gráfico da distribuição da produção e do rendimento médio de milho no RS para o período de 2003-2012. ....	67
Figura 32- Distribuição do valor bruto da produção de milho no RS para o período de 2003-2012. ....	67
Figura 33- Rendimento médio de soja dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f). ....	68
Figura 34- Desvio de rendimento médio de soja entre as safras dos ano: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012. ....	70
Figura 35- Distribuição da produção e do rendimento médio de soja no RS para o período de 2003-2012. ....	71

Figura 36-Distribuição do valor bruto da produção de soja no RS para o período de 2003-2012. ....	71
Figura 37- Rendimento médio de trigo dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f). ....	72
Figura 38- Desvio de rendimento médio de trigo entre as safras dos ano: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012. ....	73
Figura 39-Distribuição da produção e do rendimento médio de trigo no RS para o período de 2003-2012. ....	74
Figura 40-Distribuição do valor bruto da produção de trigo no RS para o período de 2003-2012. ....	74
Figura 41- Produção dos de grãos (soja, milho, trigo e arroz) no RS para o período de 2003-2012. ....	75

### **Lista de tabelas**

Tabela 1- Número de municípios que compõem cada REDEC.....	39
Tabela 2- Número de dias/mês com a atuação de ES de 2003-2012.....	44
Tabela 3- Número de dias/mês com a atuação de estiagem. Para identificar a influência dos fenômenos ENOS temos: Em vermelho, azul e branco os meses com atuação dos fenômenos EL Niño, La Niña e Neutro, respectivamente. ....	46
Tabela 4- Número de municípios atingidos. ....	50

## **Lista de abreviatura e siglas**

AMJ	Abril-Maio-Junho
ASERS	Atlas Socioeconômica do RS
C	Clima Temperado
Cfa	Clima temperado úmido com Verão quente
Cf	Clima Oceânico sem estações secas
Cfb	Clima temperado úmido com Verão temperado
cT	Continental Tropical
DCRS	Defesa Civil do Rio Grande do Sul
ENOS	El Niño Oscilação Sul
ES	Eventos Severos
ESRS	Eventos Severos no Rio Grande do Sul
FAO	Food and Agriculture Organization
ForTrACC	Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters
EN	El Niño
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
IEE	Índices de Estabilidade Estática
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JAS	Julho-Agosto-Setembro
JFM	Janeiro-Fevereiro-Março

LN	La Niña
LSPA	Levantamento Sistemático de Produção Agrícola
mT	Massas de ar Marítima Tropical
mP	Marítima Polar
MN	Metade Norte
MS	Metade Sul
NCAR	National Centers for Atmospheric Research
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
OND	Outubro-Novembro-Dezembro
REDEC	Coordenadorias Regionais de Defesa Civil
RS	Rio Grande do Sul
SCM	Sistemas convectivos de mesoescala
SF	Sistemas frontais
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
VBP	Valor Bruto Produzido

## Sumário

1. Introdução .....	15
2 Revisão de literatura .....	18
2.1 Características da área de estudo.....	18
2.2 Agricultura no RS .....	26
2.3 Eventos severos no RS.....	30
2.4 Eventos severos que afetam a agricultura RS .....	33
3. Matérias e Métodos.....	38
3.1 Distribuição dos ESRSr no período 2003-2012.....	40
3.2 Análise do ES mais frequente .....	40
3.2.1 Análise dos municípios atingidos .....	41
3.2.2 Análise das REDECs atingidas .....	41
3.2.3 Análise da distribuição da precipitação pluvial. ....	42
3.2.4 Análise do impacto do ES sobre as culturas do RS .....	43
4.Resultados e Discussões .....	44
4.1 Análise da ocorrência de ES que atingiram a agricultura do Estado do RS, no período de 2003 a 2012 .....	44
4.2. Análise do ES mais frequente .....	46
4.3. Comportamento da precipitação associada aos eventos mais intensos de estiagem.....	54
4.4. Relação entre a produtividade e a estiagem no RS .....	59
4.4.1. Arroz.....	59
4.4.2. Milho.....	63
4.4.3. Soja .....	67
4.4.4. Trigo .....	71
5. Conclusões.....	76
6. Referências .....	78

## 1. Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é o terceiro maior produtor e exportador de grãos do Brasil, sendo responsável por aproximadamente 15,7% da safra total do país (IBGE, 2013). O clima contribui para a economia do RS que é baseada na agricultura (soja, trigo, arroz e milho), na pecuária e na indústria. Com uma área territorial de aproximadamente 282.184 km<sup>2</sup>, localizado entre as latitudes de 27°05' S e 33°45' S e longitudes de 49°43' O e 57°39' O (ATLAS SOCIO ECONÔMICA DO RS, 2013), o RS enquadra-se climaticamente na zona fundamental temperada ou "C" e no tipo fundamental "Cf" ou temperado úmido, segundo o sistema de classificação climática de Köppen (MORENO, 1961).

O regime de precipitação do RS é caracterizado por apresentar valores médios de precipitação pluvial bem distribuídos ao longo do ano, embora com variações espaciais e sazonais (MOTA, et al. 1971; TUBELIS; NASCIMENTO, 1983; NIMER, 1989; VIANELLO; ALVES, 2000). A variabilidade interanual da precipitação em toda a região Sul do Brasil está diretamente ligado a fenômenos de circulação atmosférica, tanto em escala regional quanto global (GRIMM et al., 2000). Os principais sistemas meteorológicos que atuam no RS e, que contribuem para a distribuição da precipitação no Estado, são os sistemas convectivos de mesoescala (SCM) e os sistemas frontais (SF). Nas estações frias (AMJ: Abr-Mai-Jun e JAS: Jul-Ago-Set) grande parte da precipitação registrada no RS é associada à SF e nas estações quentes (OND: Out-Nov-Dez e JFM: Jan-Fev-Mar) a SCM (SCAGLIONI; SARAIVA, 2005; MARQUES, 2005).

Dentre os fenômenos de grande escala que alteram a circulação global e os padrões de precipitação, pode-se citar o fenômeno climático ENOS (El Niño Oscilação Sul), que resulta da interação oceano-atmosfera onde se observa alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos

ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e no Pacífico oeste próximo à Austrália (BARROS et al., 1996; VILA; BERRI, 1996; POVEDA; MESA, 1997; MAGAÑA; CONDE, 2000). Portanto, em períodos de anomalias da TSM positiva considera-se como episódio quente com ocorrência de El Niño (EN), do contrário considera-se como La Niña (LN) em episódios frios (GRIMM et al., 1996; MAGRIN et al., 1998; OLIVEIRA, 2001). No Sul do Brasil existe um evidente sinal de variabilidade climática relacionado com o fenômeno ENOS, ou seja, os episódios quentes (EN) estão correlacionado à precipitação pluvial acima da normal e os episódios frios (LN), relacionados à diminuição da precipitação pluvial no RS (KOUSKY; CAVALCANTI, 1984; FONTANA; BERLATO, 1997; DIAZ et al., 1998; GRIMM et al., 2000). Portanto, os SCM, SF e o ENOS além de influenciarem a distribuição da precipitação também podem influenciar a ocorrência de Eventos Severos (ES) no RS.

Os ES, tais como, vendaval, granizo, enchente, estiagem, entre outros, causam grandes impactos econômicos e sociais nas regiões onde atuam. Normalmente ocorrem associados à sistemas meteorológicos de diferentes escalas espaço-temporal, como por exemplo, SCM, SF e ENOS. Portanto identificar e conhecer a distribuição temporal e espacial, assim como os impactos gerados por esses tipos de eventos é de fundamental importância para qualquer região.

A ocorrência de ES, ao longo do ciclo de desenvolvimento das culturas agrícolas pode acarretar perdas de rendimento de grãos, e, conseqüentemente, redução das produtividades de safras. As reduções de safra (quebras de safra) têm impactos sobre políticas de definição de preços, de logística de transportes e de planejamento de estoques públicos, ou seja, afetam diretamente a segurança alimentar de um país ou região (ASSAD et al., 2007). No Sul do Brasil, os maiores prejuízos causados por ES acontecem nas lavouras de cereais, nos pomares de frutíferas de clima temperado, nos cultivos de plantas olerícolas e na cultura de fumo, entre outras tantas atingidas em menor escala (WESTPHALEN, 1976; MUNDSTOCK, 1999; VILPERTE, 2011; RIBEIRO, 2012; KLANOVICZ, 2013).

A dificuldade na previsão da variabilidade meteorológica e climática é uma das principais fontes de risco para as atividades agrícolas (CUNHA; ASSAD, 2001; GROSS et al., 2012; REIS et al., 2012; SPERLING et al., 2012). A maioria dos problemas que afetam as safras brasileiras devem-se à ocorrência de secas, chuvas fortes e geada (FERREIRA, 2005; FAVERO, 2012; SOBRINHO, 2014).

Como exemplo, podemos citar as culturas de verão (arroz, feijão, milho, soja, mandioca e outras plantadas) em que as perdas por seca ou por chuvas fortes alcançam até 60% e 32%, respectivamente (ROSSETTI, 2002). A ocorrência de geadas também traz grandes transtornos para agricultura como o registrado durante o ano de 2006, em que o RS sofreu uma grande quebra na safra de trigo, com desvios negativos de 817 kg ha<sup>-1</sup> em relação à média das safras anteriores, isto pois o evento ocorrido prejudicou as lavouras que estavam em fase de desenvolvimento vegetativo, prejudicando o rendimento final das lavouras (JUNGES et al., 2007). Um tipo de ES bastante comum no RS, principalmente no período de primavera-verão, é a estiagem, frequentemente relacionadas com o fenômeno ENOS, principalmente na sua fase fria (LN) (GRIMM; SANTANNA, 2000). De acordo com levantamentos da EMATER/RS, em anos de LN podem ocorrer perdas de até 5,6 milhões de toneladas de grãos (EMATER, 2014). Por isso, o fenômeno LN e sua associação com secas são de interesse dos agricultores no Sul do Brasil.

Com base no exposto, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a ocorrência de ES que atingiram a agricultura no RS entre os anos de 2003 a 2012. E, especificamente, caracterizar quais tipos de ES atingiram áreas rurais do RS no período de estudo; Determinar o ES mais frequente observado no período, e analisar sua distribuição temporal e espacial mensal e anual, a relação com o fenômeno ENOS e seu impacto na agricultura, a fim de identificar quais culturas teriam seu ciclo mais afetado.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 Características da área de estudo

O Estado do RS está localizado em latitudes médias entre 27°05' S e 33°45' S e longitudes de 49°43' O e 57°39' O, com aproximadamente 282.184 Km<sup>2</sup> de área territorial, sendo que 5,2% desta área total são constituídas de grandes lagunas e ambientes lacustres, além disso, possui 622 km de costa marítima (Figura 1). A topografia é bem distinta, com um planalto ao norte, serra no nordeste, depressões no centro e planícies costeiras, com isso as altitudes dentro do Estado variam de mais de 1.000m no nordeste e a menos de 100 m na Depressão Central e Planície Costeira (Figura 1) (IBGE, 2014).

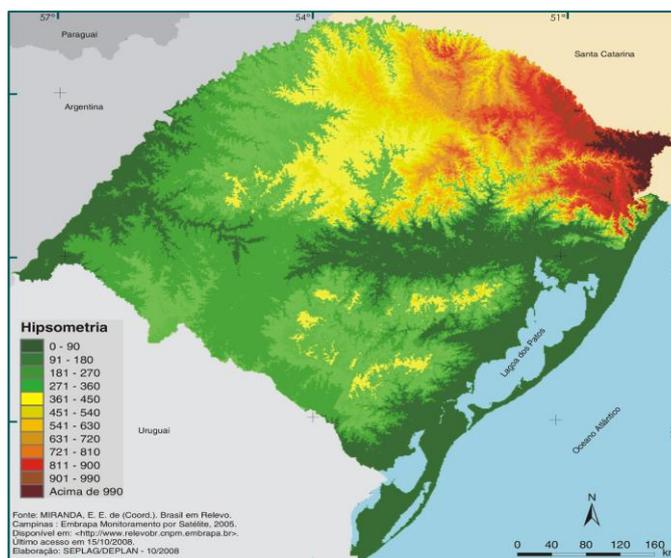


Figura 1 - Mapa topográfico do Rio Grande do Sul.

Fonte: ASERS (2014).

Em relação à ocupação populacional, o RS possui 497 municípios (Figura 2) (IBGE, 2014), sendo 433 deles (87,1% do total) localizados na metade norte do Estado (MN), ou seja, ao norte de 30°S (ASERS, 2014). O restante dos municípios 64 (12,9% do total) está localizado na metade Sul (MS), ao Sul de 30°S (Figura 2). A heterogeneidade da distribuição de municípios dentro do RS é em virtude da origem de sua ocupação. A MN apresenta uma maior concentração de municípios devido à colonização e a influência de variadas etnias, principalmente, italianos e alemães, que desenvolveram colônias com agricultura familiar que fracionou o território em pequenas propriedades, que serviram como base para a criação de novos municípios. Por outro lado, o menor número de municípios na MS do RS deve-se à colonização por espanhóis e portugueses, que praticavam atividades favorecidas pela topografia da região como agricultura e criação de gado em grandes latifúndios, os quais se tornaram municípios (ASERS, 2014; FEE, 2014).



Figura 2 – Divisão municipal do RS.

Fonte: ASERS (2014).

Devido a sua ampla extensão territorial e ao fato de parte do seu território ser ocupado por áreas alagadas, o RS apresenta um rede hidrológica densa (Figura 3) que está dividida em três bacias hidrográficas: a Bacia do Uruguai (verde-claro), a Bacia do Guaíba (verde-escuro) e a Bacia Litorânea (marrom) (Figura 3). Estas três bacias têm o uso dos solos vinculados principalmente às

atividades agropecuárias e agroindustriais, mas como no caso da Bacia do Guaíba, outras atividades também são encontradas, como a indústria, o turismo, entre outros.

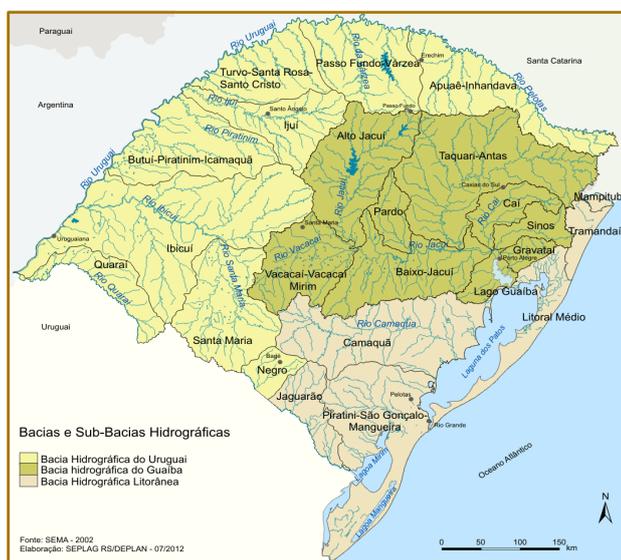


Figura 3 - Bacias hidrográficas do RS.

Fonte: ASERS (2014).

Como pode ser observado na figura 4, o clima no RS é classificado em clima subtropical úmido (Cf) segundo a classificação climática de Köppen (MORENO, 1961) sendo subdividido em duas variedades o Cfa e Cfb, caracterizados por apresentarem temperatura do mês mais quente superior  $22^{\circ}\text{C}$  e inferior a  $22^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, temperatura do mês mais frio entre  $3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ , e precipitação durante todos os meses do ano.



Figura 4 - Tipos de clima da Região Sul do Brasil.

Fonte: ANTUNES (1996).

A amplitude térmica anual no RS é influenciada por sistemas atmosféricos de latitudes médias e altas. O regime de temperatura do RS é influenciado pelas massas de ar Marítima Tropical (mT), Marítima Polar (mP) e Continental Tropical (cT) (Figura 5) (ANDRADE, 1972). Outros fatores, tais como a latitude, o relevo e a continentalidade/maritimidade também exercem influência na temperatura do RS (MORENO, 1961; NIMER, 1989). Conforme o ASERS (2014), a temperatura média do ar no Estado apresenta grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geada e precipitação eventual de neve principalmente na serra. As temperaturas médias anuais variam de 10 a 20°C (Figura 6). Segundo diversos autores, a região Sul do Brasil é a que apresenta a distribuição espacial de precipitação mais uniforme de todo o Globo, possuindo um regime de precipitação pluvial bem distribuído e bem definido (CASARIN; KOUSKY, 1986; BRITTO; SARAIVA, 2001; REBOITA et al., 2010). Porém, observa-se no RS que os valores médios de precipitação pluvial apresentam regularidades ao longo do ano, mas com variações espaciais e sazonais (GUEDES et al., 2010).

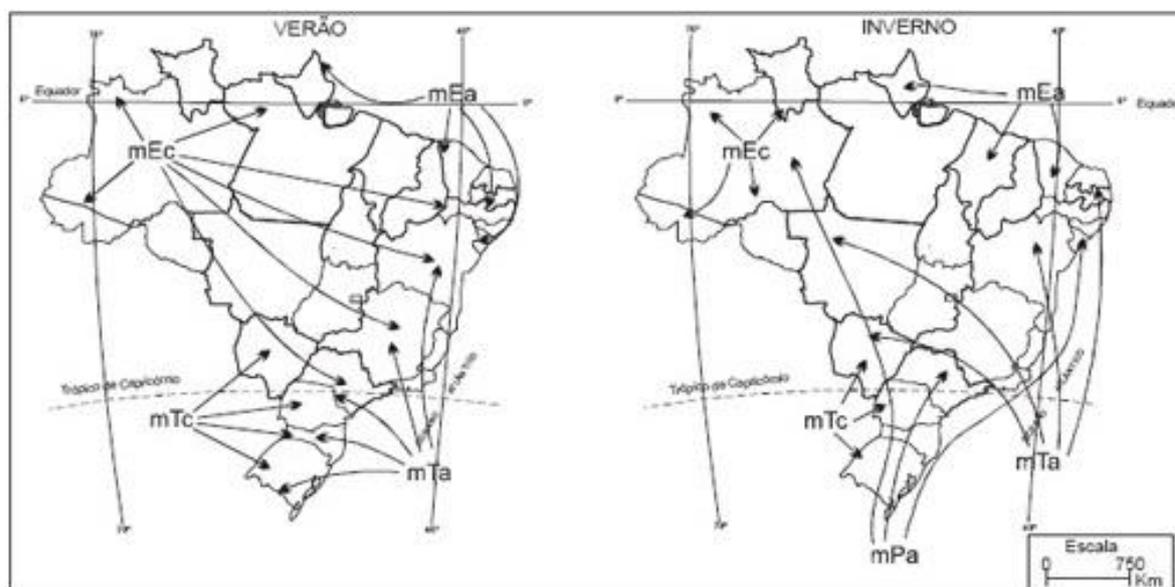


Figura 5 – Atuação das massas de ar que atuam no Brasil: Verão (à esquerda e Inverno (à direita).

Fonte: Tubelis e Nascimento (1988).

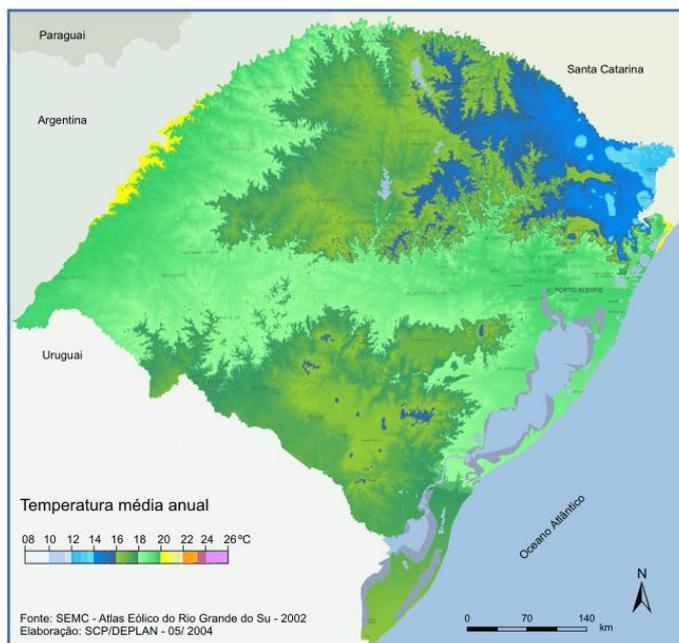


Figura 6 - Temperatura média anual do RS.

Fonte: ASERS (2014).

No RS apesar de o relevo regional não interferir a ponto de criar grandes variações na pluviometria anual, sua influência é sentida, uma vez que a MS do RS chove menos que na MN (MARENGO, 2006; MARQUES; DINIZ, 2007; SANSIGOLO; PINHEIRO et al., 2013). Ao Sul de 30° S são registradas precipitações pluviiais anuais inferiores a 1.500 mm, enquanto que na MN do Estado superiores a 1.500 mm (Figura 7), com quantidade maior de chuvas no norte e nordeste do RS.

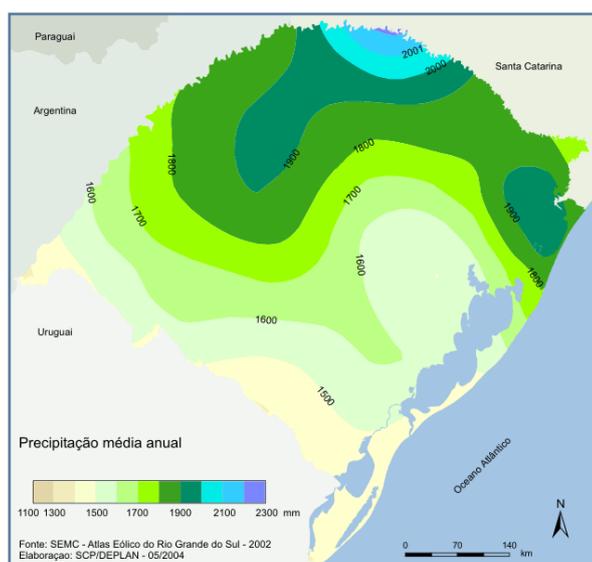


Figura 7 - Precipitação pluvial média anual do RS.

Fonte: ASERS (2014).

Os principais sistemas meteorológicos que atuam no RS e que contribuem para a distribuição da precipitação no Estado são os sistemas convectivos de mesoescala (SCM) e os sistemas frontais (SF) (RASERA; CAMPOS, 2013; EICHHOLZ; CAMPOS, 2014). Dentre os fenômenos de grande escala que alteram a circulação global e os padrões de precipitação, pode-se citar o fenômeno climático ENOS (El Niño Oscilação Sul), cuja região de origem é situada no Oceano Pacífico Tropical. O comportamento da temperatura das águas do oceano Pacífico Tropical (parte central e junto à costa oeste da América do Sul) associado aos campos de pressão (representados pelo Índice de Oscilação do Sul) altera o padrão de circulação da atmosfera (GLANTZ, 1991; GRIMM et al., 1997; SOPPA et al., 2011; FIRPO et al., 2012; ARAÚJO JÚNIOR, 2014).

A condição normal da temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico é a concentração das águas mais quentes na parte oeste e das águas mais frias na região leste. Nessas condições denomina-se ano Neutro ou Neutralidade Climática. Quando as águas quentes migram para leste do Oceano Pacífico temos a atuação do fenômeno El Niño (EN), onde as anomalias de TSM são positivas (Figura 8), enquanto a La Niña (LN) é caracterizada quando a anomalia de TSM na região é negativa (Figura 9). Essa variação na TSM, influência a circulação atmosférica, gerando alterações em várias regiões do globo.

A influência do fenômeno ENOS no Sul do Brasil é significativa, temos que em anos de EN ocorre, tanto o aumento da precipitação média em dias chuvosos quanto o aumento do número de dias chuvosos e assim contribuírem para o aumento de precipitação sazonal. No entanto, em anos de LN o fenômeno atua de forma inversa, a precipitação pluviométrica fica abaixo da normal climatológica, a relação com a frequência é mais intensa durante eventos LN, pois nos períodos em que ele ocorre é predominante a influência da diminuição do número de dias chuvosos, exceto no litoral (GRIMM; SANTANNA, 2000; BERLATO; FONTANA, 2003). Apesar da influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que o RS é mais afetadas pelas fases do ENOS, sendo elas: primavera e começo de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento, e final de outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento (VELASCO; FRITSCH, 1987; RAO; HADA, 1990, PISCIOTTANO et al., 1994).

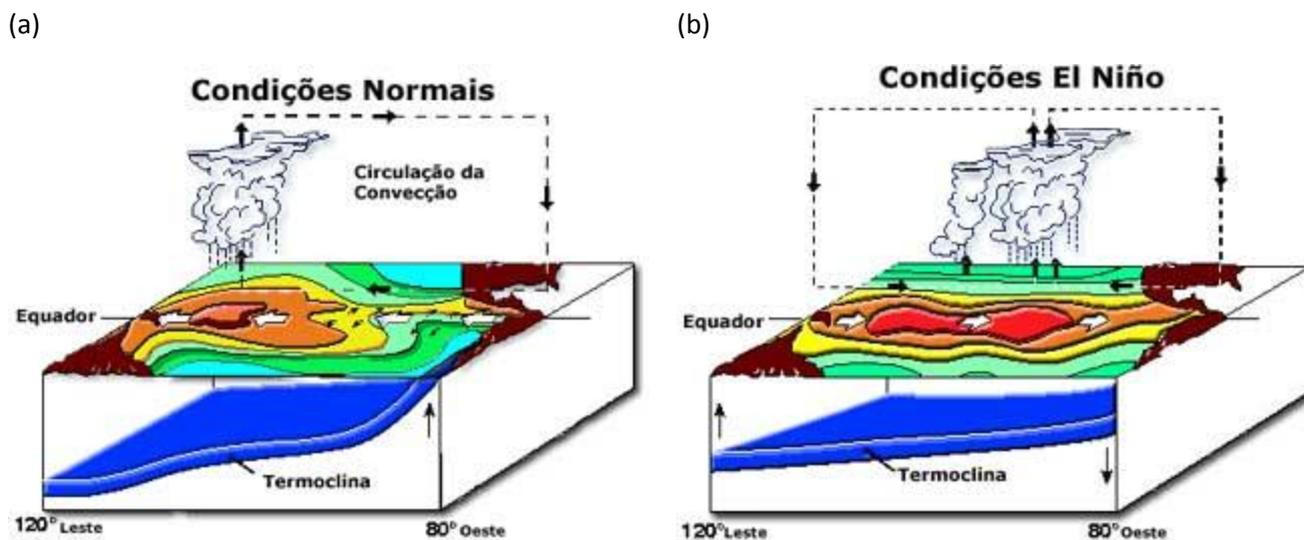


Figura 8 - Condições oceânica e atmosférica no Oceano Pacífico Tropical: (a) condições normais e (b) condições de El Niño.

