

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOGRAFIA

Roberto Maschio Santos

A influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul em lavouras de verão no
Corede Produção, Rio Grande do Sul, entre 2006 e 2016.

Porto Alegre
2017

ROBERTO MASCHIO SANTOS

**A influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul em lavouras de verão no Corede
Produção, Rio Grande do Sul, entre 2006 e 2016.**

Trabalho de Graduação, em forma de monografia, apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Ulisses Franz Bremer (Instituto de Geociências)

Prof^ª Denise Cybis Fontana (Faculdade de Agronomia)

Prof. Francisco Eliseu Aquino (Instituto de Geociências)

Porto Alegre
2017

*“No te olvides del pago
si te vas pa’ la ciudad,
cuanti más lejos te vayas,
más te tenés que acordar.”*
Alfredo Zitarrosa

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à minha família pelo apoio incondicional que recebo. À minha mãe Marijane, pelo carinho e pela energia que me contagia, ao meu pai César, pelos conselhos e incentivo, ao meu irmão Caetano, pela parceria e por ser uma das minhas principais inspirações na vida. Aos meus tios Valentim e Lena, pela ajuda e pelas tantas conversas importantes sobre este trabalho. Às minhas segundas mães, Zilda e Zoraide, dupla dinâmica, por tudo que fizeram por mim.

Em segundo lugar, aos bons amigos que fiz durante a faculdade, em especial ao Guilherme e ao Bruno, por me escutarem e compartilharem dos dilemas. Ao Costa, ao Meca e ao PF, por me inspirarem a cursar geografia.

Em terceiro, ao meu orientador Ulisses, por ter sido prestativo e esclarecido as minhas dúvidas, que não foram poucas, em momentos de incertezas.

À Cooperativa Agropecuária e Industrial (Cotrijal), em especial ao Luis Augusto Reisdorfer (Guto) pela boa vontade em disponibilizar os dados sem os quais esse trabalho não seria possível.

Por fim, à Universidade, que garante um ensino público e de qualidade, algo tão importante em tempos como os que vivemos no Brasil. Sou grato pela oportunidade.

SANTOS, Roberto Maschio. 2017. **A influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul em lavouras de verão no Corede Produção, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso: Geografia, BSc. Orientador: Ulisses Franz Bremer.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar através de dados de precipitação pluvial e de rendimentos da produção do período de 2006 a 2016, a influência dos eventos de El Niño e La Niña nos anos de 2006/07, 2007/08, 2009/10, 2010/11, 2011/12 e 2015/16 nas culturas de milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max*) de cinco municípios do Corede Produção, situado no noroeste do Estado. Os municípios são Passo Fundo, Coqueiros do Sul, Santo Antônio do Planalto, Carazinho e Almirante Tamandaré do Sul e foram escolhidos porque são os maiores produtores do Corede, somando 26,3% do VAB agropecuário da região nos cultivos de soja e milho. Os dados de precipitação e de rendimentos da produção agrícola utilizados no trabalho foram fornecidos pela Cooperativa Agrícola e Industrial (Cotrijal). A metodologia escolhida foi o método estatístico de correlação entre duas variáveis, para indicar o quanto essas estão associadas; esse método já foi utilizado anteriormente em trabalhos afins (BERLATO & FONTANA, 1999, CUNHA, 1999). Os anos de El Niño e de La Niña foram escolhidos de acordo com a classificação da NOAA, baseada no Índice de Oscilação Sul. Foram realizados gráficos, semelhantes a um climograma, para o período de seis meses entre outubro e março e também para os dois trimestres em separado, associando a produtividade das culturas à precipitação pluvial, tanto em anos de ENOS quanto em anos neutros. Os resultados obtidos demonstraram que ambas as culturas são favorecidas quando da ocorrência de eventos da fase quente, sendo notável a influência na precipitação e no rendimento, do El Niño ocorrido no ano de 2015/16, um dos mais fortes da história. Este condicionou produtividades recordes e precipitações bem acima da média histórica, para os cinco municípios. Houve um ano muito seco, no período estudado, o La Niña de 2011/12, que teve tanto precipitação quanto rendimentos abaixo da média histórica em todas as localidades. O La Niña de 10/11 também se destaca, pois apresentou bons índices de precipitações e de produtividade, às vezes superiores às do El Niño de 09/10 e 06/07. O ano de 2014/15 também apresentou índices elevados de precipitação e de rendimentos, caracterizado por um El Niño fraco, que daria origem ao evento do ano seguinte. Assim, temos que os eventos de El Niño tendem a elevar a produtividade das culturas, os de La Niña tendem a diminuir (exceto pelo ano de 2010/11). Contudo, foi possível observar que a precipitação nem sempre é a única responsável pela variabilidade da produção, existindo outros fatores que também influenciam.

Palavras-chave: milho, soja, El Niño, La Niña, precipitação pluvial, período crítico, produtividade.

SANTOS, Roberto Maschio. 2017. **The influence of El Niño Southern Oscillation on summer crops in Corede Produção, southern Brazil.** Porto Alegre: UFRGS. 78 p. Undergraduate thesis in Geography, BSc. Adviser: Ulisses Franz Bremer.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyse through rainfall and grain yield data the influence of El Niño Southern Oscillation, in the period of 2006 to 2016, especially during the crop years of 06/07, 07/08, 09/10, 10/11, 11/12 and 15/16, which happened under La Niña and El Niño, on soybean and maize crops from five municipalities that belong to Corede Produção, located on the northwestern portion of Rio Grande do Sul state. Chosen because of its importance for the Corede agriculture, representing 26 % of the GAV in that sector of the economy, those are Passo Fundo, Coqueiros do Sul, Santo Antônio do Planalto, Carazinho and Almirante Tamandaré do Sul. Both rainfall and grain yield data used in this work were provided by Cooperativa Agrícola Industrial (Cotrijal). The correlation method, as seen previously in other studies (BERLATO & FONTANA, 1999, CUNHA, 1999), was used to indicate the best relation between two variables. Following NOAA's classification, according to the Oceanic Niño Index (ONI), we have the El Niño and La Niña years and its intensities. Graphics similar to a climograph were made for the six-month period between october and march, and also for each quarters, separately, associating grain yield to rainfall in both ENSO or neutral years. The results obtained indicate that the two crops studied are favored when warm phase events take place, specially during one of the strongest ever measured, the 2015/16 El Niño. This one had a remarkable influence on both rainfall and grain yield, representing grain yield records and accumulated rainfall way above the normal for the five localities. We also had a very dry summer, which occurred during the 2011/12 La Niña, that presented lower than normal rainfall and grain yield for every locality. Two other crop years that had high levels in both variables were 2010/11 La Niña, (which, on some occasions, surpassed the El Niños of 09/10 and 06/07), and also 2014/15, classified as a weak El Niño, that would originate the event of the following year. Therefore, El Niño years tends to increase grain yield either in soybean and maize crops, while La Niña tends to decrease it (except for 2010/11). However, it has been observed that sometimes rainfall data doesn't explain grain yield variability, because there are others variables that also influence it.

Key words: maize, soybean, El Niño, La Niña, rainfall, critical period, grain yield.

Lista de Figuras

Figura 1 - Municípios do COREDE Produção.....	13
Figura 2 - Tipologia climática do estado do Rio Grande do Sul.....	19
Figura 3 - Municípios da região produtora de soja.....	24
Figura 4 – Diagrama de dispersão e coeficiente de correlação dos cinco municípios, para o milho entre 2006 e 2016.....	32
Figura 5 - Diagrama de dispersão e coeficiente de correlação dos cinco municípios, para a soja entre 2006 e 2016.....	33
Figura 6 - Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo.....	34
Figura 7 - Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo.....	35
Figura 8 - Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos de ENOS x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo.....	35
Figura 9 - Precipitação pluvial no período outubro a março x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo, de 2006 a 2016.....	37
Figura 10 - Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo, de 2006 a 2016.....	38
Figura 11 - Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Passo Fundo.....	39
Figura 12 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Passo Fundo.....	40
Figura 13 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Passo Fundo.....	40
Figura 14 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual da soja para Passo Fundo, nos anos de 2006 a 2016.....	41
Figura 15 – Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Carazinho.....	42
Figura 16 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Carazinho.....	43
Figura 17 - Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Carazinho.....	44

Figura 18 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual do milho em Carazinho de 2006 a 2016.....	45
Figura 19 – Precipitação pluvial para o trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Carazinho de 2006 a 2016.....	46
Figura 20 – Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja, em Carazinho.....	47
Figura 21 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Carazinho.....	48
Figura 22 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Carazinho.....	48
Figura 23 – Precipitação pluvial no período outubro a março x rendimento médio anual da soja em Carazinho de 2006 a 2016.....	49
Figura 24 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja em Carazinho de 2006 a 2016.....	50
Figura 25 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja em Carazinho de 2006 a 2016.....	50
Figura 26 – Precipitação pluvial no período outubro a março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Almirante Tamandaré do Sul.....	51
Figura 27 – Precipitação em eventos ENOS no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Alm. Tam. do Sul.....	53
Figura 28 – Precipitação em eventos ENOS no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual do milho em Alm. Tam. do Sul.....	53
Figura 29 – Precipitação pluvial no período outubro a março x rendimento médio anual do milho, de 2006 a 2016 em Almirante Tamandaré do Sul.....	54
Figura 30 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho, de 2006 a 2016 em Alm. Tam. do Sul.....	55
Figura 31 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual do milho, 2006 a 2016 em Alm. Tam. do Sul.....	56
Figura 32 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual da soja, em Almirante Tamandaré do Sul, de 2006 a 2016.....	57
Figura 33 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja, em Almirante Tamandaré do Sul, de 2006 a 2016.....	58

Figura 34 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja, em Almirante Tamandaré do Sul, de 2006 a 2016.....	58
Figura 35 - Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual do milho em Coqueiros do Sul.....	59
Figura 36 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Coqueiros do Sul, de 2006 a 2016.....	60
Figura 37 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual do milho em Coqueiros do Sul, de 2006 a 2016.....	61
Figura 38 – Precipitação pluvial entre outubro e março x rendimento médio anual da soja, em Coqueiros do Sul, entre 2006 e 2016.....	62
Figura 39 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja em Coqueiros do Sul, entre 2006 e 2016.....	62
Figura 40 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja, em Coqueiros do Sul, entre 2006 e 2016.....	63
Figura 41 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual do milho, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.....	65
Figura 42 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.....	66
Figura 43 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro a março x rendimento médio anual do milho, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.....	67
Figura 44 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual da soja, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.....	68
Figura 45 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.....	69
Figura 46 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.....	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Considerações sobre o problema deste estudo.....	11
1.2.Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Caracterização climática do Rio Grande do Sul.....	18
2.1.1. Localizando o ENOS.....	20
2.1.2. Caracterização climática do Corede Produção.....	22
2.2 Soja [<i>Glycine max</i> (L.) Merrill]	23
2.3 Milho (<i>Zea mays</i> L.)	26
3. METODOLOGIA.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1 Análise para o município de Passo Fundo.....	33
4.2 Análise para o município de Carazinho.....	42
4.3 Análise para o município de Almirante Tamandaré do Sul.....	51
4.4 Análise para o município de Coqueiros do Sul.....	58
4.5 Análise para o município de Santo Antônio do Planalto.....	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações sobre o problema deste estudo

Atualmente, a agricultura exerce um papel importante como atividade econômica em escala mundial. Muitos países são dependentes do setor primário para equilibrar a balança comercial, através do mecanismo da dívida externa. Os preços de gêneros alimentícios no mercado internacional têm baixado nos últimos anos, o que leva os países endividados a ampliar a produção para seguir pagando a dívida. Isso faz com que esses tenham de exportar cada vez mais, e como consequência ao aumento da oferta, os preços internacionais diminuem (OLIVEIRA, 2003).

Assim como outros países, o Brasil também se insere nesse contexto ao priorizar os produtos agrícolas que servem para exportação. Essa expansão das culturas encontra seu principal representante na monocultura da soja, por exemplo. O país passou a dar a soja uma importância muito grande, pois tornou-se um dos principais produtos de exportação para o mercado mundial. Então, os agricultores expandiram a área de cultivo da soja para fora, e o estado do Rio Grande do Sul (RS) também tomou parte nessa conjuntura.

Para se ter uma ideia precisa da importância da agricultura no estado e no país, no ano de 2001, um ano de condição pluviométrica favorável (MATZENAUER *et al.*, 2002), o Brasil produziu em torno de 98,5 milhões de toneladas de cereais, leguminosas e oleaginosas (IBGE, 2006). Desse total, o Rio Grande do Sul produziu cerca de 20 milhões; representando aproximadamente 20% da produção nacional (BERLATO & FONTANA, 2003). Entre os anos de 1994 a 2010 a produção de soja cresceu 175,8% no país, e 92,6% no estado (ANHOLETO & MASSUQUETI, 2014). Esse aumento ocorreu por conta do desenvolvimento e da utilização de novas tecnologias nas lavouras, como novas técnicas de semeadura, controle de pragas e insumos, além dos incentivos de políticas governamentais e também da já referida expansão da área de plantio. Sendo assim, a soja participou, em 2010, com 11,6% das exportações totais do Rio Grande do Sul e foi responsável por 60,6% da geração de renda agrícola do país e 33,3% do estado (*Ibid.*).

O Brasil, então, transformou-se no segundo maior produtor mundial de grãos de soja, ficando atrás somente dos Estados Unidos. Dados atuais disponibilizados pela Comissão Nacional de Abastecimento (CONAB) revelam que o país produziu, na safra 2015/2016 186,4 milhões de toneladas de grãos, sendo 95,631 milhões de toneladas de soja e 67,5 milhões de toneladas de milho. Entretanto, cabe ressaltar que houve quebra de safra devido a altas temperaturas e estiagens prolongadas em alguns estados do país, levando portanto a uma redução de 21,4 milhões de toneladas em comparação com a safra anterior, 2014/15 (CONAB, 2016).

Da produção total de grãos do país, na mesma safra, o RS teve participação em

31,911 milhões de toneladas. O destaque foi a safra de soja, na qual, com 16,201 Mt, foi o terceiro maior produtor, atrás apenas do Paraná (17,102 Mt) e do Mato Grosso (26,058 Mt). Esses números indicam que o estado é responsável por aproximadamente 16% da produção nacional total de grãos, com a mesma porcentagem sendo válida também para a soja.

O Rio Grande do Sul tem como principal atividade econômica a agropecuária, através principalmente da produção de grãos (soja, milho, arroz, trigo) e da criação de bovinos, ovinos e suínos. A aptidão do solo e do clima para os variados cultivos de grãos observado através do zoneamento climático (MOTA, 1974), é um condicionante para o desenvolvimento da atividade no estado, com condições favoráveis à plantação de cereais e grãos em regiões específicas do território sul-rio-grandense.

De acordo com o Ministério da Agricultura, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático passou a servir como um instrumento auxiliar na gestão agrícola. Seu objetivo é minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos, possibilitando ao produtor identificar o melhor período de semeadura das lavouras, nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares (BRASIL, 2017).

No caso do estado do Rio Grande do Sul, a principal região destinada à produção de grãos é a Mesorregião Noroeste. É a região de grande produção de soja, milho e trigo e abrange cerca de 216 municípios em 13 microrregiões, com uma população de 1.971.034 habitantes, segundo dados da Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2014). Essa região apresentou um crescimento no PIB, durante o período de 2001 a 2011, atingindo o valor de 44.557 milhões de reais. Grande parte desse valor está atrelado ao bom desempenho do setor agrícola na economia.

O governo do Estado, diferentemente do IBGE, adota uma divisão regional por meio de Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDES) (RIO GRANDE DO SUL, 2002). Atualmente, existem 28 Coredes no Estado, que auxiliam no planejamento das políticas territoriais e auxiliam na promoção do desenvolvimento. O Corede analisado no presente trabalho é o denominado de Produção, situado no noroeste do estado, que recebe esse nome pois tem como uma de suas principais atividades a agricultura, voltada principalmente à produção de grãos (FEE, 2015). Foi criado no ano de 1991 e compreende os seguintes vinte e um municípios: Coqueiros do Sul, Almirante Tamandaré do Sul, Ciríaco, Gentil, Coxilha, Santo Antônio do Palma, Pontão, David Canabarro, Santo Antônio do Planalto, Ernestina, Mato Castelhano, Vila Maria, Casca, Muliterno, Carazinho, São Domingos do Sul, Camargo, Vanini, Passo Fundo, Nova Alvorada e Marau (Figura 1). A população total é de 358.923 habitantes, com dados do ano de 2015, e a área é de 6.002 km².

Segundo o Perfil Socioeconômico (RIO GRANDE DO SUL, 2015), o Corede Produção:

“[...] possui uma estrutura agropecuária voltada à criação de aves, bovinos de corte e leite e produção de grãos. Sua indústria está vinculada a essa produção, com destaque para os

segmentos de máquinas e equipamentos voltados à agricultura e pecuária e de fabricação de alimentos. As fortes conexões entre a agropecuária e as indústrias, com várias cadeias agroindustriais dominantes presentes, como soja, milho, trigo, aves, suínos e leite, aliadas à alta produtividade agrícola, apoiada por solos de grande potencialidade, imprime uma dinâmica forte e crescente à Região. As secas e estiagens periódicas possuem considerável impacto sobre a economia regional” (*Id.*)

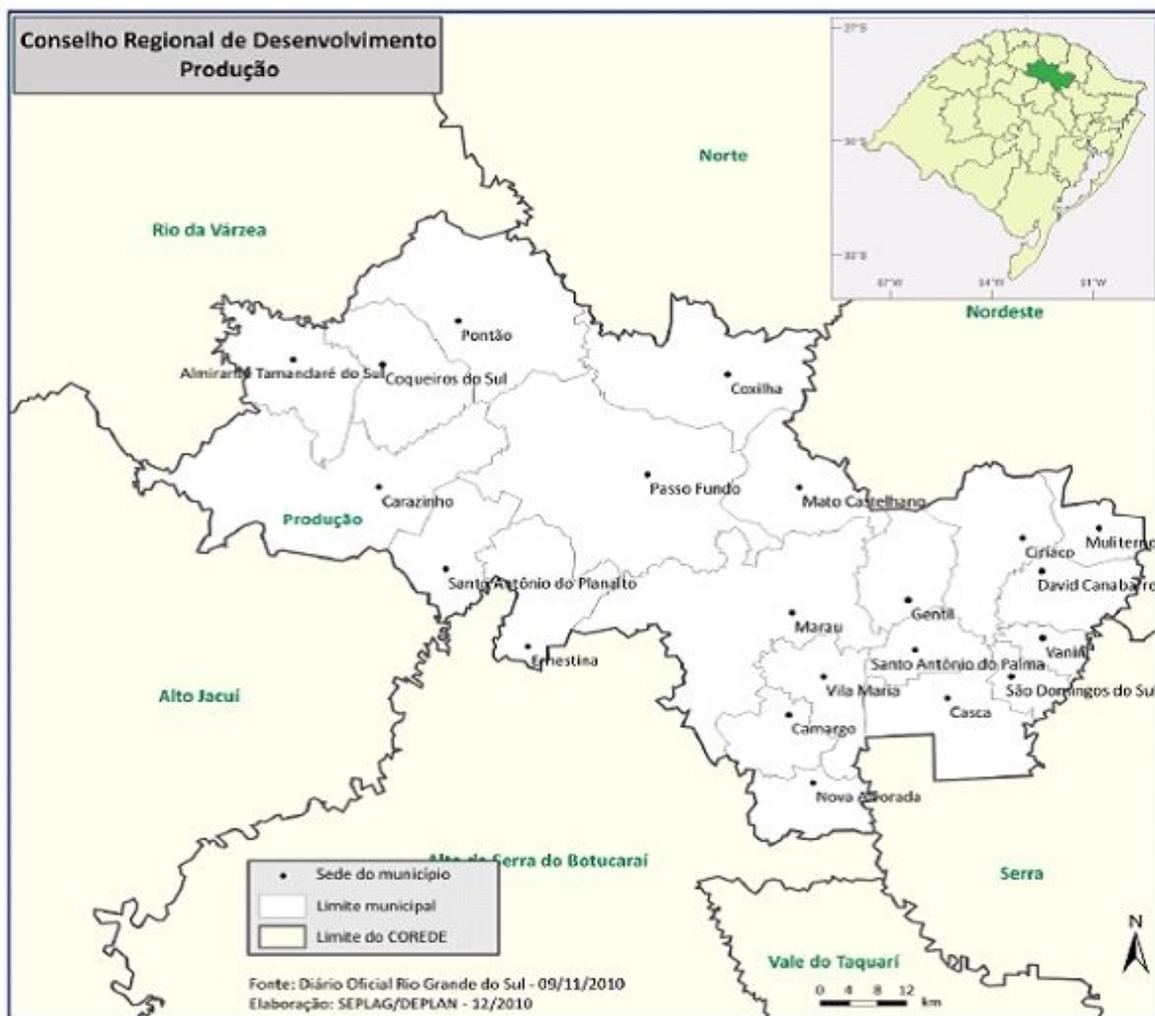


Figura 1 – Municípios do COREDE Produção. Fonte: (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Por conta da importância da região para a agricultura no cenário estadual, esse estudo trata das culturas agrícolas ali estabelecidas e as relaciona com a influência do clima nessas lavouras. A compreensão dos processos que podem afetar a dinâmica normal de uma lavoura, tais como eventos de chuvas intensas, estiagens ou aumentos de temperatura fora de época, representam a importância da questão climática no meio agrícola. A partir disso, podemos observar como o comportamento das safras de grãos, ou seja, a produção agrícola

dos municípios está atrelado ao clima da região.