Fonte: CPTEC/INPE

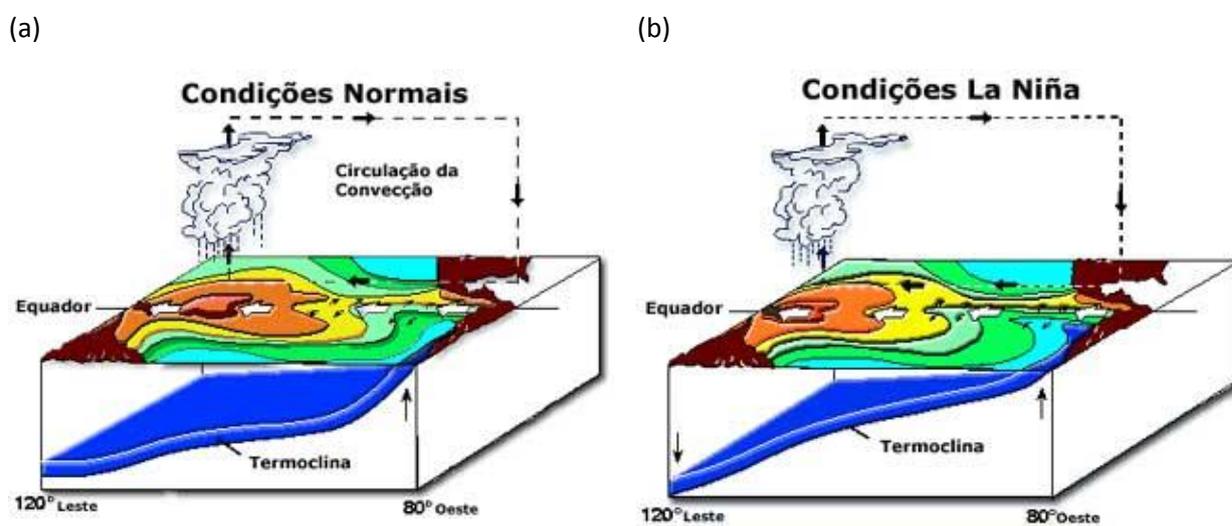


Figura 9 - Condições oceânica e atmosférica no Oceano Pacífico Tropical: (a) condições normais e (b) condições de La Niña.

Fonte: CPTEC/INPE

Estes são aspectos especialmente críticos para a agricultura, pois um período longo de excesso de chuva ou de estiagem pode favorecer a ocorrência de doenças, danificar caule, folhas e frutas, ou seja, causando uma quebra na safra (EMBRAPA, 2014; CONAB, 2014).

Alguns estudos mostram características diferentes da atuação do El Niño/La Niña para o chamado El Niño/La Niña Modoki (palavra japonesa que significa “similar, mas diferente), que é uma variação do fenômeno acoplado oceano-atmosfera no Pacífico Tropical. A diferença está na região onde são registradas as variações de TSM, pois o El Niño é caracterizado por forte aquecimento anômalo no leste do Pacífico equatorial enquanto o El Niño Modoki está associada com forte aquecimento anômalo no Pacífico tropical central ou resfriamento no Pacífico tropical oriental e ocidental, nos eventos La Niña Modoki. Sendo assim, ocorrem também mudanças nos padrões das teleconexões ao redor de todo o globo (WENG et al. 2007; WANG; HENDON, 2007). Ashok et al. (2007) utilizando dados mensais do ENOS de 1979 a 2005, verificaram que o fenômeno vem ocorrendo com mais frequência nos últimos anos e influenciando significativamente a precipitação e a temperatura em muitas partes do globo. Ao contrário do El Niño o El Niño Modoki provoca aumento da precipitação no nordeste e secas nas regiões sudeste e Sul do Brasil, e a La Niña Modoki, gera precipitações acima da normal no RS.

Pode-se entender a mudança no comportamento da precipitação pluvial durante os eventos Modoki pela figura 10. Analisando a figura 10a, temos um evento El Niño produzido quando os ventos de leste (alísios) enfraquecem; algumas vezes, na porção oeste, os ventos de oeste prevalecem. Essas condições são definidas por aquecimento além do normal da temperatura da superfície do mar (TSM) no leste da bacia do Pacífico e tal fato é associado com alterações na termoclina e na circulação atmosférica no leste, mais quente, e no oeste, mais seco. Na figura 10b, representando o El Niño Modoki, uma condição anômala e diferente ocorre. A TSM mais alta ocorre na região central do Pacífico, envolvida por águas mais frias nas bordas leste e oeste da bacia do Pacífico e é associada a diferentes padrões de convecção na atmosfera. Nas figuras 10c e 10d, apresentam a fase oposta (La Niña) do El Niño e do El Niño Modoki, respectivamente.

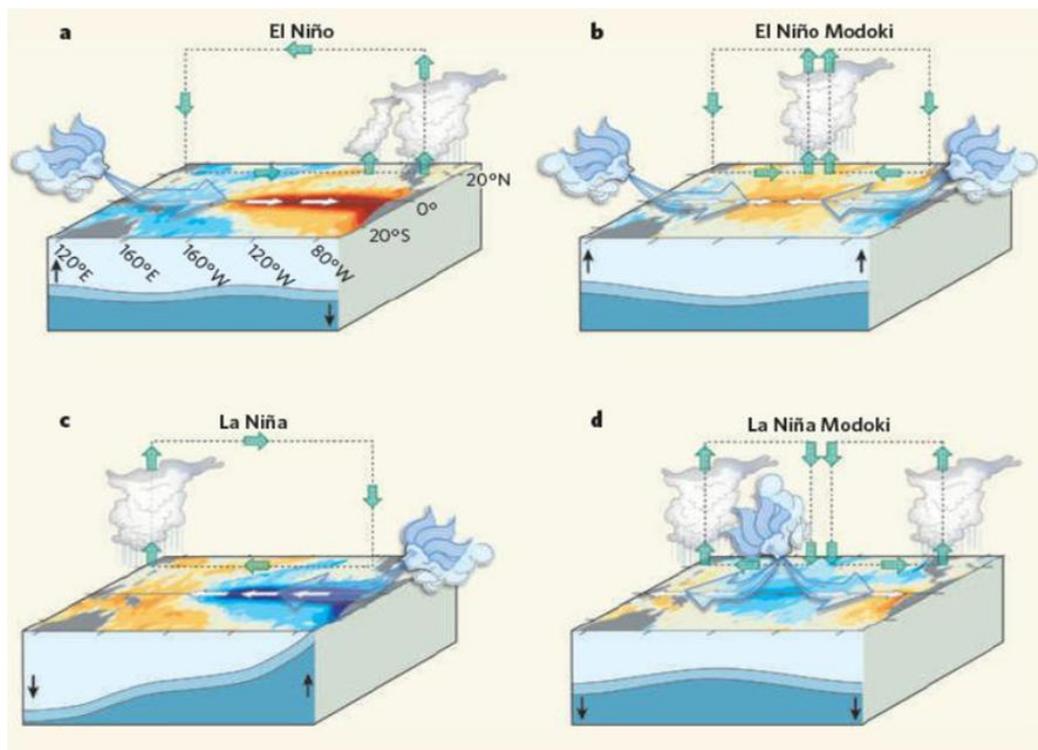


Figura 10 - Condições anômalas no Pacífico Tropical.

Fonte: Ashok e Yamagata (2009).

## 2.2 Agricultura no RS

Desde o final da década de 2000, o Brasil ultrapassou o Canadá e se tornou o terceiro maior exportador de produtos agrícolas do mundo, dados da Organização Mundial de Comércio (OMC, 2014). Na última década, o país já ultrapassou países como Austrália e China. Hoje, apenas os Estados Unidos e União Europeia produzem mais grãos que o Brasil, segundo o Ministério da Agricultura (2014). Dentro do Brasil a produção agrícola segue a seguinte distribuição: o Estado do Mato Grosso lidera como maior produtor nacional de grãos, com uma participação de 24,5%, seguido pelo Paraná (18,5%) e Rio Grande do Sul (14,9%), que somados representaram 57,9% do total nacional previsto (Figura 11) segundo dados do Levantamento Sistemático de Produção Agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (LSPA/IBGE, 2014).

No Estado do RS a agricultura apresenta características bastante diversificadas quando observadas as diferentes regiões e ao tipo de cultura plantada (LOMBARDI, 2003; ZANIN, 2011). Segundo o LSPA do mês de dezembro de 2014 (IBGE), o Estado produziu em 2014, cerca de 8 milhões de toneladas de

arroz, 13,25 milhões de toneladas de soja, 3 milhões de toneladas de milho e 4 milhões de toneladas de trigo, que são as culturas que mais se destacam em produção no Estado, as quais possuem a maior área plantada e maiores produções (ASERS, 2014).

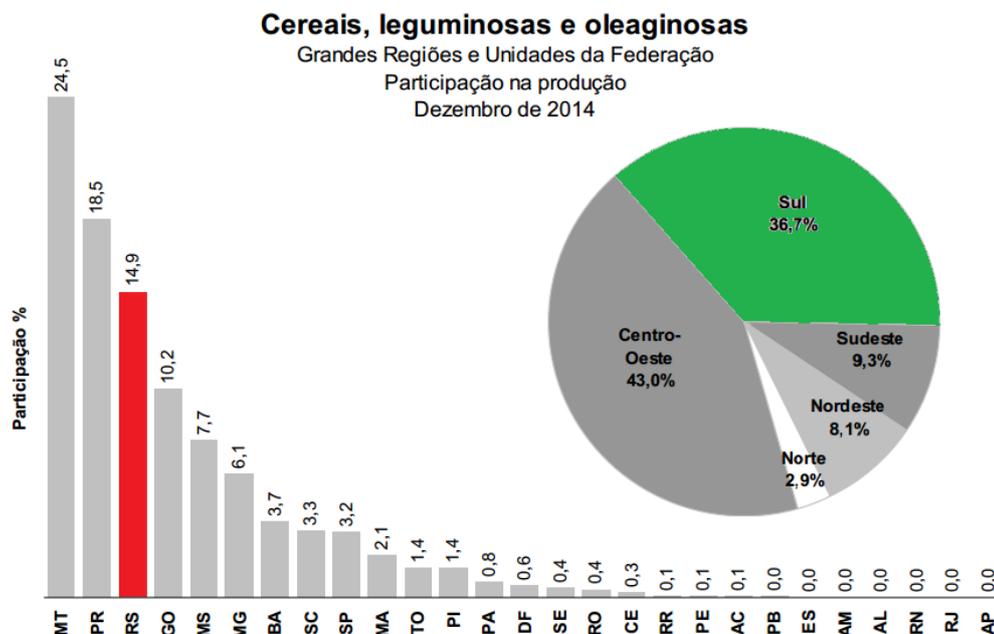


Figura 11 - Distribuição de produtividade do país.

Fonte: IBGE 2013.

Ao longo dos anos a soja se tornou o principal produto agrícola do RS. De acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO), o continente americano é responsável por cerca de 86% de toda soja produzida no mundo. Entre os países, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja e produz aproximadamente 27% do total produzido no mundo, sendo superado apenas pelos Estados Unidos que produz 35% deste total (ZEMOLIN, 2013). O RS é atualmente o terceiro maior produtor de soja em grão do Brasil, superado apenas por Mato Grosso e Paraná (VILPOUX et al., 2010; HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011). No total são 59 municípios que cultivam a soja e, os principais produtores são: Cruz Alta, Palmeira das Missões e Tupanciretã (Figura 12). Estes 3 municípios, somados aos 56 outros municípios apresentam produção média superior a 10 milhões de toneladas/ano (IBGE, 2013).

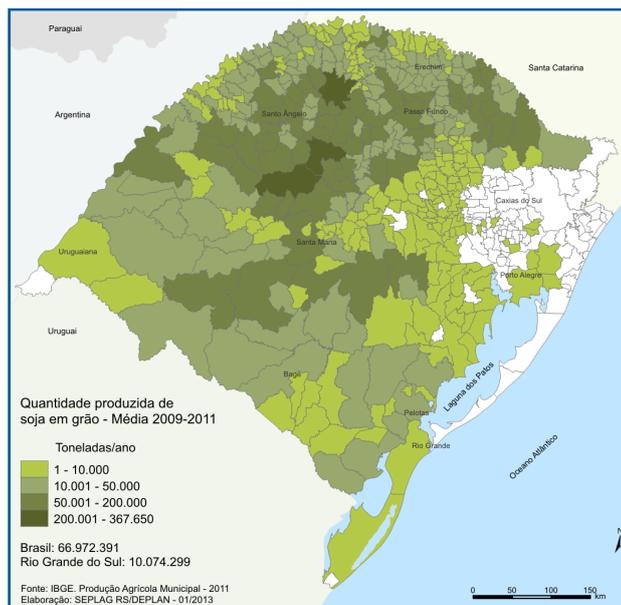


Figura 12 - Municípios que cultivam soja.

Fonte: ASERS (2014).

O trigo é uma cultura de ciclo anual, cultivada durante os períodos de outono, inverno e primavera na Região Sul do Brasil (BENIN et al., 2009; SILVEIRA et al., 2010). Os principais municípios produtores são: São Luiz Gonzaga, Giruá, Palmeira das Missões, Tupanciretã, Muitos Capões, São Miguel das Missões, São Borja (Figura 13), somados aos 22 outros municípios apresentam uma produção média superior a 2 milhões de toneladas/ano de trigo (IBGE, 2013).

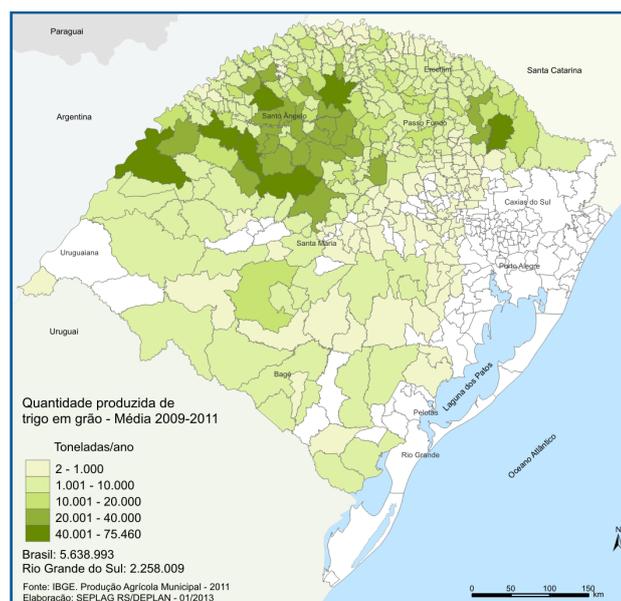


Figura 13 - Municípios que cultivam trigo.

Fonte: ASERS (2014).

O arroz é a cultura típica das áreas de menor altitude do Estado, ao total são 44 municípios que produzem arroz, tendo destaque no cultivo as cidades de Itaqui e Uruguaiana (KLERING et al., 2008; MONTEIRO, et al., 2013) (Figura 14). Estes dois municípios, somados aos 42 outros municípios apresentam uma produção média superior a 8 milhões toneladas/ano de arroz (IBGE, 2013).

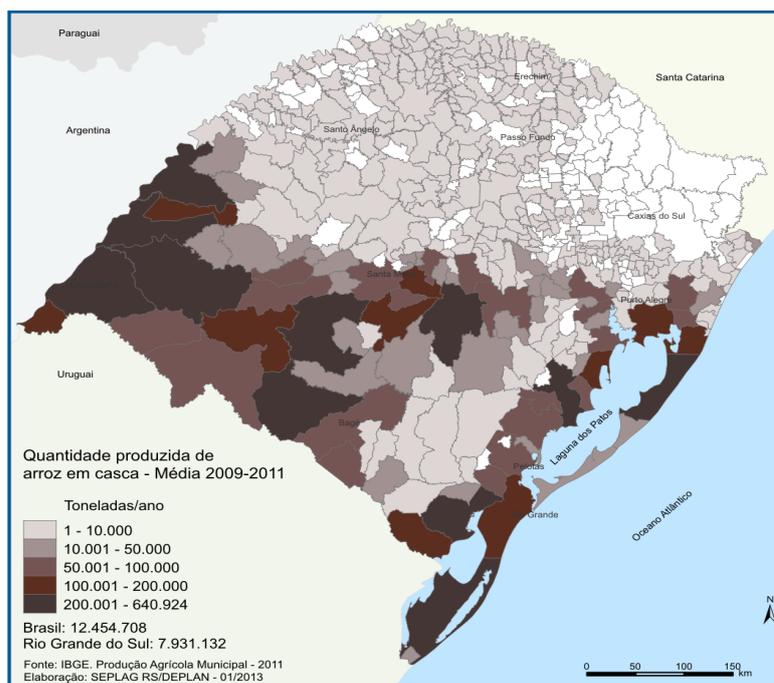


Figura 14 - Municípios que cultivam arroz.

Fonte: ASERS (2014).

O milho é cultura bastante difundida nas áreas de solos florestais e está comumente associado à criação de suínos, para o qual contribui como ração (BONNECARRÈRE et al., 2007). O RS é atualmente o quarto maior produtor de milho em grão do Brasil, superado pelos Estados do Paraná, Mato Grosso e Minas Gerais. O cultivo do milho ocorre em praticamente todo o RS e as maiores quantidades produzidas ocorrem em municípios com estrutura fundiária assentada principalmente na pequena e média propriedade (Figura 15). O Estado apresenta uma produção média variando de 12 milhões de toneladas/ano a 75.460 toneladas/ano (IBGE, 2013).

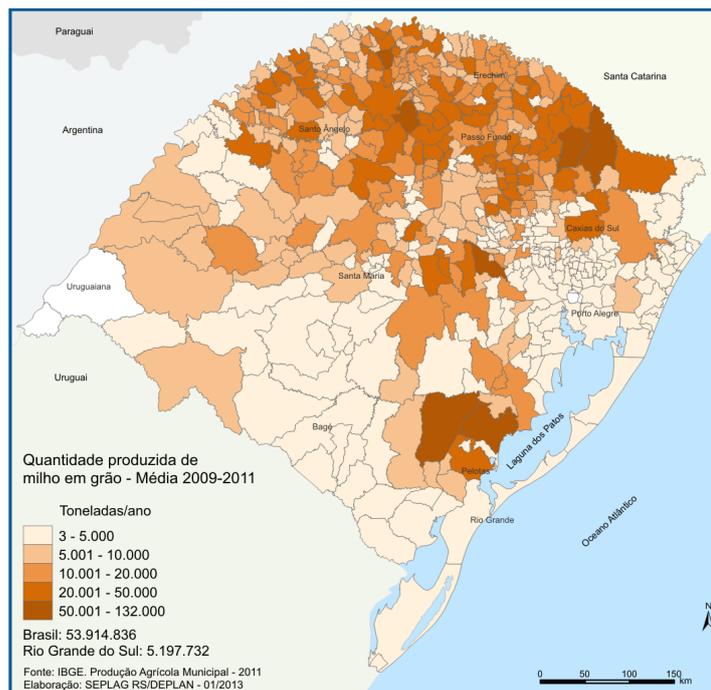


Figura 15 - Municípios que cultivam milho.

Fonte: ASERS (2014).

O trigo é a principal cultura de inverno, enquanto a soja, arroz e o milho são as principais culturas de verão no RS (BERLATO; FONTANA, 2003; TONET, 2014). Estes cultivos dependem diretamente da precipitação e da temperatura e podem ser afetados pelas mudanças climáticas, uma vez que, mesmo com todos os avanços tecnológicos, as condições ambientais ainda são o fator chave para produtividade agrícola (DESCHÊNES; GREENSTONE, 2007; FISHER et al., 2009). Sendo que fenômenos meteorológicos adversos, de difícil previsibilidade em médio e longo prazo, como geadas, secas, chuva excessivas ou granizo, aumentam os riscos para a agricultura (GOUVÊA, 2008).

### 2.3 Eventos severos no RS

Existem diversas definições para desastres, sendo que estas dependem do enfoque (físico, infraestrutura e social) e da natureza das ocorrências (geológica, climática, antrópica, etc.). Estas definições geralmente referem-se às consequências e não as causas dos fenômenos dos ES (VIANA et al., 2009).

a) Intensidade: divididos em quatro níveis (pequeno, médio, grande e muito significativo), a partir dos prejuízos avaliados;

b) Evolução: refere-se à velocidade do evento, classificada em súbitos (inundações, vendavais e tornados), graduais (inundações lentas e secas) e soma dos efeitos parciais.

c) Origem: classificados em naturais (fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana), antrópicos (causados pela ação ou omissão humana) e mistos (associados às ações ou omissões humanas, que contribuem para intensificar os desastres naturais).

As ocorrências desencadeadas por fenômenos meteorológicos severos e causadoras de desastres que mais atingem o RS são descritas conforme publicação organizada por Kobiyama *et al.* (2006):

a) Enxurrada: inundação brusca devido às chuvas intensas e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado. Períodos com chuvas excessivas, causando inundações, levam à redução da oxigenação dos solos, reduzindo a atividade radicular, ou seja, a absorção de água e nutrientes das plantas (BERTOL *et al.*, 2006; CASTRO *et al.*, 2006; VOLK; COGO, 2008; LUCIANO, *et al.*, 2009).

b) Granizo: precipitação de gelo, em forma esférica ou irregular, apresentando geralmente diâmetro de cinco mm (GLICKMAN, 2000). As condições que propiciam a formação de granizo acontecem na parte superior de nuvens do tipo *Cumulonimbus*, que possuem temperaturas muito baixas. Em função da união de gotas congeladas, o granizo cresce rapidamente. Além disso, as gotas congeladas movimentam-se com as correntes subsidente e ascendentes, chocando-se com gotas de água mais frias até alcançarem as dimensões de queda (KULICOV; RUDNEV, 1980; KNIGHT; KNIGHT, 2001). O dano dá-se por ação mecânica dos granizos nas plantas, causando queda de folhas, quebra de colmos, de ramos e galhos, danificação de frutos e outros estruturas reprodutivas, rompimento do sistema de circulação de seiva, além da criação do ambiente favorável a entrada patógenos causadores de doenças em plantas (CUNHA *et al.*, 2001).

c) Vendaval: deslocamento intenso de ar na superfície terrestre devido, principalmente, às diferenças no gradiente de pressão atmosférica, aos movimentos descendentes e ascendentes do ar e a rugosidade do terreno (VIANELLO; ALVES, 2000; RESENDE; RESENDE JR, 2011). O relevo também pode contribuir significativamente para a intensificação dos ventos, podendo ter influência positiva ou negativa, dependendo de sua velocidade. De acordo com

Pereira et al. (2002), em velocidades baixas a moderadas, o vento contribui para a renovação do suprimento de CO<sub>2</sub> e para a manutenção da transpiração das plantas. No entanto, em velocidades excessivas, o vento é responsável pelo aumento demasiado da transpiração das plantas, levando ao fechamento dos estômatos, à redução do número de folhas e da área foliar, resultando em queda brusca da fotossíntese. Além disso, ventos intensos provocam danos mecânicos nas plantas, como acamamento, queda de folhas e quebra de galhos e troncos.

d) Secas: A seca inicialmente enfraquece as plantas através da redução de umidade e precipitação local. Se for longa o suficiente, as folhas secam, matam os decompositores e reduz a eficácia da reciclagem dos nutrientes dentro do sistema como um todo (HOLZMANN et al., 2003; ALVES et al., 2006; FRANCHINI et al., 2009; BLAIN; MATOS; 2005; BESKOW, 2014; KULMAN et al., 2014; KREUTZ, 2014; SOBRINHO, 2014).

e) Geadas: fenômeno atmosférico que provoca a morte das plantas ou de suas partes (folhas, caule, frutos, ramos), em função da baixa temperatura do ar, que acarreta congelamento dos tecidos vegetais, havendo, ou não, formação de gelo sobre a planta. (SILVA; SENDELHAS, 2001; SENDELHAS; ANGELOCCI, 2012; FAVERO, 2012).

O RS é frequentemente afetado por eventos severos (ES), segundo VARGAS JR (2013) que observou um total de 247 ES para o período de 2004 até 2008, dos quais os tipos mais comuns foram: vendaval e granizo (25,91% cada), seguidos de enxurrada e enchente (12,15%), granizo/vendaval (10,12%), inundação (8,91%), alagamento (2,83%) e deslizamento (2,02%). Tendo maior ocorrência nos períodos frios (AMJ e JAS) onde as frentes frias contribuem fortemente para intensificação da convecção e, portanto para a ocorrência de ES tais como granizo. Este fato foi observado, onde nos períodos frios tem-se o registro de 35 ocorrências do ES do tipo granizo enquanto que nos períodos quentes (JFM e OND) esse registro foi de 29 ocorrências.

Nedel et al. (2012) observou que, para o período de 1989 a 2009, para os eventos de granizo a estação mais favorável para sua ocorrência é a primavera (290 eventos), seguida do inverno (132 eventos). As áreas que apresentaram as maiores ocorrências localizaram-se na metade norte do Estado, dentre as quais se destacaram como mais atingidas o Alto Uruguai (217 eventos) e Planalto Médio (90 eventos). As regiões da Depressão Central e das Missões também foram bastante

atingidas por tais tempestades, porém com uma frequência ligeiramente menor (83 e 70 eventos).

Entre os principais sistemas atmosféricos que influenciam as condições de tempo no RS, gerando ES que podem levar à ocorrência de desastres naturais, pode-se citar os sistemas frontais (frentes frias), as convecções locais (devido ao aquecimento diurno da superfície) e os sistemas convectivos de mesoescala (SCM) (VARGAS JR., 2013).

Os métodos mais utilizados para a realização dos estudos sobre fenômenos atmosféricos que podem gerar ES são: análise das imagens do satélite GOES 10 e 12 (Geostationary Operational Environmental Satellite) do canal 4 (infravermelho termal), com resolução espacial no seu ponto subsatélite de 4 km x 4 km e resolução temporal de 30 minutos (VARGAS Jr, 2013; RASERA ; CAMPOS, 2013), dados da rede de estações meteorológicas de superfície (JUNGES; FONTANA, 2009; EICHHOLZ; CAMPOS, 2011), o aplicativo Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters (ForTrACC), que utiliza imagens do canal-4 do satélite GOES para fazer o acompanhamento e previsão do ciclo de vida dos SCMs, (CARVALHO; JONES, 2001; LAURENT et al., 2002; MACHADO; LAURENT, 2004; VILA, 2004; VILA et al., 2008; VIANA et al., 2009; SAKAMOTO et al., 2009; EICHHOLZ, 2011), dados provenientes da Reanálise do NCAR/NCEP (STRECK et al, 2009; FREITAS et al., 2010) e o monitoramento realizado pelo radar meteorológico Doppler (RIBEIRO et al., 2011). Além disso, para a classificação de ES, diversos autores têm utilizado o banco de dados da Defesa Civil do RS (ALVES; CAMPOS, 2011; NEDEL et al., 2012).

## **2.4 Eventos severos que afetam a agricultura RS**

A agricultura é a principal atividade econômica do Estado e têm seu rendimento dependente das condições climáticas. Os eventos meteorológicos afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo (MAVI; TUPPER, 2004). A ocorrência de desastres naturais nas áreas rurais do Sul do Brasil tem exigido permanente atenção dos órgãos de defesa civil nos últimos anos. Os ES, como tempestades de granizo, vendavais, enchentes e enxurradas, secas, e deslizamentos de terras têm castigado a agricultura, e ocasionado danos

às safras, tendo impactos sobre políticas de definição de preços, de logística de transportes e de planejamento de estoques públicos, ou seja, afetam diretamente a segurança alimentar de um país ou região (ASSAD et al., 2007).