Assim, o trabalho teria relevância para a sociedade à medida que demonstrasse como a atividade agrícola responde diante de uma série de variáveis que podem influenciar as lavouras. Uma dessas seria o clima, que representa o principal interesse no estudo em questão, pois pode ser responsável tanto por uma safra recorde quanto por perdas de safras. Segundo Berlato (2003), a variabilidade interanual da precipitação pluvial é a principal causa da variabilidade da produção agrícola do Rio Grande do Sul, sendo que grande parte dessa está associada ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Este ocorre por conta de uma interação oceano-atmosférica observada nas anomalias de Temperatura Superficial do Mar (TSM) no Oceano Pacífico e apresenta consequências globais no clima, tanto na sua fase quente quanto na fria.

A variabilidade interanual da precipitação pluvial é um fator determinante na variação anual dos rendimentos da produção agrícola no Corede Produção. A intenção aqui representada é demonstrar como a precipitação pluvial varia durante o período primavera-verão, principalmente diante da ocorrência de El Niño ou La Niña, e que influência ela tem no rendimento da produção. Sabe-se que nessas estações se dão os cultivos da soja e do milho, dois dos três mais importantes para a economia do Estado (MOTA, 1983). Assim, podemos observar o comportamento das safras destes grãos perante o clima. Através do entendimento desta relação, podemos pensar no futuro em uma previsão mais acurada desses fenômenos para buscar um melhor planejamento, tendo em vista que as expectativas dos agricultores perante as safras às vezes acabam por não corresponder à realidade.

1.2. Objetivos

Avaliar através de dados de precipitação pluvial e de rendimentos da produção das safras agrícolas o impacto que os fenômenos climáticos acarretam para a agricultura no contexto do COREDE Produção.

1.2.1. Objetivos específicos

A. Por meio do recorte temporal de 10 anos, no período de 2006 a 2016, analisar os eventos de El Niño de 2006/07, 2009/10 e 2015/16 e também de La Niña dos anos 2007/08, 2010/11 e 2011/12, usando dados de precipitação de estações meteorológicas situadas nos municípios de Almirante Tamandaré do Sul, Carazinho, Santo Antônio do Planalto, Passo Fundo e Coqueiros do Sul.

B. Observar como a produção de grãos da região no período primavera-verão, varia de acordo com a precipitação ocorrida na época e de que maneira isso afeta as safras de soja e milho, que constituem as principais culturas desse período e por isso são variáveis de

interesse.

1.3. Justificativa

O interesse em realizar tal análise reside em compreender melhor a dinâmica dos fenômenos climáticos e como se aplica essa previsão na agricultura, tendo em vista que as frustrações de safras são frequentes.

O setor primário apresenta 10,7% do Valor Adicionado Bruto (VAB) do Corede, representando também 5,1% do VAB da Agropecuária no Estado. Assim, temos que o cultivo da soja em grão representa 20,1% e o cultivo de cereais para grãos, como milho e trigo, é responsável por 6,3% do VAB agropecuário da região (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Contudo, é importante observar que a área plantada da cultura do milho vem sofrendo diminuição, sendo substituída pela cultura da soja, que apresentou alta em seu preço internacional até a safra 2013/2014. Além disso, outro movimento importante é o de substituição de pastagens pela oleaginosa (*Ibid*).

Então, percebe-se que os municípios que possuem mais de 20% do seu VAB devido ao cultivo de grãos estão localizados no oeste da região do Corede, e são os tais: Ernestina, Passo Fundo, Coxilha, Santo Antônio do Planalto, Carazinho, Pontão, Coqueiros do Sul e Almirante Tamandaré do Sul. Desses, só não foram analisados os municípios de Pontão, Ernestina e Coxilha, porque os dados da Cotrijal (Cooperativa Agrícola e Industrial) para esses municípios estavam indisponíveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A ideia de relacionar a precipitação pluvial ocorrida em períodos de eventos El Niño/La Niña com a produtividade de algumas culturas do estado encontra sustentação em trabalhos anteriormente realizados. Essa relação já foi comprovada para a soja (Berlato & Fontana, 1999, 2003), o trigo (Cunha et al., 1999), o arroz (Carmona & Berlato, 2002) e também para o milho (Berlato et al., 2005).

No caso da soja, Cunha et al. (1998) indicam que a disponibilidade hídrica é o principal fator limitante ao rendimento do grão no estado do Rio Grande do Sul, e que a precipitação natural não atende à demanda potencial de água para tal cultura, independentemente do ciclo do cultivar, da época de semeadura e do local. A seguir:

“Todavia, há variabilidade entre as regiões, existindo aquelas onde a magnitude da perda de potencial de rendimento, por falta de água à cultura, são maiores. Há um gradiente, indicando um aumento na magnitude das perdas, no sentido de nordeste para sudoeste no Estado. Além disso, na metade sul do estado as perdas são sempre maiores” (CUNHA et al., 1998).

Segundo o autor, os problemas de deficiência hídrica são maiores e mais frequentes nas regiões central, sul e oeste, ainda que estas não tenham a mesma importância ao se tratar desse tipo de cultivo. Já na região noroeste, existem diferenças regionais entre o Planalto Médio e as Missões, sendo esta última também uma importante região produtora de soja. As perdas de rendimento potencial são maiores na região das Missões. O clima e o solo explicam essas diferenças, em função da capacidade de armazenamento de água disponível no solo e de regime pluviométrico (*Ibid.*).

Cunha et al. (2001), mostra que os estudos sobre zoneamento climático para a cultura de soja, no Brasil, têm incluído, como principais variáveis limitantes, a deficiência hídrica, a insuficiência térmica e a falta de uma estação seca na época de colheita. O regime térmico, tanto para temperatura do ar quanto para do solo não é limitante para as culturas de primavera-verão, em praticamente todo o estado (MALUF et al., 2000). Entretanto, a precipitação pluvial é considerada como a principal variável meteorológica responsável pelas frequentes oscilações no rendimento das culturas no estado do RS (CUNHA et al., 2001).

Para o milho, Bergamaschi et al. (2006) também ressaltam a importância da disponibilidade de água frente aos rendimentos obtidos na cultura. A falta d'água, quando ocorrida no período crítico da cultura (pendoamento ao início do enchimento de grãos), é uma das principais explicações para a variação anual das safras no Brasil e no Rio Grande do Sul. Segundo o autor, essas oscilações fazem com que o Estado tenha de importar milho, na maioria dos anos, pois a produção local supre a demanda interna de milho somente nos anos das melhores colheitas. (Matzenauer et al., 2002).

No boletim da Fepagro (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária) sobre

consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Estado do Rio Grande do Sul, Matzenauer et al (2002) colocam que os efeitos do déficit hídrico sobre o rendimento de interesse econômico de um cultura vão depender da intensidade, da duração, e da época de ocorrência do mesmo. Assim, o decréscimo no rendimento de grãos está relacionado ao estágio de desenvolvimento no qual ocorre o déficit hídrico.

A seguir, as consequências do déficit hídrico para o milho:

“A maior parte do Rio Grande do Sul apresenta fortes restrições ao cultivo do milho em decorrência do déficit hídrico, que abrange toda a metade sul e o extremo oeste do Estado. Mesmo nas regiões mais ao norte, onde se encontram as áreas consideradas preferenciais pelo zoneamento climático, as médias de precipitação não atendem às necessidades da cultura, e a ocorrência de estiagens também afeta a produção de milho, embora com menor intensidade e frequência (Matzenauer et al.,2002).” In: (BERGAMASCHI, 2006)

Entretanto, mesmo em anos climaticamente favoráveis, pode haver uma redução no rendimento se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, que vai da pré-floração ao início de enchimento de grãos. Durante o período vegetativo, o déficit hídrico reduz o crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa (BERGAMASCHI et al., 2004).

Segundo Ávila et al. (1996), a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em praticamente todo o estado, é inferior a 60%, o que determina uma alta frequência de ocorrência de deficiências hídricas e consequentes quebras de safras das culturas de primavera-verão.

Assim, percebe-se que em condições climáticas consideradas normais, os rendimentos das safras nas culturas de sequeiro ficam limitados. A partir disso, as anomalias climáticas tais como o ENOS podem fornecer um acréscimo aos índices de precipitação, embora às vezes possam também apresentar uma redução nestes. Berlato & Fontana (1996, 1999, 2003, 2005), em seus estudos, demonstram a influência dessa variabilidade nas culturas de soja e milho.

Em estudo sobre a influência do ENOS nos padrões de precipitação da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai no período de 1970 a 2005, tem-se que:

“Durante as ocorrências de El Niño, ocorre um aumento nas médias e máximas de precipitação e na quantidade de dias chuvosos em relação aos períodos de normalidade climática. Durante La Niña, percebeu-se a diminuição dos valores de médias e máximas de precipitação, juntamente com menores índices de dias chuvosos, na comparação com períodos de neutralidade climática. Dessa forma, o presente estudo afirma que as séries hidrológicas da região estudada são influenciadas pelo fenômeno ENOS tanto na fase positiva, El Niño, como na fase negativa, La Niña” (ROVANI, 2012).

Tucci e Braga (2003), em trabalho sobre a mesma bacia, observaram as mudanças no uso do solo e na vazão dos rios decorrentes do aumento significativo do plantio anual de

soja após a década de 1970. Quando o método de plantio passou de convencional para direto, consequências como a redução da erosão e do escoamento superficial nas bacias menores foram constatadas. Além disso, por meio de uma simulação de alteração do uso do solo na bacia hidrográfica de floresta para culturas anuais, foi verificado que o aumento do escoamento seria de 14,4%, sendo que o impacto atual de uso do solo já contabiliza 69% do impacto máximo estimado (TUCCI & BRAGA, 2003).

2.1.Caracterização climática do Rio Grande do Sul

O estado do Rio Grande do Sul caracteriza-se por apresentar um clima temperado do tipo subtropical, classificado como mesotérmico úmido, segundo a classificação de Köppen-Geiger (STRAHLER, 2005). De acordo com a mesma, o clima do RS se encaixa no tipo Cfa, com temperaturas médias do mês mais frio ficando entre -3 °C e 18°C; temperaturas médias do mês mais quente acima de 22 °C; chuvas bem distribuídas durante todo o ano, embora com algumas diferenças regionais; inexistência de estação seca definida. As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e secos ao passo que os invernos são brandos e úmidos, às vezes com a ocorrência de geadas e precipitação eventual de neve (RIO GRANDE DO SUL, 2014). Já Nimer (IBGE,1977) classifica o clima do RS como Mesotérmico Brando Superúmido sem estação seca.

De acordo com o atlas climático estadual (MATZENAUER, 2011) a distribuição de chuvas pode variar de 1000 mm a 2000 mm ao longo do território do RS. Na metade sul, a precipitação pode atingir valores de 1000 a 1600 mm. Na normal climatológica (1961-1990) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), as estações localizadas em Santa Vitória do Palmar, Rio Grande e Bagé apresentaram precipitações anuais de 1228, 1233 e 1299 milímetros (mm), respectivamente, constituindo assim os mais baixos índices anuais do período no RS. Enquanto isso, os índices mais altos foram os de Caxias do Sul (1823 mm), Bom Jesus (1807 mm) e Iraí (1806 mm), situados na região norte do estado. Os dados desse período são provenientes de estações convencionais, e vale ressaltar que, com o passar dos anos, o INMET foi ampliando e automatizando a sua rede de estações meteorológicas, de modo que hoje elas estão presentes em todas as regiões do estado, do Chuí a São José dos Ausentes, de Quaraí a Tramandaí.

Um aspecto importante a ser levado em consideração é o da posição geográfica do estado do Rio Grande do Sul (entre 27° 03'42" - 33° 45'09" de latitude Sul e 49° 42'41" - 57° 40' 57" de latitude Oeste). Situado no extremo sul do território brasileiro, faz fronteira com o Uruguai ao sul e a Argentina a oeste; o estado de Santa Catarina ao norte e o Oceano Atlântico a leste. Em uma escala maior, pertence à denominada Região Sudeste da América do Sul, que compreende a faixa de terra entre 20 e 40°S, estendendo-se do leste da Cordilheira dos Andes até o Oceano Atlântico. Esta faixa abrange a Região Sul do Brasil, o Uruguai, o Nordeste da Argentina e o Paraguai e destaca-se por apresentar uma forte

informações do mapa acima, pois indicam que as menores temperaturas encontram-se nas áreas de maior altitude, ao passo que as maiores estão nos vales e nas zonas de menor altitude. A região norte apresenta os maiores índices de precipitação, também por conta da orografia, e as temperaturas são mais amenas se comparadas a outras regiões do Estado. Na região nordeste é observado o maior número de horas de frio, e na noroeste o menor número. As menores quantidades de chuva são observadas no extremo oeste e no sul. No sudoeste e na metade sul ocorrem as maiores temperaturas do estado, durante o verão. (*Ibid.*)

Por sua importância para a agricultura do RS, também devemos conhecer as características de solos do noroeste do estado. A classificação pedológica do IBGE (IBGE, 2017) revela que os tipos de solos da região se dividem em: Latossolos Brunos Intermediários, de textura argilosa e característicos de relevo suave ondulado, encontrado nas margens do Rio Passo Fundo; os Latossolos Vermelho-Escuro Húmico Álico, também de texturas argilosas encontrados em relevos suaves ondulados, na região do Planalto Médio, que abrange, entre outras, as cidades de Passo Fundo, Não-Me-Toque, Carazinho, Cruz Alta e Palmeira das Missões. É nessa região que está localizado o Corede Produção.

2.1.1. Localizando o ENOS

Analisando o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), percebemos que este se dá através da interação entre oceano-atmosfera, resultando ora em aquecimento (El Niño), ora em resfriamento (La Niña) da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Tropical. Essas anomalias de temperatura causam uma mudança nos padrões da circulação atmosférica, pois afetam o padrão da célula de Walker e, com isso, também os padrões de vento e chuva nas regiões tropicais e latitudes médias (CPTEC/INPE, 2017). Assim, veremos como as mudanças na circulação atmosférica trazem consequências para diferentes regiões do planeta, posteriormente focando no estado do Rio Grande do Sul.

Durante um evento de El Niño, por exemplo, regiões como o sudeste da África, o norte da Austrália e o norte e nordeste do Brasil são atingidos por secas. Já o oeste e o sudeste da América do Sul são marcados por precipitações anômalas (acima da média), e no leste e oeste da América do Norte ocorrem temperaturas acima do normal, assim como no leste da Ásia. Por sua vez, no La Niña, os impactos tendem a ser opostos, em regiões semelhantes, porém nem sempre uma região afetada pelo El Niño apresenta impactos no tempo e clima devido a sua fase oposta. Para ilustrar, em anos de La Niña no Brasil existe uma precipitação pluvial acima da média no norte e nordeste e o sul do país é marcado pelas estiagens (BERLATO & FONTANA, 2003).

Na Região Sul do Brasil, quando da ocorrência de El Niño, há uma tendência de excesso de precipitação pluvial durante os meses da primavera e início do verão. Isso

ocorre por conta de bloqueios atmosféricos que retardam o avanço de frentes frias sobre o sudeste da América do Sul. Na fase oposta, ocorre uma rápida passagem das frentes frias sobre a região, com um indicativo de diminuição das chuvas na primavera e início do verão. Também se nota que a temperatura média mínima da primavera fica abaixo dos valores normais no estado do Rio Grande do Sul.

Segundo Fontana e Berlato (2003), a distribuição temporal de precipitação superior à média, em caso de El Niño; ou inferior, em caso de La Niña, ocorrem no mesmo período. A saber, na primavera e início do verão, mais especificamente nos meses de outubro e novembro do ano de início do fenômeno, a situação torna-se mais evidente.

Os efeitos associados às anomalias produzidas pelo El Niño no mês de novembro chamam atenção pelo dado de uma região em específico: o noroeste do estado. Nessa região, a anomalia positiva média é de mais de 60 mm de chuva em um mês. Também nas anomalias de precipitação nos eventos de La Niña encontra-se um padrão bem semelhante ao observado anteriormente, com a região noroeste em destaque novamente. Neste caso, se dá um anomalia negativa de 60 mm no mês de maior influência do fenômeno, também novembro (*Ibid*).

Como visto acima, a região do estado mais impactada pelo fenômeno ENOS é a noroeste. Nela, se concentram as principais lavouras de produção de grãos do Rio Grande do Sul, como a soja, o milho e o trigo. O período em que se sente essa anomalia coincide com um período importante para a agricultura, o do trimestre outubro-dezembro. Durante esse período são plantadas as culturas de primavera-verão, que representam 90% da produção de grãos do Estado, e não são irrigadas (sequeiro), logo tornam-se altamente dependentes da precipitação pluvial (*Ibid*).

A seca é o maior flagelo meteorológico da agricultura brasileira, tanto no Nordeste, como no Sul, Sudeste e Centro-Oeste (MOTA,1986). As secas ocorrem principalmente durante o verão, na região Sul. Então:

“Estiagens são fenômenos meteorológicos associados a prejuízos aos diversos setores da economia e da sociedade, tais como problemas de abastecimento urbano e quebras de safras agrícolas. No Rio Grande do Sul, a ocorrência de estiagens é frequente na primavera-verão. 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” (CEMET/RS, 2012).

Logo, o estado sofre, frequentemente, com deficiências hídricas que prejudicam o rendimento e a produção das culturas de verão, como a soja e o milho. Especialmente durante os períodos críticos para os grãos, os índices de precipitação não são suficientes para atender às necessidades hídricas. Os exemplos mais recentes de estiagens que impactaram o estado são os biênios 2004/2005 e 2011/2012. Nos anos sob influência do El Niño, geralmente o esperado para o Rio Grande do Sul são precipitações bem distribuídas

ao longo do ano e com volumes acima da média histórica. Embora sob efeito desse fenômeno, o Estado apresentou, em 2004 e 2005, os maiores números de municípios com ocorrência de falta de chuvas, 384 e 372 respectivamente, sendo que o período sem registros de precipitação chegou a quatro meses em alguns municípios (FEE, 2011). A seguir:

“Durante a safra de 2004/2005, por exemplo, o Estado enfrentou a maior estiagem dos últimos cinquenta anos, resultando num quadro social onde 90,9% dos municípios declararam situação de emergência ou calamidade pública e num déficit econômico de 3,64 bilhões de reais em função da perda de grãos (GREENPEACE BRASIL, 2006).”

Nesses períodos, a quebra das safras foi relevante. De acordo com o boletim da EMATER/RS (2012), a safra de 2011/12 trouxe perdas significativas às lavouras de grãos do Estado. O longo período de estiagem causado pelo fenômeno La Niña representou perdas de 43,8% na soja; 46,63% no milho, sendo a cultura mais afetada; 6,62% na cultura do feijão da primeira safra e 6,47% no arroz, que foi menos impactada.

O que se nota, portanto, é que ambos os eventos estão associados ao fenômeno ENOS, sendo que em 2004/05 foi um evento de El Niño e em 2011/12, foi a outra fase, La Niña.

2.1.2. Caracterização climática do Corede Produção

O clima da região de Passo Fundo até os anos de 1960, segundo Nimer (IBGE,1977), está situado entre as isotermas de 18 e 16 °C, com as médias de temperaturas do mês mais quente (janeiro) ficando entre 22 e 24 °C e do mês mais frio (julho) entre 10 e 13 °C. A temperatura média das máximas diárias é de 28 a 30 °C, também no mês de janeiro, situado inteiramente durante o verão, ao contrário dos meses de dezembro (entre o fim da primavera e início do verão) e março (entre o fim do verão e o início do outono). A máxima absoluta de temperatura no período 1931-1960 ficou entre 36 e 38 °C. Enquanto isso, as médias das mínimas diárias do mês de julho é de 6 a 8 °C, com mínimas absolutas registradas entre -8 a -4 °C.

O regime de precipitação anual da região varia de 1500 a 1750 mm, apresentando o valor de 1702 mm para a normal climatológica referida acima. A porcentagem de máxima precipitação em três meses consecutivos concentra-se no período agosto-setembro-outubro. Os três meses menos chuvosos são novembro, março e julho, mas mesmo assim não há estação seca. Quanto à variabilidade pluviométrica, o desvio médio anual em relação à normal é de 15 a 20 %, como na maior parte do Estado. O número de dias em que são registradas geadas varia de 10 a 20. (*Ibid.*)

Dados da normal climatológica mais recente, do período 1961-1990, disponibilizadas pelo INMET revelam que a média anual de precipitação para o município

de Passo Fundo é de 1803 mm. Já para o município vizinho Carazinho, segundo mais importante da região, a média anual é de 1856 mm e as médias de temperaturas são semelhantes às de Passo Fundo (MATZENAUER, 2011). Atualmente, estamos observando os efeitos das mudanças climáticas no clima regional, pois o regime de precipitação no Estado vem sofrendo alterações nas últimas décadas, quando comparado ao comportamento histórico. Viana et. al (2005) ao compararem a precipitação média e sazonal das normais climatológicas de 1945-1974 e 1975-2004 no território estadual, observaram que no período mais recente houve um incremento de 8% na precipitação anual do RS, com desvios positivos nas quatro estações do ano. Além disso, se antes as chuvas eram distribuídas de maneira relativamente homogênea ao longo do ano, hoje em dia estão ocorrendo cada vez mais eventos climáticos extremos, como grandes volumes de precipitação concentrados em um curto espaço de tempo, às vezes intercalados com períodos de estiagem prolongados (FEE, 2015).

Portanto, sabe-se que a disponibilidade hídrica é um problema no Rio Grande do Sul (Cunha et al, 2001; Bergamaschi et al, 2006; Berlato & Fontana, 2003). Os problemas relativos à escassez d'água se agravam diante da ocorrência de períodos de estiagens e secas nos últimos anos. Os registros de desastres naturais na região do Corede Produção, entre 1991 e 2010, destacam a ocorrência de estiagens em todos os municípios. Por outro lado, as inundações bruscas e a ocorrência de vendaval também aparecem em grande parte dos municípios (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Nos meses de verão, nos quais a demanda por água é maior, um evento de estiagem pode trazer consequências severas à população local, além de impactar também os processos produtivos como a agricultura e a pecuária da região. O COREDE é banhado pelos rios de quatro sub-bacias coletoras, e atua como um divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Rio Uruguai e do Rio Guaíba. As sub-bacias são: Passo Fundo-Várzea e Apuae-Inhandava, afluentes da Bacia do Uruguai, e Alto Jacuí e Taquari-Antas, afluentes da Bacia do Guaíba. Como a região se caracteriza por apresentar um setor primário forte, as atividades agrícolas e pecuárias são responsáveis também por contaminar os rios que drenam o território, despejando nos mesmos agrotóxicos usados nos cultivos da soja e do milho, bem como dejetos de agroindústrias locais, relacionadas à criação de gado de corte e de leite (*Ibid.*)

2.2. Soja [*Glycine max* (L.) Merrill]

A região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul é a que concentra a maior parte da produção de soja neste estado (Figura 3). Aqui, as épocas indicadas para a semeadura de soja são: de 1º a 25 de novembro, para as cultivares de ciclo precoce; de 1º a 30 de novembro, para as de ciclo médio; de 25 de outubro a 5 de dezembro, para as de ciclo semitardio; e de 21 de outubro a 5 de dezembro, para as de ciclo tardio, segundo as recomendações técnicas da Embrapa (EMBRAPA, 2001). As épocas de semeadura são

definidas de acordo com as condições climáticas necessárias para propiciar maior rendimento de grãos às cultivares utilizadas. A definição das épocas leva em consideração fatores climáticos tais como a temperatura do solo para germinação, a temperatura do ar durante o ciclo da planta, o fotoperíodo após a emergência e a umidade do solo na semeadura, na floração e no enchimento de grãos (EMBRAPA, 2001; BARNI & MATZENAUER, 2000).

Em estudo sobre a ampliação do calendário de semeadura de soja pelo uso de cultivares adaptados a distintos ambientes no estado do RS, Barni e Matzenauer (2000) apontam que:

“Estudos de consumo de água no milho e soja, realizados durante vários anos na região da Depressão Central do RS (BERLATO et al., 1986; MATZENAUER et al., 1998), mostram que, para semeaduras de novembro, estas culturas necessitam, em média, cerca de 470 a 660mm, respectivamente, nos três meses mais quentes do ano (dezembro, janeiro e fevereiro). Isso evidencia que a precipitação normal de verão no Estado, em geral não supre as exigências hídricas ótimas (evapotranspiração máxima) das referidas culturas, determinando rendimentos inferiores aos alcançáveis com suprimento adequado de água.”

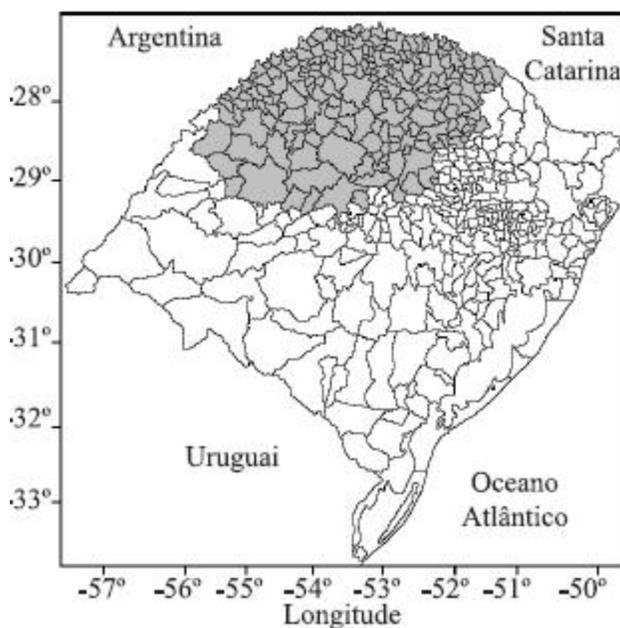


Figura 3 - Municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Em cinza está representada a região de produção significativa de soja, o Planalto Médio. Fonte: Berlato & Fontana (1999).

Na mesma obra, os autores analisaram diferentes espécies vegetais, épocas de semeadura e cultivares dentro de cada espécie e concluíram que a melhor estratégia seria a de evitar as coincidências de períodos críticos da planta à deficiência hídrica com as épocas

do ano que apresentam maiores probabilidades de ocorrência de estiagens, além de enfatizarem que nenhuma prática cultural isolada é tão importante para a cultura quanto a época de semeadura (BARNI & MATZENAUER, 2000). As semeaduras que ocorrem fora das épocas preferenciais tendem a afetar o rendimento de grãos, especialmente quando ocorrem depois do mês de novembro (EMBRAPA, 2001).

Berlato & Fontana (1999) fizeram uma correlação entre os dados de rendimento médio de soja do Estado inteiro e de precipitação pluvial mensal, fazendo uma média de seis estações meteorológicas do noroeste do estado (São Luiz Gonzaga, Cruz Alta, Irai, Passo Fundo, Marcelino Ramos, Santa Rosa), no período 1975/76 a 1994/95. Além desta, outra correlação foi utilizada para a identificação da área significativa de produção de soja no RS (Figura 3), baseada no rendimento das 24 microrregiões homogêneas do IBGE e o rendimento médio do Estado. Aquelas que apresentaram coeficiente de correlação superior a 0,95 foram consideradas significativas.

Dentro do período em questão, foram estudados os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, divididos em dois trimestres (DJF, JFM). Esse período é muito importante para a cultura, pois compreende o crescimento vegetativo, florescimento e enchimento de grãos (BERLATO & FONTANA, 2003). A maior correlação encontrada ($r=0,803$) foi no período de dezembro a março, indicando que a precipitação integrada nesses meses responde pela maior parte da variabilidade interanual dos rendimentos da soja no Rio Grande do Sul (*Idem*, 1999).

No período estudado pelos autores (1975/1976 a 1994/95) ocorreram sete eventos de El Niño e dois de La Niña. Nos sete anos de El Niño, o rendimento médio estadual da soja foi de 1.763 kg/ha, superando em 283 kg/ha a média de todo o período. Então:

“Nos eventos de El Niño de 1991/1992, 1992/1993 e 1994/1995, a média de rendimento foi de 1.958 kg/ha, superando em 478 kg/ha (34%) a média de todo o período. Nesses três eventos de El Niño ocorreram os rendimentos médios recordes da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, do período estudado” (BERLATO & FONTANA, 2003).

Esses altos rendimentos estão relacionados a precipitação pluvial bem acima da média climatológica, e os sucessivos anos em que isso aconteceu na década de 90, ficaram conhecidos como o “longo El Niño” (1991/92, 1992/93, 1993/94 e 1994/95). Além deles, nessa década também ocorreu um evento de El Niño que foi classificado como um dos mais fortes da história, nos anos de 1997/1998 (NOAA, 2016) que foi responsável por elevar o rendimento médio para 2.091 kg/ha, um dos melhores resultados da história da cultura da soja no RS (*Ibid.*).

Na mesma obra, os autores concluíram que os anos com rendimento abaixo da média do Estado coincidem com anos de estiagens ocorridas do final da primavera até final do verão (dezembro a março), representando em média três ocorrências de estiagens para cada dez safras de soja (*Idem*, 1999). A fase fria do ENOS geralmente provoca estiagens na

região Sul do Brasil, acarretando prejuízos à agricultura através das frustrações de safras. Entretanto, nem sempre isso acontece, como mostram Berlato & Fontana (*Ibid.*): Os eventos de La Niña ocorridos nos anos de 1975/1976 e 1988/1989 não representaram estiagens, pois ambos apresentaram precipitação pluvial acima da média climatológica entre dezembro e março. Nesse caso, o rendimento da soja também ficou acima da média histórica, principalmente em 1988/1989. Duas safras depois, contudo, os danos às safras foram grandes:

"Em 1990/1991 houve estiagem na região, especialmente no período de final de dezembro a março, coincidindo com todo o período de florescimento e grande parte do período de enchimento de grãos da soja (períodos críticos da cultura em relação à água). O rendimento médio da soja nesse ano foi de 712 kg/ha e foi um dos mais baixos de toda a história dessa cultura no Estado" (*Idem*, 2003)

2.3. Milho (*Zea mays L.*)

O milho é um cereal muito antigo, originário muito provavelmente do México durante os anos 7.000 (SINDMILHO, 2005), constituiu um item básico na alimentação e também na cultura de civilizações como os Incas, Maias e Astecas. Do México se espalhou em direção à América do Sul, sendo utilizado por muitos povos indígenas ao redor do continente. No Brasil, já era cultivado inclusive antes da chegada dos portugueses. Entretanto, somente a partir do início da colonização do continente é que a cultura ganhou o mundo, através das grandes navegações (EMBRAPA, 2008).

Existem hoje aproximadamente 150 espécies de milho (SINDMILHO, 2005), de várias cores e formatos de grãos. Os tipos também variam muito, podendo ser doce, salgado, de pipoca, entre outros. Está presente em pelo menos 74 produtos, em diferentes formas de utilização, como derivados ou transformados ao longo de sua cadeia produtiva, (EMBRAPA, 2008).

Os três maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, a China e o Brasil, cujos dados da safra de 2012/13 indicaram uma produção de 273, 200 e 70 milhões de toneladas, respectivamente. No Brasil, o milho é o cereal mais expressivo, somando 72 milhões de toneladas produzidas numa área de 15,103 milhões de hectares, de acordo com a safra 2011/12 (EMBRAPA, 2012). Nesta, os estados que mais produziram foram Minas Gerais (7,284 Mt), Paraná (6, 585 Mt), Goiás (4,378 Mt), São Paulo (3,508 Mt) e Rio Grande do Sul (3,463 Mt). Houve quebra de safra no RS, devido ao fenômeno La Niña, sendo este um dos motivos pelos quais a produção de milho ficou aquém do esperado.

A cultura do milho é a segunda de maior importância para o Rio Grande do Sul, em termos de área plantada, e a terceira em produção de grãos, ficando atrás da soja e do arroz, apenas. De acordo com dados da Emater/RS (2015), no ano de 2010 a área plantada da cultura foi de 1.151.397 milhões de hectares enquanto a soja teve 4.021.778 e a produção

de grãos atingiu 5.633.912 milhões de toneladas, menos do que a soja (10.480.026) e o arroz (6.875.077).

Além disso, o milho também exerce um papel importante na cadeia alimentar, por ser utilizado na alimentação humana, na suinocultura e na avicultura. Para o consumo humano, o milho pode ser utilizado diretamente, seja na sua forma “verde”, como na pamonha, em polentas, pipocas, bolos, pães, etc. Os subprodutos industriais também são diversos, tais como o amido, a farinha de milho, o fubá (EMBRAPA, 2012). Porém, a maior parte da produção de milho se destina para a alimentação animal, sendo utilizada na silagem para bovinos de leite e principalmente nas rações para suínos e aves (de corte e de postura) (NETO et al., 2008).

Nos últimos anos, após a liberação da comercialização do milho transgênico pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), estima-se que sementes resistentes a pragas e herbicidas ocupem mais de 80% das lavouras de milho no Brasil (EMBRAPA, 2012). Dezoito variações de milho geneticamente modificado foram autorizadas pelo CTNBio.

As épocas de semeadura para a cultura do milho no RS vão de agosto a janeiro, variando de acordo com a região do estado. Usualmente, os plantios são semeados no cedo, em agosto e setembro, para evitar os estresses por deficiência hídrica que ocorrem em dezembro e janeiro (EMBRAPA, 2014). Entretanto, as semeaduras a partir de outubro, conhecidas como plantio do tarde, ocorrem geralmente nas regiões mais frias, mais propensas ao risco de geadas durante os meses de agosto e setembro. O plantio do tarde caracteriza-se por ser a época em que os genótipos do milho têm maior expressão de potencial produtivo, mas também é o período de maior probabilidade do florescimento da planta coincidir com o déficit hídrico.

Em trabalho sobre a aptidão agroclimática do milho por época de semeadura no Estado, Maluf et. al (2000) utilizaram os índices de soma de graus-dia e deficiência hídrica acumulada (deficiência do mês de florescimento somada às dos meses anterior e posterior ao mesmo) para o zoneamento. Assim, classificaram as regiões do estado como:

- Preferencial I: quando não ocorriam deficiências hídricas no período crítico da planta (rendimento superior a 7000 kg/ha) e a soma de graus-dia para as semeaduras de 1° de setembro a 1° de janeiro fossem maiores que 800; já para a semeadura de 1° de agosto essa soma tem de ser maior que 900 GD;
- Preferencial II: quando os valores ficavam de 1 a 25 mm de deficiência (rendimento superior a 6000 kg/ha) e a soma para as semeaduras de setembro a janeiro deve ficar entre 700 e 800 GD, enquanto para a de agosto esses valores devem estar entre 850 e 900 GD;
- Toleradas: entre 25 e 50 mm de deficiência hídrica, existem maiores limitações ao rendimento (entre 2000 e 4000kg/ha), a soma entre 650 e 700 para as semeaduras de setembro a janeiro, e para a de agosto entre 800 e 850 GD;

- Marginais: déficit hídrico de 50 a 70 mm, com um rendimento entre 500 e 2000 kg/ha, enquanto para os graus-dia não houve essa classificação, passando diretamente das regiões toleradas às não recomendado o cultivo;
- Não Recomendado o cultivo: quando o déficit hídrico ultrapassou os 70 mm, o rendimento foi de 0 a 500 kg/ha e a soma de graus-dia para as semeaduras de setembro a janeiro é menor que 650; para a de agosto é menor que 800 GD (MALUF *et al.*, 2000).

A partir dessa classificação, vemos que na região do Corede Produção não é recomendado semear o milho tão cedo como nos meses de agosto e setembro, pois as temperaturas registradas são mais frias do que o ideal, e o solo está úmido para o plantio também, tendo em vista que não há deficiência hídrica. Então, os meses preferenciais para a semeadura do milho nessa região são outubro e novembro, no período tardio, quando a disponibilidade hídrica e a temperatura estão nos índices considerados ideais.

Como o milho produzido no Estado é uma cultura de sequeiro, os rendimentos e a produção apresentam grande variabilidade interanual, que é determinada em grande parte pela variabilidade da precipitação pluvial (BERLATO *et al.*, 2005). Nessa obra, foi feita uma associação entre a produtividade da cultura e a precipitação pluvial, em eventos de ENOS (fases frias e fases quentes) no período de 1922/2003. Assim, foi utilizada uma série histórica de dados de produtividade média do milho, removendo a tendência tecnológica responsável por parte do aumento da produtividade.

Os resultados mostraram que nos anos de El Niño há aproximadamente 75% de probabilidade de a precipitação pluvial ser maior que a mediana dos anos neutros, e mais de 80% de ser maior que a mediana dos anos de La Niña. Ao contrário, nos anos de La Niña há uma probabilidade de 75% da precipitação pluvial ficar abaixo da mediana dos anos neutros. Isso indica que o El Niño favorece a cultura, enquanto o La Niña determina queda na produtividade do milho no RS (BERLATO *et al.*, 2005). Para fins de comparação:

“Na soja, os ganhos em produtividade com o El Niño são maiores do que as perdas de produtividade em eventos de La Niña. La Niña é mais desfavorável ao milho por diferença de calendário agrícola. O milho é semeado a partir do início de agosto e, nessa época, parte do período reprodutivo (mais crítico em relação à falta d’água) coincide com estiagens provocadas normalmente por La Niña na primavera e início do verão. A soja é semeada mais tarde, e as estiagens de La Niña coincidem com o período vegetativo dessa cultura, mais tolerante à deficiência pluviométrica” (*Idem.*)

Berlato e Fontana (1996) em trabalho para avaliar a influência do fenômeno ENOS sobre a precipitação e o rendimento do milho no RS estudaram os padrões de precipitação nas localidades de Passo Fundo e Cruz Alta, situadas na região mais associada à produção de milho do Estado. As duas localidades apresentaram desvios da média de precipitação positivos nos meses de setembro e outubro e desvios negativos em novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Então:

“Os meses com desvios negativos de precipitação coincidem com os meses mais críticos do calendário agrícola no Rio Grande do Sul. É nesta época que as principais culturas de primavera-verão estão no período de máximo crescimento vegetativo e reprodução, com o máximo consumo de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico” (BERLATO & FONTANA, 1996).

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho consistiu em mostrar, por meio de dados estatísticos, a relação existente entre o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) nas suas duas fases com as culturas agrícolas de verão no COREDE Produção, região noroeste do Estado. Para isso, foram buscados dados de precipitação pluvial do período de 2006 a 2016, de cinco estações meteorológicas situadas nos municípios de Passo Fundo, Carazinho, Santo Antônio do Planalto, Coqueiros do Sul e Almirante Tamandaré do Sul.

Os dados de precipitação e também os de rendimento médio das culturas de milho e soja foram fornecidos pela Cooperativa Agrícola e Industrial (Cotrijal). Aqui convém fazer um adendo, pois embora esses dados também sejam fornecidos por instituições como o IBGE, a Emater/RS e a FEE, a minha escolha ao utilizar os dados da Cotrijal foi por entender que nestes é possível observar com mais acurácia a importância da variabilidade pluviométrica nas flutuações de safras.

Digo isso porque ao comparar os dados da FEE com os da Cooperativa, percebi que a escala com a qual se trabalha é diferente, e, portanto, os dados da primeira abrangem um espectro maior. Assim, quero dizer que fica difícil identificar variações nos rendimentos somente por causas climáticas em uma pesquisa que abrange o estado inteiro. Essas podem estar também atreladas à causas como a prática de manejo do solo; a utilização ou não do sistema de plantio direto; a aplicação de mecanismos de controle de pragas, como herbicidas ou fungicidas; em suma, são vários os fatores que podem fazer variar a colheita em uma safra. Ao passo que a Cooperativa, pelo fato de prestar assistência técnica aos agricultores, dá uma margem de variação um pouco menor nos seus dados, podendo-se então atribuí-los aos efeitos do clima nas lavouras.

Através dos dados das estações, foi feita uma média da precipitação pluvial mensal, para a posterior comparação com os anos de El Niño (2006/07, 2009/10, 2014/15, 2015/16) e de La Niña (2007/08, 2010/11 e 2011/12), com o intuito de observar se houve acréscimo ou diminuição da precipitação em relação à média; ou ainda, se ficou neutro (BERLATO & FONTANA, 1999), no período estudado. As médias de precipitação para os municípios de Passo Fundo e Carazinho são provenientes da normal climatológica de 1961-1990, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Atlas Climático do Rio Grande do Sul, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro), no período 1976-2005, respectivamente. Para os municípios de Almirante Tamandaré do Sul e Coqueiros do Sul, foi utilizada a normal climatológica do município de Carazinho, e para Santo Antônio do Planalto, a de Passo Fundo, devido às semelhanças geográficas regionais.

Os anos de ENOS foram escolhidos segundo os parâmetros da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA/EUA), que se baseia no Índice de Oscilação Sul (IOS). Ele é calculado a partir das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) pelo período de três meses seguidos na região do Oceano Pacífico Equatorial, também chamada de região do Niño 3. Então, os eventos somente são considerados após períodos

consecutivos de cinco meses ou mais com anomalias $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$, para El Niño, ou $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$ para La Niña.

Além disso, os eventos podem ser classificados como fracos (TSM entre 0,5 e $0,9^{\circ}\text{C}$), moderados (de 1,0 a $1,4^{\circ}\text{C}$), fortes (de $1,5$ a $1,9^{\circ}\text{C}$) e muito fortes (TSM $\geq 2,0^{\circ}\text{C}$). Os anos em questão, portanto, apresentam três eventos moderados (La Niña de 2007/08 e de 2010/11, El Niño de 2009/10), dois fracos (El Niño de 2006/07, La Niña de 2011/12) e um muito forte (El Niño de 2015/16) (NOAA, 2016).