Segundo Fornazier et al. (2014) de maneira geral os ES que mais atingem o Estado do RS e mais trazem danos aos agricultores são:

*a) Chuva intensa*

Ferreira (2005) estudou as relações entre o clima e a produção agrícola nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, para o período de 1970 a 1998. Com objetivo estudar o comportamento das culturas de soja e milho, além da influência da precipitação sobre elas. Na safra de 1991/1992 foi observada a atuação do fenômeno EL que trouxe prejuízos nas lavouras de milho e soja, devido a precipitação pluvial acima da normal climatológica. O período de setembro a fevereiro corresponde aos meses mais chuvosos na região Sul e as quebras nas safras alcançaram desvios negativos superiores à  $-600 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A maioria das dificuldades enfrentadas pelas safras brasileiras é devido às chuvas fortes. Podendo citar as culturas de verão (arroz, feijão, milho, soja, mandioca e outras plantadas na época de chuvas, de setembro em diante) em que as perdas por seca ou por chuvas fortes alcançam até 60% e 32%, respectivamente (ROSSETTI, 2002). Em alguns casos, o excesso de chuvas pode favorecer algumas culturas, como milho e soja, que representam 75% da produção de grãos da Região Sul do Brasil (BERLATO; FONTANA, 1999).

*b) Granizo:*

A ocorrência de granizo está geralmente associada à grandes perdas na produção agrícola, entretanto ocorre em áreas localizadas e dificilmente atinge uma grande extensão territorial (YURI, 2003). Pode-se citar como exemplos a tempestade, em 2006, com forte precipitação de granizo que destruiu cerca 2,5 mil hectares de plantação de soja, destelhou casas, galpões e decretou situação de emergência pela Defesa Civil do RS, no município de Coronel Bicario (SILVA et al., 2008, SILVA et al., 2012) e a precipitação de granizo que atingiu as plantações de fumo no ano de 2009 no município de Araranguá, gerando perdas não só nas plantas, mas também em estruturas como estufas e residências agrícolas (COSTA, 2010)

As maiores ocorrências de granizo no RS são registradas nas regiões de maior altitude e/ou maior continentalidade (em média, quatro ou mais chuvas de granizo por ano): Planalto Superior, Serra do Nordeste e Planalto Médio e as duas regiões de menor probabilidade de ocorrência do fenômeno são o Litoral e a das Grandes Lagoas, de menores altitudes e que estão sujeitas à ação termorreguladora do Oceano Atlântico (DA CUNHA; SCHEEREN, 2001; KLANOVICZ, 2013). A estação do ano com maior risco de ocorrência de granizo é a primavera, e a de menor risco é o outono março é o mês do ano com menor frequência de ocorrência de granizo; o período de maior frequência de granizo é de julho a outubro, sendo agosto o mês de máxima (BERLATO et al., 2000; VARGAS JR. et al., 2011; BRAZ et al., 2013).

*c) Seca:*

Dentre as adversidades climáticas, a seca é o principal fator de perdas de produção, de prejuízos financeiros e de aumento dos custos na produção de grãos (FARIAS et al., 2001; CASAGRANDE et al., 2001; FAVERO, 2006; CANFALONE; DUJIMOVICH, 2012).

Contini et al., (2013) observaram a estiagem severa ocorrida nos Estados Unidos da América e na Rússia durante a safra de grãos de 2012 que gerou um forte impacto no mercado agrícola internacional, que levou a baixos estoques mundiais de milho, soja e trigo, que provocaram um aumento em 17% dos preços dos cereais.

Gross et al., (2012) mostram que as regiões Sul e Sudoeste do RS foram as mais afetadas pelas estiagens no período de 2000 a 2010, afetando as lavouras de soja trigo e milho. Kulman (2014) analisou a ocorrência de estiagem no Rio Grande do Sul, no período de 1981 a 2011 e constatou que as maiores ocorrências de estiagem foram registradas na porção Sudoeste e a área de menor de ocorrência de estiagem situa-se no litoral norte e na porção norte do Estado, bem como no rebordo do Planalto Sul e Depressão Central seguindo a Laguna dos Patos no sentido Sul.

Souza Junior et al., (2009) monitoraram a ocorrência de estiagem na região Sul do Brasil utilizando imagens de satélite índice de vegetação melhorado (EVI/MODIS), para o período de dezembro de 2000 a junho de 2009. Os resultados alcançados demonstraram que a metodologia utilizada e as imagens EVI/MODIS

são úteis para a caracterização e o monitoramento de áreas de anomalias negativas de vegetação, indicativas de estiagem. Caracterizando o verão de 2005 e o de 2009 como os períodos que apresentaram as maiores extensões de áreas de anomalias negativas de vegetação coincidindo com os dois grandes períodos de estiagem que ocorreram na região Sul do Brasil. Os estados do Paraná e Rio Grande do Sul foram os mais afetados pela estiagem no período analisado.

Uma outra ferramenta utilizada no estudo de secas são os índices de seca, utilizados para caracterizar a magnitude, duração, severidade e extensão espacial da seca. Os índices consistem em equações que incluem parâmetros tanto meteorológicos como hidrológicos tais como: precipitação, temperatura, evaporação, umidade do solo, escoamento e parâmetros de suprimento de água, em conjunto com procedimentos estatísticos, que expressam numericamente a severidade da seca, fornecendo um compreensível quadro da situação aos tomadores de decisão (Barra et al., 2002).

*d) Geadas:*

Em termos agronômicos, entende-se geada como fenômeno atmosférico que provoca a morte das plantas ou de suas partes (folhas, caule, frutos, ramos), em função da baixa temperatura do ar, devido ao congelamento dos tecidos vegetais, havendo, ou não, formação de gelo sobre a planta. No entanto, mesmo com a formação de gelo sobre as plantas pode não haver morte dos tecidos vegetais, por elas estarem em repouso vegetativo. Ximenes et al., (2004) observaram os efeitos das geadas, ocorridas no período de 13 a 17 de julho de 2000, nos componentes de produção e no teor de proteína bruta dos grãos de milho, atingidos em diferentes estádios de desenvolvimento e crescimento do cultivo, no distrito de Picadinha, município de Dourados, MS. Concluíram que, em todos os locais e híbridos de milho estudados, as plantas afetadas pelas geadas acumularam matéria seca nos grãos até estes atingirem a maturação fisiológica. O acúmulo de massa seca nos grãos é diretamente proporcional aos danos causados na área foliar das plantas e do estágio de desenvolvimento dos grãos no momento da geadas.

Segundo Morais et al., (2011) a geada é o principal fator de risco para a cultura cafeeira. Medidas para minimizar os efeitos prejudiciais causados por esse fenômeno vêm sendo estudadas e as recomendações variam de acordo com a

idade das plantas. Jungues e Fontana (2009) verificaram que no RS a principal causa de quebra de safra das culturas de cereais de inverno está associada aos eventos meteorológicos, especialmente a ocorrência de geadas no florescimento, com temperaturas mínimas do ar próximas ou inferiores a  $-2^{\circ}\text{C}$ ; e excesso de precipitação pluvial no enchimento de grãos, maturação fisiológica e colheita (quebras de safra superiores a 10% da produção). Também os elementos meteorológicos temperatura do ar e umidade relativa do ar estão associadas, de maneira indireta, à quebras de safra de trigo decorrentes de pragas e moléstias. Sendo assim, a geração de informações que possibilitem uma melhor compreensão do efeito das variáveis meteorológicas no rendimento final das lavouras é fundamental para orientar trabalhos de extensão rural e de pesquisas que visem incrementar a produção de trigo, e demais cereal de inverno, no Estado.

### **3. Material e Métodos**

Para a avaliação dos ES que causam danos à agricultura (ESRS) no Estado do RS, neste estudo foram utilizados dados de ocorrência diária de ES e municípios atingidos por estes, durante o período de 01 de janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2012, obtidos no banco de dados da Defesa Civil do RS (DCRS). De maneira geral, a DCRS classifica os fenômenos meteorológicos adversos e causadores de desastres em: alagamentos, ciclones extratropicais, deslizamentos, enchentes, enxurradas, granizo, granizo/vendaval, inundações, geada, seca, tornados e vendavais. Além disso, faz uma regionalização das ocorrências de eventos severos no RS (ESRS), dividindo o Estado em onze coordenadorias Regionais de Defesa Civil (REDECs), que são as seguintes: Caxias do Sul, Imbé, Lajeado, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santana do Livramento, Santo Ângelo, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana (Figura 16) e (Tabela 1). Neste estudo, foram considerados apenas os eventos do tipo: granizo, granizo/vendaval, vendaval, enxurrada, enchente, alagamento e estiagem, que atingiram somente as zonas rurais do Estado.

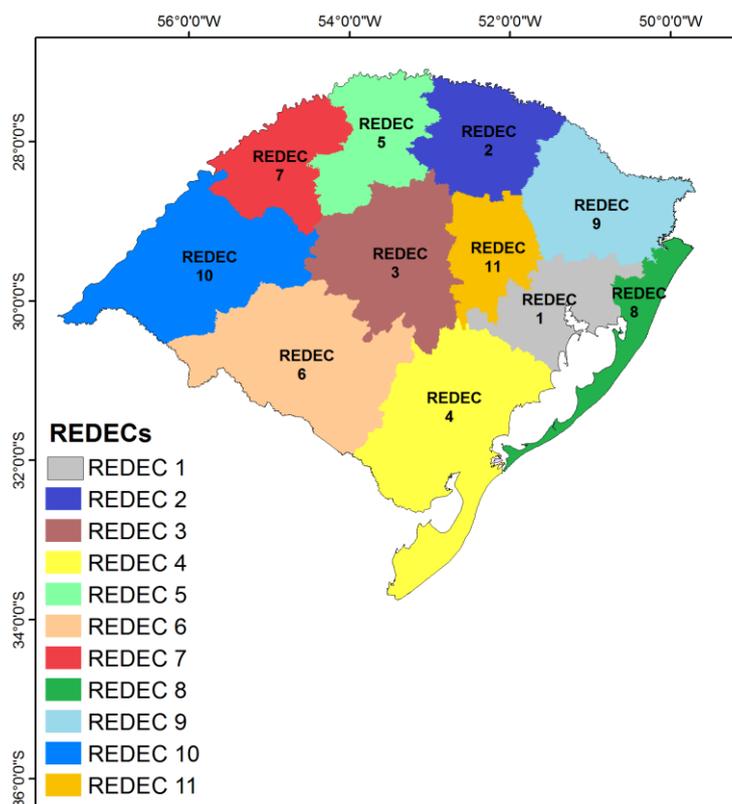


Figura 16 - Coordenadorias Regionais de Defesa Civil do RS.

Fonte: DCRS - <http://www.defesacivil.rs.gov.br> (2014).

Tabela 1- Número de municípios que compõem cada REDEC

REDEC	Municípios responsáveis	Nº de Municípios
1	Metropolitana	60
2	Passo Fundo	84
3	Santa Maria	50
4	Pelotas	27
5	Santo Ângelo	69
6	Santana do Livramento	13
7	São Luiz Gonzaga	45
8	Imbé	23
9	Caxias do Sul	52
10	Uruguaiana	14
11	Lajeado	60
<b>Total de municípios</b>		<b>497</b>

### **3.1 Distribuição dos ESRS no período 2003-2012**

Para selecionar os ES que atingiram a região rural do RS, os dados de ESRS foram organizados de acordo com os seguintes critérios: data de ocorrência, tipo de evento observado, município atingido (considerando apenas as áreas rurais), número da REDECs, número de pessoas atingidas e caracterização de situação de emergência.

Em seguida, foi realizada uma seleção dos dias com ocorrência de ES, em que primeiramente, computou-se o total de dias em cada mês com ocorrência de cada um dos tipos de ES observados e, posteriormente, o total da atuação em dias de cada evento para todo o período de estudo.

Logo após, foi feita a identificação do período com maior e menor atuação de ES, para avaliar a distribuição mensal e sazonal dos eventos.

### **3.2 Análise do ES mais frequente**

Após a identificação do ES mais frequente que atingiu a área rural do RS (estiagem), computou-se o número total de ocorrências deste evento em cada ano do período de estudo, a fim de identificar os anos com maior incidência deste ES. Foi computado também o número de ocorrência dentro de cada mês em cada ano e o total mensal para todo o período, a fim de se avaliar a distribuição sazonal de estiagem.

Para se identificar o padrão de ocorrência de estiagem em relação à atuação de fenômenos climatológicos, analisou-se a ocorrência do fenômeno ENOS durante o período de estudo. Para isso, foram utilizados os dados de classificação de eventos ENOS conforme os critérios adotados pelo National Weather Service Climate Prediction Center (NCEP/NOAA), que indicam a ocorrência de episódios de El Niño (quente), La Niña (frio) e Neutros pela variação da anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Niño 3.4 do Oceano Pacífico Equatorial. Contabilizou-se o total anual e mensal de ocorrências de estiagem sob a atuação do fenômeno ENOS no período de estudo.

### **3.2.1 Análise dos municípios atingidos**

Para contabilizar o número de municípios atingidos por estiagem foi adotada a seguinte metodologia:

1. Contabilizou-se o total de municípios distintos atingidos por estiagem em cada mês e em cada REDEC, ou seja, quando um município foi atingido por estiagem mais de uma vez no mesmo mês, este foi contabilizado apenas uma vez;
2. Computou-se o total no período de municípios distintos atingidos por estiagem, isto é, quando um município foi atingido por estiagem em meses distintos, este foi computado apenas uma vez;
3. Contabilizou-se o total para todo o período de municípios distintos atingidos por estiagem, ou seja, quando um município foi atingido por estiagem mais de uma vez por ano, esse foi registrado apenas uma vez.

### **3.2.2 Análise das REDECs atingidas**

Para contabilizar o número de municípios atingidos em cada REDEC pela estiagem foi utilizado a seguinte metodologia:

1. Contabilizou-se o total de municípios atingidos por estiagem em cada mês dentro do período de 2003-2012 por REDEC, ou seja, se em anos diferentes houve o registro de estiagem no mesmo mês (ex. janeiro) num município, ou mais de um registro para o mesmo município dentro de um mês, esse município foi contabilizado apenas uma vez;
2. Analisou-se a distribuição geográfica da ocorrência total de estiagem por ano em cada REDEC, para a identificação da região do Estado mais afetada, utilizando o mapa da divisão de REDECS estipulada pela Defesa Civil. Neste caso todas as ocorrências foram contabilizadas, ou seja, se foram registradas mais de uma ocorrência por mês dentro do mesmo município, todas foram consideradas.

### 3.2.3 Análise da distribuição da precipitação pluvial.

Com base na distribuição anual e a relação com a ocorrência de fenômenos ENOS, foram classificados três períodos para a análise da precipitação, que foram selecionados por terem registrado o maior número de ocorrências de estiagem, sendo eles os anos de 2004-2005, 2008-2009 e 2011-2012. Para analisar a distribuição da precipitação pluvial no RS, foi adotada a seguinte metodologia:

1. Foram obtidos dados da precipitação mensal acumulada (mm) para os anos de 2004, 2005, 2008, 2009, 2011 e 2012, que foram os anos que apresentaram maiores ocorrências de estiagens, obtidos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP/INMET). Foram utilizadas 17 estações meteorológicas de superfície distribuídas no RS, pertencentes ao 8º DISME/INMET (8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia).
2. Foram calculados os totais trimestrais para cada ano, divididos em janeiro, fevereiro e março (JFM), abril, maio e junho (AMJ), julho, agosto e setembro (JAS) e outubro, novembro e dezembro (OND).
3. Logo após foi feito o cálculo da anomalia de precipitação, pela diferença entre a precipitação acumulada (mm) trimestral (JFM-AMJ-JAS-OND) e a trimestral da Normal Climatológica de 1961-1990 do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). As anomalias foram espacializadas e interpoladas com a utilização da linguagem NCL (NCAR Command Language).
4. Foi feita a interpolação e espacialização dos dados das anomalias trimestrais de precipitação das 17 estações meteorológicas do RS.

Para identificar o ambiente sinótico associado aos períodos de estiagem selecionados, utilizou-se os boletins mensais para cada ano (2003-2012), do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climatológicos (CLIMANÁLISE-CPTEC, 2014) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (INPE), afim de identificar os sistemas meteorológicos atuantes no RS nesse período de estudo.

### 3.2.4 Análise do impacto sobre as culturas do RS

Para a realização da análise das culturas agrícolas que foram prejudicadas pela estiagem seguiu-se os seguintes passos:

1. Foram obtidos dados históricos de rendimento médio total para o RS e para cada município (2004-2005, 2008-2009 e 2011-2012), no site da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do RS (EMATER-RS), para as culturas de soja, milho, arroz e trigo, que foram as selecionadas por serem as que são cultivadas em maior escala no RS (ASERS,2014). Logo após foi feito uma análise para verificar o desvio de rendimento das safras em que houve maior ocorrência de estiagem (2004-2005, 2008-2009 e 2011-2012) para as culturas de soja, milho, arroz e trigo;
2. Para análise de rendimento médio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) total de cada município foi feito uma avaliação do rendimento médio de produtividade dos 497 municípios do RS. O rendimento médio de cada município foram espacializados, utilizado a malha dos municípios do RS, do IBGE (2014).
3. Em seguida avaliou-se o rendimento médio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a produção (t/ano) de cada cultura para o período para o período de 2003-2012 e o valor bruto produzido (em 1000 R\$).

## 4.Resultados e Discussão

### 4.1 Análise da ocorrência de ES que atingiram a agricultura do Estado do RS, no período de 2003 a 2012

Pela análise do número de dias com ocorrência de ES foi possível verificar um total de 852 dias (Tabela 2) com ocorrência de ES, que representam aproximadamente 23% dos 3.653 dias (10 anos) do período de estudo. Onde, os tipos de ES mais frequentes foram: estiagem (432 dias, 50,7%), seguido de granizo (120 dias, 14,08%), vendaval (117 dias, 13,73%), enxurrada (88 dias, 10,32%), enchente (62 dias, 7,27%), granizo/vendaval (27 dias, 3,16%) e alagamento (6 dias, 0,7%). Os resultados concordam com o que já foi observado por outros autores, no qual os ES que são mais frequentes no RS são estiagem, granizo e vendaval (NEDEL et al., 2010; NEDEL et al., 2012; VARGAS JR, 2013).

Tabela 2- Número de dias/mês com a atuação de ES de 2003-2012.

Eventos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Contribuição %
<b>Estiagem</b>	79	58	96	67	47	20	9	4	2	1	0	49	432	50,7
<b>Granizo</b>	10	6	4	7	6	4	10	5	22	20	14	12	120	14,08
<b>Vendaval</b>	12	3	9	2	2	4	4	7	16	16	25	17	117	13,73
<b>Enxurrada</b>	20	6	8	1	6	0	1	2	4	5	14	21	88	10,32
<b>Enchente</b>	6	3	2	0	1	2	5	3	10	5	14	11	62	7,27
<b>Granizo/vendaval</b>	8	1	0	1	1	2	1	2	3	4	2	2	27	3,16
<b>Alagamento</b>	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	2	6	0,7
<b>Total</b>	135	77	119	78	63	33	32	23	58	51	69	114	852	100

Pôde-se verificar, a partir da análise sazonal do número de dias com ocorrência de ES, que estes eventos ocorrem em todos os meses (Tabela 2), porém, o primeiro período, de dezembro até maio (meses de verão e outono), foi o que apresentou a maior frequência de número de dias com ocorrência de ES (68,78% - 586 dias) e, o segundo período que vai de junho até novembro (meses de inverno e primavera), menor frequência de ES (31,22% - 266 dias). O verão foi a estação que apresentou maior número de ocorrência de ES conforme tabela 2 que atingiram as regiões rurais do RS, coincidindo com o padrão definido para a ocorrência de ES de maneira geral (áreas urbanas e rurais) (VARGAS JR, 2013). Sendo que, os meses com maior frequência foram dezembro, janeiro e março (43,19% - 368 dias) este resultado está de acordo com o esperado (Figura 17), já que nos períodos quentes a maior disponibilidade energética devido à maior incidência de radiação proveniente do Sol favorece processos convectivos na atmosfera e, conseqüentemente, o desenvolvimento de SCM, os quais estão diretamente relacionados à ocorrência de ES (SALIO et al., 2007). Outra possível explicação é a atuação do fenômeno LN, registrada durante o período de estudo, que tende a provoca um déficit negativo de precipitação no RS.

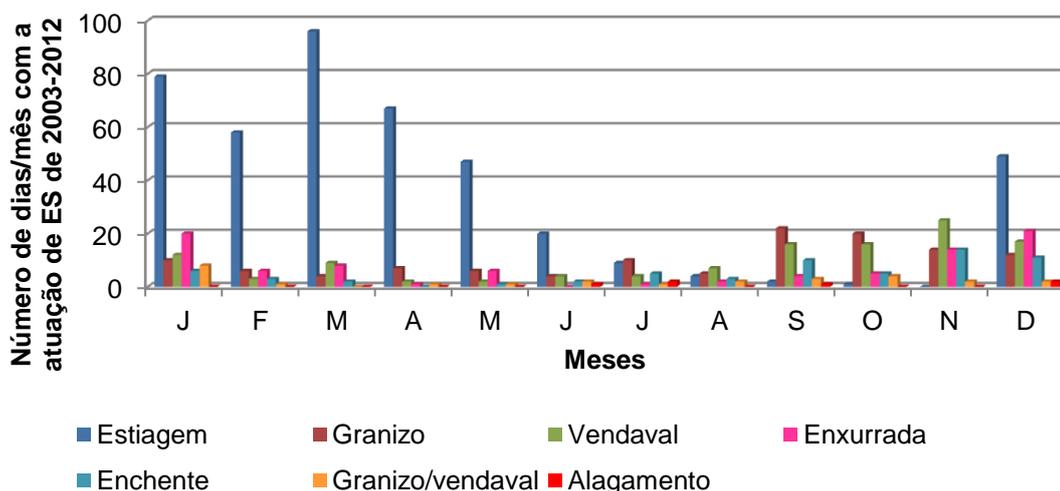


Figura 17– Distribuição do número de dias/mês com a atuação de ES de 2003-2012 no estado do RS.

## 4.2. Análise do ES mais frequente

Após a análise da atuação de ES, observou-se que o evento de estiagem foi o mais frequente durante o período de estudo, representando 50,7% do total das ocorrências de ES dentro do RS. Sendo assim, analisou-se o número de dias por mês com a atuação deste fenômeno, independente do número de municípios atingidos. O grande número de ocorrências de estiagem detectado neste estudo pode ser explicado pela frequente atuação de fenômeno LN (Tabela 3) sobre o RS, o qual causa um déficit negativo de precipitação pluvial, gerando prejuízos de importantes culturas, limitando e expansão de cultivos agrícolas em sistemas não irrigados (PEREZ et al., 2011; MELO et al., 2011; TEXEIRA et al., 2013).

Tabela 3- Número de dias/mês com a atuação de estiagem. Para identificar a influência dos fenômenos ENOS temos: Em vermelho, azul e branco os meses com atuação dos fenômenos EL Niño, La Niña e Neutro, respectivamente.

Anos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	El Niño	La Niña	Neutro
2003	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	3	0	2
2004	1	9	24	17	3	0	0	1	1	0	0	5	61	7	0	54
2005	25	19	13	1	0	0	0	0	1	0	0	4	63	25	4	34
2006	3	4	17	7	7	2	2	0	0	0	0	0	42	0	24	18
2007	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7
2008	0	0	21	12	1	1	0	0	0	0	0	16	51	0	51	0
2009	17	4	10	21	19	2	0	0	0	0	0	0	73	0	31	42
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0
2011	6	7	0	0	0	0	2	1	0	0	0	17	33	0	30	3
2012	25	14	6	6	17	15	5	2	0	0	0	5	95	0	45	50
<b>Total</b>	79	58	96	67	47	20	9	4	2	1	0	49	432	35	187	210
<b>El Niño</b>	27	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	5	35			
<b>La Niña</b>	51	29	54	12	1	1	0	0	0	0	0	39	187			
<b>Neutro</b>	1	28	42	55	46	19	9	3	1	1	0	5	210			

Os meses com maior frequência de estiagem foram de dezembro a junho, que apresentam 416 dias com registro do evento, correspondendo a 96,3%, sendo o mês de março o que mais apresentou casos de estiagem, num total de 96 dias (Figura 18). Os meses com menor frequência foram de julho a novembro (16 ocorrências 3,7 % do total), sendo que o mês com menor número de dias de estiagem foi o mês de novembro, que não apresentou nenhum dia de ocorrência do evento (Figura 18).

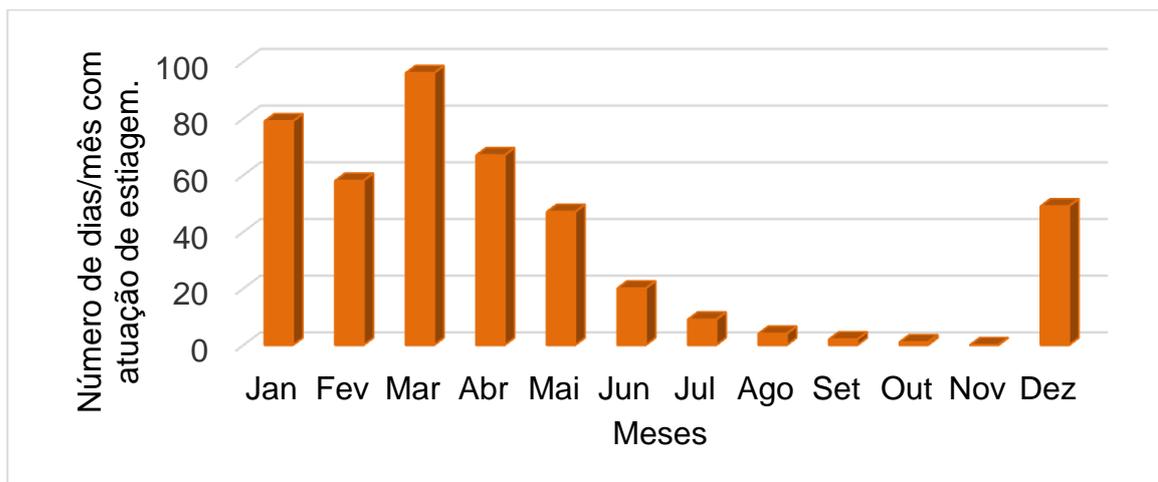


Figura 18- Distribuição do número de dias/meses com a atuação de estiagem de 2003-2012 no estado do RS.

Verificou-se que os anos com maior frequência de estiagens foram os de 2009 e 2012, que juntos somam 168 dias de ocorrência, correspondendo a 38,9% das ocorrências (Figura 19). Os anos que tiveram menor dias com ocorrências de estiagem foram 2003, 2007 e 2010, o que representou 14 dias com estiagem, ou seja, apenas 3,24% das ocorrências de estiagem foram nesses anos.

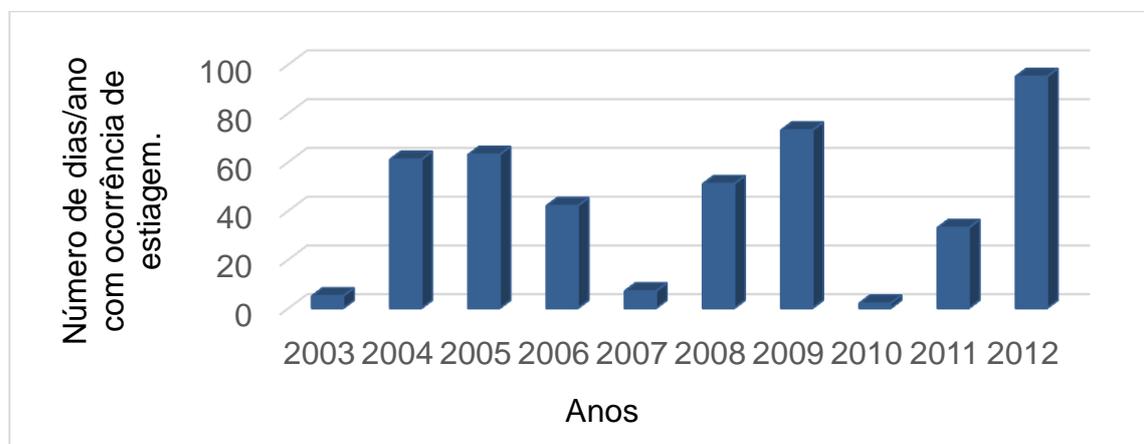


Figura 19- Distribuição do número de dias/ano com a atuação de estiagem de 2003-2012 no estado do RS.