Assim, para integrar os dados de rendimento da produção de milho e soja com os dados de precipitação pluvial, a opção escolhida foi o método estatístico de correlação, também utilizado em trabalhos anteriores nessa área (BERLATO & FONTANA, 1999, CUNHA, 1999). Esse método e seu coeficiente, denominado coeficiente de correlação (representado pela letra r) indicam o grau de associação existente entre duas variáveis. O coeficiente de correlação foi calculado somente nos diagramas de dispersão para milho e soja que envolvem dados de todos os municípios, sumarizando a informação para o Corede. Para os municípios, separadamente, a melhor maneira encontrada para representar essa associação foi através de gráficos semelhantes a um climograma, com as colunas do eixo y representando a precipitação em milímetros e a outra o rendimento em quilogramas por hectare, sendo que o eixo x representa a série temporal. Assim, não foi possível obter o coeficiente de correlação para esse tipo de gráfico, mas a correlação é perceptível visualmente.

Tendo em vista que as culturas analisadas são plantadas no início da primavera e colhidas no fim do verão, os meses mais indicados para se analisar essa correlação estão compreendidos no período de outubro a março (BERLATO & FONTANA, 2005). Assim, foram realizados gráficos dos trimestres de outubro-novembro-dezembro e janeiro-fevereiro-março, e também dos seis meses, integralmente. A escala adequada encontrada para os gráficos foi de variar para cada 500 milímetros de precipitação, 1000 kg/ha para a cultura da soja, e 2500kg/ha para a cultura do milho, com os valores máximos não ultrapassando 2500 mm; 5000 kg/ha e 12500 kg/ha, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi analisada a associação entre precipitação acumulada de outubro a março e produtividade anual de milho e soja em cinco municípios (Passo Fundo, Carazinho, Santo Antônio do Planalto, Almirante Tamandaré do Sul e Coqueiros do Sul) do Corede Produção ao longo de onze safras agrícolas (2005/06 a 2015/16). Nestes gráficos, confirma-se a existência da associação positiva entre precipitação pluvial e rendimento das culturas de soja ($r= 0,65$) e milho ($r=0,60$), face à dependência das culturas de sequeiro de um adequado suprimento hídrico nas distintas fases de seus ciclos.

Esses gráficos mostram como se dispersaram a precipitação e a produtividade de ambas as culturas, incluindo os dados dos cinco municípios, que foram analisados detalhadamente a seguir. A única diferença é que nestes não se separou por anos nem classificações climáticas, como os outros adiante, pois serve para termos o coeficiente de correlação e uma ideia geral da distribuição das variáveis.

Figura 4 – Diagrama de dispersão e coeficiente de correlação dos cinco municípios, para o milho entre 2006 e 2016.

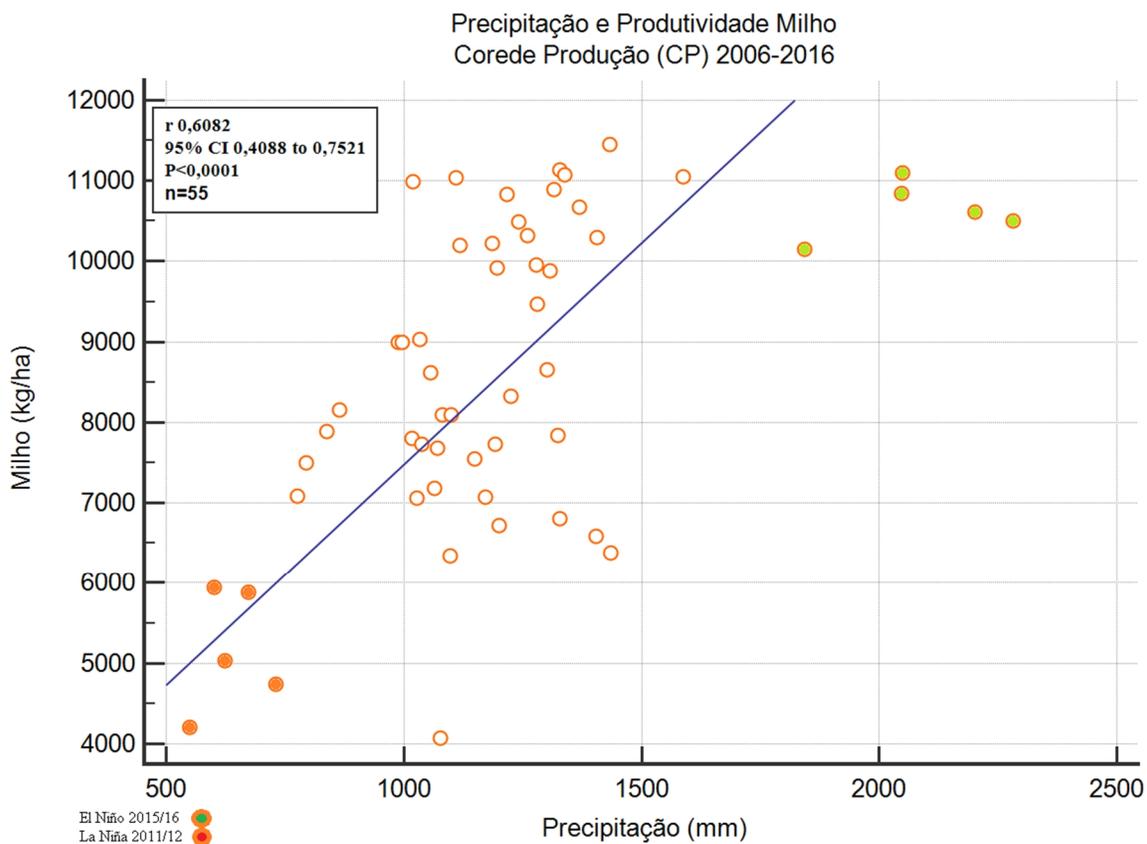
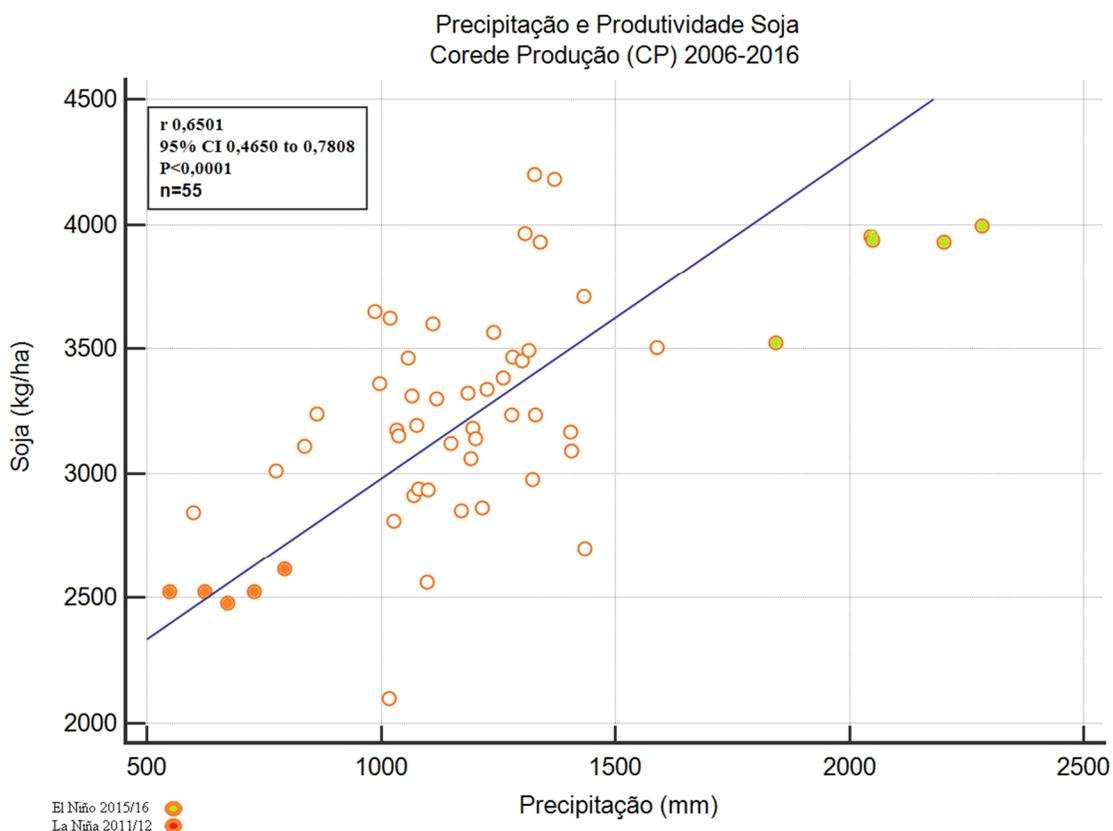


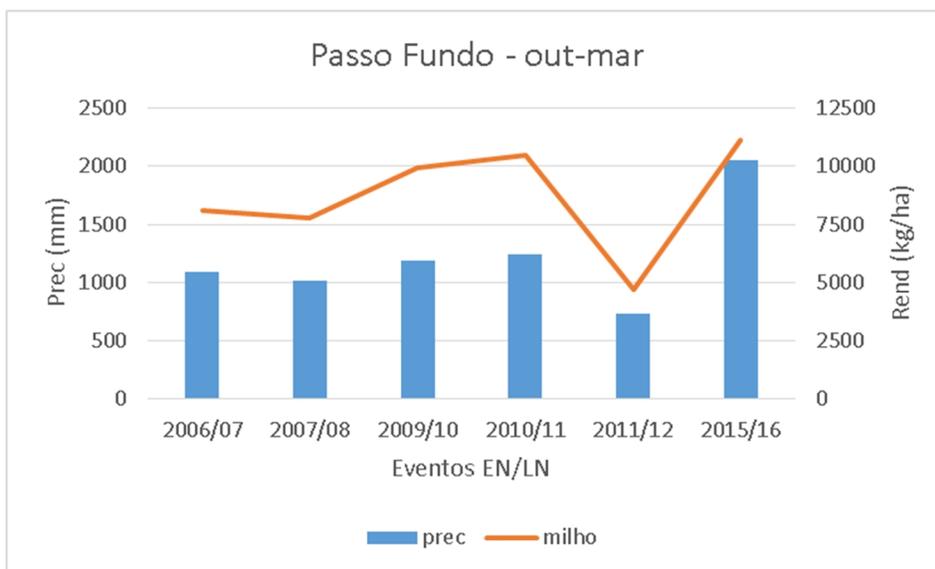
Figura 5 – Diagrama de dispersão e coeficiente de correlação dos cinco municípios, para a soja entre 2006 e 2016.



4.1. Análise para o município de Passo Fundo

O município de Passo Fundo é o principal centro urbano do Corede Produção e economicamente falando, mesmo concentrando a maior parte do setor terciário da região, uma boa parte de seu PIB está relacionado à agricultura. O gráfico a seguir representa a precipitação nos eventos de El Niño (2006/07, 2009/10, 2015/16) e La Niña (2007/08, 2010/11 e 2011/12) no período de outubro a março com o rendimento da cultura do milho nas respectivas safras, nesse município. O que se nota nesse gráfico é que nos quatro primeiros eventos, a precipitação oscila pouco, girando sempre em torno de 1000 mm em seis meses, com o mínimo de 1017 mm em 2007/08 e o máximo de 1241 mm em 2010/11. O rendimento, portanto, excetuando-se um leve decréscimo no primeiro evento de La Niña (7800 kg/ha), tendeu a aumentar até o evento de 2011/12, que representou uma queda brusca tanto na precipitação quanto no rendimento da cultura.

Figura 6 – Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo.



Percebe-se, também, que no evento de La Niña de 2010/11 choveu mais do que no El Niño anterior (2009/10), com a precipitação atingindo 1241 mm, em comparação com 1196 mm do ano anterior. Isso fez com que o rendimento subisse de 9924 kg/ha na safra de 2009/10 para 10494 kg/ha na safra 2010/11. Já o evento de La Niña de 2011/12 foi marcado por uma forte estiagem durante o período, reduzindo assim a precipitação para 729,7 mm em seis meses, ficando inclusive abaixo da normal para o período, que é de 907 mm, de acordo com o INMET, o que resultou num rendimento médio de 4740 kg/ha. O El Niño de 2015/16, caracterizado pela NOAA como um evento muito forte de fato ultrapassou a normal da média anual do município (1803 mm) em apenas seis meses, atingindo o número expressivo de 2049 mm. Essa precipitação elevou o rendimento da cultura para 11106 kg/ha.

Depois de analisar os seis meses em conjunto, foi feita a análise dos dois trimestres separadamente. Nas figuras a seguir (Figuras 7 e 8) temos o trimestre de outubro a dezembro e o de janeiro a março. No primeiro, percebe-se que nos dois últimos eventos de El Niño a precipitação foi maior do que nos dois últimos de La Niña. Porém, nos eventos de 2006/07 e 2007/08, ocorreu o contrário, com 550 e 680 mm, respectivamente. Assim, em 2009/10 choveu 813,5 mm no período e em 2015/16, 988 mm, ambos acima da média do município entre outubro e dezembro, que é de 457 mm. Isso demonstra que, como já provado (BERLATO & FONTANA, 2003) quando da ocorrência de El Niño, há uma tendência de excesso de precipitação pluvial durante os meses da primavera e início do verão. Já nos eventos de La Niña, em 2010/11 choveu 457 mm e no ano seguinte a precipitação ficou em 333 mm.

Enquanto isso, no período de janeiro a março (Figura 7), a situação para os eventos

de 2009/10, 2010/11 e 2011/12 se inverte. Chove mais (784 mm) no La Niña de 10/11 enquanto na fase oposta apenas 382 mm, número que fica abaixo inclusive do La Niña de 11/12, o qual acumulou 396 mm no período, sendo que ambos ficam abaixo da média dos meses de janeiro a março, que fica em 450 mm. Entretanto, o que não se modifica é a elevada precipitação no El Niño muito forte, de 2015/16. Nesse período, a precipitação atingiu 1061 mm no município de Passo Fundo. O menor índice pluviométrico para o período ficou em 337 mm, no evento de La Niña de 2007/08.

Figura 7 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo.

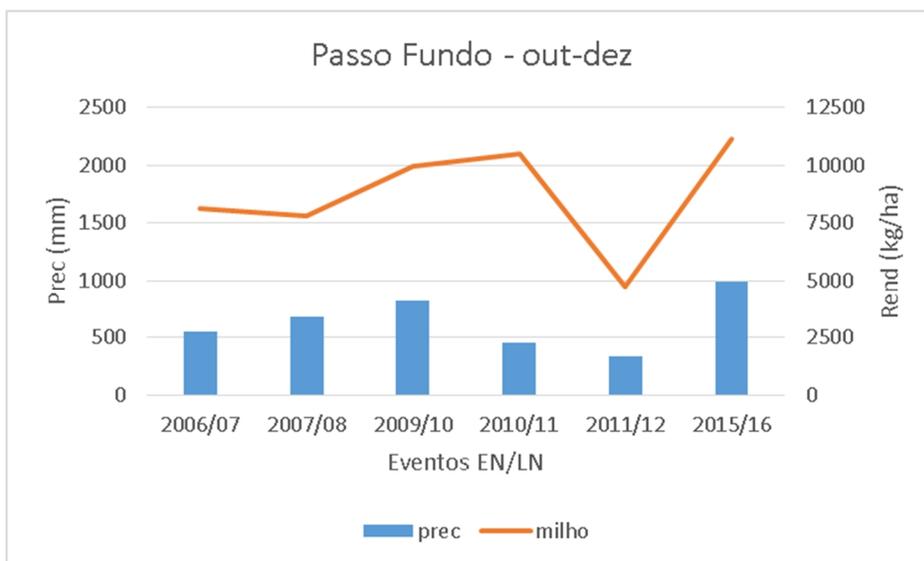
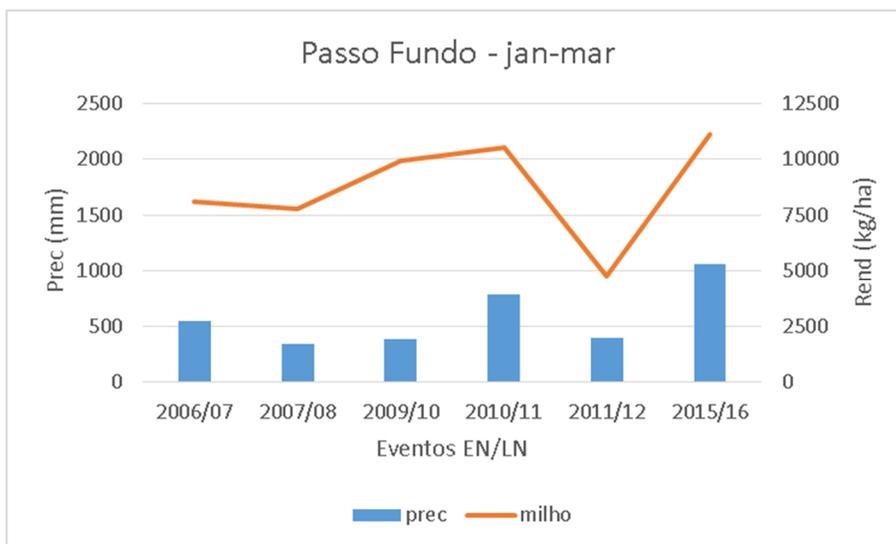


Figura 8 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo.



Na figura seguinte, temos a relação entre a precipitação pluvial e o rendimento da cultura do milho entre os anos de 2006 a 2016, para os seis meses mais importantes no calendário dessa cultura. A média de rendimento para o município de Passo Fundo ficou em 8389 kg/ha, no período em questão. Durante os anos de El Niño, a mesma subiu para 9754 kg/ha. Para anos de La Niña, esta apresenta uma redução, ficando em 7678 kg/ha. Para anos neutros, a média ficou ainda menor, com 7558 kg/ha.

Nota-se que houve seis anos nos quais os rendimentos ficaram abaixo da média, nas safras de 2005/06, 2006/07, 2007/08, 2008/09, 2011/12, 2013/14. Destes, três anos são considerados neutros segundo o Índice de Oscilação Sul da NOAA (2005/06, 2008/09, 2013/14), dois são de La Niña (2007/08, 2011/12) e um de El Niño (2006/07). No ano neutro de 2012/13, o rendimento ficou na média. Nos quatro anos em que o rendimento ficou acima da média anual municipal, 2009/10, 2010/11, 2014/15 e 2015/16, ocorreram três El Niños (2009/10, 2014/15, 2015/16) e um La Niña (2010/11), que constituem o principal enfoque desse estudo.

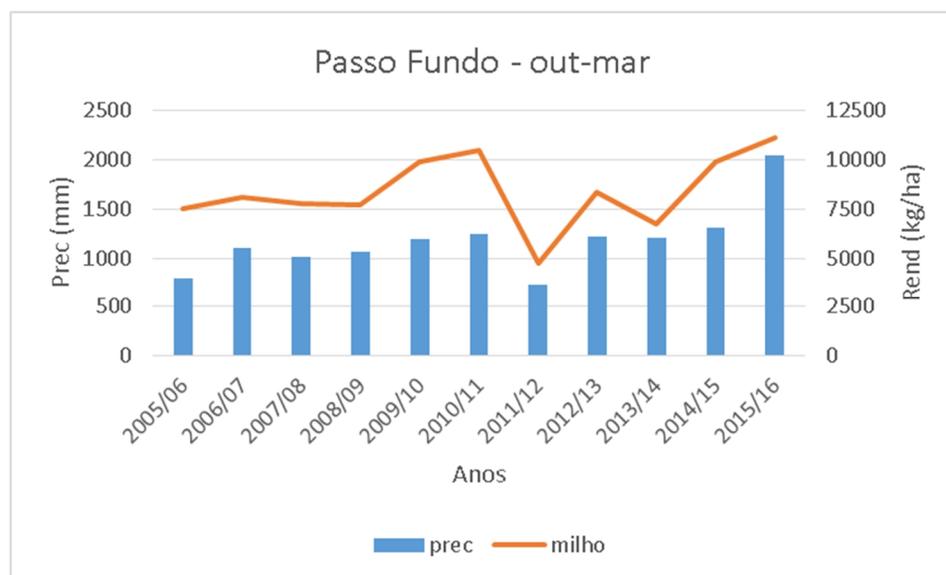
A precipitação, durante esse período, também oscilou. Os índices mais baixos ocorreram nos anos de 2005/06 e 2011/12, com 794 e 729 milímetros, respectivamente. O rendimento médio do milho, nessas duas safras, foi de 7500 kg/ha e 4740 kg/ha, o mais baixo do município. A maior precipitação, e consequentemente o maior rendimento, ocorreram durante o El Niño de 2015/16, com todos os meses ficando acima da média pluviométrica do INMET para o município. A saber: em outubro o índice foi de 259,5 mm (normal climatológica para o mês: 152 mm); em novembro 187,5 mm (normal: 131 mm); em dezembro incríveis 541,5 mm (normal: 173 mm); no mês de janeiro chegou a 334 mm, sendo que a média é de 149 mm; para fevereiro 393 mm, também acima dos 165 mm que representam a normal e por último, no mês de março a precipitação atingiu novamente 334 milímetros, excedendo a média em 200 mm. Isto totalizou um montante de 2049,5 mm, o que foi responsável por elevar o rendimento da cultura para 11106 kg/ha, um número bem

elevado para rendimento médio.

Além desta, que apresentou números superlativos, a segunda maior safra foi a de 2010/11, com 10494 kg/ha, e uma precipitação que totalizou 1241 mm, num ano marcado por evento de La Niña moderado. Entretanto, vale destacar que ainda houve um ano no qual a precipitação ficou entre os dois citados acima, tornando-se assim o segundo de maior índice de precipitação, porém o quarto de maior rendimento. Esse ano foi 2014/15, no qual o fenômeno El Niño já apresentava alguns sinais em outubro de 2014 para posteriormente se transformar no terceiro maior evento da história, estando presente por um ano e meio (de outubro de 2014 a junho de 2016) nas anomalias de IOS medidas pela NOAA. (NOAA, 2017).

Portanto em 2014/15, a precipitação acumulada durante os meses de outubro a março foi de 1308 mm, e o rendimento do milho atingiu 9888 kg/ha. Nas duas safras anteriores, a precipitação foi similar, 1226 mm em 2012/13 e 1201 mm em 2013/14, porém o rendimento médio apresentou diferenças. Isso nos leva a analisar a distribuição temporal da mesma, conforme a figura seguinte (Figura 9).

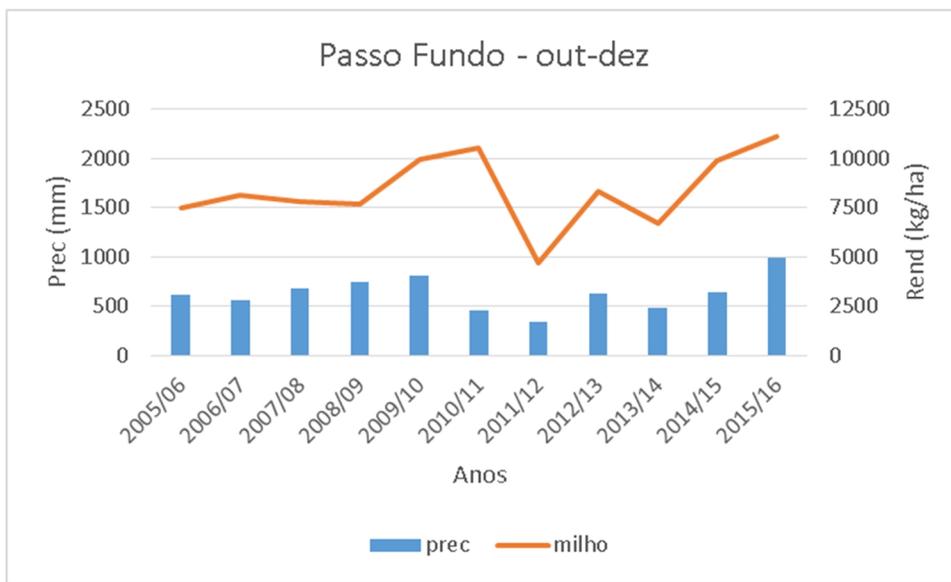
Figura 9 – Precipitação pluvial no período outubro a março x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo, de 2006 a 2016.



A partir do momento em que temos valores totais de precipitação semelhantes, mas com alterações importantes no rendimento das safras em dois anos seguidos, devemos buscar os possíveis fatores para isso. Assim, ao analisarmos o trimestre de outubro a dezembro, percebe-se que no ano de 2012/13 a precipitação atingiu 631,5 milímetros, ao passo que no ano seguinte no mesmo período, o número ficou em 474 milímetros. A diferença de precipitação nessa época do ano pode ser decisiva no rendimento final do grão,

tendo em vista que outubro novembro e dezembro são meses de início da plantação. Segundo Aguinsky (1991, apud Matzenauer 2006) a distribuição da precipitação durante os meses mais críticos da cultura do milho é mais importante do que o volume total da mesma.

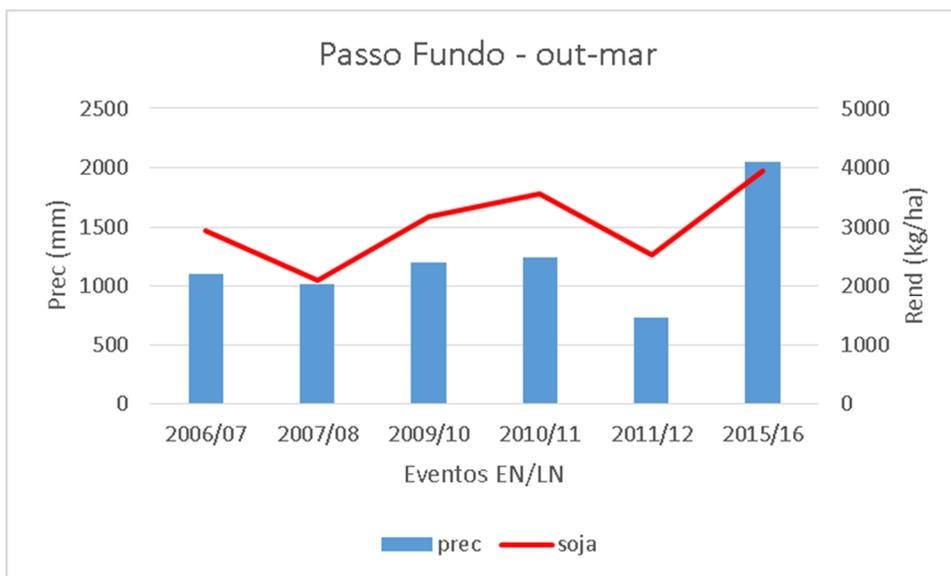
Figura 10 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Passo Fundo, de 2006 a 2016.



Assim como foi feito para o milho, também para a cultura da soja foram realizados gráficos dos meses de outubro a março, e dois trimestres em separado, para os anos de ENOS. Então, a seguir encontramos o gráfico da precipitação pluvial nos eventos de El Niño e La Niña para o mesmo município, relacionado com o rendimento médio da soja.

Nota-se, portanto, que os rendimentos mais baixos para a cultura ocorreram durante o evento de La Niña de 2007/08, com 2100 kg/ha. Contudo, o índice de precipitação para o período de outubro a março durante o mesmo ficou em 1017 mm, superando o evento posterior de 2011/12, também La Niña, que apresentou um índice de 729 mm, caracterizando-se por ser o mais baixo para o período. Isso significa que a precipitação foi baixa durante períodos importantes para o crescimento da planta, como veremos adiante (Figura 11).

Figura 11 - Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Passo Fundo.



Os dois eventos de ENOS posteriores ao de 2007/08 apresentaram uma elevação tanto na precipitação como no rendimento da cultura. O El Niño de 2009/10 apresentou 1196 mm para uma safra de 3180 kg/ha e o La Niña do ano seguinte, após uma precipitação de 1241 mm resultou numa safra de 3564 kg/ha. Essa diferença maior na safra do que na precipitação se deve ao período em que se concentrou a maior precipitação nos dois eventos (Figura 12 e 13). O maior rendimento obtido no período foi de 3936 kg/ha após uma precipitação de 2049 mm no período de seis meses entre outubro e março, ocorrida durante o evento de El Niño de 2015/16.

Na figura 12 temos a precipitação durante o último trimestre do ano, para os seis eventos estudados. O trimestre de outubro a dezembro é o de início do plantio, e a chuva é necessária para ter condições adequadas do solo, propiciando a semeadura da planta. Ao compararmos os eventos de El Niño (2009/10) e de La Niña (2010/11), percebemos que o primeiro acumulou 813 mm de chuva, ao passo que o segundo acumulou 457 mm, ficando acima apenas do evento de La Niña que ficou marcado pela estiagem, na safra de 2011/12; este apresentou 333 mm de chuva no período.

Seguindo a análise, o próximo gráfico (Figura 13) nos apresenta dados importantes para a compreensão do resultado final das safras. De início, já nos chama a atenção o fato do La Niña de 2007/08 ter sido o evento que apresentou índice mais baixo de precipitação no período, com 337 mm apenas, o que resultou no menor rendimento encontrado para a soja entre todos os municípios. Além disso, completando a comparação entre o El Niño de 2009/10 e o La Niña do ano seguinte temos uma precipitação de 382 mm e 784 mm, respectivamente, o que nos ajuda a compreender porque os rendimentos do primeiro não foram tão elevados quanto os do segundo, apesar de a precipitação total entre outubro e março ser semelhante. Para o La Niña de 2011/12 a precipitação acumulou um pouco mais

do que no trimestre anterior, chegando a 396 mm; como os índices foram baixos nos seis meses, nessa safra a soja ficou com o segundo menor rendimento, de 2526 kg/ha; ao passo que o El Niño de 2015/16 acumulou 1061 mm de chuva, um número expressivo, que levou a um rendimento de 3936 kg/ha no período.

Figura 12 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Passo Fundo.

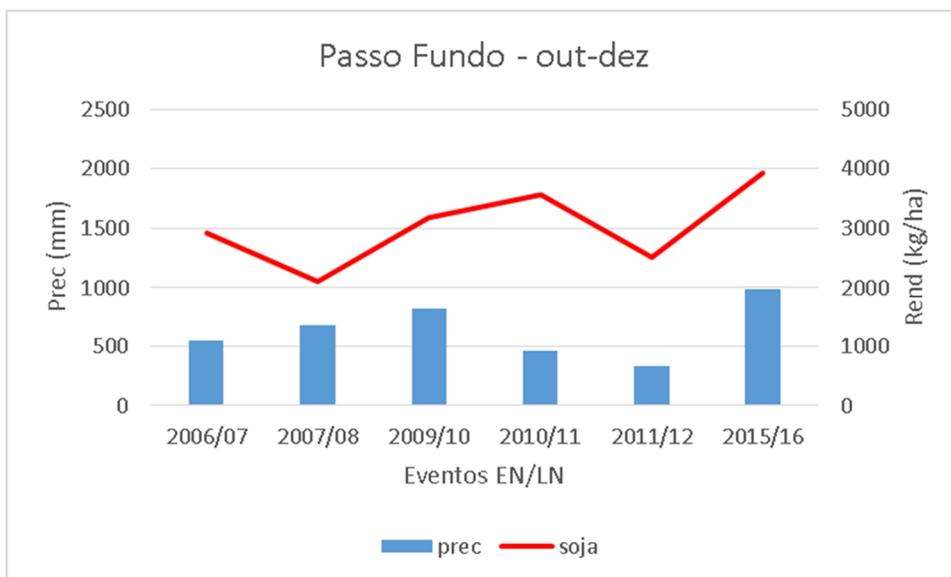
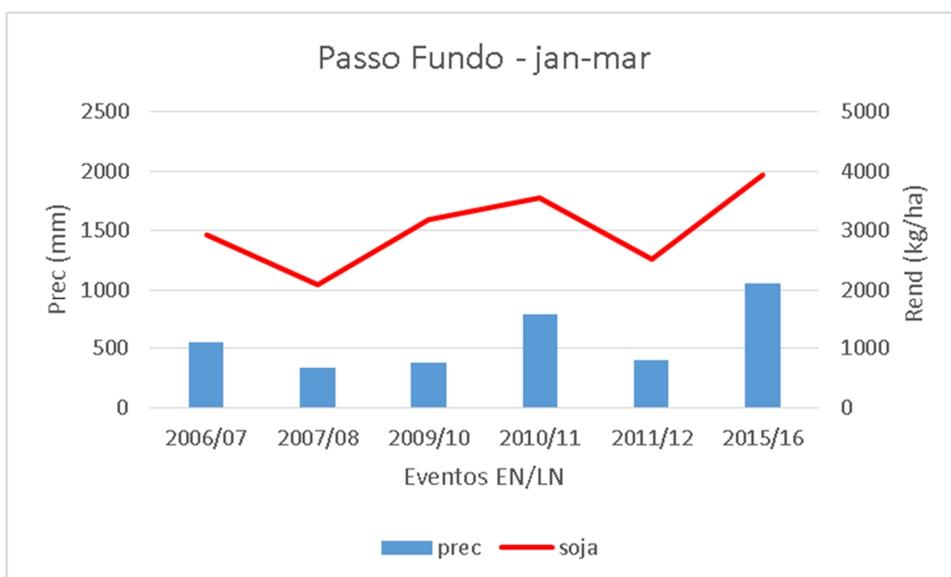


Figura 13 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja, em Passo Fundo.

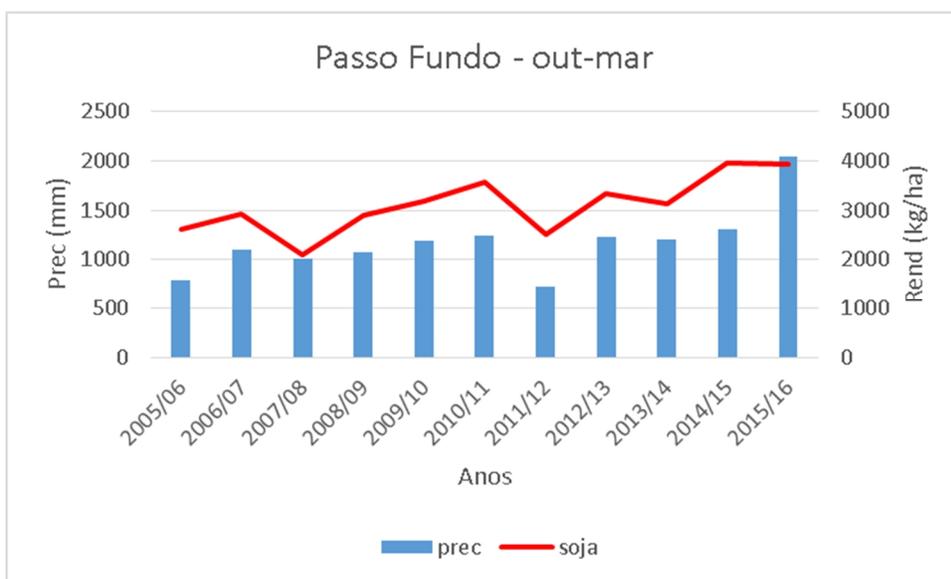


Como se sabe (Ávila *et al*, 1996, Matzenauer *et al*, 2002) dezembro, janeiro,

fevereiro e março são os meses mais críticos do calendário agrícola do Rio Grande do Sul. É nesse período que as principais culturas de primavera-verão estão em seu período de máximo crescimento vegetativo e reprodução, com o máximo consumo de água e ficam extremamente sensíveis ao déficit hídrico. Por essa razão é que buscamos justamente nesses meses os dados que nos permitem enxergar de maneira mais clara o impacto da precipitação no resultado final da safra, como exemplificado no parágrafo anterior.

Após a análise dos anos de El Niño e La Niña, foi feita a comparação desta com os anos neutros, durante o período de 2006 a 2016, também para os meses de outubro a março. A média de rendimento da cultura da soja para o município de Passo Fundo ficou em 3109 kg/ha, o que é um número considerável. Em anos de El Niño, essa média foi de 3509 kg/ha, ao passo que em anos de La Niña, a mesma ficou em 2730 kg/ha, pois dois anos dos três anos obtiveram baixos rendimentos. Em anos neutros, a média ficou em 3000 kg/ha. Houve cinco safras abaixo da média, ocorrendo nos quatro primeiros anos da série temporal estudada, e posteriormente também em 2011/12. Nessas, o rendimento foi de 2616 kg/ha; 2934 kg/ha; 2100 kg/ha, 2910 kg/ha e, por fim, 2526 kg/ha, respectivamente. Apenas duas das safras acima citadas ocorreram em anos neutros, a saber em 2005/06 e 2008/09. Ao passo que as outras seis safras que completam a série, apresentaram rendimentos acima da média (2009/10; 2010/11; 2012/13; 2013/14; 2014/15 e 2015/16). O maior rendimento foi obtido em 2014/15, ano de El Niño, sendo de 3966 kg/ha, superando até o El Niño de 2015 que se manifestou na safra de 2016. Outros dois anos que apresentaram condições de neutralidade foram os de 2012/13 e 2013/14, com rendimentos de 3336 kg/ha e 3138 kg/ha, respectivamente. Esses dados podem ser observados na figura abaixo (Figura 14).

Figura 14 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual da soja para Passo Fundo, nos anos de 2006 a 2016.

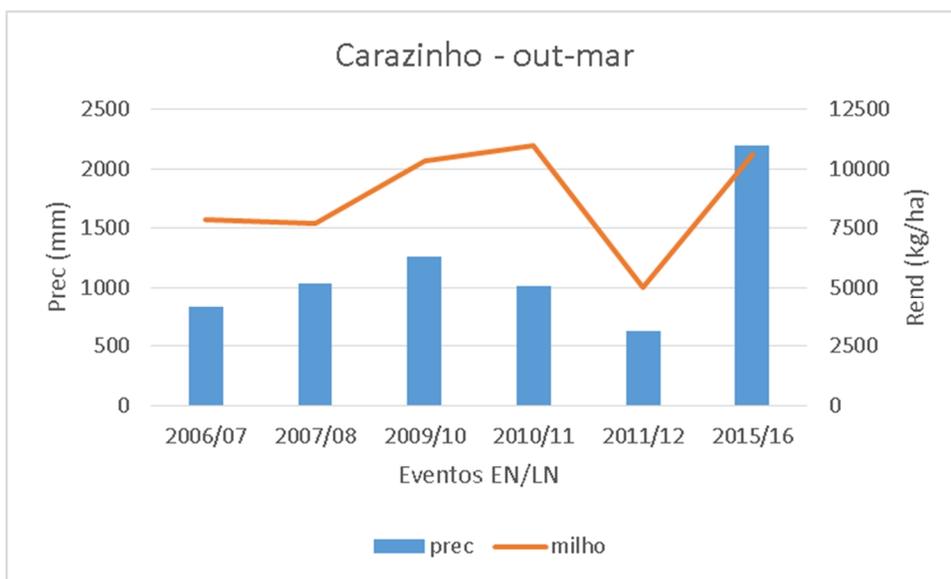


Os anos de índices baixos de precipitação foram 2005/06 e 2011/12, com 794 e 724 milímetros, respectivamente; o que se traduziu em dois dos três rendimentos mais baixos do município no período estudado (2616 e 2526 kg/ha). Já os cinco anos de maior precipitação corresponderam aos cinco anos de maior rendimento: 2015/16 com 2049 mm e 3936 kg/ha; 2014/15, 1308 mm e 3996 kg/ha; 2010/11 com 1241 mm e 3564kg/ha; 2012/13 com 1226 mm e 3336 kg/ha e 2013/14 com uma precipitação de 1201 e um rendimento da soja de 3138 kg/ha. Esse caso demonstra bem a correlação que foi buscada neste trabalho.

4.2. Análise para o município de Carazinho

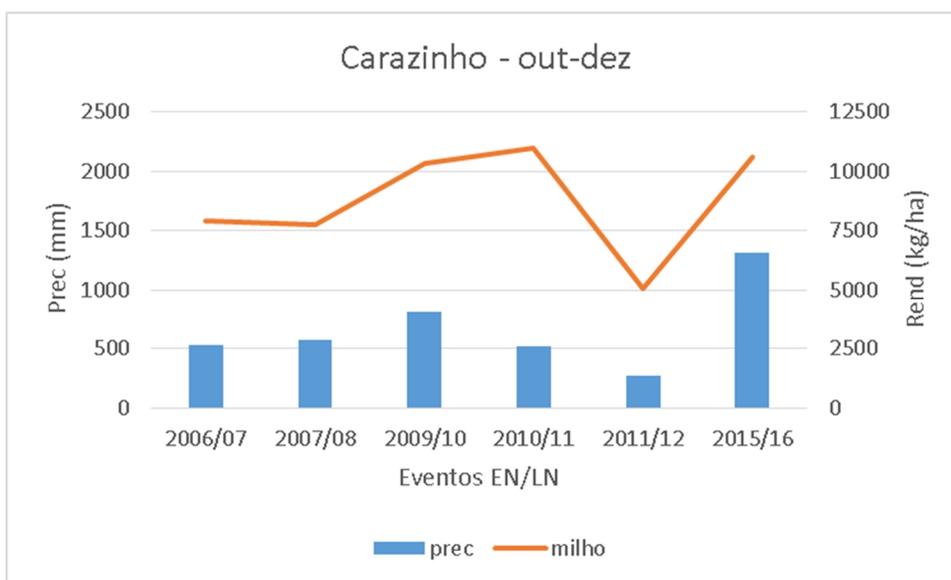
O município de Carazinho, vizinho a Passo Fundo, é o segundo centro urbano de maior importância para o Corede, e assim como aquele, também mescla o setor terciário com o primário. Divide seus limites municipais com os outros quatro municípios aqui estudados. Nesta localidade, percebe-se que a produtividade do milho, nos anos caracterizados por eventos de El Niño, se manteve estável e inclusive apresentou um crescimento nas safras de 2009/10 e 2015/16, se comparadas à de 2006/07. Ao mesmo tempo, nos anos caracterizados por La Niña, duas safras (2007/08 e 2010/11) apresentaram uma produtividade muito semelhante aos anos de El Niño, também com uma tendência crescente; porém na safra de 2011/12 houve uma queda importante na precipitação, resultando em baixos rendimentos para a cultura do milho, conforme a figura 15, relacionando a precipitação com o rendimento para o período de outubro a março.