As principais culturas agrícolas do RS são cultivadas no verão (milho, soja e arroz) período em que pode ocorrer estiagens, que trazem grandes danos as culturas (HOLZMANN et al., 2003; FRANCHINI et al., 2009). Pode-se então constatar que as estações de verão e outono mostram uma maior incidência de eventos de estiagem. Esse comportamento pode estar associado a padrões de tempos relacionados aos fenômenos ENOS no RS, onde períodos com a atuação de La Niña são caracterizados por diminuição na precipitação, que geralmente levam a casos de estiagem (KOUSKY; CAVALCANTI, 1984; FEDOROVA; CARVALHO, 2000; FEDOROVA et al., 2007) (Tabela 3).

Observou-se que 43,28% dos dias com a ocorrência de estiagem (Tabela 3) ocorreram durante a atuação do fenômeno La Niña (187 dias), 48,61% em períodos Neutros (210 dias) e 8,10% em anos de El Niño (35 dias). Dentro do período de La Niña os anos de 2008, 2009, 2011 e 2012 foram os que apresentaram maior ocorrência de estiagem, totalizando 83,95% (157 dias) do total de dias dentro deste tipo de fenômeno. Em períodos de EL Niño foi o ano de 2005 (25 dias – 67,56%), e em períodos neutros, 2004, 2009 e 2012 (144 dias – 69,23%). A atuação da estiagem nesses anos marcada por grandes quebras de safras e prejuízos para os agricultores do RS (LAZZARI, 2006; ASSAD, 2007; AMADO, 2007; FRANCHINI et al., 2009; STRECK et al., 2009; SANTOS et al., 2011).

Analisando o período do ano com maior ocorrência de eventos de estiagem dentro de cada fase do fenômeno ENOS, pode-se observar que em anos de La Niña o com maior frequência foi de dezembro a março, que totalizam 173 dos 187 dias de ocorrência, ou seja, 92,51% dos casos (Tabela 3). Em anos de El Niño o período com maior frequência foi em janeiro com 27 dias de estiagem, totalizando 72,97% durante o fenômeno. Em anos neutros os meses com maior frequência foram de fevereiro até maio (171 – 82,21%). Conforme Berlato e Cordeiro (2005), La Niña ocasiona precipitação pluvial abaixo da média climatológica no Estado RS, sendo que o período mais afetado é o verão (dezembro-janeiro-fevereiro-março). Em episódio do El Niño é observado na região um grande aumento no volume de chuvas, principalmente, nos meses de primavera, fim do outono e começo de inverno (Figura 8).

Estudos mais recentes mostram características diferentes da atuação do El Niño, o chamado El Niño Modoki provoca aumento da precipitação no nordeste e

secas nas regiões sudeste e Sul do Brasil (TEDESCHI; CAVALCANTI, 2010; TEDESCHI, 2013). Fato que foi comprovado no ano de 2004 com atuação do El Niño Modoki e deficiência na precipitação, causando a estiagem nos meses de agosto, setembro e dezembro.

Dentro do período de 10 anos de estudo (2003 a 2012) observa-se a ocorrência de estiagem durante fenômenos La Niña, El Niño e neutros em seis, quatro e oito anos, respectivamente. Sendo que os meses com maior número de dias de estiagem dentro de cada fenômeno foi: dezembro a maio para La Niña (173 dias, 80,4% dos casos); janeiro para El Niño (27 dias, 72,97% dos casos) e, de fevereiro a maio para anos neutros (173 dias, 82,38% dos casos) (Tabela 3).

Pela análise do número de municípios atingidos dentro de cada REDEC (Tabela 4), onde contabilizou-se apenas a primeira ocorrência dentro de cada mês em cada município, foi possível verificar a área total de atuação do evento. As REDECs que apresentaram o maior número de municípios atingidos foram a REDEC 2 (273 municípios) e a REDEC 5 (248 municípios) que totalizam 37,89% de todos os municípios atingidos, e a que apresentou o menor número de municípios atingidos foi a REDEC 8 com nove municípios atingidos (0,65%), durante o período de 2003 a 2012 (Tabela 4). Em relação ao total de municípios distintos que foram atingidos por estiagem, ao longo dos 10 anos de estudo, as REDECs 2 e 5 foram as mais afetadas somando cerca de 153 (33,77 % Total), sendo que estas REDECs juntas possuem 153 municípios, ou seja, todos foram atingidos pelo menos uma vez durante os 10 anos estudados por estiagem.

Sendo assim, observou-se que a metade norte do RS (acima de 30°S), composta pelas REDECs 2, 3, 5, 7, 9 e 11, foi a que apresentou a maior frequência de ocorrência de estiagem, representando 77,7% do total do evento de estiagem ocorridos (352) nos municípios distintos (Tabela 4), o que confirma o padrão de ocorrência de ES avaliados por NEDEL et al. (2010). O maior número de registros está também relacionado ao fato da maior densidade de município ser na MN do RS. Além disso, foi possível verificar que nas REDECs 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 10 todos os municípios que as constituem foram atingidos, pelo menos uma vez, durante o período de estudo. Isso pode ser relacionado a fatores como o relevo da região, as características morfológicas do solo, a irregularidade da distribuição das chuvas nos meses de seca (verão/outono), fatores econômicos, entre outros, possam

contribuir para a predominância de estiagem na metade norte do RS (NEDEL et al., 2010).

O verão e o outono juntos apresentaram maior número de município atingido pela estiagem, apresentando 1300 ocorrências, representando 94,40% do total de ocorrências. Neste período, a demanda atmosférica aumenta e com isso, a perda de água do solo e das plantas é maior, em relação ao outono-inverno (BERGAMASCHI, 1992). Observou-se que durante todo o período de estudo, não houve registro de casos de estiagem no mês de novembro (Tabela 4).

Tabela 4- Número de municípios atingidos.

REDECs	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Total*	Mun*
<b>REDEC 1</b>	17	19	15	14	7	2	0	0	0	0	0	1	75	41	60
<b>REDEC 2</b>	76	24	75	43	19	2	0	1	0	0	0	33	273	84	84
<b>REDEC 3</b>	40	31	41	10	23	9	0	0	0	0	0	12	165	50	50
<b>REDEC 4</b>	23	10	16	7	12	6	2	1	0	0	0	1	78	27	27
<b>REDEC 5</b>	65	23	65	35	16	7	4	0	0	0	0	31	246	69	69
<b>REDEC 6</b>	13	5	9	6	7	4	3	1	1	0	0	1	50	13	13
<b>REDEC 7</b>	45	25	42	20	12	20	0	1	0	0	0	5	170	45	45
<b>REDEC 8</b>	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	7	23
<b>REDEC 9</b>	31	11	26	15	12	0	0	0	0	0	0	0	95	43	52
<b>REDEC 10</b>	10	8	10	3	5	3	1	0	1	1	0	0	42	14	14
<b>REDEC 11</b>	54	20	45	13	22	5	0	0	0	0	0	14	173	60	60
<b>Total</b>	<b>374</b>	<b>178</b>	<b>346</b>	<b>169</b>	<b>135</b>	<b>58</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>1377</b>	<b>453</b>	<b>497</b>

Total\* de municípios distintos, Mun\* Total de municípios que compõem cada REDEC.

Foi possível verificar que ao longo de 10 anos foram 1377 municípios atingidos pelo evento de estiagem (Tabela 4). Para o período de 2003 a 2007 (Figura 20) é possível identificar que os anos que tiveram maior número de registros de estiagem foram em 2004 (Figura 20b), com 389 municípios atingidos, seguido por 2005 (Figura 20c) com 420 municípios e, o ano com menor registro de estiagem foi o ano de 2003 (Figura 20a) com apenas 4 dias.

O ano de 2003 apresentou menor número de municípios atingidos sendo apenas 4. Para boa parte desse primeiro período (2003-2007) foi observado que a MN do Estado foi a mais afetada, isso fica evidente observando as REDECs 2, 3, 5,

7 e 11 com maior número de municípios com ocorrência de estiagem sendo 174, 94, 150, 95 e 100 municípios, respectivamente. Porém, pode-se verificar que nos anos 2004 e 2005 o RS teve 80,08% e 84,5%, respectivamente dos municípios atingidos pela estiagem. Além disso, em 2005 as REDECs 2, 5 e 7 tiveram municípios que foram atingidos mais de uma vez no ano, ou seja, as REDECs citadas possuem 84, 69, e 45 municípios ao total, respectivamente, sendo que as mesmas registram ocorrência de estiagem 104, 70 e 48 municípios, respectivamente.

Na figura 21 os anos com maior número de municípios atingidos foram 2008, 2009 e 2012 com (150, 266 e 296) respectivamente e ano que teve menor número de municípios afetados pela estiagem foi em 2010 (Figura 21c) com apenas 2 municípios afetados. Em relação a todo o segundo período (2008-2012) as REDECs que apresentaram maior número de municípios atingidos pela estiagem foram as (2, 3, 5, 7 e 11) sendo 177, 74, 190, 125 e 102 municípios afetados, respectivamente (Figura 21).

Comparando os resultados das figuras 20 e 21, com a tabela 3, verificou-se que no RS ocorreu o evento de estiagem tanto em anos de atuação dos fenômenos EN como LN. Os anos com maior número de municípios atingidos tiveram uma intensa atuação dos fenômenos ENOS, ou seja, em 2005 foram ao total 420 municípios afetados pela estiagem devido a atuação do fenômeno EN Modoki de julho até dezembro de 2004 (Tabela 3).

No ano de 2008 (Figura 21a) teve a atuação do fenômeno LN em quase todo o ano, sendo de jan-jun e depois de nov-dez e, estendeu-se até maio do ano de 2009 (Figura 21b), isso causou a ocorrência de 266 municípios atingidos pela estiagem (SATIO et al., 2011). Isso aconteceu também em 2012 com a atuação do fenômeno LN em 2011 (Tabela 3) prolongando-se até maio de 2012, com a diminuição da precipitação pluvial causada pelo fenômeno LN, isso causou a ocorrência da estiagem em 296 municípios (Figura 21e).

Como foi observado em todo o período a região do RS que apresentou maior número de municípios afetados pela estiagem foram os da MN. Isso traz grandes prejuízos para agricultura e pode causar quebra nas safras principalmente nas culturas de milho, soja e trigo, que são culturas produzidas mais na MN (ALBUQUERQUE et al, 2009; GROSS et al, 2012; BRONDANI et al., 2013; KULMAN et al., 2014)

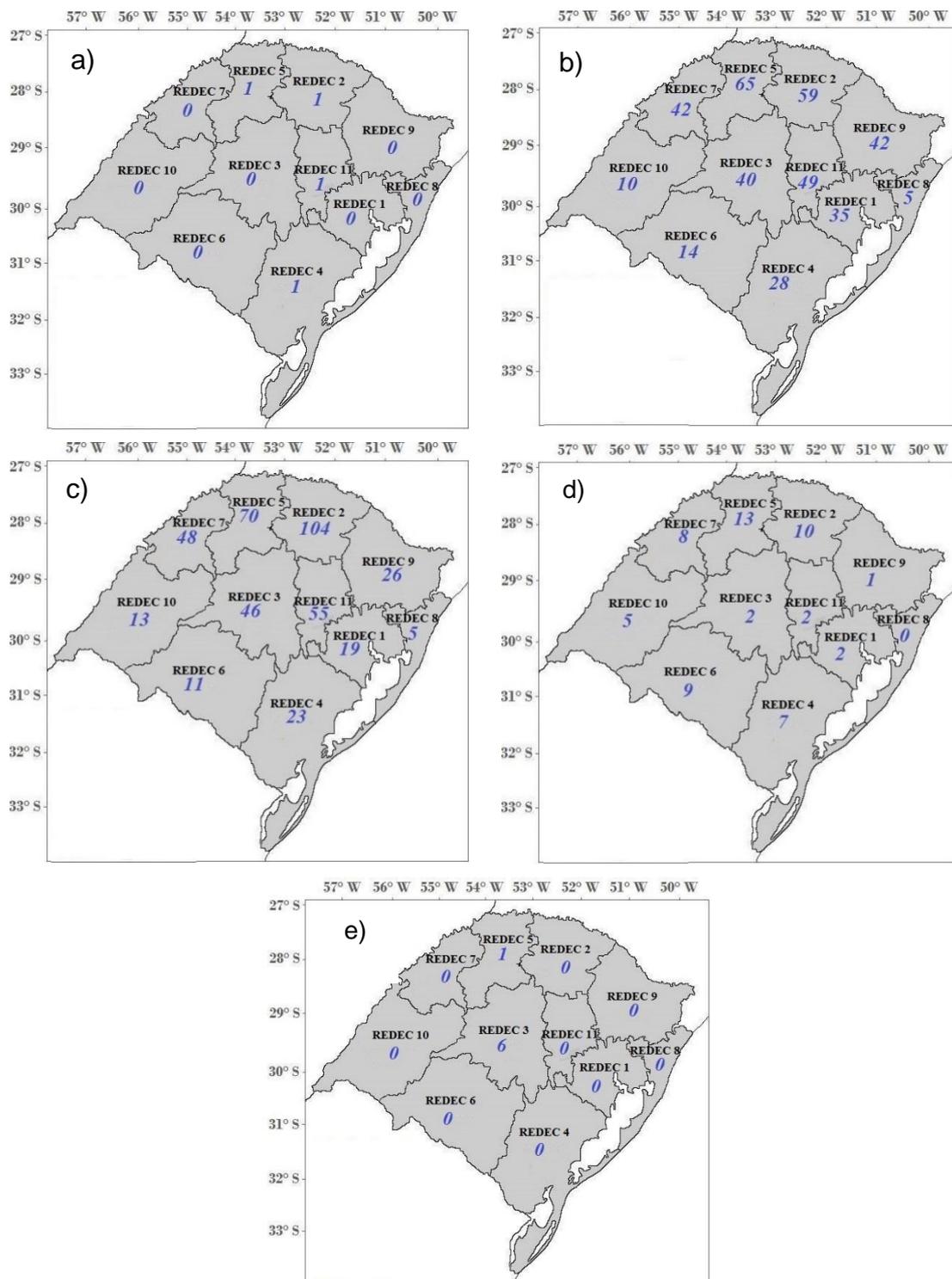


Figura 20 - Distribuição espacial dos registros de casos de estiagem (em itálico) no RS, divididos por REDECs, onde: REDEC 1 – Metropolitana; REDEC 2 – Passo Fundo; REDEC 3 – Santa Maria; REDEC 4 – Pelotas; REDEC 5 – Santo Ângelo; REDEC 6 – Santa do Livramento; REDEC 7 – São Luiz Gonzaga; REDEC 8 – Imbé; REDEC 9 – Caxias do Sul; REDEC 10 – Uruguaiana e REDEC 11 - Lajeado. Sendo 2003 (a),2004(b),2005(c),2006(d) e 2007(e).

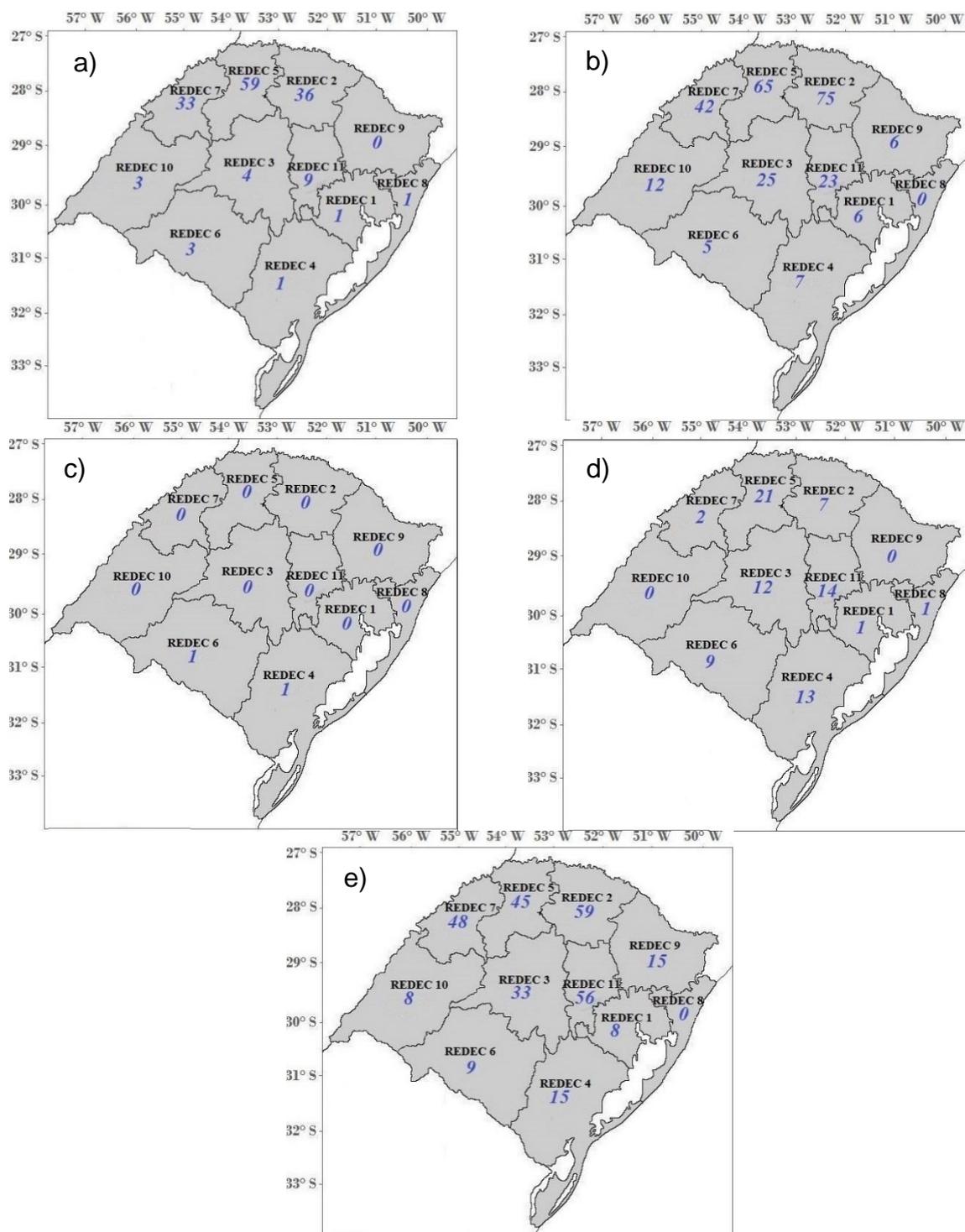


Figura 21–Distribuição espacial dos registros de casos de estiagem (em itálico) no RS, divididos por REDECs, onde: REDEC 1 – Metropolitana; REDEC 2 – Passo Fundo; REDEC 3 – Santa Maria; REDEC 4 – Pelotas; REDEC 5 – Santo Ângelo; REDEC 6 – Santa do Livramento; REDEC 7 – São Luiz Gonzaga; REDEC 8 – Imbé; REDEC 9 – Caxias do Sul; REDEC 10 – Uruguiana e REDEC 11 - Lajeado. Sendo 2008(a),2009(b),2010(c),2011(d) e 2012(e).

### **4.3. Comportamento da precipitação associada aos eventos mais intensos de estiagem**

Para a análise dos anos de maior ocorrência de estiagem obteve-se as anomalias de precipitação trimestral para os anos de 2004-2005, 2008-2009 e 2011-2012 (Figura 22, 23 e 24) observou-se que os anos de 2004, 2005, 2011 e 2012 apresentaram anomalias negativas de precipitação pluvial, entre -300 mm e -400 mm. Durante o período estudado casos mais críticos de déficits de precipitação para o RS ocorreram nos anos de 2004 e 2005, com anomalias negativas acima de -400 mm (Figura 22), e nos anos de 2011 e 2012 (Figura 24) obtiveram respectivamente -400 mm e -300 mm abaixo da média da normal climatológica.

Observa-se no mapa de anomalia da precipitação trimestral para o ano de 2004 (Figura 22a, 22b, 22c e 22e), a predominância de anomalia negativa, em geral com cerca de -96 mm trimestral, com pequenas áreas apresentando anomalia negativa superior a -480 mm trimestral (Figura 22a), isso se deve à rápida passagem dos sistemas frontais causando predominância de chuvas abaixo da média histórica (Climanálise, 2014). Apenas nos trimestres de abr-mai-jun observou-se regiões bem definidas de anomalias de precipitação positiva, na metade sul do RS, variando de 32 mm até 288 mm (Figura 22c) é possível identificar a anomalia negativa no Estado confirmando a atuação do fenômeno EN Modoki (Figura 22).

No ano de 2005 (Figura 22e, 22f, 22g e 22h) foi observado anomalias de precipitação negativas nos trimestres (jan-fev-mar e jul-ago-set), apesar de ter a atuação do fenômeno EN no primeiro trimestre, o que normalmente indicaria um aumento na precipitação. Isso ocorreu em consequência da atividade convectiva ter sido intensa no Oceano Pacífico Equatorial Central, estendendo-se através da região de atuação da Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS). Houve a formação de um bloqueio no Pacífico Sudeste que manteve uma circulação anticiclônica estacionária sobre o Sul do continente Sul-americano. Como consequência, notou-se uma diminuição na frequência de sistemas frontais e a configuração, mais a leste, da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), causando um déficit de precipitação negativa (Climanálise, 2014).

No ano de 2005 alguns municípios tiveram anomalias negativas superiores a -400mm, devido ao fato de que em 2004 de julho até dezembro houve a atuação

do fenômeno EN Modoki, além disso a metade Sul do Estado apresentou anomalias de precipitação positivas no trimestre (out-nov-dez) confirmando a atuação do fenômeno LN (Tabela 3).

No ano de 2008 o trimestre jan-fev-mar (Figura 23a) apresentou anomalia negativa o que indica a atuação do fenômeno LN (Tabela 3) com municípios na metade norte do Estado com um déficit de -400 mm no trimestre, foi consistente com a atuação de apenas quatro sistema frontais no RS (Clima Análise, 2014). Já no ano de 2009, no primeiro trimestre (Figura 23e) apresenta alguns municípios na metade Sul com anomalia de precipitação positivos e na maioria do Estado com anomalia de precipitação negativa, indicando a influência do fenômeno LN.

Na maior parte do ano de 2011 os municípios registraram deficiência de precipitação pluvial, ou seja, o Estado do RS apresentou anomalias de precipitação negativa (Figura 24a e 24b) confirmando a atuação do fenômeno LN (Tabela 3). O último trimestre apresentou anomalia de precipitação negativas, onde foi possível verificar a intensa atuação do fenômeno LN em que alguns municípios chegaram a apresentar anomalias de -250 mm. No ano seguinte os três primeiros trimestre (Figura 24e, 24f e 24g) mantiveram as características do efeito LN (Tabela 3) somente no último trimestre foi que apresentou anomalia positiva na metade norte do Estado teve municípios com índice superior a 250mm.

Como foi possível observar para boa parte dos anos o primeiro trimestre (jan-fev-mar) foi o qual apresentou maior desvio negativo de precipitação, conforme foi observado (SLEIMAN, SILVA, 2010).

Essa variação de precipitação, gerando períodos de estiagem, reflete na agricultura, uma vez que as culturas agrícolas necessitam de uma boa distribuição de precipitação para o desenvolvimento, onde o excesso ou a falta de chuva podem danificar ou causar quebra de safras. No entanto para as culturas de arroz irrigado, a diminuição da precipitação pluvial proporciona um maior rendimento, ou seja, anos com atuação do fenômeno LN são os que apresentam um aumento de rendimento.

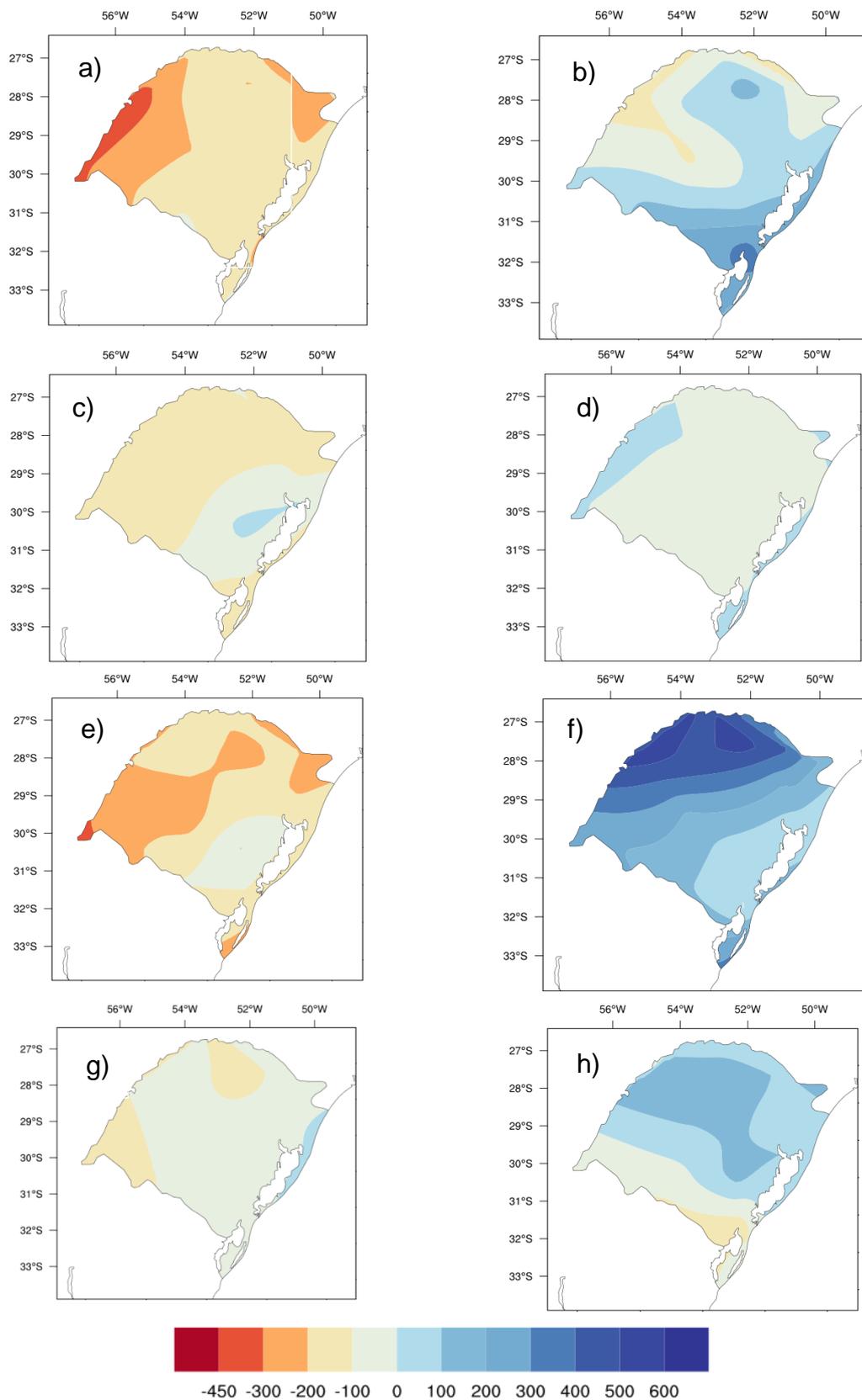


Figura 22- Distribuição do desvio de precipitação trimestral(mm/trimestral) dos anos: 2004 Jan-fev-mar(a), abri-mai-jun (b), jul-ago-set (c), out-nov-dez (d) e 2005 jan-fev-mar(e), abri-mai-jun(f), jul-ago-set(g) e out-nov-dez(h).