Figura 15 – Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Carazinho.



Destaca-se que no El Niño de 2006/07 a precipitação total foi menor do que no La Niña do ano seguinte (837 mm e 1038 mm, respectivamente), contudo a produtividade foi minimamente maior: 7896 kg/ha para 7728 kg/ha. Nos dois eventos posteriores, acontece o oposto; no El Niño de 2009/10 chove mais do que no La Niña de 2010/11, totalizando 1261 e 1018 mm, respectivamente, para uma produtividade de 10320 kg/ha no primeiro e 10992kg/ha no último. Já o La Niña de 2011/12 trouxe estiagem para a região, o que fica claro ao observar o gráfico e constatar que a precipitação acumulou apenas 623,5 mm em seis meses, número esse que fica abaixo da média municipal para o período em questão, que por sua vez soma 918 mm. O baixo acumulado de precipitação trouxe prejuízos à safra do milho, que apresentou um rendimento de 5034 kg/ha, bem abaixo quando comparado às outras safras (Figura 16).

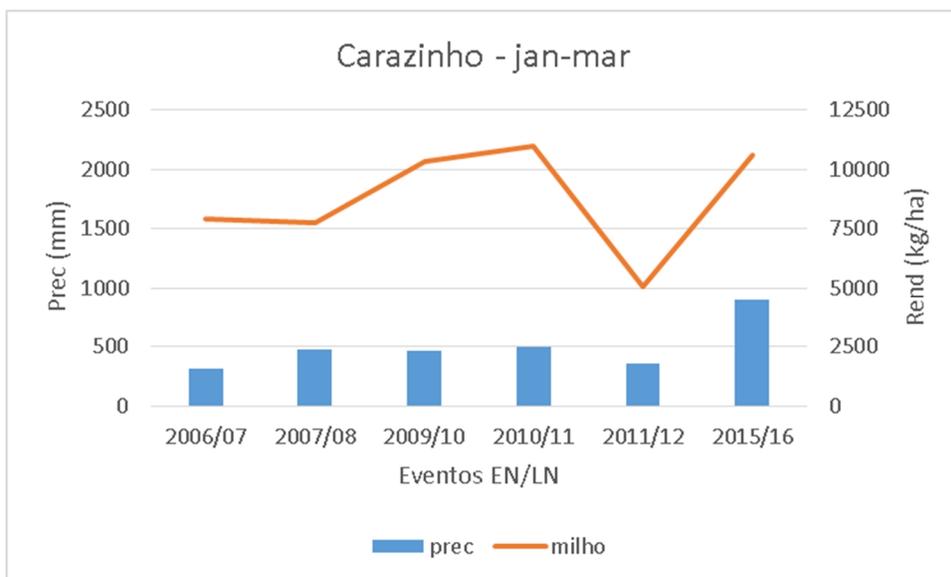
Figura 16 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Carazinho.



Por conseguinte, foram analisados os trimestres, o que pode nos ajudar a entender as diferenças de precipitação e de rendimento apontadas através do gráfico anterior nos El Niños e La Niñas de 2006/07, 2007/08, 2009/10 e 2010/11. No caso dos primeiros eventos os valores de precipitação no trimestre de outubro a dezembro foram semelhantes, 530 mm em 2006/07 e 567 mm em 2007/08; mas no primeiro trimestre do ano choveu um pouco mais no La Niña, 471 a 307 mm. No evento de El Niño de 2009/10, foram registrados 802 milímetros de precipitação no período de outubro a dezembro, como se percebe no gráfico abaixo, porém no trimestre seguinte esse número ficou em 459 mm. Se compararmos com o La Niña de 2010/11, para o último trimestre do ano o acumulado de precipitação foi de 519 milímetros, e para o primeiro do ano posterior a mesma foi de 500 milímetros. A

precipitação, mesmo sendo maior, levou a uma produtividade de 10320 kg/ha na safra 2009/10; enquanto na safra seguinte, o índice foi menor no total, contudo no período mais crítico (janeiro a março) foi responsável por elevar o rendimento para 10992 kg/ha (Figura 17).

Figura 17 - Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Carazinho.



A seguir, foi analisado o período de 2006 a 2016 para a cultura do milho. Percebe-se claramente que o ano de maior índice de precipitação ocorreu durante o El Niño de 2015/16, que somou 2201 mm entre outubro e março, sendo que 1310 mm somente no final de 2015, nos meses de outubro novembro e dezembro. O rendimento do milho, durante esse evento, atingiu 10614 kg/ha, tornando-se assim o terceiro maior do período estudado. O maior rendimento encontrado ocorreu na safra 2014/15, quando o El Niño Oscilação Sul começava a dar seus primeiros sinais, embora ainda estivesse fraco. Nesse ano, a produtividade foi de 11076 kg/ha, um rendimento recorde, após uma precipitação de 1339 mm nos seis meses mais importantes para a cultura de primavera-verão. Essa precipitação representou a terceira mais elevada para os 10 anos de estudo, no município de Carazinho. Entre esses dois anos de El Niño, estão os 1436 mm registrados na safra 2005/06, o primeiro ano de estudo. Foram registrados 991 mm no trimestre outubro a dezembro e outros 445 entre janeiro e março. Nesse ano, porém, o rendimento da cultura ficou em 6384 kg/ha, o que é baixo para uma precipitação tão elevada; isso traz à tona o fato de que o enfoque deste trabalho constitui apenas uma das variáveis que influenciam a produtividade de uma cultura, e que nem sempre é exclusivamente devido ao clima que podem ocorrer oscilações.

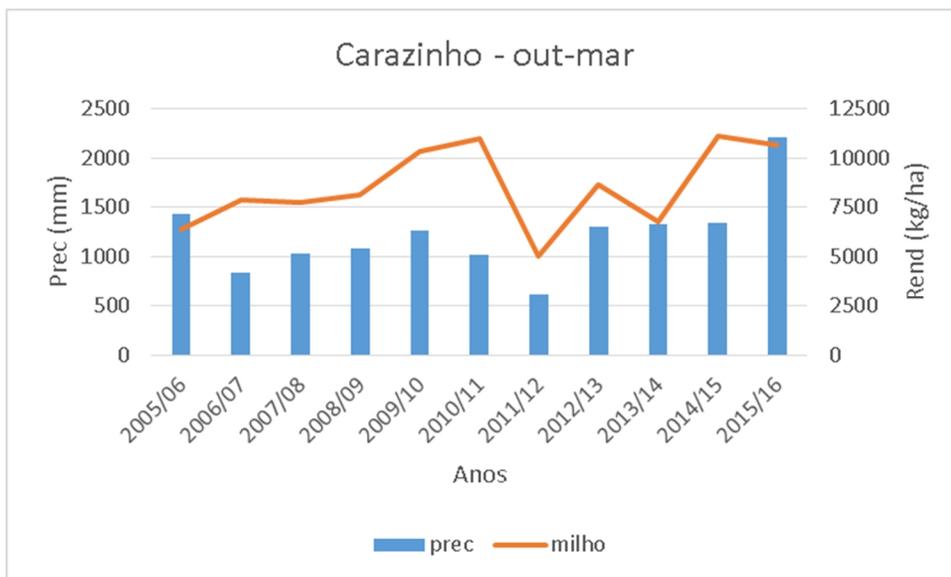
Aqui convém destacar que 2005/06 foi a primeira safra após uma quebra de safra

importante na história do estado, que foi marcada por estiagens durante todo o verão, resultado de um evento de El Niño em 2004/05, considerado fraco pela NOAA. Além disso, entre 2006 e 2016 o conhecimento e a tecnologia relacionados à agricultura, às práticas de manejo de solo e aos elementos do clima avançou muito, o que demonstra a importância da componente tecnológica nos dias de hoje, algo que também ajuda a incrementar a produtividade.

O ano de menor precipitação e, conseqüentemente, também de menor rendimento foi o La Niña de 2011/12. Entre outubro e dezembro choveu apenas 272 mm e no trimestre seguinte 351 mm, como veremos nas próximas figuras.

Os anos neutros desse período foram quatro; 2005/06, 2008/09, 2012/13, 2013/14. Em todos estes o índice pluviométrico ficou acima da média para o período. Começando por 2008/09 já que o ano neutro anterior foi tratado acima, a chuva acumulada entre outubro e março foi de 1080 mm, e mesmo com apenas 315 mm durante a época crítica para a cultura, obteve rendimentos de 8100 kg/ha; o segundo maior entre os anos neutros, neste município. Perde somente para o ano de 2012/13, o qual após acumular 1301 mm bem distribuídos (680 e 621 mm) atingiu 8652 kg/ha sendo portanto o quinto maior rendimento encontrado, incluindo os anos de fases frias e quentes do ENOS.

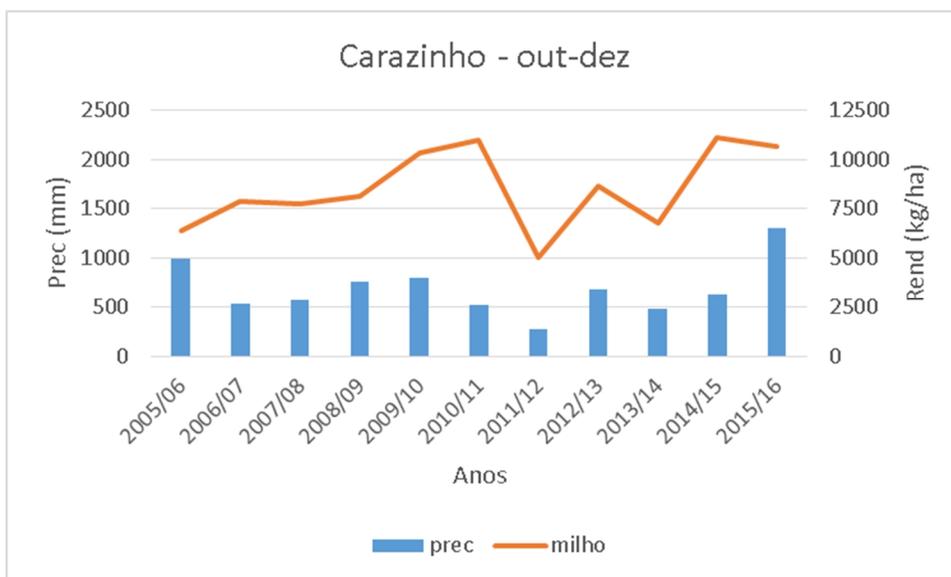
Figura 18 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual do milho em Carazinho de 2006 a 2016.



Em 2013/14, aconteceu como em 2005/06, pois houve um índice pluviométrico alto, totalizando 1329 milímetros no período e, mesmo assim, a safra apresentou uma produtividade baixa, de 6804 kg/ha. Para efeito de comparação, no ano seguinte choveu somente dez milímetros a mais e os rendimentos subiram para 11076 kg/ha, um número muito alto. Logo, aqui torna-se claro que outros elementos estão presentes nessa equação,

tais como a época utilizada para a semeadura; as condições do solo, que não pode ser nem muito seco nem muito úmido, pois prejudicam o crescimento da planta; a incidência de pragas nas lavouras são alguns dos exemplos que também influenciam o rendimento final em uma safra. A média de rendimento do milho nesses dez anos foi de 8509 kg/ha. Em anos de El Niño, a média foi ainda maior, 9976 kg/ha; em anos de La Niña a média diminuiu para 7918 kg/ha, e em anos neutros diminuiu mais ainda, ficando em 7485 kg/ha.

Figura 19 – Precipitação pluvial para o trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Carazinho de 2006 a 2016.



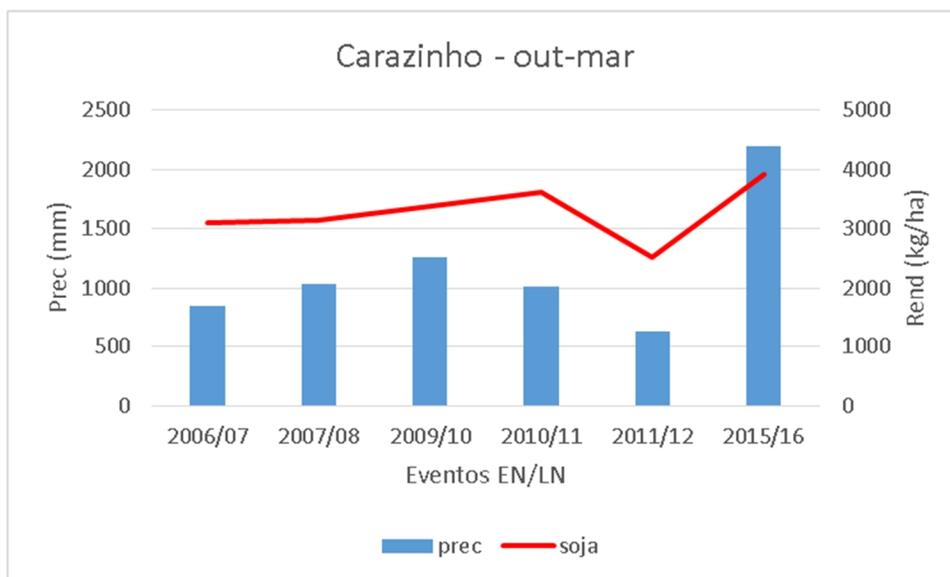
A cultura da soja, durante os anos de El Niño e de La Niña oscilou pouco, mantendo-se com índices altos de produtividade em quase todos os anos de eventos ENOS, exceto por um. O La Niña ocorrido em 2011/12, no qual choveu apenas 623 mm entre outubro e março baixou os rendimentos da cultura para 2526 kg/ha, tornando-se o mais baixo da série entre 2006 e 2016 para o município de Carazinho. Além desse, houve mais um evento no qual a precipitação ficou abaixo da média histórica; o El Niño de 2006/07, que apresentou 837 mm de precipitação. Nos outros quatro eventos a precipitação ficou acima de 1000 mm, nesses seis meses.

Nestes, o rendimento cresceu de maneira contínua entre os 3108 kg/ha do El Niño de 2006/07 aos 3624 kg/ha do La Niña de 2010/11, após uma precipitação de 1018 mm. O maior índice tanto na precipitação quanto no rendimento ocorreu durante o El Niño de 2015/16, com 2201 mm e 3930 kg/ha, respectivamente. Abaixo encontramos a figura ilustrando o que foi recém comentado.

Também foi analisado como a precipitação se distribuiu nesses dois trimestres, pois na verdade isso influencia mais no rendimento final do grão que a soma da mesma. Assim,

temos que no trimestre outubro-dezembro houve somente um evento de La Niña que ultrapassou o de El Niño em índice de precipitação; o de 2007/08, o qual acumulou 567 mm, comparados aos 530 de sua outra fase em 2006/07. No La Niña (2011/12) mais seco do período, esse índice foi de 272 mm apenas. À parte desse último, todos os outros eventos apresentaram índices de precipitação acima da média climatológica do município para o trimestre, que é de 478 mm. Para esse trimestre, portanto, nota-se que os eventos de El Niño tendem a elevar a precipitação.

Figura 20 – Precipitação pluvial no período outubro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja, em Carazinho.



O contrário se observa no trimestre janeiro a março, no qual à parte as óbvias exceções (La Niña de 11/12; El Niño de 15/16), os La Niñas de 2007/08 e 2010/11 acumularam 471 e 499 mm ao passo que nos eventos da fase quente esses índices ficaram em 307 (2006/07) e 459 (2009/10). Isso posto, temos motivos para compreender por que nos eventos acima citados, o rendimento final da soja também foi maior nas fases frias do que nas quentes. A saber, em 2007/08 o rendimento foi de 3150 kg/ha enquanto na safra anterior ficou em 3108 kg/ha; em 2010/11, 3624 kg/ha, para 3384 kg/ha no ano prévio. Além disso, muita chuva na época de semeadura, como verificado no trimestre outubro a dezembro, pode prejudicar o desenvolvimento da planta.

Figura 21 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Carazinho.

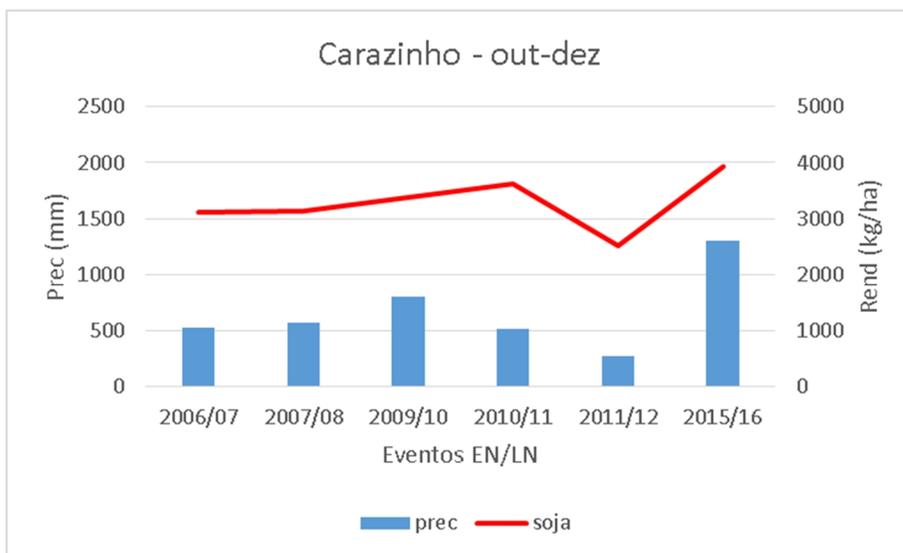
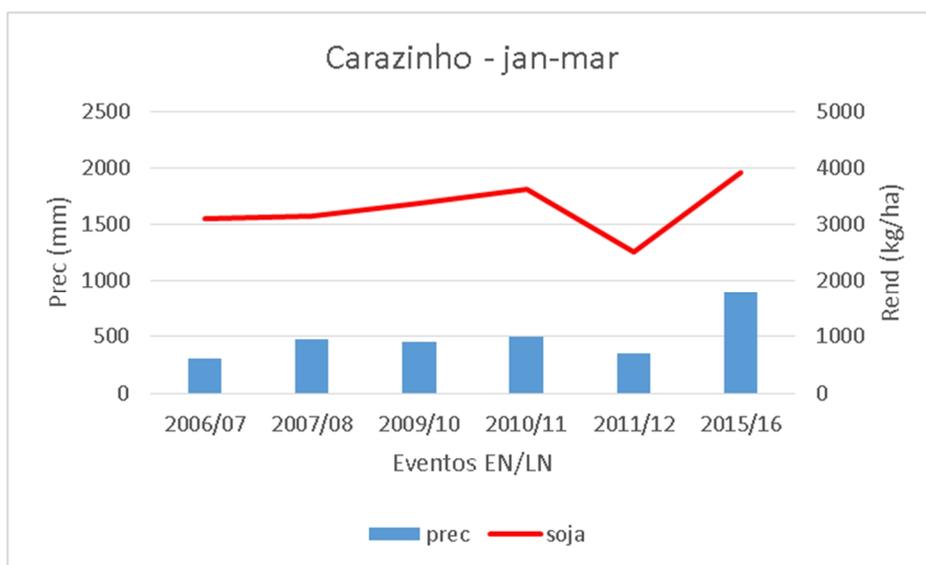


Figura 22 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março em eventos ENOS x rendimento médio anual da soja em Carazinho.



Em seguida, temos a figura que compreende os dez anos da série estudada, entre 2006 e 2016 para os seis meses da cultura. Nela, se percebe que nos quatro anos neutros ocorridos a precipitação ficou acima de 1000 milímetros em todos: 1436 (05/06), 1080 (08/09), 1301 (2012/13) e 1329 mm (2013/14). O volume de chuva no primeiro ano da série foi o segundo maior constatado, pois só fica atrás do El Niño muito forte de 2015/16, como vimos acima. Os rendimentos da soja nos anos neutros foram de 2700 kg/ha, 2940 kg/ha, 3450 kg/ha e 3234 kg/ha, respectivamente. A média de rendimento da soja em Carazinho ficou em 3270 kg/ha; para anos de El Niño, aumentou para 3588 kg/ha; para La Niña, reduziu para 3100 kg/ha e para anos neutros também houve redução na média, para

3081 kg/ha. Houve seis anos abaixo da média, sendo três dos quatro citados acima, além dos eventos de El Niño de 2006/07 e os La Niñas de 2007/08 e 2011/12. Os cinco anos acima da média ocorreram nos eventos de El Niño de 2009/10, 14/15 e 15/16 (3384 kg/ha e 3930 kg/ha, nos dois últimos), no La Niña de 2010/11 que apresentou o segundo maior rendimento, com 3624 kg/ha, além do ano neutro de 2012/13, acima referido.

Com isso, percebemos que no município de Carazinho a cultura da soja apresentou uma menor variabilidade, se comparada ao milho, diante dos mesmos índices de precipitação. Entretanto, os anos abaixo da média de rendimento para o milho foram os mesmos para a cultura da soja e, exceto pelo La Niña de 2011/12, não foram anos de baixos índices pluviométricos, o que chama a atenção. As próximas três figuras, do período 2006 a 2016, nos mostram a distribuição dessa precipitação pluvial.

Figura 23 – Precipitação pluvial no período outubro a março x rendimento médio anual da soja em Carazinho de 2006 a 2016.

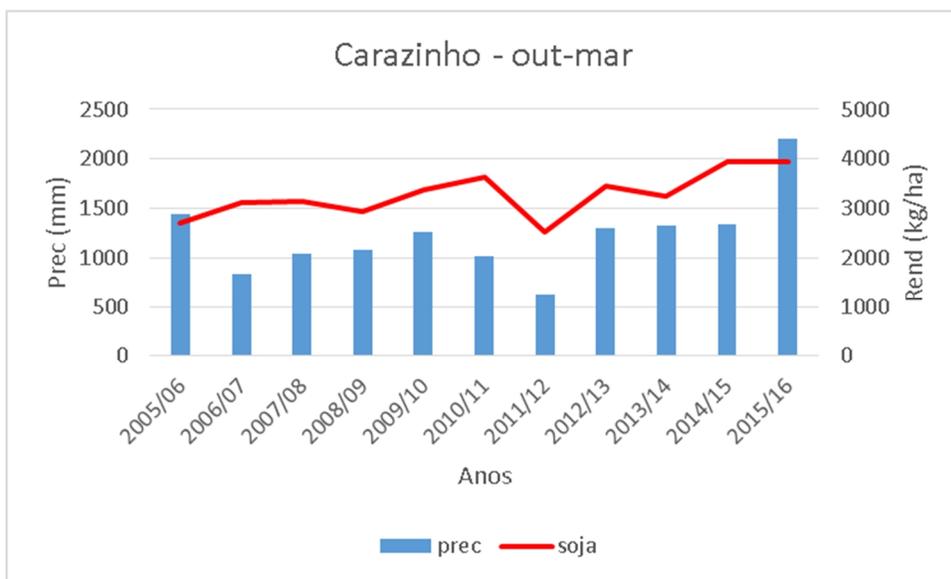
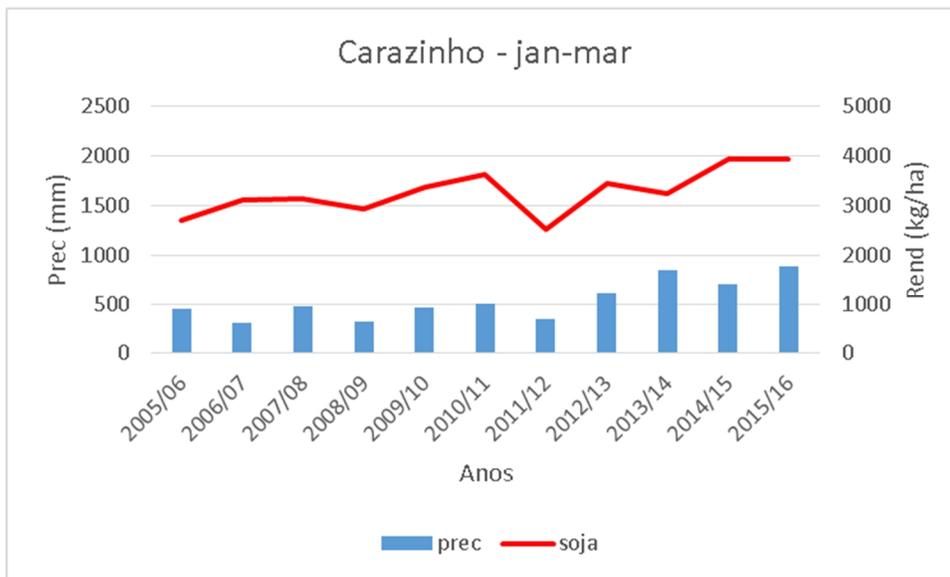


Figura 24 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja em Carazinho de 2006 a 2016.



Figura 25 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja em Carazinho de 2006 a 2016.



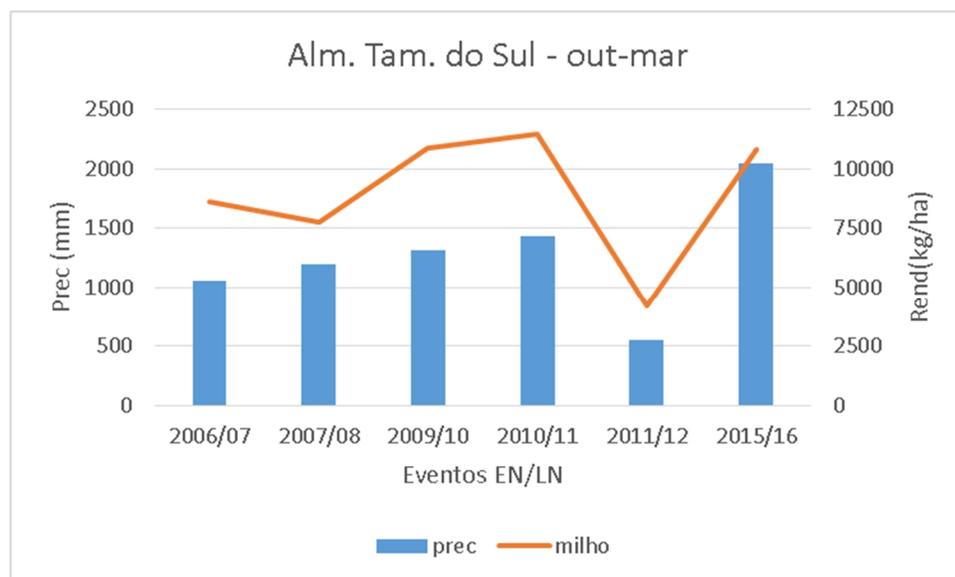
Focando nos anos neutros, pois os outros já foram analisados, percebemos que dos quatro, três apresentaram índices de precipitação pluvial acima da média climatológica de Carazinho, para o último trimestre do ano, quando o plantio da soja ainda está na sua fase inicial. Em 2005/06, choveu 991 mm; em 2008/09, 765 mm; em 2012/13, 680. Em 2013/14, a precipitação pluvial ficou em 476 mm, ou seja, na média. Vale destacar também o ano de 2014/15, que é caracterizado pelo início de um evento de El Niño, no mês de outubro de 2014, ainda fraco, mas que dá origem ao El Niño muito forte presente no ano de 2015 e começo de 2016.

Nesse ano, precipitou 637 mm no trimestre de outubro a dezembro, e entre janeiro e março choveu ainda mais, 702 mm, levando o rendimento a empatar com o do El Niño do ano posterior, como mais alto do município no período estudado: 3930 kg/ha. Para o trimestre janeiro-março, os anos de 12/13 e 13/14 apresentaram bons índices de precipitação pluvial, 621 e 853 mm, respectivamente. O ano de 2005/06 ficou na média do trimestre, com 445 mm. No ano de 08/09, o índice ficou abaixo da média do município, sendo de apenas 315 mm, menor até do que o La Niña de 11/12 (351 mm). No caso desses dois últimos, a grande precipitação no trimestre inicial do plantio pode ter atrasado a semeadura, e aliado à pouca precipitação no trimestre mais crítico, afetado o rendimento final da planta, que foi de 2700 kg/ha e 2940 kg/ha, seguindo a ordem cronológica.

4.3. Análise para o município de Almirante Tamandaré do Sul

Situado no extremo oeste do Corede, o município de Almirante Tamandaré do Sul é predominantemente rural e, assim sendo, a agricultura de grãos é a principal atividade econômica do mesmo. Nele, a cultura do milho apresentou uma variabilidade interanual marcante nos anos estudados, tanto em anos neutros quanto em anos de ENOS. Entre os municípios estudados, apenas Santo Antônio do Planalto apresentou uma oscilação maior na produtividade do milho. Para começar, foi analisada a variação da precipitação pluvial em função do rendimento para os anos de El Niño e de La Niña entre os meses de outubro e março, dispostos na figura abaixo.

Figura 26 – Precipitação pluvial no período outubro a março em eventos ENOS x rendimento médio anual do milho, em Almirante Tamandaré do Sul.



A precipitação foi aumentando gradativamente nos quatro primeiros eventos, de 1057 mm em 2006/07 a 1433 mm no La Niña de 2010/11, passando por 1192 e 1315 mm em 2007/08 e 2009/10, respectivamente. O rendimento, nesses quatro eventos, foi de 8616 kg/ha, no primeiro ano de El Niño, a 11448 kg/ha na safra de 2010/11, sendo este o maior resultado encontrado para a cultura do milho entre os cinco municípios. Houve um leve decréscimo na produtividade na safra de 2007/08, na qual após chover 1192 mm, o rendimento ficou em 7734 kg/ha. A segunda maior safra durante os eventos ENOS, ocorreu no El Niño de 2009/10; após uma precipitação de 1315 mm, os rendimentos atingiram 10890 kg/ha. Já a menor safra de milho, ocorreu no La Niña de 2011/12; 4206 kg/ha, após apenas 550 mm de precipitação em seis meses, sendo esta a menor precipitação registrada, para todos os municípios, no período de 2006 a 2016.

Chama a atenção, também, a elevada precipitação ocorrida no grande evento de El Niño de 2015/16. Neste, choveram expressivos 2046 mm em seis meses, com todos os meses acima da média climatológica. Os rendimentos do milho também foram altos, chegando a 10848 kg/ha, sendo o terceiro mais alto deste município durante os anos de ENOS. Percebe-se, portanto, que dos seis eventos ocorridos, em cinco houve excessos hídricos para a cultura do milho, com precipitações acima dos 1000 mm, ficando acima da média, e apenas em um houve déficit hídrico, pois foi um ano marcado por um período longo de estiagem de novembro a janeiro (2011/12).

Para ajudar na análise, temos também os gráficos dos trimestres de outubro a dezembro (Figura 27) e de janeiro a março (Figura 28), pois esses constituem os meses mais importantes para as culturas de primavera-verão. Segundo a EMBRAPA (2010), a safra de 2009/10 foi marcada por um mês de novembro muito chuvoso, o que se traduz nos 807 mm entre outubro e dezembro, sendo que desse total, 476 mm foram registrados em novembro. Isso indica que houve excesso hídrico na época de semeadura de milho e soja, durante essa safra. Além dessa, também ocorreram excessos hídricos importantes nesse trimestre nos anos de 2007/08 e 2015/16, a saber, 743 mm no primeiro e 1140 mm no último. O La Niña de 2010/11, que registrou o maior rendimento para a cultura, nesse trimestre teve 551 mm acumulados, ligeiramente acima do El Niño de 2006/07, que registrou 529 mm. Na estiagem de 2011/12 devido ao evento de La Niña, o índice de precipitação para o trimestre foi de 294 mm, assim distribuídos: 168 mm no mês de outubro, 81 em novembro e apenas 45 mm em dezembro.

No trimestre seguinte, novamente o El Niño de 2015/16 ganha destaque, com 906 mm de chuva entre janeiro e março; seguido do La Niña de 2010/11, com 882 mm. O La Niña do ano seguinte foi seco, como exemplificado acima, e nesse trimestre somou apenas 255 mm. Os outros três eventos apresentaram precipitação próxima da média (478 mm). Importante ressaltar o evento de 2009/10, pois após dois trimestres com boa precipitação (807 e 508 mm, respectivamente), atingiu rendimentos bem elevados, como 10890 kg/ha, sendo assim o terceiro maior do período.

Figura 27 – Precipitação pluvial em eventos ENOS no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Alm. Tam. do Sul.

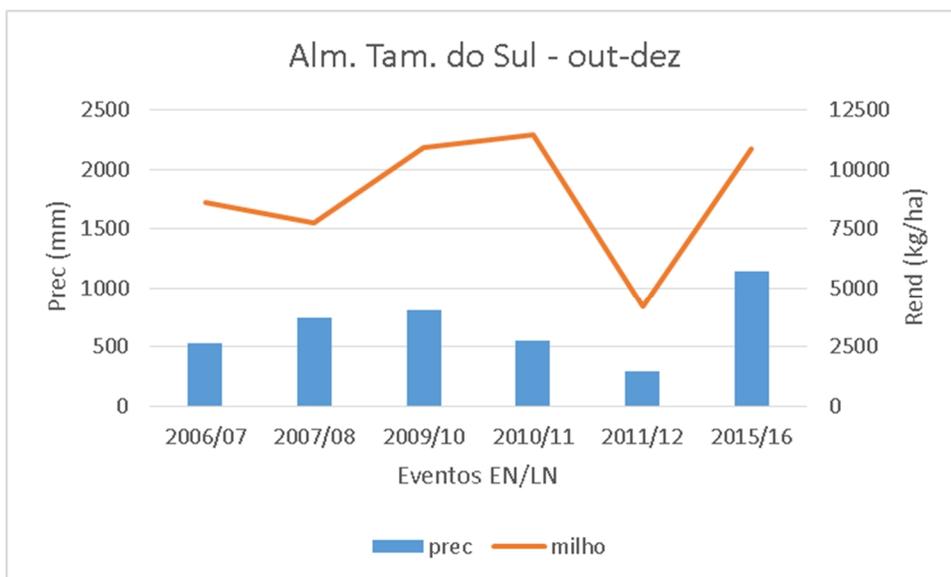
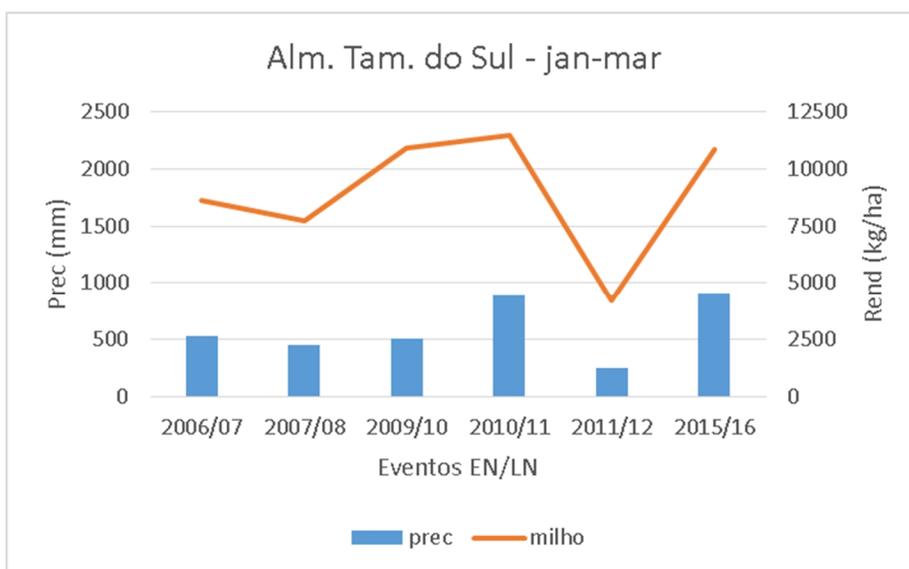


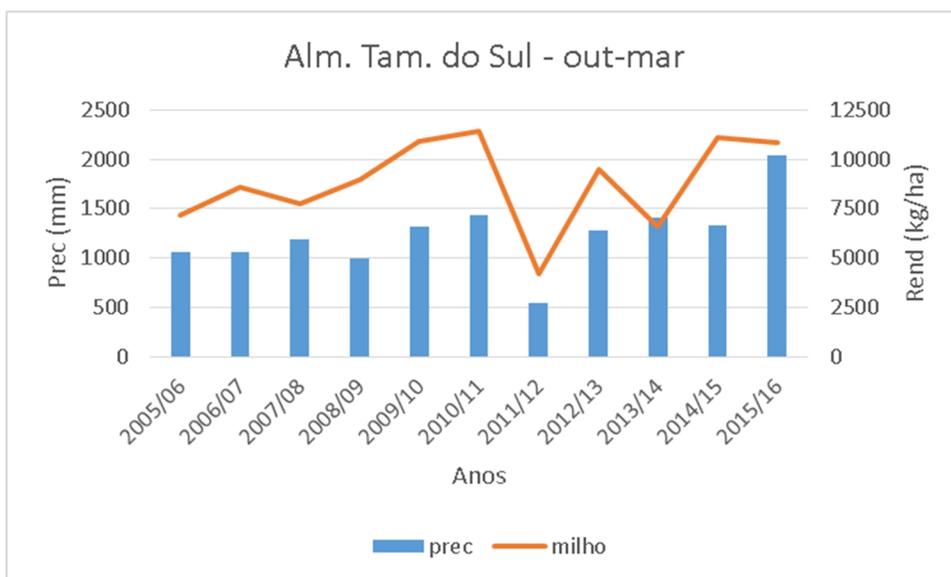
Figura 28 – Precipitação pluvial em eventos ENOS no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual do milho em Alm. Tam. do Sul.



Para todo o período, a média de rendimento do milho foi alta, totalizando 8829 kg/ha, para o município. Nos anos de El Niño, a mesma subiu para 10372 kg/ha; para anos de La Niña caiu para 7796 kg/ha, e para os anos neutros ficou em 8062 kg/ha. Nos anos neutros, percebe-se que não houve nenhum déficit hídrico e a produtividade variou pouco.

A precipitação pluvial oscilou de 996 milímetros em 2008/09 a 1404 mm em 2013/14 (o segundo maior índice para o município), passando também por 1065 em 2005/06 e 1280 em 2012/13. O maior rendimento em anos neutros foi de 9474 kg/ha na safra 2012/13. Já o menor, 6588 kg/ha, ocorreu no ano neutro de maior precipitação, 2013/14 (1404 mm entre outubro e março), curiosamente. Nos outros dois anos, um apresentou rendimento abaixo da média municipal, com 7188 kg/ha (2005/06), e o outro um pouco acima da média com 9000 kg/ha, num ano em que a precipitação nem foi tão abundante assim, sendo o ano de segundo menor índice de precipitação do município no período; 996 mm. Abaixo vemos a figura que abrange os dez anos estudados, de 2006 a 2016.

Figura 29 – Precipitação pluvial no período outubro a março x rendimento médio anual do milho, de 2006 a 2016 em Almirante Tamandaré do Sul.



Nela nota-se que a linha da produtividade da cultura do milho varia mais do que a precipitação, que foi relativamente constante, pois nove dos onze anos apresentaram valores acumulados de chuva maiores que 1000 mm. Além disso, também vale lembrar que o ano de menor produtividade da cultura ocorreu justamente no ano seguinte ao de maior produtividade da série, por isso a queda brusca nos chama a atenção. Outro ano que merece destaque é o de 2014/15, no qual após 1328 milímetros de precipitação, associados à fase quente do ENOS, atingiu uma produtividade de 11136 kg/ha, a segunda maior constatada no período.

Ao compararmos um trimestre ao outro, podemos observar que os anos neutros de 2005/06, 2008/09, 2012/13 apresentaram um índice maior de precipitação no último trimestre do ano. Apenas os anos de 2013/14 e 2014/15, com a ressalva de que esse último não é considerado um ano neutro, apresentaram maior precipitação no primeiro trimestre do

ano seguinte, considerando apenas os anos que não foram analisados anteriormente. Essa maior precipitação no trimestre outubro a dezembro, pode, às vezes, retardar o início do plantio por conta da umidade do solo e alta probabilidade de ocorrência de doenças, tais como a ferrugem. Entretanto, fica difícil comprovar isto utilizando apenas os dados de chuva e de rendimento médio das culturas como variáveis. Analisando as figuras abaixo, observa-se que nesses dois anos nos quais a precipitação foi maior no trimestre janeiro a março, a saber, 899 no primeiro e 756 no segundo, os rendimentos oscilaram de maneira inversa à precipitação. Ou seja, no ano neutro de 2013/14 a produtividade foi a segunda mais baixa para Almirante Tamandaré do Sul, e o acumulado de precipitação pluvial foi o segundo maior (1º entre os anos neutros). Ao passo que no El Niño de 2014/15, apesar da precipitação ter sido um pouco menor, quando comparada à esta última, foi muito boa para a cultura, com a segunda maior produtividade do milho entre todos os municípios. Novamente, de acordo com o exemplo acima, percebemos que somente a precipitação não explica as oscilações interanuais das safras, pois se fosse esse o caso, não teríamos a discrepância encontrada entre essas duas safras consecutivas.

Figura 30 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho, de 2006 a 2016 em Alm. Tam. do Sul.