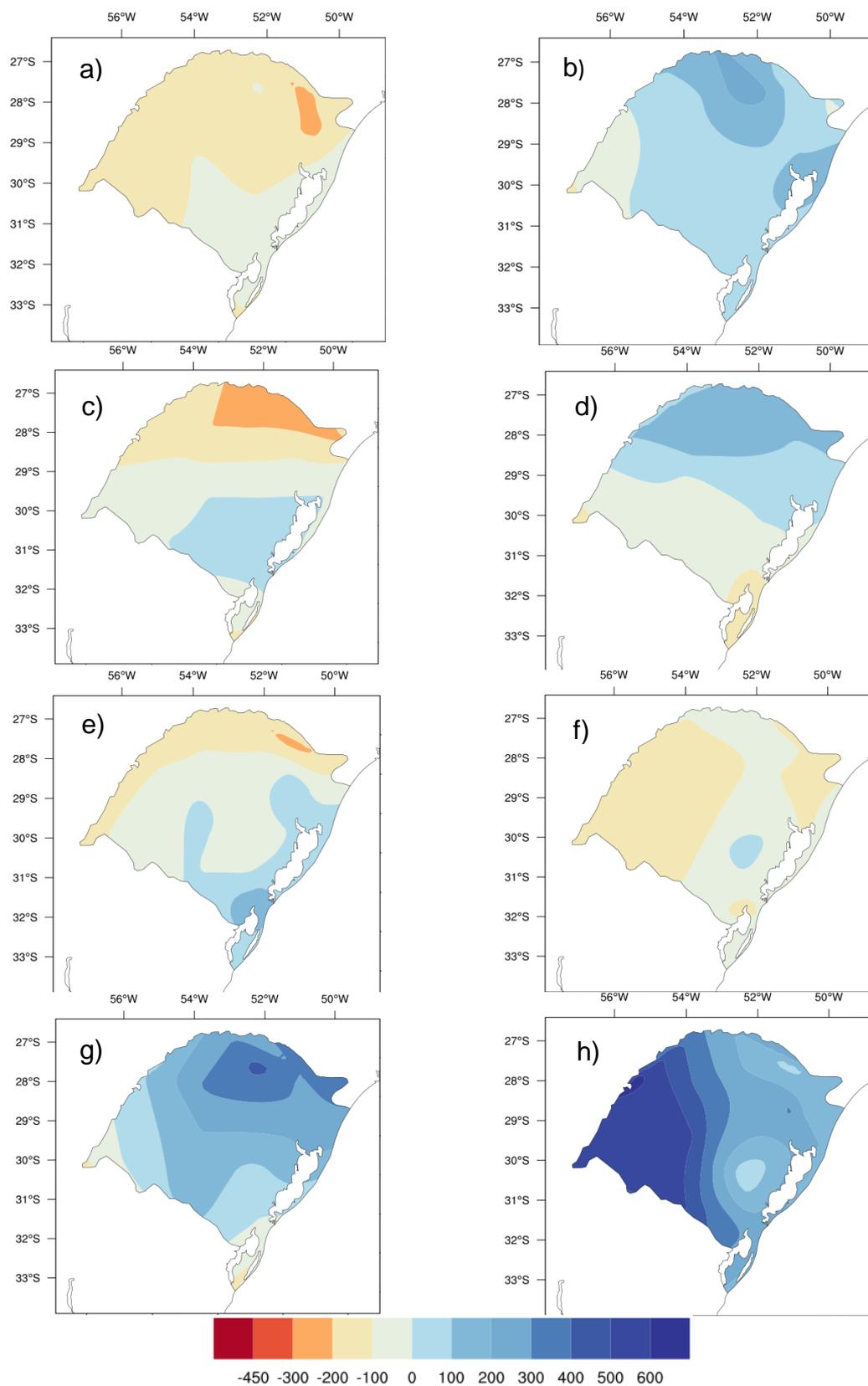


Figura 23 - Distribuição do desvio de precipitação trimestral(mm/trimestral) dos anos: 2008 Jan-fev-mar(a), abri-mai-jun (b), jul-ago-set (c), out-nov-dez (d) e 2009 jan-fev-mar(e), abri-mai-jun(f), jul-ago-set(g) e out-nov-dez(h).

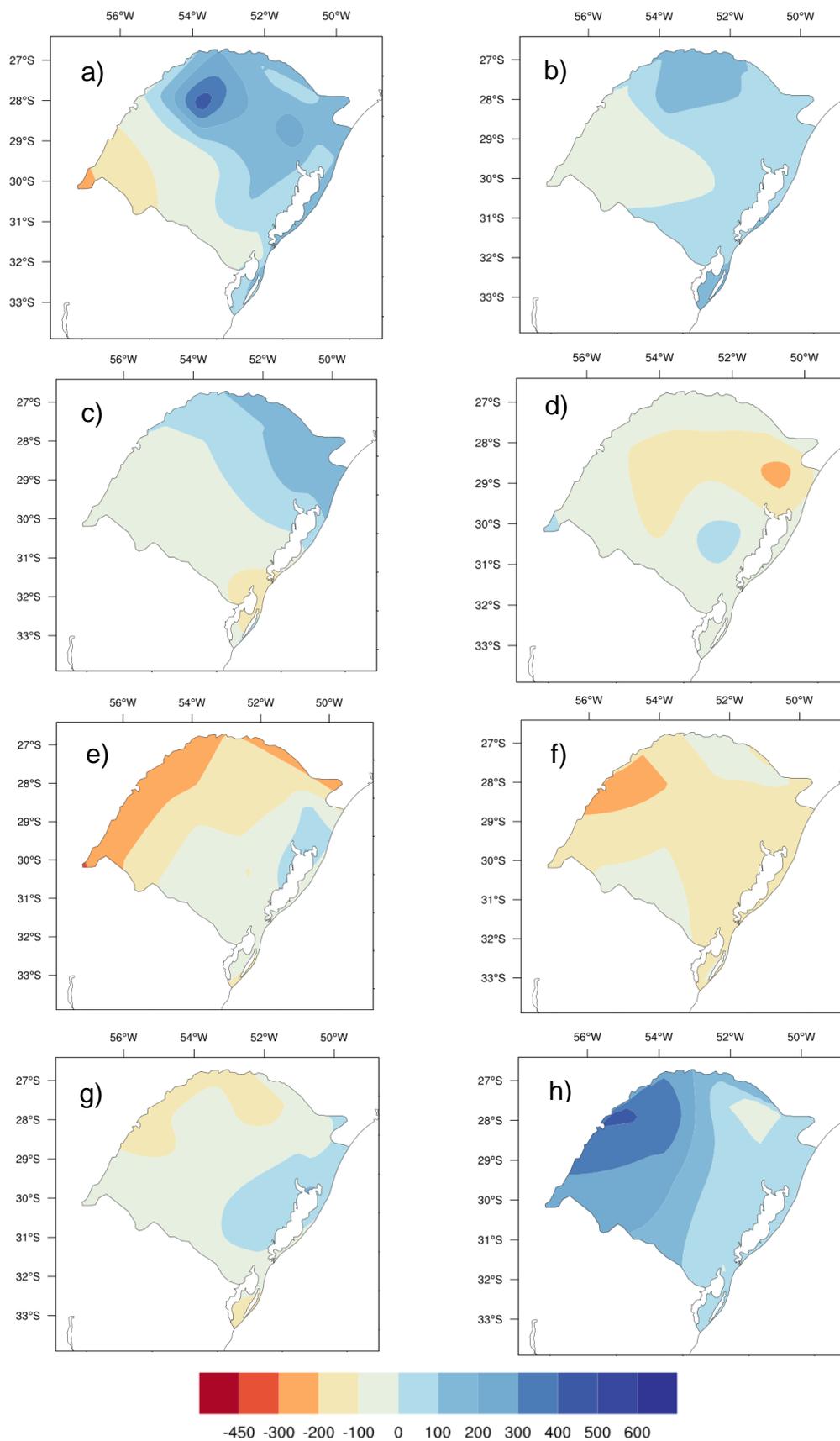


Figura 24- Distribuição do desvio de precipitação trimestral(mm/trimestral) dos anos: 2011 Jan-fev-mar(a), abri-mai-jun (b), jul-ago-set (c), out-nov-dez (d) e 2012 jan-fev-mar(e), abri-mai-jun(f), jul-ago-set(g) e out-nov-dez(h).

## 4.4. Relação entre a produtividade e a estiagem no RS

### 4.4.1. Arroz

Pela análise do rendimento médio de arroz (Figura 25) foi possível verificar que o ano de 2005 (Figura 25b) teve um maior rendimento médio do que em 2004 (Figura 25a). Além disso, na metade Sul do Estado do RS, no ano de 2005, em alguns municípios teve um aumento no rendimento médio de arroz em média 2000 kg ha<sup>-1</sup> em relação ao ano anterior, porém, na metade norte, vários municípios tiveram uma quebra de safra de 2000 kg ha<sup>-1</sup>.

A comparação das safras de 2008 e 2009 (Figura 25c e 25d) manteve a mesma sequência das safras de 2004 e 2005, ou seja, no ano de 2009 teve um aumento no rendimento médio na metade Sul e uma queda na metade norte, mas com uma diferença a produção de arroz em alguns municípios do RS teve um aumento chegando a 10.000 kg ha<sup>-1</sup>. Isso pode ser explicado, porque os eventos EN são desfavoráveis para a cultura do arroz irrigado em 53% dos casos. Isso é causado pelo excesso de chuvas, principalmente nos meses de primavera, como foi observado nos anos de 2004 e 2009 (Tabela 3) a atuação do fenômeno EN nos meses de (jul-dez) isso pode ter contribuído para o atraso da semeadura e, em alguns casos, provocado a perda das lavouras devido as enchentes (ENBRAPA, 2014). Já nas safras de 2011 e 2012 (Figura 25e e 25f), teve uma quebra de safra de arroz no ano de 2012 em vários municípios do RS.

Com os mapas das safras de rendimento médio de arroz, foi possível observar que o ano com menor produtividade foi de 2005 e o ano com maior produtividade foi em 2011 (Figura 25a e 25e). Isso é possível confirmar observado a figura 25 da distribuição da produtividade e do rendimento médio de arroz do RS a qual podemos identificar que no ano de 2005 teve uma queda na quantidade produzida (t), já o rendimento médio não teve alteração para o ano anterior, porém o ano de 2011 teve uma queda no rendimento médio e teve um aumento na quantidade produzida (kg ha<sup>-1</sup>).

Em todas as safras é visível que a metade Sul do RS produz mais a cultura de arroz que na metade norte, para ser mais específico a MS produz mais de 60% da safra total do Brasil (EMBRAPA, 2015). Isso pode ser pelo fato que possui recursos naturais favoráveis para o cultivo do arroz irrigado, bem como a

predominância de extensos vales com muitos mananciais de água, que foram fundamentais para possibilitar o surgimento e desenvolvimento dessa lavoura na Metade Sul, desde o início do século XX (CHELOTTI, CASTANHO, 2006).

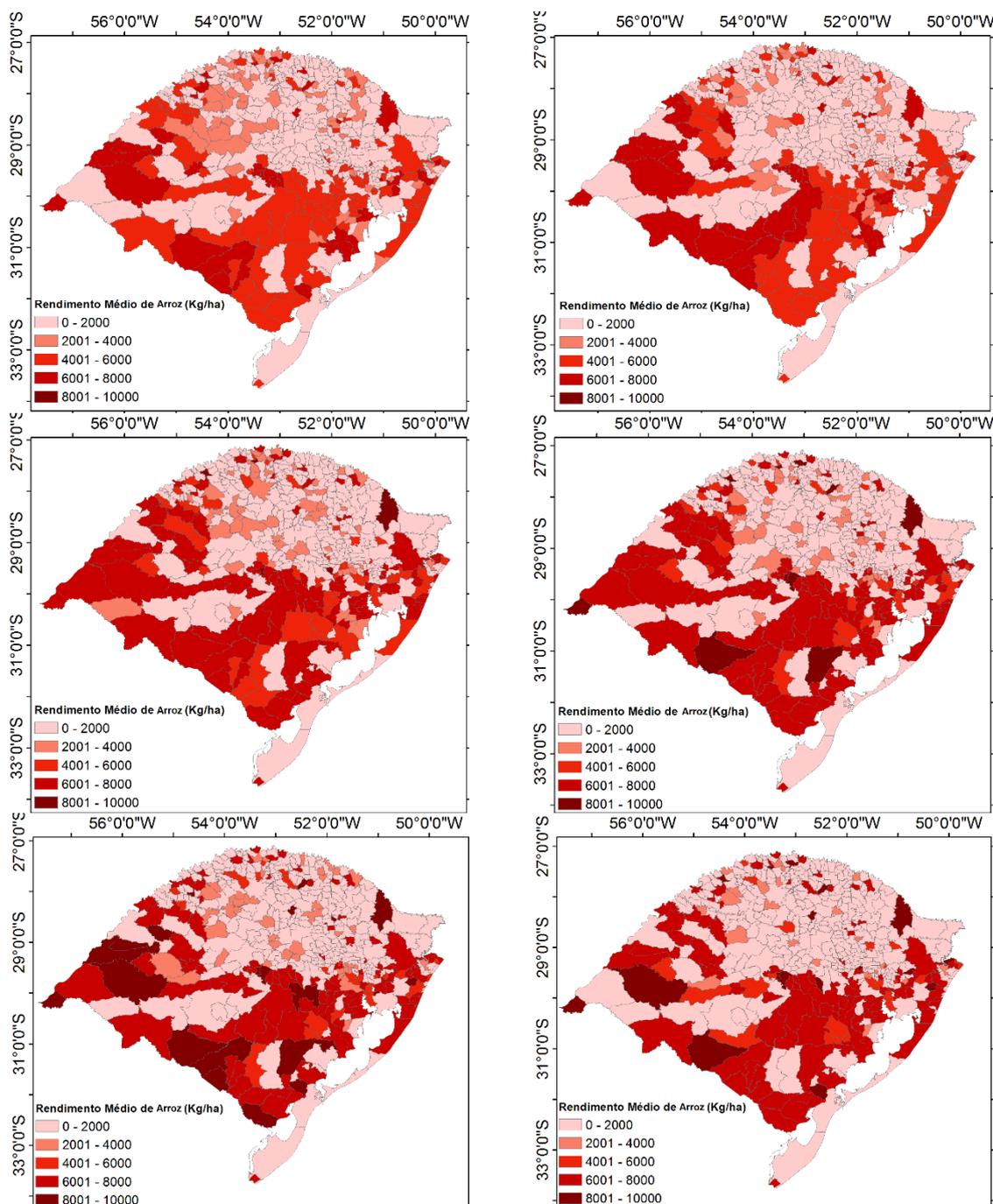


Figura 25- Rendimento médio de arroz dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f).

Através da análise do desvio de rendimento médio de arroz (Figura 26) é possível verificar que grande parte dos municípios do RS tiveram queda no rendimento médio em comparação da safra de 2004/2005 (Figura 25a). Na safra de

2008/2009 (Figura 25b) 26 municípios tiveram um aumento no rendimento de arroz e o resto do Estado teve uma quebra no rendimento onde os casos mais alarmantes foram 5 municípios que apresentaram uma quebra de  $-6.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de arroz. Já na safra de 2011/2012 (Figura 25c) teve uma queda no rendimento médio em vários municípios no Estado. Nas safras de 2004/2005 e 2011/2012 foram os anos que apresentaram maiores quedas no rendimento médio de arroz (HERNANDEZ, 2003; RODRIGUES et al., 2004; MEDEIROS et al., 2005).

Como podemos verificar nos mapas da cultura de arroz os anos com maiores estiagens (2004, 2005 e 2012) foram os que apresentaram maiores rendimentos em relação aos anos anteriores. Isso se deve ao fato de que períodos com atuação dos eventos LN são favoráveis à cultura do arroz irrigado em 60% dos casos. Essas configurações são explicadas, em parte, pela déficit de precipitação, principalmente nos meses de primavera, que favorece a semeadura e o desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2014).

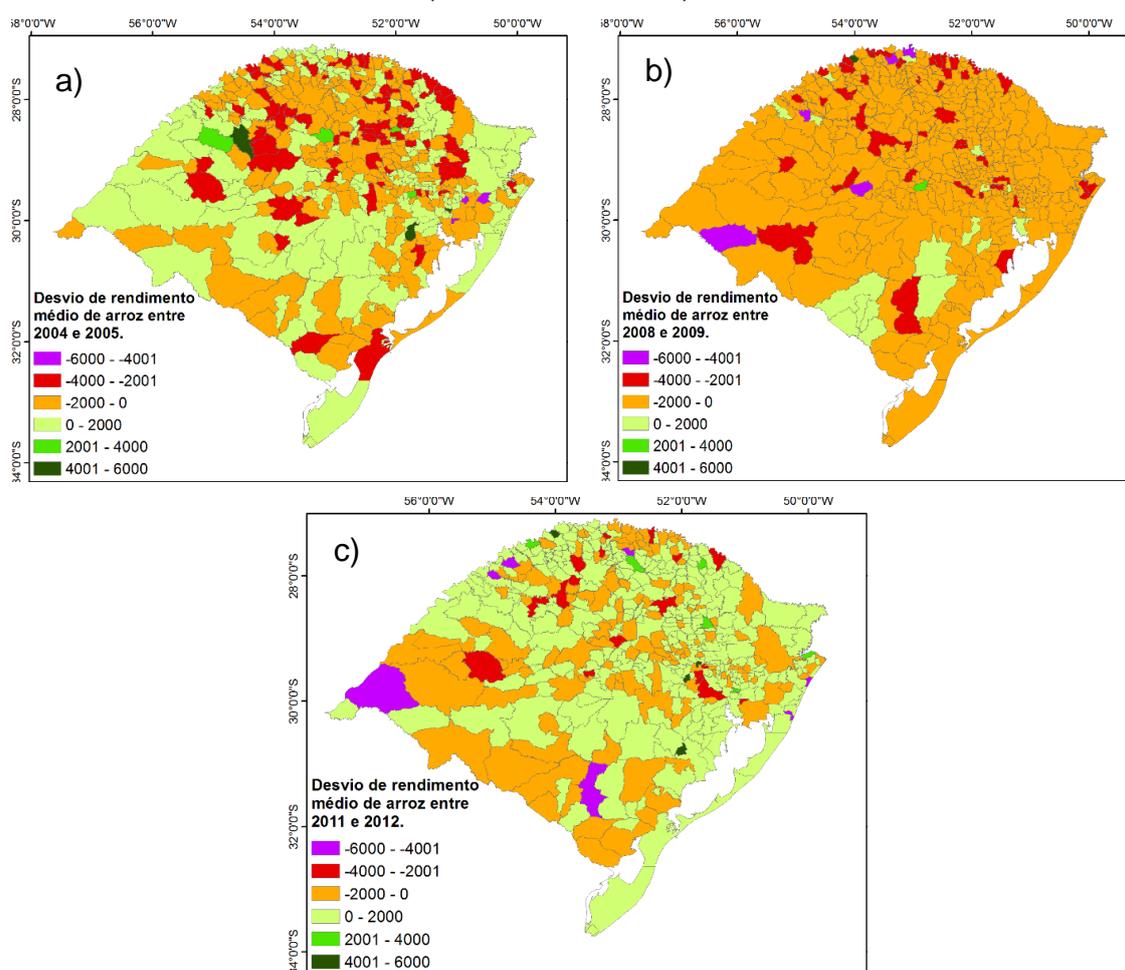


Figura 26- Desvio de rendimento médio de arroz (kg/ha) entre as safras dos anos: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012.

Na figura 25 foi possível verificar que na safra de 2004/2005 não teve uma queda significativa no rendimento do arroz (Figura 26a) apenas 3 kg ha<sup>-1</sup> e uma perda na produtividade de 3,7%, já na safra de 2008/2009 (Figura 26b) mostrou um aumento no rendimento no ano de 2009 comparado com o ano de 2008, sendo um aumento de 301kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, um aumento de 25,83%. Nas safras de 2009/2010 e 2011/2012 (Figura 26c) tiveram uma queda no rendimento de 243 kg ha<sup>-1</sup> e 739 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente e ambos tiveram uma perda de produção de aproximadamente de 13,96%, ou seja, 1,2 milhões de toneladas de arroz (Figura 27). A estiagem decorrente do fenômeno EN Modoki em 2004 refletiu em uma queda na safra de arroz como foi mostrado nas imagens anteriores, isso fez com que tivesse uma perda de Valor Bruto da Produção (VBP) de mais de R\$ 3,5 milhões (Figura 28) em 2005 e um decréscimo de 36% na cultura de arroz em relação ao ano de 2004 (Figura 27). A safra de 2012 também teve uma queda significativa em relação à safra do ano anterior. Foi possível observar que a safra de 2009 teve um aumento de 4,24% em relação ao ano anterior (Figura 27). Isso se deve ao fato da atuação do fenômeno EN final de 2009.

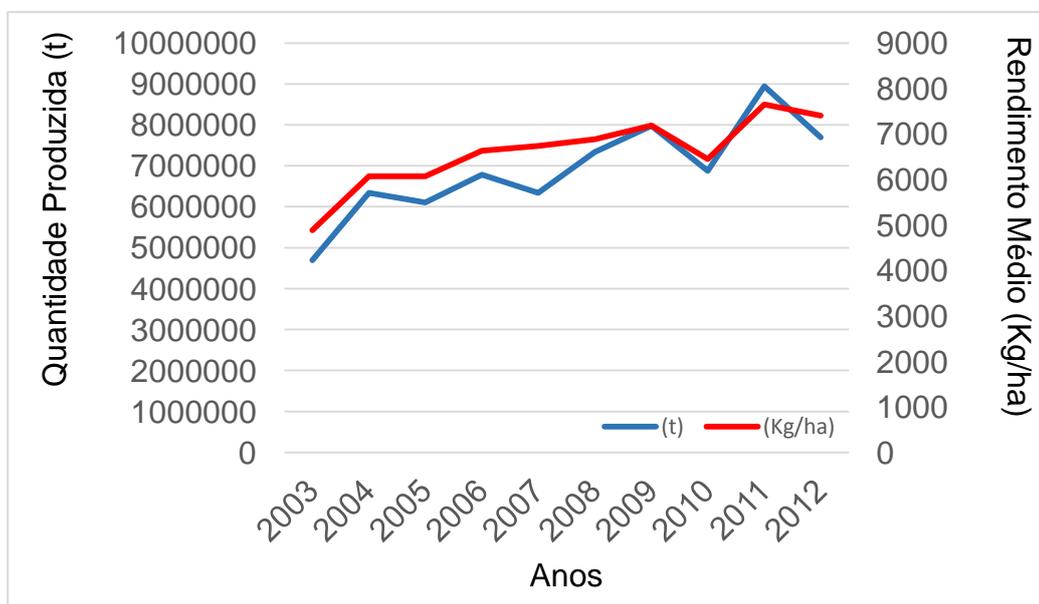


Figura 27- Gráfico da distribuição da produção e do rendimento médio de arroz no RS para o período de 2003-2012.

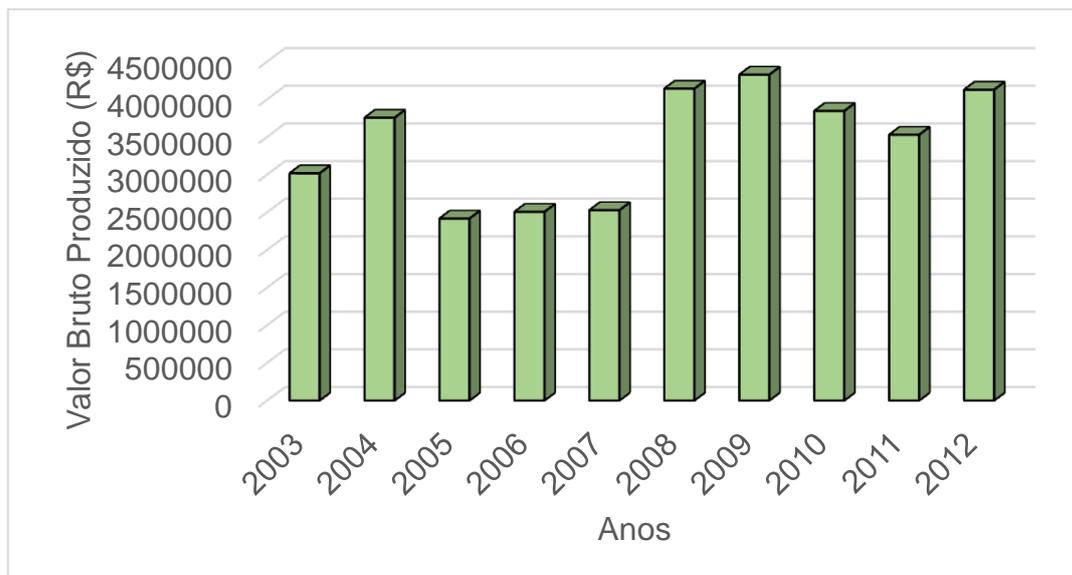


Figura 28- Distribuição do valor bruto da produção de arroz no RS para o período de 2003-2012.

#### 4.4.2. Milho

Nas safras de 2004-2005 (Figura 29a 29b) é possível identificar a grande queda no rendimento médio do milho no ano de 2005. Em alguns municípios da MN do RS foi registrada uma queda no rendimento de milho de aproximadamente  $6.000 \text{ kg ha}^{-1}$ . No ano de 2004 o maior rendimento médio foi observado na MN do Estado já no ano de 2005, apesar da grande quebra de safra de milho a MN apresentou maior rendimento médio do que a MS.

As safras de 2008 e 2009 apresentaram uma menor queda do que em 2004-2005, mas seguiu a mesma configuração, onde a MN apresentou maior rendimento médio que na MS nos dois anos, além disso a maioria dos municípios que apresentaram uma queda no rendimento médio do milho estão na MN do Estado isso observando os dois anos. O ano de 2009 (Figura 29d) apresentou uma queda em alguns municípios do RS de  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  comparando com o ano de 2008 (Figura 29c). A safra de 2011-2012 foi possível verificar que teve uma grande queda em 2012 (Figura 29f). Como já tinha sido observado nas safras anteriores, os municípios da MN em 2012 apresentaram uma maior queda no rendimento médio na produção de milho, em relação ao ano de 2011 (Figura 29e). Além disso, foi possível observar também que dentre o período das safras estudadas o ano que teve maior queda foi o ano de 2005 apresentando uma queda de aproximadamente  $6000 \text{ kg ha}^{-1}$  e o ano que teve maior rendimento médio foi o ano de 2011, tendo em

alguns municípios da MN um rendimento superior a  $10000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

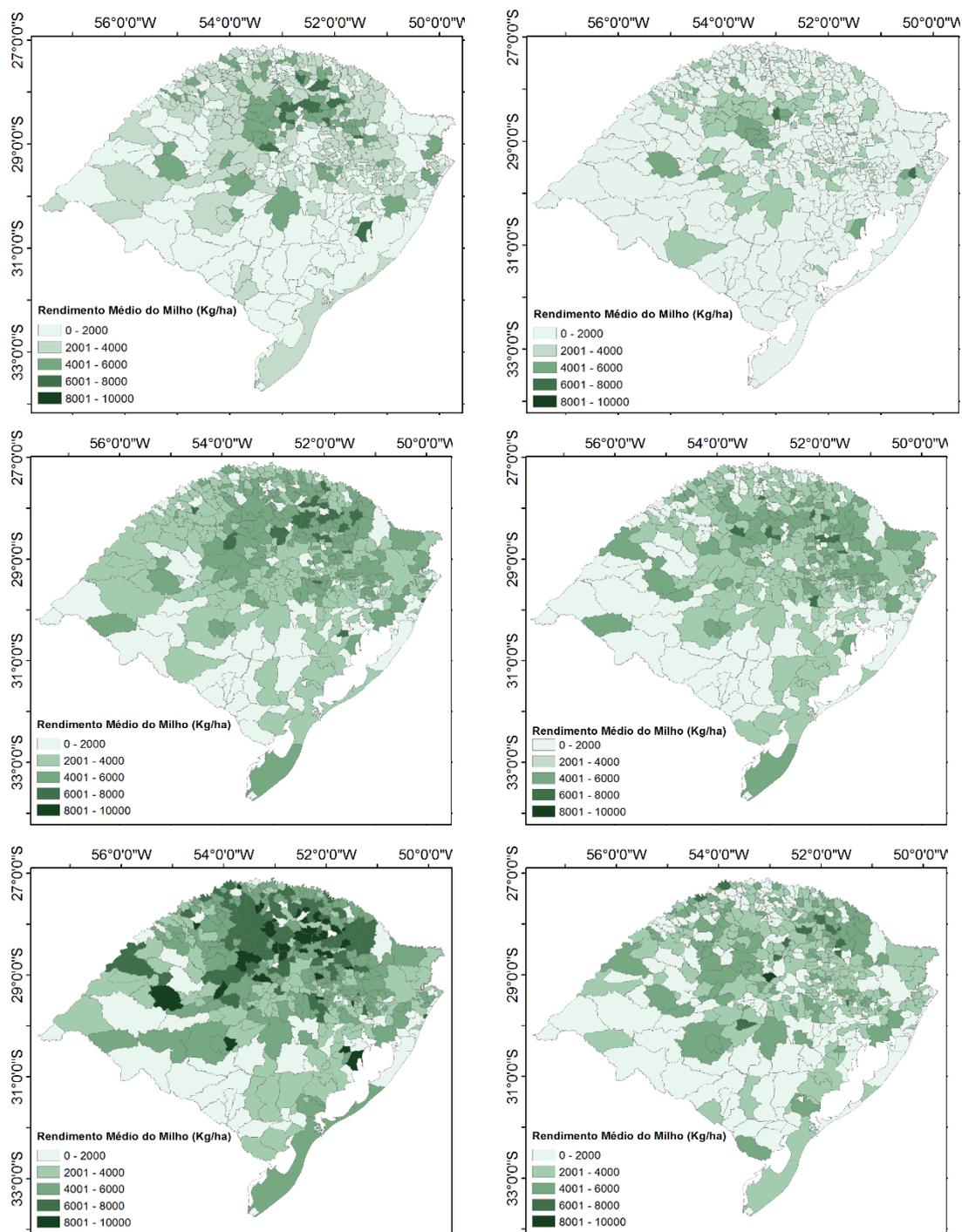


Figura 29 – Rendimento médio de milho dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f).

A safra de milho de 2004/2005 (Figura 30a) foi a que apresentou uma grande quebra no rendimento apenas 3 municípios apresentaram um desvio de rendimento positivo. Vários municípios na MN do Estado apresentaram uma queda no rendimento superior a  $-6000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Na safra de 2008/2009 (Figura 30b) apresentou boa parte dos municípios na MN com desvios negativos e as safra de

2011/2012 (Figura 30c) apresentou boa parte dos municípios da MN com desvio negativos. As safras de 2004/2005 e 2011/2012 foram as que apresentaram maiores quebras no rendimento conforme o estudo comparativo Fepagro (CemetRs/Fepagro, 2012).

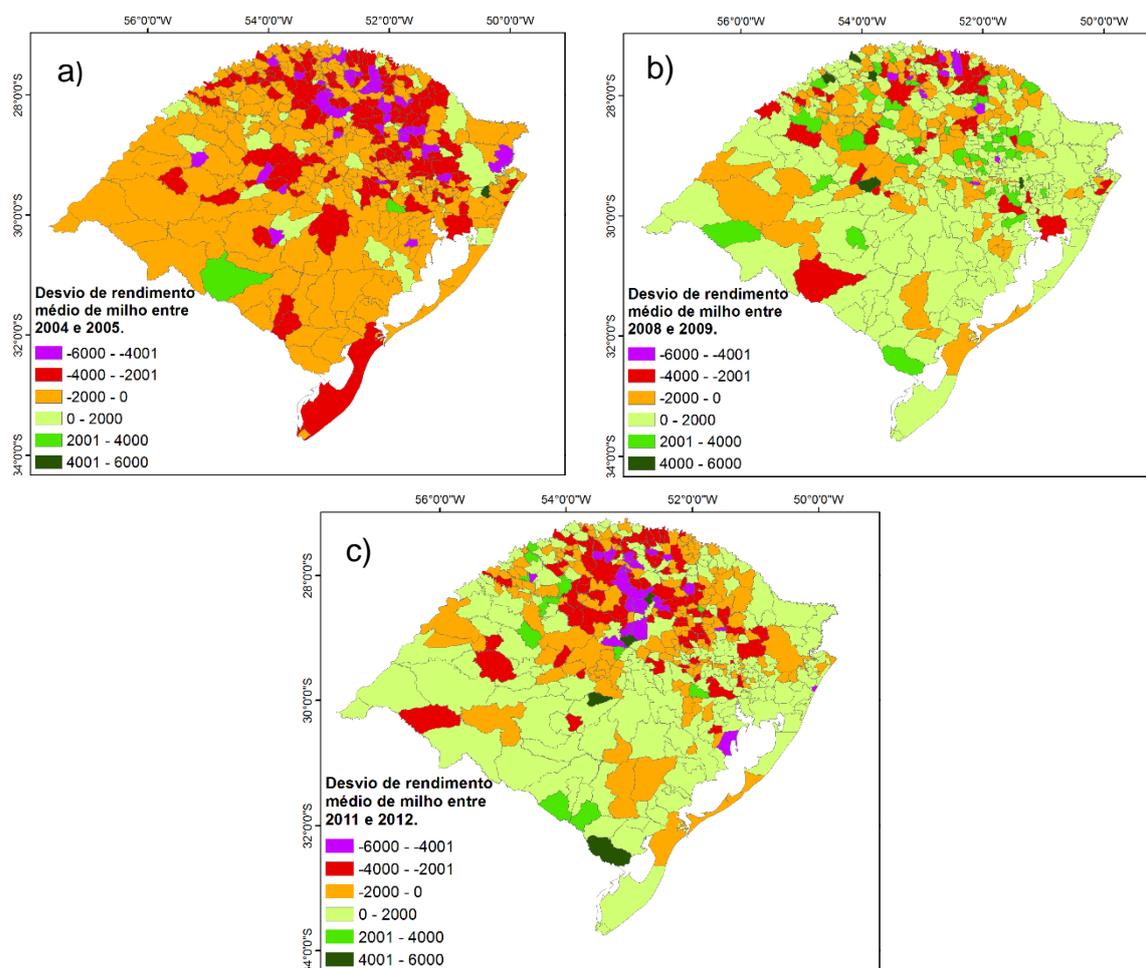


Figura 30- Desvio de rendimento médio de milho (kg/ha) entre as safras dos ano: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012.

O Milho é uma cultura de verão que foi bastante afetada nos anos de 2005, 2009 e 2012, tendo uma redução no rendimento médio de 56%, 20% e 45,34% respectivamente (Figura 31). A estiagem no ano de 2005 fez com que tivesse uma queda de rendimento médio de aproximadamente 1278 kg ha<sup>-1</sup> em relação ao ano anterior. O que também é observado na quantidade produzida, em seguida os anos que tiveram uma queda no rendimento foi em 2009 e 2012. Conseqüentemente o VBP diminui consideravelmente nos anos com em que a atuação do fenômeno ENOS foi mais intenso, tendo um decréscimo na safra de milho de 57%, 36% e 58,4% respectivamente (Tabela 3). O ano de 2011 foi o que apresentou o maior

VBP o que foi confirmado nos mapas de rendimento médio (Figura 32). Conforme pode ser observado (Figura 29), na Safra 2005 teve uma redução de 1,8 milhões de Toneladas em relação à Safra 2004 (LAZARRI, 2005; LAZARRI, 2006). A redução total em 2012 em relação a 2011 foi de 2,6 milhões de toneladas (Figura 31). Foi possível observar que em todos os anos com maior intensidade da estiagem, houve ocorrência da atuação do fenômeno LN (Tabela 3) e, que nos anos anteriores já vinham de um processo de déficit de precipitação (Figuras 22, 23 e 24).

O milho é uma cultura de verão que é altamente sensível a estiagens, logo a ocorrência de déficit negativo de precipitação nos estágios evolutivos da cultura que são: Estágio vegetativo (Emergência, primeira folha, segunda folha, terceira folha quarta folha e pendoamento) e estágio reprodutivo (Grão leitoso, grão pastoso, grão farináceo, grão farináceo duro e maturação) (PIONNER, 2014). Dessa forma, segundo Bergamaschi (2006), quando ocorre estiagem na fase vegetativa se tem uma redução do número de grãos por espiga, este fato causa uma queda gradual do rendimento do milho. Assim, quando ocorre deficiência hídrica antes da emissão do pendoamento pode resultar em redução de 50% no rendimento dos grãos e em pleno florescimento ocasiona queda de 20% a 50% em período de 2 a 8 dias, respectivamente (PEGORARE et al., 2009). Maiores efeitos sobre o rendimento da cultura são evidenciados no estágio reprodutivo, o estresse hídrico neste período é mais danoso à cultura, pois as plantas apresentam elevada transpiração decorrente da máxima expansão da área foliar que ocorre nesse período (BERGAMASCHI et al., 2004; BERGAMASCHI et al., 2006). A cultura necessita para obter rendimento máximo aproximadamente 650 mm de água (BERGAMASCHI et al., 2001) durante seu ciclo pode variar de 110 a 140 dias em híbridos com ciclo médio. Durante o florescimento a cultura demanda cerca de 7 mm diários de água disponível no solo para as condições do estado do RS (BERGAMASCHI et al., 2001). O autor ainda comenta sobre o período crítico compreender o embonecamento: em caso de ocorrência de estresse hídrico antes dessa fase pode ser observado reduções de rendimento de 20 a 30%, durante o embonecamento ocorre reduções de 40 a 50% e após ocorre reduções de 10 a 20%.

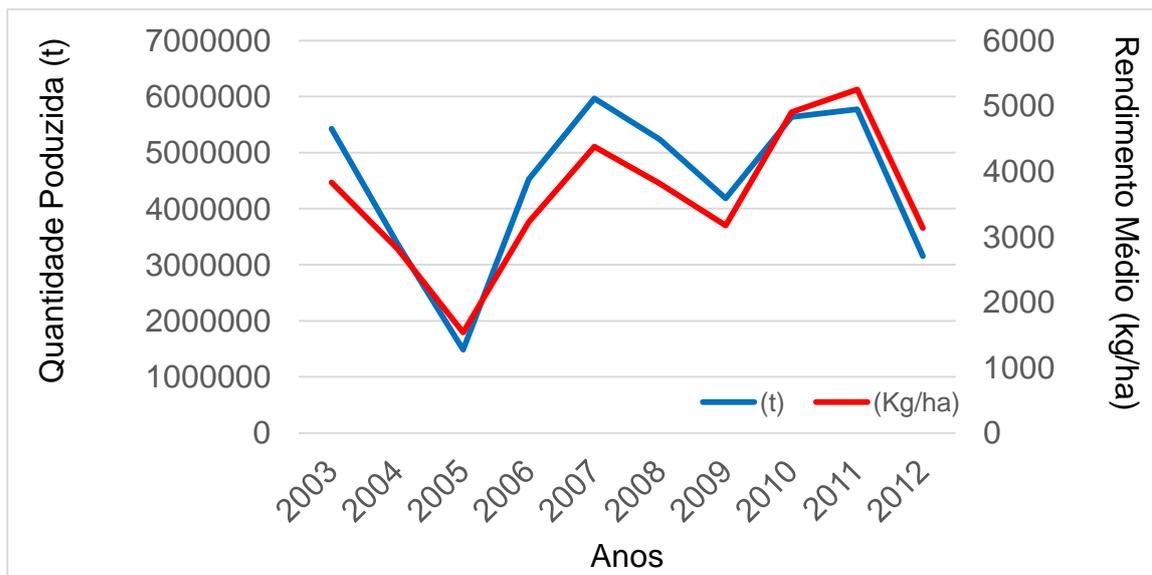


Figura 31- Gráfico da distribuição da produção e do rendimento médio de milho no RS para o período de 2003-2012.

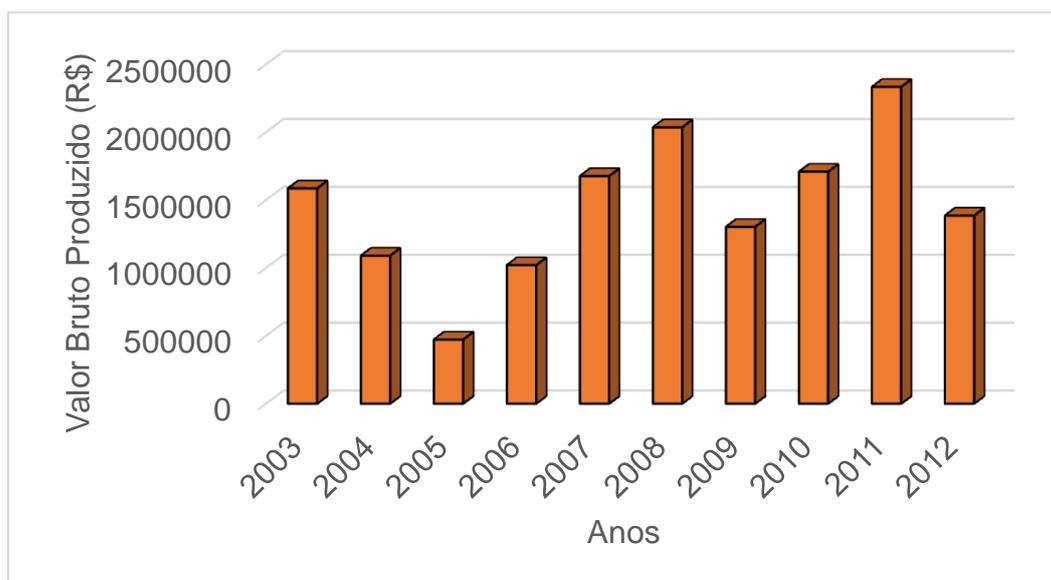


Figura 32- Distribuição do valor bruto da produção de milho no RS para o período de 2003-2012.

#### 4.4.3. Soja

Nas safras de 2004 e 2005 da cultura de soja é possível verificar que no ano de 2005 teve uma grande quebra na safra de soja em relação ao ano de 2004 (Figura 33a e 33b). Praticamente todo o Estado do RS teve queda no rendimento médio da soja. Nas safras de 2008 e 2009 (Figura 33c e 33d) teve uma queda no rendimento médio no ano de 2009 em comparação com 2008, todo o Estado foi prejudicado pela atuação do fenômeno LN (Tabela 3), porém a MS teve maiores

perdas no rendimento do que na MN. A cultura de soja na safra de 2011-2012 (Figura 33e e 33f) teve uma grande queda em 2012 devido à estiagem causada pelo fenômeno LN que começou em setembro de 2011 estendendo-se até 2012 (Tabela 3). No ano de 2012 todo o Estado foi atingido pela estiagem, causando uma grande quebra na safra de soja, já que no ano anterior teve vários municípios com rendimento médio acima de 4000 kg ha<sup>-1</sup>.

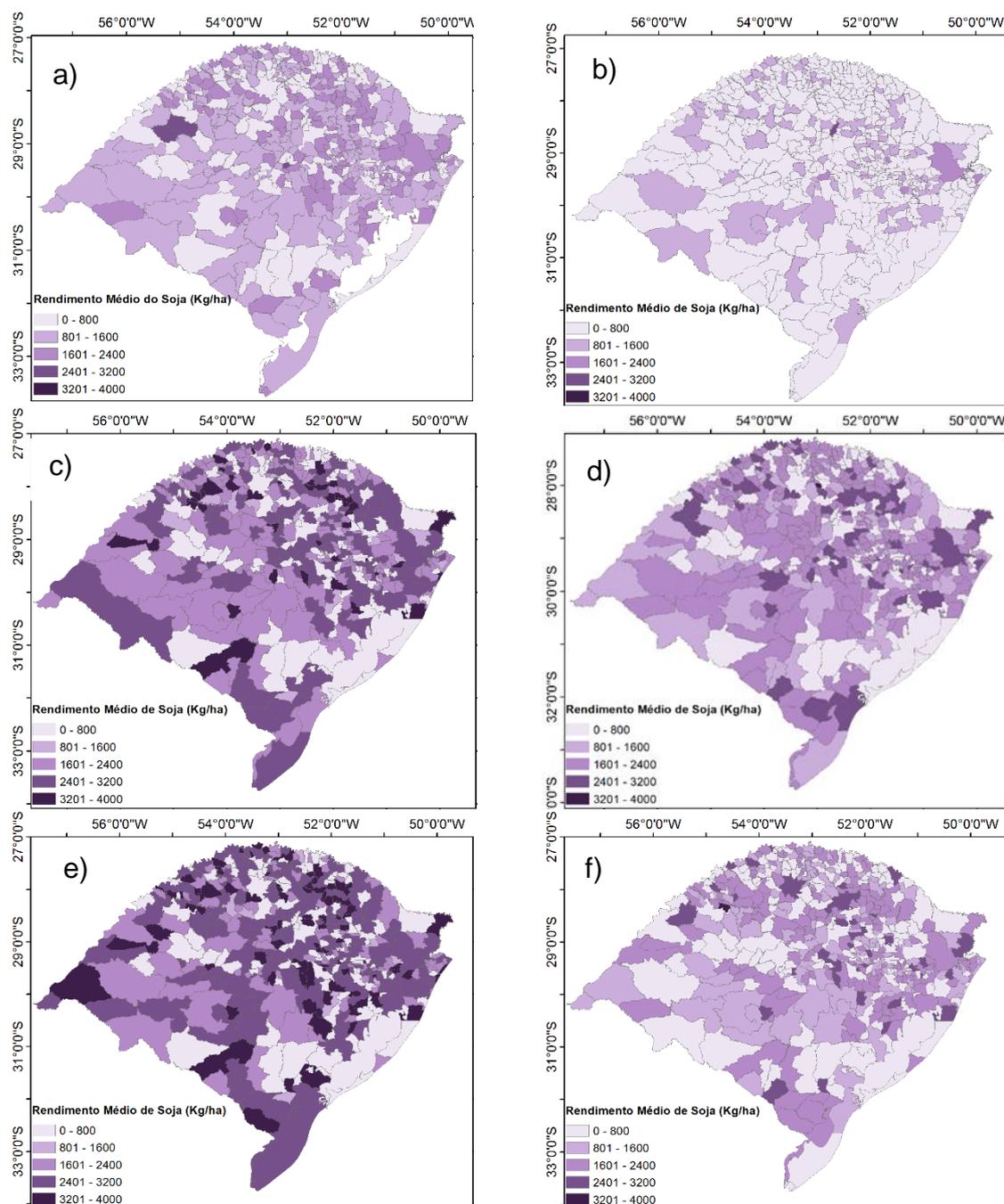


Figura 33- Rendimento médio de soja dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f).

Como foi verificado anteriormente (Figura 33) os anos com maiores déficit negativo de rendimento médio de soja foram nos anos de 2005 e 2012. Como é possível constatar na safra de 2004/2005 (Figura 34a) poucos municípios apresentam desvio positivo (LAZARRI, 2005; LAZARRI, 2006). Mas na safra de 2008/2009 (Figura 34b) não apresentou um desvio tão significativo, onde os poucos municípios que tiveram desvio negativo apresentaram  $-1000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Porém, a safra de 2011/2012 apresentaram o maior queda no rendimento médio de soja, onde vários municípios tiveram um desvio negativo  $-6000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 34c). Essas foram as safras que tiveram maiores quedas no rendimento de soja, conforme foi verificado por (LEIVAS et al., 2014).

A soja é a uma cultura muito resistente à seca, comparando com as outras culturas estudadas. Este é um dos fatores que faz a cultura de soja ser disparado a cultura mais importante do Estado (PINTOL; BROCH, 2012). Mesmo assim, como foi visto (Figuras 33 e 34) as perdas de produção são frequentes e significativas devido à falta de umidade no solo, durante o ciclo da cultura, e alta temperatura a partir do florescimento.

Segundo (PACHECO et al., 2006) a cultura de soja necessita para um bom desenvolvimento cerca de 600 a 800 mm em todo ciclo da cultura e aproximadamente 200 a 400 mm de chuva por mês, levando em consideração as variações do clima durante o crescimento da cultura (MATZENAUER, 2003; KUSS, 2006). Dessa forma, as quebras nas safras de soja (2004/2005, 2008/2009 e 2011/2012) são justificadas, porque estes anos apresentaram anomalias negativas de precipitação pluvial, que variaram entre  $-300\text{mm}$  e  $-400\text{mm}$  abaixo da média da normal climatológica, nos trimestres do RS (Figura 22, 23 e 24) valores muito inferiores do necessário para o desenvolvimento da cultura. Segundo Kuss (2006) dentre todos os fatores que influenciam o rendimento da soja, os principais são: irrigação e a cultivar. Estes fatores influenciam a interação água-cultura de modo a interferir nas relações de transpiração, evapotranspiração e ciclo.

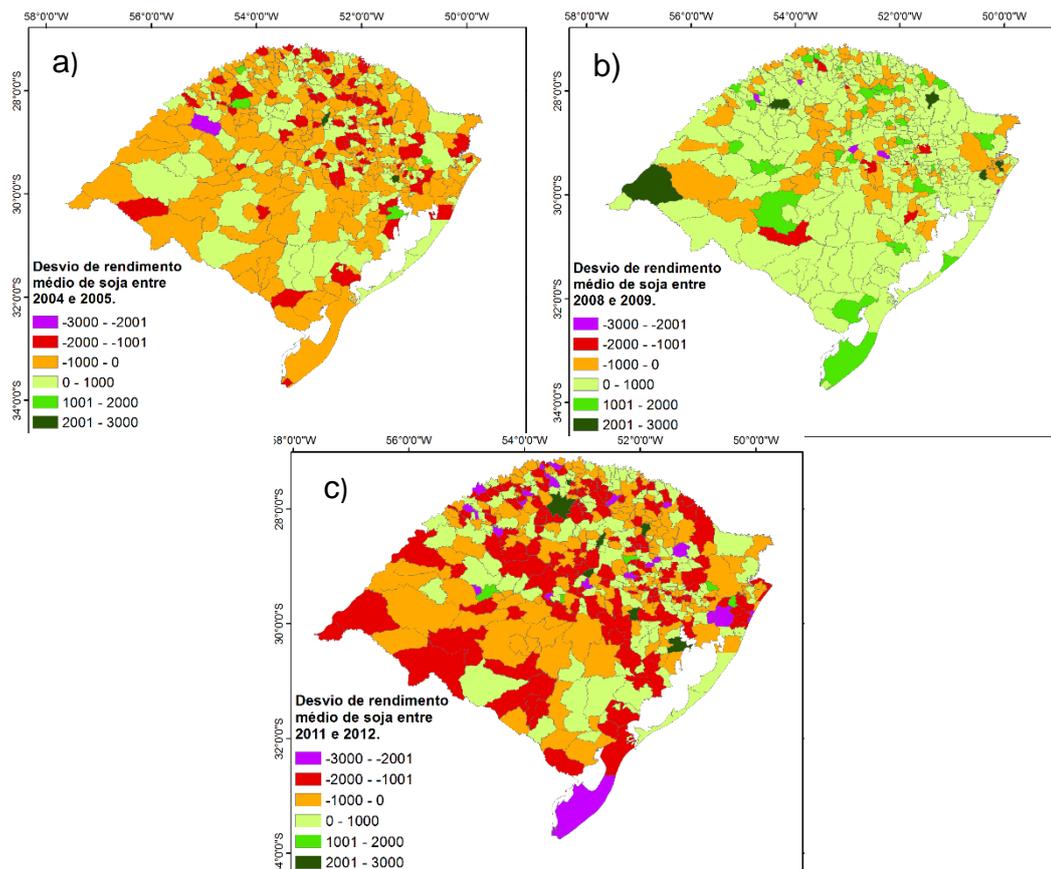


Figura 34- Desvio de rendimento médio de soja (kg/ha) entre as safras dos ano: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012.

Como foi observado nos mapas de rendimento médio de soja (Figura 33) os anos com maior quebras nas safras foram 2005 e 2012. No gráfico fica mais evidente as bruscas quedas nos rendimentos das safras de soja nos respectivos anos de aproximadamente 742 e 1445 kg ha<sup>-1</sup>. Com isso é possível verificar que dentre o período estudado o ano mais afetado pela estiagem foi o ano de 2012 com uma queda no rendimento de 1445 kg ha<sup>-1</sup>. Conseqüentemente, nos anos com maior ocorrência de estiagem que foram 2005, 2009 e 2012 a produção também teve uma grande queda de aproximadamente 56% e 49,26%, respectivamente (Figura 35).

Pela análise os 2 anos com maiores impactos da estiagem na cultura de soja, o VBP teve uma redução na safra de 3 e 5,8 milhões de toneladas respectivamente, sendo 2012 com o maior prejuízo dentre os 2 anos, com perda de 50% e uma redução de 5,8 milhões de toneladas (Figura 36).

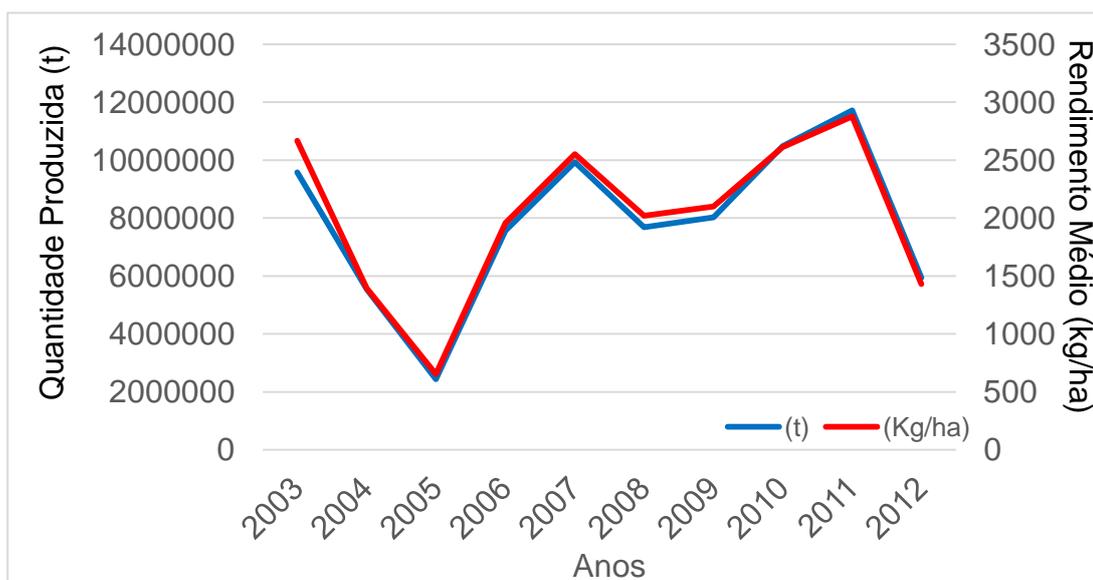


Figura 35- Distribuição da produção e do rendimento médio de soja no RS para o período de 2003-2012.

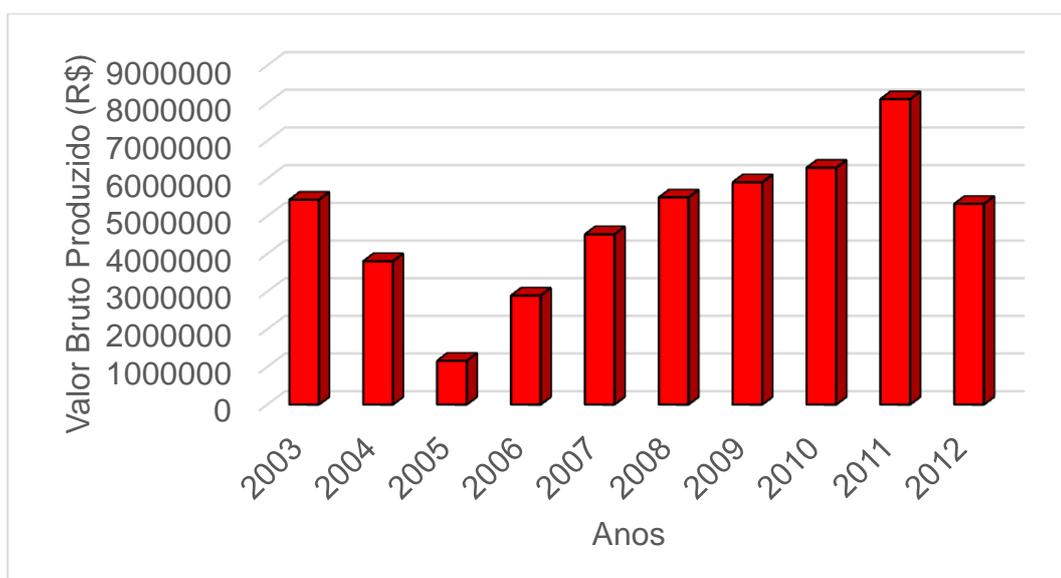


Figura 36-Distribuição do valor bruto da produção de soja no RS para o período de 2003-2012.

#### 4.4.4. Trigo

Nas safras de 2004/2005 não houve queda acentuada na produtividade de trigo, embora em 2005 tenha sido possível verificar que alguns municípios do Estado tiveram uma queda no rendimento (Figura 37a e 37b). Nas safras de 2008/2009 também manteve a mesma configuração com

uma queda no rendimento em alguns municípios do Estado no ano de 2009 (Figura 37c e 37d). Já na safra de 2011/2012 teve uma grande quebra no rendimento da safra de trigo no ano de 2012 (Figura 37e e 37f). O ano que teve maior queda na safra de trigo foi em 2012 e o ano com maior rendimento foi 2011.

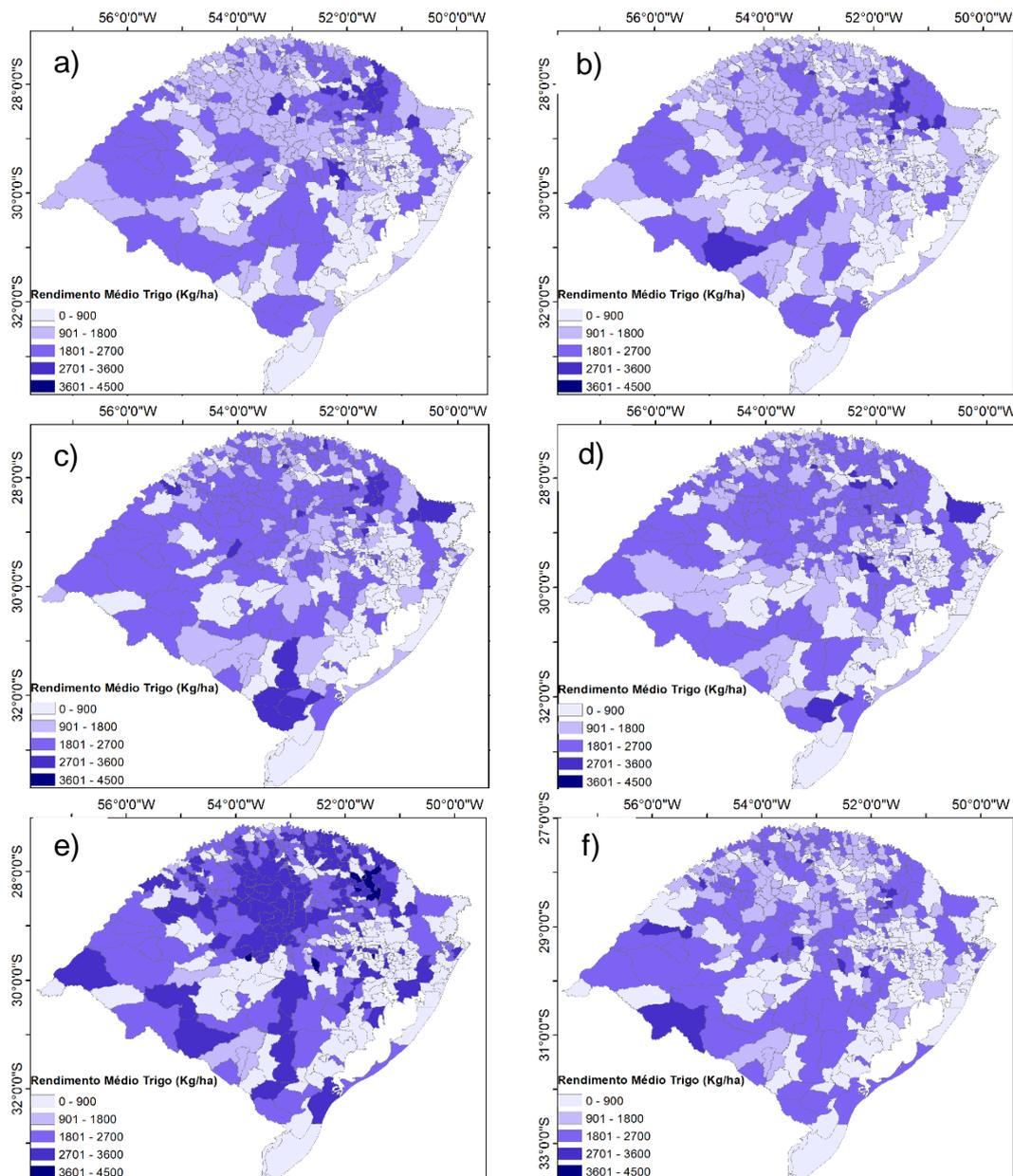


Figura 37- Rendimento médio de trigo dos municípios do RS. 2004 (a), 2005 (b), 2008 (c), 2009 (d), 2011(e) e 2012(f).

Nas safras de 2004/2005 da cultura de trigo os municípios da MN do Estado foram afetados pela estiagem é possível verificar (Figura 38a) que alguns municípios tiveram desvio negativo de  $-3000 \text{ kg ha}^{-1}$ . A safra de 2008/2009 (Figura 38b) poucos municípios tiveram desvio positivo e a safra de 2011/2012 foi a que apresentou maior rendimento, com vários municípios na MN com desvio negativo de  $-3000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 38c).

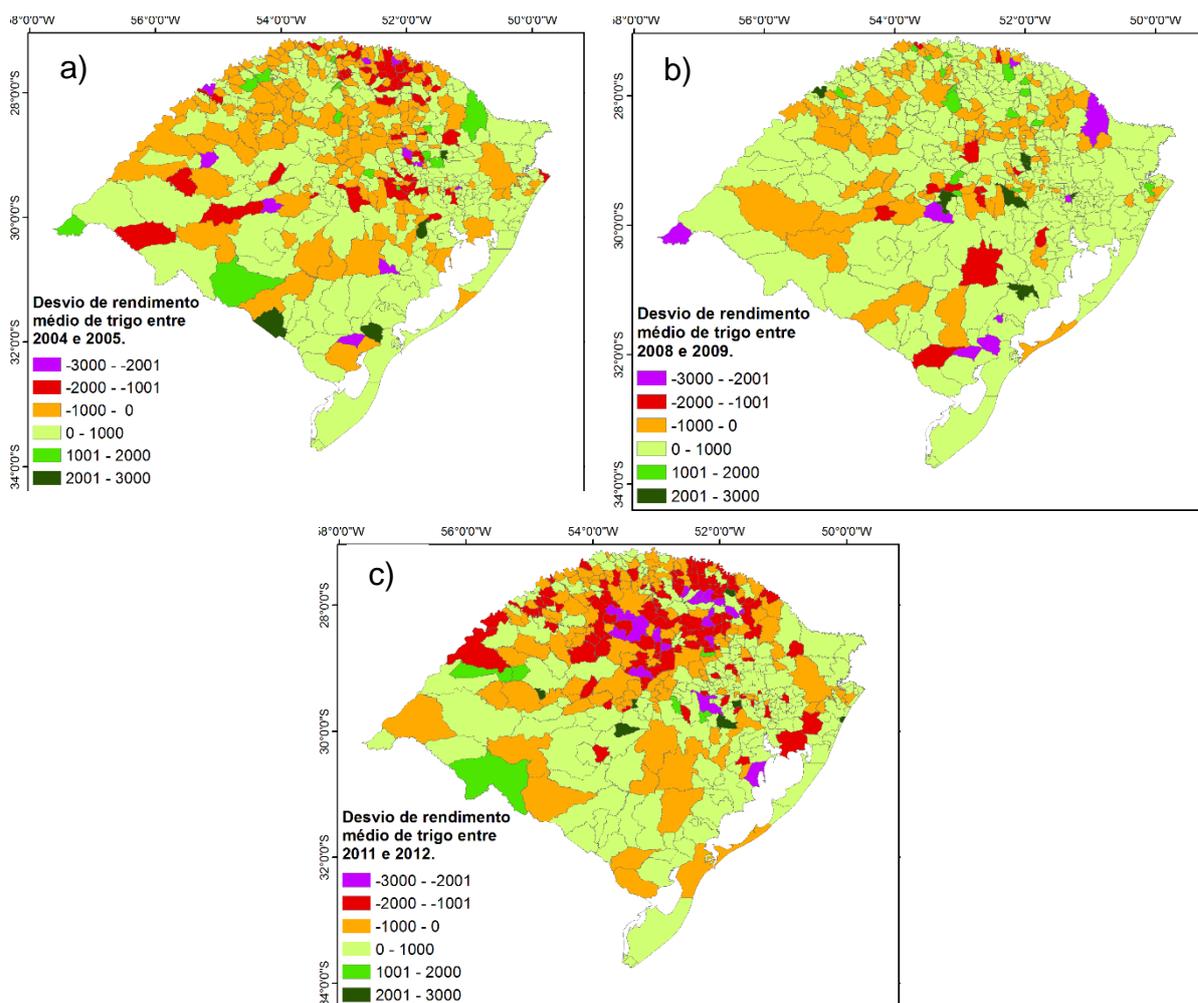


Figura 38- Desvio de rendimento médio de trigo(kg/ha) entre as safras dos ano: (a) 2004/2005, (b) 2008/2009 e (c) 2011/2012.

A cultura de trigo também sofreu com os períodos de estiagens causadas pela ocorrência do fenômeno ENOS (Tabela 3). Os anos que apresentaram maiores ocorrência de estiagem que prejudicou a cultura de trigo foram os anos de 2005, 2009 e 2012 esses anos apresentaram uma queda na produção de aproximadamente 0,7; 0,3 e 0,9 milhões de toneladas respectivamente (Figura 39). Com isso o rendimento médio também foi afetado em 2005 teve uma queda de 187

kg ha<sup>-1</sup>, em 2009 a queda não foi tão significativa foi de aproximadamente 32 kg ha<sup>-1</sup> e em 2012 teve uma queda de aproximadamente 1003 kg ha<sup>-1</sup>. O VBP consequentemente teve grandes perdas (2005, 2009 e 2012), sendo 0,6; 3 e 0,9 milhões de toneladas de trigo, ou seja, os anos de 2005 e 2012 tiveram um decréscimo no VBP de 58,67 (Figura 40). Como foi observado os anos com maiores quedas de rendimentos foram 2005 e 2012 que apresentaram quedas de 0,6 e 0,9 milhões de toneladas, sendo que ambos apresentaram uma perda de aproximadamente 32% da cultura de trigo (Figura 39).

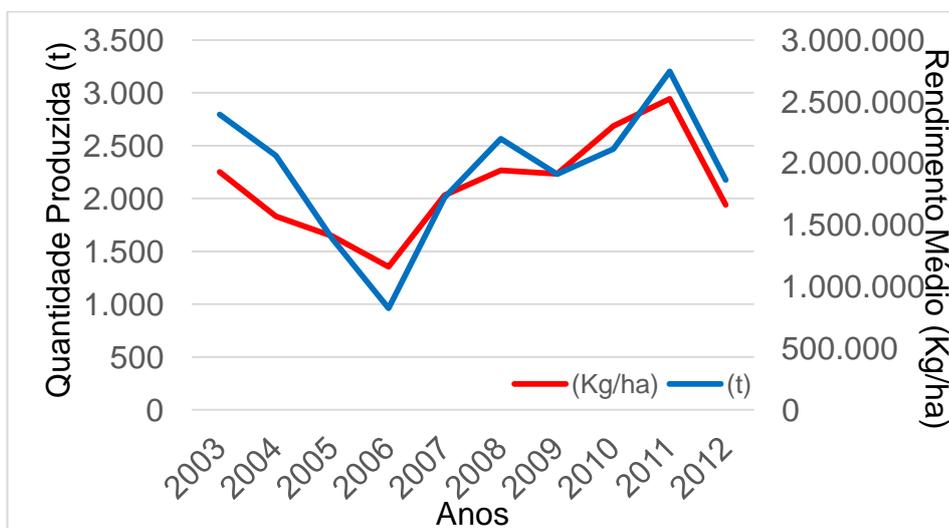


Figura 39-Distribuição da produção e do rendimento médio de trigo no RS para o período de 2003-2012.

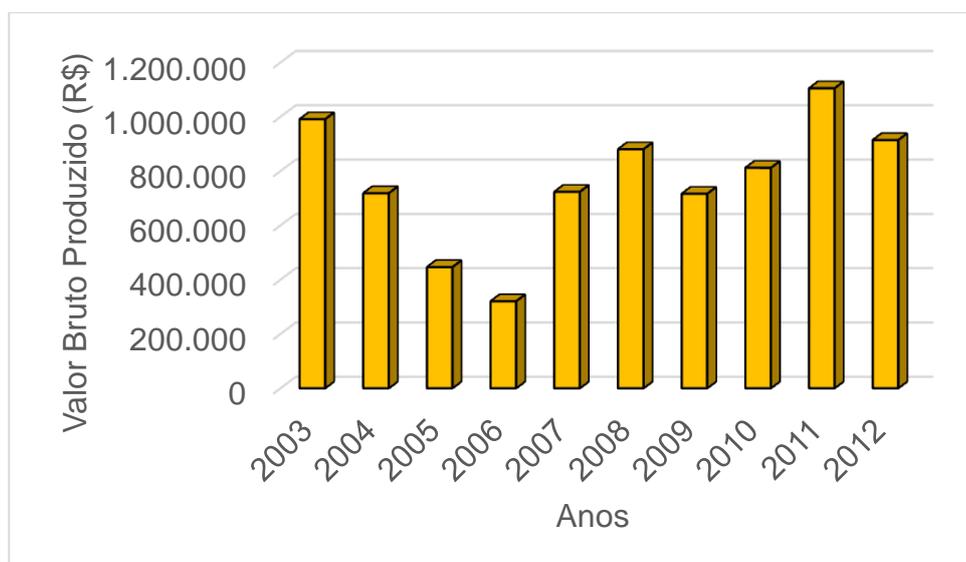


Figura 40-Distribuição do valor bruto da produção de trigo no RS para o período de 2003-2012.

Sendo assim, foi possível verificar que a agricultura do Estado sofreu muito com as estiagem no período de 2003-2012. Através da figura 41 é possível verificar que o impacto da estiagem não foi somente sobre uma cultura, e sim pela maioria das principais culturas do RS (milho, trigo e soja). Nos anos com maiores danos para os agricultores do RS foram 2005, 2009 e 2012, sendo na safra 2005 teve uma redução de 6,4 milhões de toneladas de grãos em relação à safra 2004. As estiagens ocorridas nas safras de 2004/2005 e 2011/2012 são consideradas, as que ocasionaram as maiores perdas de rendimento de grãos de milho e soja (considerando-se dados de 2003 a 2012). Em 2005 e 2012, o rendimento médio de grãos de soja no Estado foram de apenas 654 e 1982 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aproximadamente metade do valor registrado no ano anterior (1396 kg ha<sup>-1</sup> e 3121 kg ha<sup>-1</sup>) e muito inferior à média do período (2217,7 kg ha<sup>-1</sup>). O rendimento médio de grãos de milho também foi, em 2005, o menor registrado (1537 kg ha<sup>-1</sup>) e inferior à média do período (2751 kg ha<sup>-1</sup>). A redução total em 2012 em relação a 2011 foi de 95.987.673 toneladas, ou quase 100 milhões de toneladas de grãos. Sendo que o ano de 2012, foi afetado pela ocorrência de fenômeno LN desde o ano anterior (Tabela 3), que atingiu 296 municípios (Figura 21e) gerando déficit de precipitação pluvial (Figura 24e, f, g e h) e, com isso a agricultura teve grandes prejuízos com quebra nas safras dos grãos de aproximadamente 64,15%.

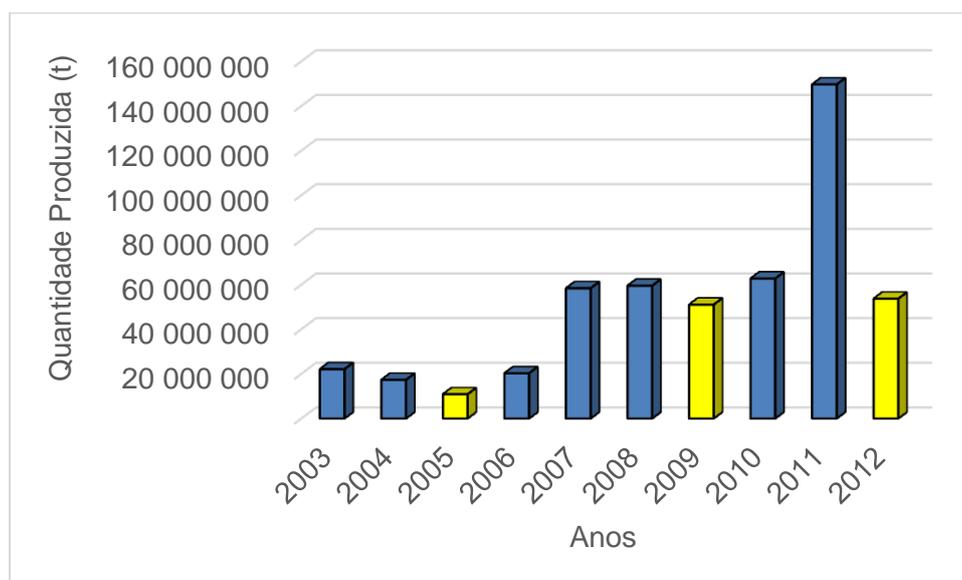


Figura 41- Produção dos de grãos (soja, milho, trigo e arroz) no RS para o período de 2003-2012.

## 5. Conclusões

Com este estudo foi possível identificar e analisar os ES que atingiram a área rural do RS (estiagem), para o período de 2003 até 2012.

A atuação de ESRS foi observada ao longo de todo o período de estudo, com maior frequência nos períodos de verão e outono. Sendo que os mais frequentes foram estiagem, granizo e vendaval, respectivamente.

O evento de estiagem foi o mais frequente durante o período de estudo, apresentando maior frequência nos anos de 2009 e 2012. Com maior número de ocorrências nos meses de dezembro a maio (período de verão e outono).

A maioria dos registros de estiagem aconteceu em anos sem atuação de fenômenos ENOS, embora os eventos mais intensos tenham ocorridos em períodos sobre atuação de LN e EN Modoki. E, dentro do períodos de ocorrência dos fenômenos ENOS, o Fenômeno La Niña é o maior responsável pela estiagem, com maior número de ocorrências nos meses de dezembro a março.

A metade norte do RS (acima de 30<sup>0</sup>S, composta pelas REDECs 2, 3, 5, 7, 9 e 11), é a que apresenta a maior frequência de ocorrência de estiagem, sendo que todos municípios que as constituem foram atingidos pela estiagem pelo menos uma vez durante o período de estudo.

Os anos que apresentaram maior número de municípios atingidos pela estiagem foram 2004 e 2005. Fato que foi comprovado pelo déficit de precipitação pluvial no trimestre para esses anos.

Dentro das culturas analisadas, o arroz apresentou maiores rendimentos em anos de LN, comprovando o fato de que períodos de déficit hídrico favoreçam seu rendimento. As estiagens ocorridas nas safras de 2004/2005 e 2011/2012 são consideradas as que ocasionaram as maiores perdas de rendimento de grãos de milho e soja (considerando-se dados de 2003 a 2012), uma vez que a ocorrência de deficiência hídrica é o principal risco climático das culturas produtoras de grãos

estabelecidas no período de primavera-verão. Esse comportamento indica que as estiagens, devido à atuação de eventos La Niña, continuam sendo um fenômeno meteorológico causador de impactos negativos à produção agrícola do sul do país.

## 6. Referências

ALBUQUERQUE, T. M. A; MENDES, C. A. B. Avaliação do processo de gestão de seca: estudo de caso no Rio Grande do Sul. **REGA** v. 6, no. 1, p. 17-29, 2009.

ALVES, E. G. P.; PINHEIRO, G. C.; DINIZ, G. B. Estudo da estiagem no Rio Grande do Sul no verão de 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 2006. Florianópolis-SC. **Anais...** Florianópolis. 2006

ALVES, M.A.; CAMPOS, C.R.J.; SANTOS, A.P.M.; HÄRTER, F.P.; CARVALHO, J.C. Cidades do Rio Grande do Sul – Brasil atingido por eventos severos em 2009. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 6. 2011, Ciudad de La Habana. **Anais ...** Ciudad de La Habana, 2011.

AMADO, T. J. C. PONTELLI, C. B., SANTI, A. L., VIANA, J. H. M., SULZBACH, L. D. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 08, p. 1101-1110, 2007.

ANTUNES, C. **Geografia e participação: regiões do Brasil (em português)**. São Paulo: Scipione, 1996. v. 2, 90p.

ANDRADE, GO de. “Os climas”. **Brasil, a terra e o homem**. In: Azevedo, A. (org.) 2º ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, v.1, p. 397-462, 1972.

ARAÚJO JÚNIOR, L. M. D.; SILVA, E. M. D.; COSTA, A. A.; SALES, D. C.; JUNIOR, V., da CHAGAS, F.; GUIMARÃES, S. O. Assessment of the wind resources simulated over the Ceará state: a case study for the El Niño 97/98 and for the La Niña 98/99. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 139-152, 2014.

ASHOK, K; YAMAGATA, T. Climate change: The El Niño with a difference. **Nature**, v. 461, n. 7263, p. 481-484, 2009.

ASHOK, K.; BEHERA, S. K.; RAO, S. A.; WENG H.; YAMAGATA T. El Niño Modoki and its possible teleconnection. **Journal of Geophysical Research**, 112, C11007, doi:10.1029/2006JC003798, 2007.

ASERS - ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre: SCP/DEPLAN. Disponível em: <<http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/default.asp#>>. Acesso em: 16 jul. 2014.

ASSAD, E; MARIN, F.R; EVANGELISTA, S.R; PILAU, F.G; FARIAS R.B. F; PINTO, H.S; ZULLO, J.JR. Sistema de previsão da safra de soja para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p. 615-625, 2007.

ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre: SCP/DEPLAN. Disponível em: <<http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/default.asp#>>. Atualizado em: 23/09/2014. Acesso em: 16 jul. 2014.

BARRA, T. S.; COSTA, J. N. M. da; RAO, T. V. R.; SEYDIAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; NETO, F.S.D. Caracterização Climatológica da Severidade das Secas do Estado do Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.266-272, 2002.

BARROS, V.; CASTAÑEDA, M. E.; DOYLE, M. Variabilidad interanual de la precipitación: señales del ENSO y del gradiente meridional hemisférico de temperatura. **Impacto de las Variaciones Climáticas en el Desarrollo Regional un Análisis Interdisciplinario**, p. 321-322, 1996.

BDMEP/INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

BENIN, G.; SILVA, G.O. da; PAGLIOSA, E.S.; LEMES, C.; SIGNORINI, A.; BECHE, E.; CAPELIN, M.A. Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1145-1151, 2009.

BERGAMASCHI, H; DALMAGO, E. G. A; BERGONCI, J. I; BIANCHI, C. A. M; MULLER, A. G; COMIRAN, F; HECKLER, B. M. M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, p.23-27, 2001.

BERGAMASCHI, H; DALMAGO, E. G. A; BERGONCI, J. I; BIANCHI, C. A. M; MULLER, A. G; COMIRAN, F; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.9, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H; DALMAGO, E. G. A; BERGONCI, J. I; BIANCHI, C. A. M; MULLER, A. G; COMIRAN, F; HECKLER, B. M. M; PEREIRA, P.G. Déficit Hídrico e Produtividade na Cultura do Milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre. Editora da Universidade/UFRGS, p. 25-32, 1992.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 5, p. 695-702, 2000.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.110p.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. Variabilidade Climática e Agricultura do Rio Grande do Sul. In: **FEDERACITE**. "As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevisibilidade" Esteio/ RS - EXPOINTER, 2005, cap. 13.

BERTOL, I; AMARAL, A.J.; VAZQUEZ, E.V.; GONZALEZ, A.P.; BARBOSA, F.T. & BRIGNONI, L.F. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 543-553, 2006.

BESKOW, S., de MELLO, C. R., FARIA, L. C., SIMÕES, M. C., CALDEIRA, T. L., NUNES, G. S. Índices de sazonalidade para regionalização hidrológica de vazões de estiagem no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 748-754, 2014.

BLAIN, G. C. & BRUNINI, O. **Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo**. Bragantia, v.64, n.4, p.695-705, 2005.

BONNECARRÈRE, R. A. G.; DOURADO NETO, D.; MARTIN, T. N.; PEREIRA, A. R.; MANFRON, P. A. Estimativa das produtividades potencial e deplecionada da cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul em função das condições climáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, p. 280-288, 2007.

BRAZ, D. F.; VARGAS JR.; V. R.; PINTO, L. B.; CAMPOS, C. R. J. DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DO GRANIZO NO RS PARA O PERÍODO DE 2003-2012. Encontro de Pós-Graduação. 15. 2013, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2013.

BRITTO, F. P.; SARAIVA, J. M. B. Estudo da Precipitação Associada aos sistemas frontais na cidade do Rio Grande na estação de Inverno. **Geografia em Atos**, v. 1, n. 3, p. 107-122, 2001.

BRONDANI, A. R. P.; WOLLMANN, C. A; RIBEIRO, A. A. A percepção climática da ocorrência de estiagens e os problemas de abastecimento de água na área urbana do município de Bagé-RS.DOI: 10.7154/RDG. 2013.0026. 0011. **RDG Revista do Departamento de Geografia-USP**, v. 26, p. 214-232, 2013.

CANFALONE, A. DUJMOVICH, M. N. Influência do “déficit” hídrico sobre a eficiência da radiação solar em soja. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 5, n. 3, 2012.

CARVALHO, L.; JONES, C. A satellite method to identify structural properties of mesoscale convective systems based on the maximum spatial correlation tracking technique (MASCOTTE). **American Meteorological Society**, v. 40, p. 1683–1701, 2001.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone. Intensity, form, persistence, and with intra-seasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, Boston, v.17, p.88-108, 2004.

CASAGRANDE, E. C; FARIAS, J. R. B; NEUMAIER, N; OYA, T.; PEDROSO, J.; MARTINS, P. K.; BRETON, M. C.; NEPOMUCENO, A. L. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 2, 2001.

CASARIN, D. P.; KOUSKY, V.E. Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, p. 83-90, 1986.

CASTRO, L.G.; COGO, N.P. VOLK, L.B.S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Solo, v. 30, p. 339-352, 2006.

CLIMANÁLISE - Boletim de Monitoramento e Análise Climática- INPE/CPTEC, 2014.

São José dos Campos - SP, Brasil. Disponível em: <  
<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/#>>. Acesso em: 06 set. 2014.

CONTINI, E; PERREIRA, M. JR; VIEIRA, P. A. "Seca norte-americana: preços agrícolas e implicações para o Brasil." **Revista de Política Agrícola**. v. 22 , p. 85-97, 2013.

COSTA, E. V. **IMPACTOS DO GRANIZO NA CULTURA DO FUMO NO MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ: O CASO DO DIA 27 DE SETEMBRO DE 2009**. 2010. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc, Criciúma.

CUNHA, G. R; GILBERTO, R; SCHEEREN, P. L. **Granizo e cereais de inverno no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001.

CUNHA, G. R; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, v.9,377-385, 2001.

DCRS-Defesa Civil do Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <  
<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>>. Acesso em 04/11/2014.

DESCHÊNES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and fluctuations in weather. **The American Economic Review**, v. 97, n. 1, p. 354-385, 2007.

DIAZ, A. E; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, v. 11, n. 2, p. 251-271, 1998.

EICHHOLZ, C. W. **Características físicas dos sistemas convectivos de mesoescala que afetaram o RS no período de 2004 a 2008**. 2011, 102p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - PPGMet-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

EICHHOLZ, C. W.; CAMPOS, C.R.J. Distribuição de eventos extremos de precipitação no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESO CUBANO DE METEOROLOGÍA, 29. 2011, Ciudad de La Habana. **Anais...** Ciudad de La Habana, 2011.

EMATER/RS. EMPRESA DE ASSISTENCIA TECNICA E EXTENÇÃO RURAL do RIO GRANDE do SUL. Disponível em: < <http://www.emater.tche.br/site/>>. Acesso em: 16/10/2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 18/09/2014.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001.

FAVERO, E. **O impacto psicossocial das secas em agricultores familiares do Rio Grande do Sul: um estudo na perspectiva da psicologia dos desastres**. 2012. 125p. Tese (Doutorado em Psicologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre.

FAVERO, E. **A seca na vida das famílias rurais de Frederico Westphalen-RS**. 2006. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Centro de Ciências Rurais, Departamento de Curso de Pós-graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_arquivos/15/TDE-2007-02-23T070620Z-399/Publico/eveline favero.pdf](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/15/TDE-2007-02-23T070620Z-399/Publico/eveline%20favero.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2013.

FEDOROVA N.; LEVIT V.; CARVALHO M. H. Eventos de precipitação associados a processos e sistemas sinóticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.2, 134-159, 2007.

FEDOROVA, N.; CARVALHO, M.H. Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño. Parte II: Zonas Frontais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.2, p. 57-72, 2000.

FEE.Fundação de Economia e Estatística. Disponível em: <[http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/pg\\_Estado.php](http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_Estado.php)>. Acesso em: 20 dez. 2013.

FEPARGO-CEMETRS, **Esclarecimentos acerca de quebras de safras agrícolas**. Porto alegre: CEMETRS, 2012. 2p. (Nota Técnica, n.04)

FERREIRA, D. B. **Relações entre a Variabilidade da Precipitação e a Produtividade Agrícola de Soja e Milho nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. 2005, 125p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos.

FIRPO, M. A. F.; SANSIGOLO, C. A.; ASSIS, S. V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao ENOS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 95-106, 2012.

FISHER, A.; MICHAEL, H.; MICHAEL, J. R.; WOLFRAM, S. Climate Change and Agriculture Reconsidered. Unpublished manuscript, **University of California at Berkeley**.2009. Disponível em: <<http://www.escholarship.org/uc/item/33v2d7vc#page-1.pdf>>. Acesso em ago. 2013.

FONTANA, D. S.; BERLATO, A. M. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1. p. 127-132, 1997.

FORNAZIER, A.; DE SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J. A Importância do Seguro Rural na Redução de Riscos da Agropecuária. **Revista de Estudos Sociais**, v. 14, n. 28, p. 39-52, 2014.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**.Londrina: Embrapa Soja, 2009. 40 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).

FREITAS, A. C. V.; FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B. Analise dos dados de precipitação provenientes de diferentes fontes sobre a américa do Sul, com ênfase no brasil. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rios Claros, PR, Brasil, v. 5, n. 1, junho 2010.

FONTANA, D. C; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

GLANTZ, M.H. Introduction. In: GLANTZ,M.H.,RICHARD,W.K., NICLHOLLS,N. **Teleconnection linking worldwide climate anomalies**. New York: Cambridge University, 1991. p. 43-72.

GLICKMAN, T. S. Glossary of meteorology. Boston: **American Meteorological Society**, 2000, 855 p.

GOUVÊA, J.R.F. **Mudanças climáticas e expectativas de seus impacto na agricultura na região de Piracicaba, SP**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) -Escola superior de agricultura Luiz e Queiroz, USP, São Paulo.

GRIMM, A. M., BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, n.1, p. 35-58, 2000.

GRIMM, Alice M.; SANTANNA, CL da S. Influência de fases extremas da oscilação Sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2000. p. 612-619. Disponível em : <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-bcea976aeeb8667f19adf172d3a982e4.pdf> Acesso em 31 jul. 2014.

GRIMM, A.M.; GUETTER, A.K.; CARAMORI, P.H., 1997. El Niño no Paraná: o que se pode esperar em cada região. **Uma análise científica**. Informativo, n. 1, 1997.

GRIMM, A. M, TELEGINSKI, S. E., FREITAS, E. D., COSTA, S. D., FERLIZI, P. G., GOMES, J. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos El Niño. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996. p. 1098-1102.

GUEDES, R. V. S.; LIMA, F. J. L.; AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Análise em componentes principais da precipitação pluvial no Estado do Piauí e agrupamento pelo método de Ward. **Revista de Geografia**, Recife, v.27, n.1, p 218-233, 2010.

GROSS, J. A.; REIS, J. T.; SAUSEN, T. M. Avaliação socioeconômica dos municípios afetados pela estiagem no Rio Grande do Sul de 2000 a 2010. In: **CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS**. 2012.

HERNANDEZ, F.B.T; SOUSA, S.A.V; ZOCOLER, J.L; FRIZZONE, J.A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'oeste, estado de São Paulo. Jaboticabal, Engenharia Agrícola, v.23, n.1, p.21-30, 2003.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: EMBRAPA-Soja, v. 319, p.1-69 2011.

HOLZMANN, R; SHERBURNE-BENS, L; TESLIUC, E. **Social Risk Management: The World Bank's approach to Social Protection in a globalizing world**. Social Protection Department. Washington, D. C., May 2003. Disponível em: <[www.siteresources.worldbank.org/SOCIALPROTECTION/.../SRMWBApproachtoSP.pdf](http://www.siteresources.worldbank.org/SOCIALPROTECTION/.../SRMWBApproachtoSP.pdf)>. Acesso em: Jun de 2013.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático de Produtividade Agrícola. Rio de Janeiro v.26 n.5 p.1-84 maio. 2013

JUNGES A. H.; FONTANA, D. C. Avaliação do desenvolvimento das culturas de cereais de inverno no Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais do índice de vegetação por diferença normalizada. **Ciência Rural**, v. 39, p.1-15, 2009.

JUNGES, A.H.; ALVES, G.; FONTANA, D.C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2413-2419. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7.

KLANOVICZ, Jó. Chuvas de granizo e desastre nos pomares de maçã catarinenses: produzindo uma agricultura de risco. **Esboços-Revista do Programa de Pós-Graduação em História da UFSC**, v. 20, n. 30, p. 67-89, 2013.

KLERING, E.V.; FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; FILHO, A.C. Modelagem agrometeorologia do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 43, n. 5, p. 549-558, 2008.

KNIGHT, C. A.; KNIGHT, N. C. Hailstorms. In: DOS- WELL III, C. A. **Severe convective storms**. Boston: American Meteorological Society, 2001. Meteorological Monographs, v. 28, n. 50, p.223 – 249, 2001.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M; MORENO, D. A; MARCELINO, I. P. V. de O; MACELINO, E.V; GONÇALVES, E. F; BRAZETTI, L.L.P; GOERL, R.F; M, G.S.F; RUDORFF, F.M. **Prevenção de desastres: conceitos básicos**. 1ed Florianópolis: Editora Organic Trading,2006, p 109.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul - El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p. 1888-1899, 1984.

KREUTZ, M. R., MACHADO, N. G., SCHNEIDER, F., WOLF, S., GHENO, D. A. O cultivo da soja e a supressão da vegetação durante a década de 1970: um estudo sobre minifúndios do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento em Questão**, v. 12, n. 26, p. 320-346, 2014.

KULICOV, V.A.; RUDNEY, G.V. **Agrometeorología tropical**. Ed. Científico-Técnica: La Habana, Cuba.1980, p. 130-134.

KULMAN, D., REIS, J. T., de SOUZA, A. C., da FONSECA, C. A., SAUSEN, T. M. Ocorrência de Estiagem no Rio Grande do Sul no Período de 1981 à 2011. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 441-449, 2014.

KULMAN, Denilson et al. Ocorrência de Estiagem no Rio Grande do Sul no Período de 1981 à 2011. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 441-449, 2014.

LAURENT, H.; L. A. T. MACHADO, C. ; MORALES, L. ; DURIEUX, Characteristics of the amazonian mesoscale convective systems observed from satellite and radar during the WETAMC/LBA experiment. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012)**, v. 107, n. D20, p. LBA 21-1-LBA 21-17, 2002.

LAZZARI, M. R. Agropecuária gaúcha em 2005: estiagem, câmbio e crise. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 33, n. 4, p. 41-50, 2006.

LAZZARI, M. R. Safra 2004/05 de grãos de verão do RS: produção e preços em baixa. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 33, n. 2, p. 47-64, 2005.

LEIVAS, J.F; ANDRADE, R.G; VICTORIA, D.C; TORRESA, F. H; VICENTE, L. E; TEXEIRA, A. H. C; BOLFE, E. L; BARROS, T. R. Avaliação do índice de vegetação padronizado no monitoramento indicativo de estiagens em períodos críticos da soja no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 5, n. 66/5, 2014.

LOMBARDI, L. M. O papel da geografia agrária no debate teórico sobre os conceitos de campesinato e agricultura familiar. São Paulo: **GEOUSP-Espaço e Tempo**, n.14, p.107-117,2003.

LSPA/IBGE- Levantamento sistemático da Produção agrícola. 2014Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

LUCIANO, R.V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; VÁZQUEZ, E.V.; FABIAN, E.L. Perdas de água e solo por erosão hídrica em duas direções de semeadura de aveia e ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 669-676, 2009.

MACHADO, L., A., T.; LAURENT, H. The convective system area expansion over Amazonia and its relationships with convective system life duration and high-level wind divergence. **Monthly weather review**, v. 132, n. 4, p. 714-725, 2004.

MAGAÑA, V. O.; CONDE, C. Climate and freshwater resources in northern Mexico: Sonora, a case study. **Environmental monitoring and assessment**, v. 61, n. 1, p. 167-185, 2000.

MAGRIN, G. O.; Grondona, M. O.; Travasso, M. I.; Boullón, D. R.; Rodriguez, C. D.; Messina, C. D. Impacto del Fenómeno “El Niño” sobre la P roducción de Cultivos en la Región Pampeana. **Instituto Nacional de Tencologia Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua, Castelar, Argentina**, 1998.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 212 p. (Biodiversidade, 26).

MARQUES, J. R. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e sua relação com indicadores oceânicos**. 2005. 209p. Tese (Doutorado-Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARQUES, J. R.; DINIZ, G. B. Variabilidade temporal da temperatura do ar na América do Sul e seus efeitos na precipitação durante o verão do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.

MATZENAUER, R; BARNI, N.A; MALUF, J.R.T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura a soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. 2003, v.33, n.6, p. 1013-1019, 2003.

MAVI, H.S.; TUPPER, G.J. **Agrometeorology – Principles and application of climate studies in agriculture**. New York: Food Products Press. 2004. 364p

MATOS, M. P. S. R. Famílias desagregadas sobre a terra ressequida: Indústria da Seca e deslocamentos familiares no Nordeste do Brasil. **Nômadias – Revista Crítica de Ciências Sociais y Jurídicas**, Num. Especial: América Latina, p. 155-186, 2013.

MEDEIROS, R. D; SOARES, A.A; GUIMARÃES, R.M. **Efeitos da compactação do solo e do manejo da água sobre os componentes de produção e a produtividade de arroz**. Ciência e Agrotecnologia. Lavras, v.29 n.5, 2005.

MELO, R. W.; KLERING, E. V.; BERLATO, M. A. Monitoramento das precipitações pluviais observadas no Rio Grande do Sul durante o evento LA NIÑA 2010-2011. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**. 2011.

MONTEIRO, J. E. B. A; AZEVEDO, L.C.; ASSAD, E.D.; SENTELHAS, P.C. Estimativa da produtividade de arroz baseada em condições meteorológicas e no nível tecnológico dos sistemas de produção no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2; p .123-131, 2013.

MORAIS, H.; SOUZA, F. S. D.; ANDRADE, G. A.; ZARO, G. C.; CARAMORI, P. H.; MEDINA, C. D. C. Avaliação de cafeeiros recém-plantados submetidos á cobertura para proteção contra geada. In: SIMOÓCIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6.2009, Vitória- ES. **Anais ...**Brasília, D.F: Embrapa - Café, 2011, v. 5, p. 1-6.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.42p.

MOTA, F.S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul, 1971.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado de lavoura de trigo**. Porto Alegre: Ed. Autor, 1999. 228 p.

NEDEL, A.; SAUSEN, T. M.; SAITO, S. M. Zoneamento dos desastres naturais ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul no período 1989 – 2009: Granizo e Vendaval. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 119 – 126, 2012.

NEDEL, A. S; SAUSEN, T. M; SAITO, S. M. Zoneamento dos desastres naturais ocorridos no estado do Rio Grande do Sul no período 2003–2009 Parte I: Seca. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA: SAÚDE E MEIO AMBIENTE**. 2010.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2 ed., 1989. 421p.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e você - o fenômeno climático**. São José dos Campos- SP. Editora Transtec, 2001, 155p.

OMC. Organização Mundial do Comercio. Disponível em: <[http://www.wto.org/english/res\\_e/res\\_e.htm](http://www.wto.org/english/res_e/res_e.htm)>. Acesso em 18 de mai. 2014.

PEREZ, N. B; NEVES, M. C.; da SILVA VOLK, L. B.; Martins, L. A.; SISTI, R. N. Variabilidade espaço-temporal em sistemas de integração lavoura-pecuária na Região Sul do Brasil: perspectivas de intervenção com agricultura de precisão. **Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária**, p. 249-253, 2011.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed.Agropecuária. 2002. 478p.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.L.G.; SEVERO, D.L. Tendência das series temporais das series de precipitação da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.3, p.281 - 290, 2013.

PISCIOTTANO, Gabriel et al. El Niño-Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. **Journal of Climate**, v. 7, n. 8, p. 1286-1302, 1994.

POVEDA, G; MESA, O. J. Feedbacks between hydrological processes in tropical South America and large-scale ocean-atmospheric phenomena. **Journal of Climate**, v. 10, n. 10, p. 2690-2702, 1997.

RASERA, G.; CAMPOS, C. R. J. Análise Sazonal das Regiões do Rio Grande do Sul Atingidas por Eventos Severos Gerados por SCM no Período de 2004 a 2008. **Revista de Geociência**, v.36, p. 61-69,2013.

REBOITA, M. S., Gan, M. A., da Rocha, R. P., Ambrizzi, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, 2010.

REIS, J. T., MADRUGA, R. A., NARVAES, I. D. S., JUNIOR, E. R. L., SAUSEN, T. M. Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul de 2007 a 2011. **Anais... do Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais**. Rio Claro, 2012.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 42, p.81–91, 1990.

RESENDE, S. A. A., RESENDE JR, J. C. Interferência dos ventos no cultivo de plantas: efeito prejudiciais e práticas preventivas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, 2011.

RIBEIRO, B. Z.; CASTRO, J. R.; SCHILD, G. T. Granizo em Ibirubá – RS: Análise das Condições Meteorológicas. In: VII Brazilian Micrometeorology Workshop, Santa Maria, Brasil. CD-ROM. 2011.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, p.226-234, 2005.

RODRIGUES, R. A. F; SORATTO, R. P; ORIVALDO, A.R.F. **Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto usando o tanque de Classe A**. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.24, n.3, p.546-556, 2004.

ROSSETTI, A.G. Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão de experimentos com arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 433-438, 2002.

ROSSETTI, L.A. Reduzindo os riscos da agricultura e propiciando indicadores confiáveis para um desenvolvimento regional sustentável, SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ZONEAMENTO AGRÍCOLA, 1., 2002. Anais eletrônicos... Disponível em : <<http://masrv54.agricultura.gov.br/anais/seminario.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

SAKAMOTO, M.S; MACHADO L.A.T.; AMBRIZZI, T.; GIMENO, L. Life cycle Analysis of the saljex convective systems.In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, 9, 2009, Melbourne. **Anais do ...** Melbourne:AMS. Disponível em: <[Http://www.bom.gov.au/events/9icshmo/manuscripts/TH1215\\_Sakamoto.pdf](Http://www.bom.gov.au/events/9icshmo/manuscripts/TH1215_Sakamoto.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2013.

SANSIGOLO, C. A.; KAYANO, M. T. Tendências nas temperaturas máximas e mínimas e nas precipitações sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9.2010, Belém. **Anais...** Belém:Sociedade Brasileira de Meteorologia,2010.

SANTOS, R. S.; Costa, L. C.; CHOYAKU, G.; SEDIYAMA, B. G. L.; FLÁVIO, R. A. D. O. E., JUSTINO, B. Avaliação da relação seca/productividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 313-321, 2011.

SALIO, Paola; NICOLINI, Matilde; ZIPSER, Edward J. Mesoscale convective systems over southeastern South America and their relationship with the South American low-level jet. **Monthly Weather Review**, v. 135, n. 4, p. 1290-1309, 2007.

SAITO, S. M.; Sausen, T. M.; Lacruz, M. S. P.; Madruga, R.; Junior, E. D. R. L. Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul em 2008. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto—SBSR, 2011. São José dos Campos-SP. **Anais...** São José dos Campos-SP. 2008

SCAGLIONI, T. P.; SARAIVA, J. M. B. In: Climatologia dos sistemas precipitantes frequentes no inverno, atuantes no RS. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14. 2005, Campinas-SP. **Anais do...** Campinas-SP, 2005.

SENTELHAS, P.C.; ANGELOCCI, L.R. Entendendo a Geada. 2012. Disponível em [Http://www.climaonline.com.br/artigo03.php](http://www.climaonline.com.br/artigo03.php). Acesso em: 10 nov. 2013.

SILVEIRA, G. dá; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C. de; VALÉRIO, I.P.; BENIN, G.; RIBEIRO, G.; CRESTANI, M.; LUCHE, H. de S.; SILVA, J.A.G. da. Efeito da densidade de semeadura e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantina**, v. 69, n. 1, p. 63-70, 2010.

SILVA, J. G.; SENTELHAS, P. C. Diferença entre temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geadas no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 9-15, 2001.

SILVA, G. L.; FOSTER, P. R. P., CARVALHO, M. H. Estudo da tempestade de granizo em Coronel Bicaco, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 2008, São Paulo-SP. **Anais do...** São Paulo-SP, 2008.

SILVA, G.M.F.; CARAMORI, P.H.; RICCE, W.S. O jornal como fonte de informação sobre a precipitação de granizo no Estado do Paraná. **REVISTA GEONORTE**, Ed. 2, v.1, n.5, p.1079 – 1090, 2012.

SLEIMAN, J; SILVA, M. Padrões atmosféricos associados a eventos extremos de precipitação sobre a região Sul do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 20, n. 2, p. 93-109, 2010.

SOBRINHO, M. S. As estiagens na " Faixa de Fronteira". **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 3, p. 58-68, 2014.

SOPPA, M. A.; PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. Variabilidade das anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico sudoeste e sua relação com o fenômeno El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, p. 375-391, 2011.

SOUSA JUNIOR, M. de A; SAUSEN, T. M; LACRUZ, M. S. P. **Monitoramento de Estiagem na Região Sul do Brasil Utilizando Dados EVI/MODIS no Período de dezembro de 2000 a Junho de 2009**: São José dos Campos: Publicado por: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2010.

SOUSA JUNIOR, M.de A; PARDI LACRUZ, M. S; SAUSEN, T. M; COSTA, L. F. F; PEREIRA, R da S. Estiagem na Região Sul do Brasil- Caracterização por meio de

Imagens *EVI/MODIS*. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS. 2012.

SPERLING, S., BONETTI, L., SOARES, R., ANTONIAZZI, R. Recorrência do fenômeno de estiagens na estação de cultivo da soja no município de Cruz Alta, Rio Grande do Sul. **SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**, v. 17, p. 6-8, 2012.

STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; GABRIEL, L.F.; PAULA, G.M. de. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1553-1561, 2009.

TEDESCHI, R. G.; CAVALCANTI, I. F.A. Influência dos ENOS Canônico e Modoki na precipitação da América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 16., 2010. Belém. **Anais...** Belém, 2010.

TEDESCHI, R. G. **As influencias de tipos diferentes de ENOS na precipitação e nos seus eventos extremos sobre a América do Sul- observações, simulações e projeções**. 2013. 256f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, São José dos Campos, 2013.

TEIXEIRA, C. F. A. DAMÉ, R. D. C. F., BACELAR, L. C. S., da SILVA, G. M., do COUTO, R. S. Intensidade da seca utilizando índices de precipitação. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n. 3, p. 203-213, 2013.

TONET, R.; DE OLIVEIRA, P. H. ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO E MANEJO DA CULTURA DO TRIGO. **Biblioteca Digital do Curso de Agronomia**, v. 15, n. 2, 2014.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva. Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. 1º ed. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1983. 374p.

TUBELIS, Antonio; DO NASCIMENTO, Fernando José Lino. **Meteorologia descritiva; fundamentos e aplicações brasileiras**. Nobel, 1988.

VARGAS JR. , V. R. ; RASERA, G. ; EICHHOLZ, C. W. ; CAMPOS, C. R. J. . ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE GRANIZO NO RS DE 2004 A 2008. In: XX Congresso de Iniciação Científica, 2011, Pelotas. XX Congresso de Iniciação Científica, 2011.

VARGAS JR. **Eventos Severos que afetaram o Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008**. 2013. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Meteorologia, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Disponível em: <[http://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/meteoro/2013/vanderlei\\_vargas\\_jr\\_2013.pdf](http://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/meteoro/2013/vanderlei_vargas_jr_2013.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2013.

VELASCO, Ines; FRITSCH, J. Michael. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012)**, v. 92, n. D8, p. 9591-9613, 1987.

VIANA, D. R., AQUINO, FRANCISCO E., MUNOZ, V. A. Avaliação de desastres no Rio Grande do Sul associados a complexos convectivos de mesoescala. **Revista Sociedade & Natureza**, v.21, n.2, p. 91-105,2009. ISSN 1982-4513. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132009000200007>.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora da UFV. 2000. 448 p.

VILPERTE, J. Avaliação de perdas causadas por granizo na cultura da macieira: estudo do caso da Empresa Germano Tedesco Fruticultura, Safra 2010/11, Vacaria-RS. 2011.

VILA, D. A.; BERRI, G. Introducción al estudio de las relaciones entre los ciclos del ENSO y la temperatura media en la República Argentina. **Impacto de las Variaciones Climáticas en el Desarrollo Regional un Análisis Interdisciplinario**, p. 311-312, 1996.

VILA, D.A. Sistemas convectivos precipitantes de mesoescala sobre Sudamerica: Ciclos de vida y circulación en gran escala asociada 2004. thesis, **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires**, Buenos Aires, Argentina, 132 pp.

VILA, D.A.; MACHADO, L.A.T.; LAURENT, H.; VELASCO, I. Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters (ForTrACC) Using Satellite Infrared Imagery: Methodology and Validation. **Weather and Forecasting**, v. 23, p.233–245, 2008.

VILPOUX, O.; OLIVEIRA, A.C.; KALACHE, S.H.; LOPEZ, K.R. Evolução da produtividade da agropecuária no Brasil e no mundo: Influencia da agricultura familiar e dos mercados de exportação. In: CONGRESSO BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. **Anais... CAMPO GRANDE - MS Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 2010.

VOLK, L.B.S. COGO, N.P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea-estabilidade de agregados-erosão hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1713-1722, 2008.

WANG, G.; HENDON H. H.; Sensitivity of Australian rainfall to inter El Niño variations. **Revista Sociedade & Natureza**. v. 20, p. 4211-4226, 2007.

WENG, H.; ASHOK, K., BEHERA, S. K.; RAO, S. A.; YAMAGATA, T. Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific rim during boreal Summer. **Climate Dynamics**, v.29, p.113-129, 2007.

WESTPHALEN, S. L. **Granizo e a lavoura de trigo no RS**. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1976. 21 p. Trabalho apresentado no Treinamiento em PROAGRO, Viamão, 1976.

XIMENES, A. C. A.; SOUZA, L. C. F. de; ROBAINA, A. D.; GONÇALVES, M. C. Avaliação da incidência de geadas em componentes de produtividade do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 214-227, 2004.

ZANIN, V. A produção nacional e estadual de grãos. *Revistas Indicadores Econômicos*, Porto Alegre, v.39, n.1, p.35-46, 2011.

ZEMOLIN, E. M. **Análise da evolução competitividade e da inserção externa do complexo da soja Brasileiro**. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em:  
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/70000/000874546.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 dez. 2013.