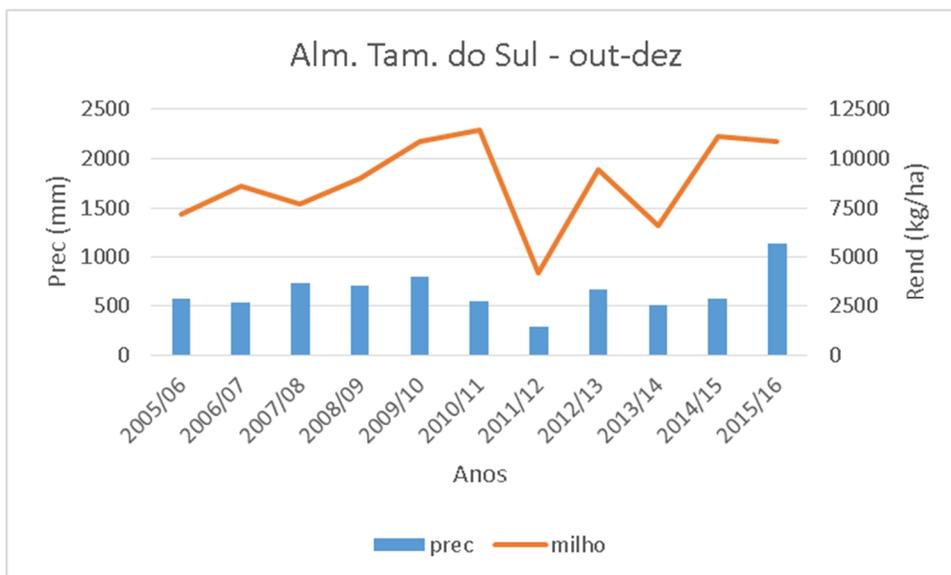
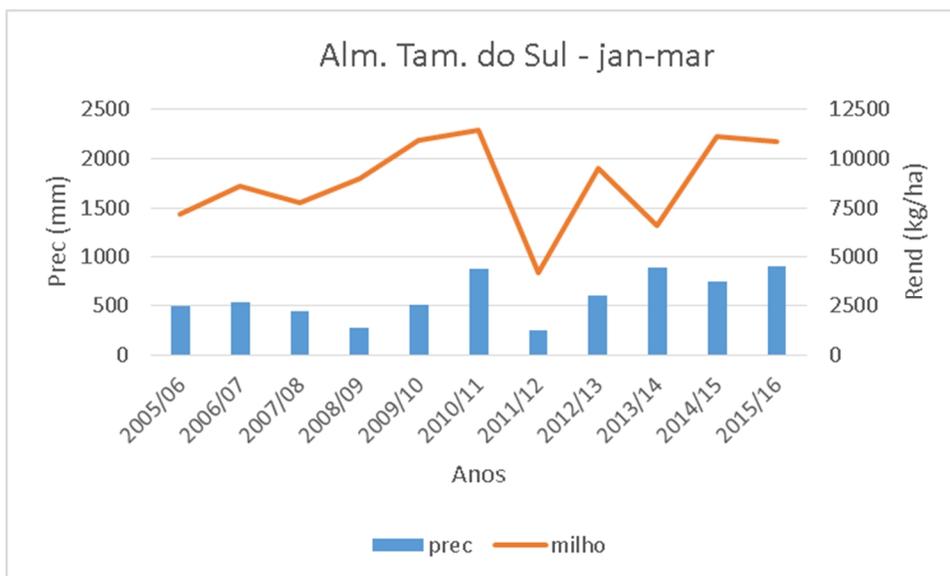
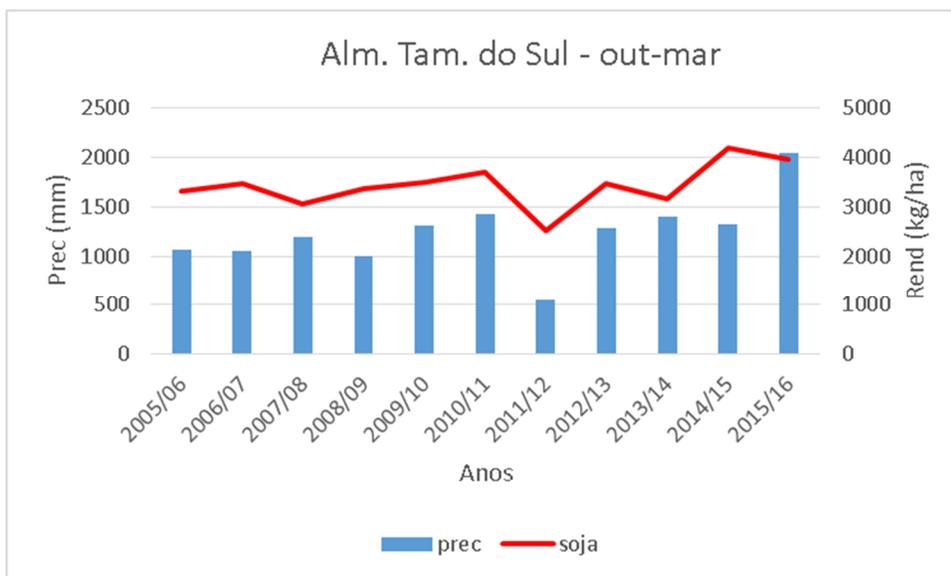


Figura 31 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual do milho, 2006 a 2016 em Alm. Tam. do Sul.



A cultura da soja, no município de Almirante Tamandaré do Sul, apresentou um comportamento semelhante ao do milho. A produtividade foi elevada para o período, apresentando uma média de 3428 kg/ha. Nos anos de ocorrência de fase quente do ENOS, a média elevou-se para 3777 kg/ha; já para anos de ocorrência de fase fria esta reduziu-se para 3098kg/ha. Em anos neutros, a média foi de 3327 kg/ha. O ano de menor produtividade foi, como o esperado, o do La Niña de 2011/12, como para praticamente todos os municípios. Nesse ano, a soja apresentou um rendimento de 2526 kg/ha, por conta da escassa precipitação. O segundo ano de menor rendimento ocorreu no La Niña de 2007/08, no qual foram registrados 3060 kg/ha. É interessante observar que no ano seguinte, um ano neutro, os valores acumulados de chuva foram menores (de 1192 para 996 mm) e a produtividade subiu 300 kg/ha. Enquanto isso, os anos de maiores rendimentos foram marcados por dois eventos da fase quente e um da fase fria. A saber, em 2014/15, a produtividade foi de 4200 kg/ha, sendo a maior do período para a cultura da soja, em todos os municípios analisados. Em seguida vem o El Niño de 2015/16, que apresentou 3954 kg/ha; e em terceiro lugar, durante o La Niña de 2010/11, com 3708 kg/ha. Como podemos ver na figura abaixo (Figura 32), os anos neutros de 2005/06, 2012/13 e 2013/14, não representaram quebras de safras, como é comum acontecer (BERLATO & FONTANA, 2003); os rendimentos foram bons, tais como 3312, 3468 e 3168 kg/ha, respectivamente.

Figura 32 – Precipitação pluviométrica no período outubro-março x rendimento médio anual da soja, em Almirante Tamandaré do Sul, de 2006 a 2016.



Na figura do trimestre outubro a dezembro, percebemos que a maior precipitação foi registrada no El Niño de 2015/16, com 1140 milímetros. A segunda maior precipitação para o trimestre também ocorreu em ano de El Niño (2009/10), registrando 807 mm. Estes anos representam a segunda e a quarta (3492 kg/ha) maiores produtividades do município. No ano neutro de 2008/09, o índice de precipitação também foi alto, ficando em 716 mm no último trimestre do ano, e apenas 280 entre janeiro e março. O outro ano neutro que apresentou um índice bom de precipitação pluvial foi 2012/13, que registrou 675 mm entre outubro e dezembro e 605 entre janeiro e março, resultando no maior rendimento obtido em ano neutro no município.

Figura 33 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja, em Almirante Tamandaré do Sul, de 2006 a 2016.

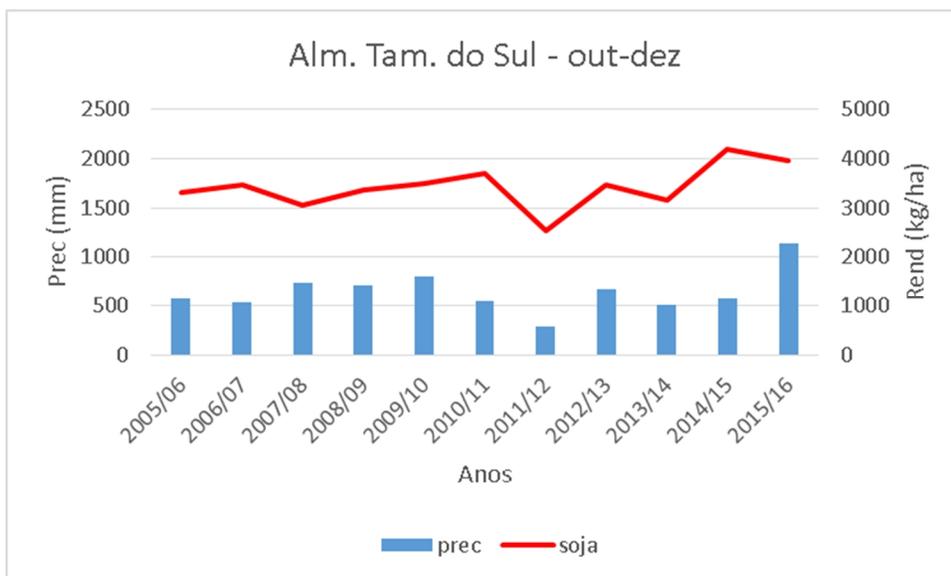
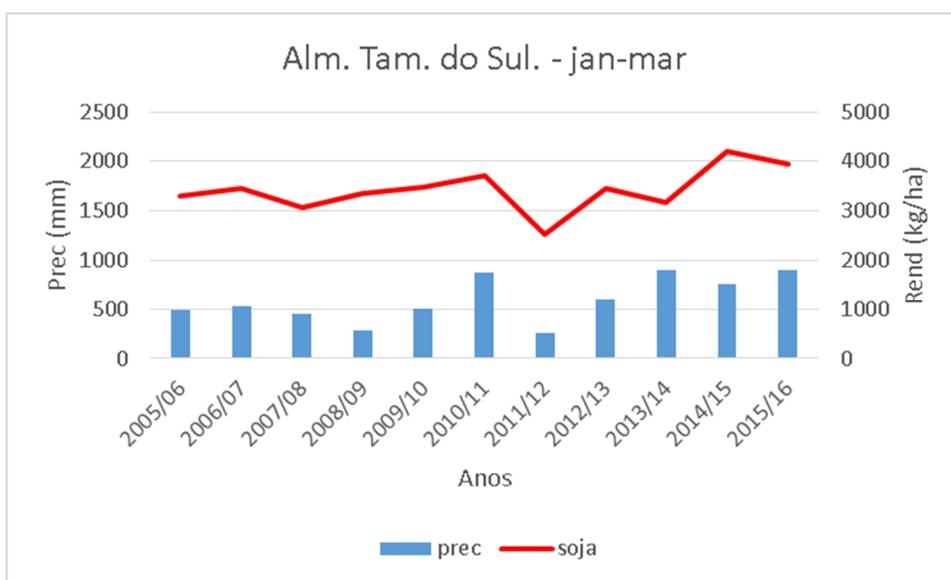


Figura 34 – Precipitação pluviométrica no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja, em Almirante Tamandaré do Sul, de 2006 a 2016.



4.4. Análise para o município de Coqueiros do Sul

Este município, também situado na região oeste do Corede, assemelha-se ao anterior, pois tem sua economia voltada à produção de grãos. Faz divisa com Carazinho e Almirante Tamandaré do Sul, ao sul e oeste, respectivamente, e Pontão ao norte. A produção de milho e soja apresentou uma média de rendimento de 8658 kg/ha para o milho e 3018 kg/ha para a soja, nos 10 anos estudados. Essa média, em anos de El Niño foi mais

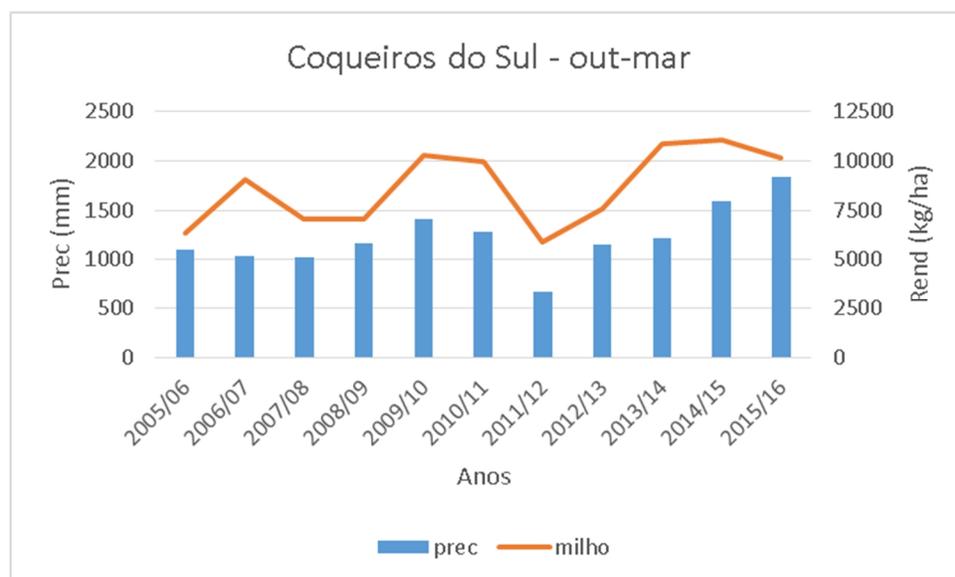
elevada, 10302 kg/ha, para a cultura do milho e 3322 kg/ha para a soja, considerando aqui os anos de 2006/07, 2009/10, 2014/15, 2015/16. Para La Niña, a média apresentou uma redução para 7636 e 2840 kg/ha, respectivamente. E nos anos neutros, a mesma ficou em 7951 e 2848 kg/ha.

A precipitação nos seis meses cruciais para as culturas foi maior diante da ocorrência de El Niño, pois os maiores valores acumulados ocorrem em três dos quatro anos da fase quente. Os maiores valores encontrados entre outubro e março foram 1842 mm em 2015/16, seguido de 1588 mm em 2014/15 e de 1407 mm em 2009/10. O menor valor ocorreu durante o La Niña de 2011/12, que registrou 672 mm. Nos outros anos, incluindo os outros dois eventos da fase fria do ENOS a precipitação girou em torno de 1000 a 1200 mm.

O maior rendimento médio encontrado para o milho foi de 11046 kg/ha, na safra 2014/15, pois a distribuição da precipitação durante esse evento de El Niño foi muito boa, com 780 milímetros no último trimestre do ano e 808 no trimestre seguinte. O segundo maior ocorreu no ano neutro de 2013/14, no qual após uma precipitação de 1216 milímetros, sendo 468 mm entre outubro-dezembro e 748 nos três meses em que a demanda evaporativa das plantas é maior, resultou em um rendimento de 10836 kg/ha.

Um fato a se destacar é que nem sempre o ano que mais chove, no caso o El Niño de 2015/16, registra as maiores produtividades. Embora a tendência seja essa, de aumentar proporcionalmente à precipitação, muita chuva durante os meses de cultivo também pode prejudicar a planta, pois a umidade tanto do ar quanto do solo pode ocasionar o aparecimento de doenças nas lavouras.

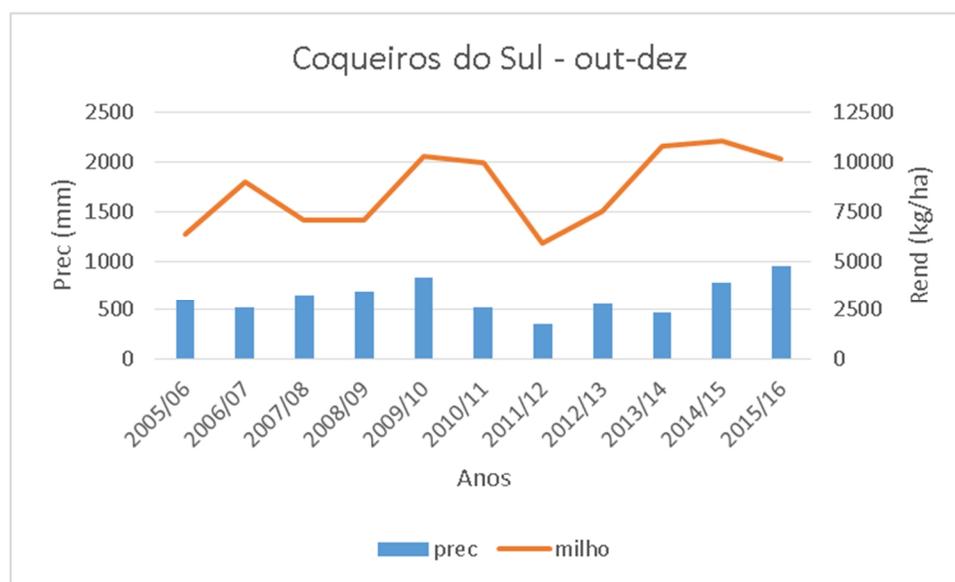
Figura 35 - Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual do milho em Coqueiros do Sul.



As safras de menores rendimentos ocorreram em anos de dois eventos de La Niña e em dois anos neutros. Assim como em todos os municípios aqui estudados, o La Niña de 2011/12 trouxe o menor rendimento do período, com 5886 kg/ha. O segundo menor ocorreu no ano neutro de 2005/06, registrando 6342 kg/ha, mesmo com uma precipitação de 1098 mm entre outubro e março. Os outros dois foram muito semelhantes, e não foram exatamente baixos, ocorrendo em dois anos consecutivos; no La Niña de 2007/08, o rendimento ficou em 7068 kg/ha e no ano neutro sucessivo, em 7080 kg/ha. Nesses dois anos, a precipitação também foi boa, registrando 1027 e 1171 mm, respectivamente. Porém, a distribuição da mesma foi maior nos dois trimestres em 2008/09; 693 a 657 mm entre outubro e dezembro e 478 a 370 mm entre janeiro e março, o que pode explicar a pequena diferença na produtividade.

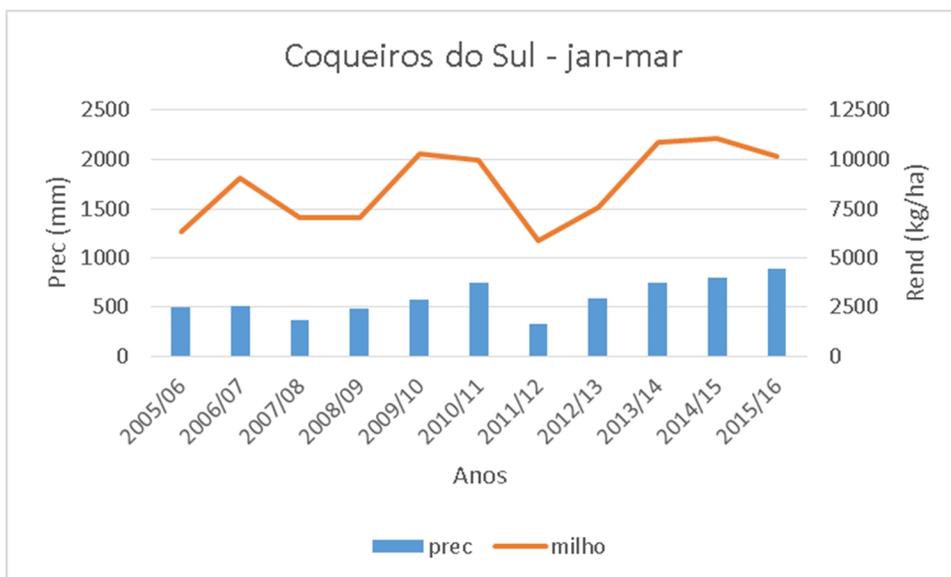
Para o trimestre outubro-dezembro, a menor precipitação encontrada foi no ano de 2011/12, que acumulou 350 mm, um ano notadamente seco, ficando abaixo inclusive da média histórica, de 478 mm. Para o trimestre seguinte, choveu ainda menos durante o La Niña, registrando apenas 322 mm, no período mais crítico para as culturas. Também se destacam nesse trimestre os anos de El Niño de 2009/10 e 2015/16, apresentando as duas maiores precipitações, 839 e 946 milímetros. Esses mesmos anos, entre janeiro e março, ficaram com 568 e 896 milímetros, evidenciando uma ótima distribuição de precipitação. O rendimento, inclusive, foi um pouco maior no primeiro do que no segundo, totalizando 10296 kg/ha e 10158 kg/ha, constituindo o terceiro e o quarto maior rendimento para a cultura do milho nesse município.

Figura 36 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho em Coqueiros do Sul, de 2006 a 2016.



O evento de La Niña ocorrido no ano de 2010/11 destaca-se por apresentar uma boa precipitação durante todo o período, com 523 milímetros entre outubro e dezembro e 755 no trimestre mais crítico para as culturas de sequeiro, totalizando 1278 mm. Isso resultou em um rendimento de 9954 kg/ha, sendo o mais alto para os anos de La Niña.

Figura 37 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual do milho em Coqueiros do Sul, de 2006 a 2016.

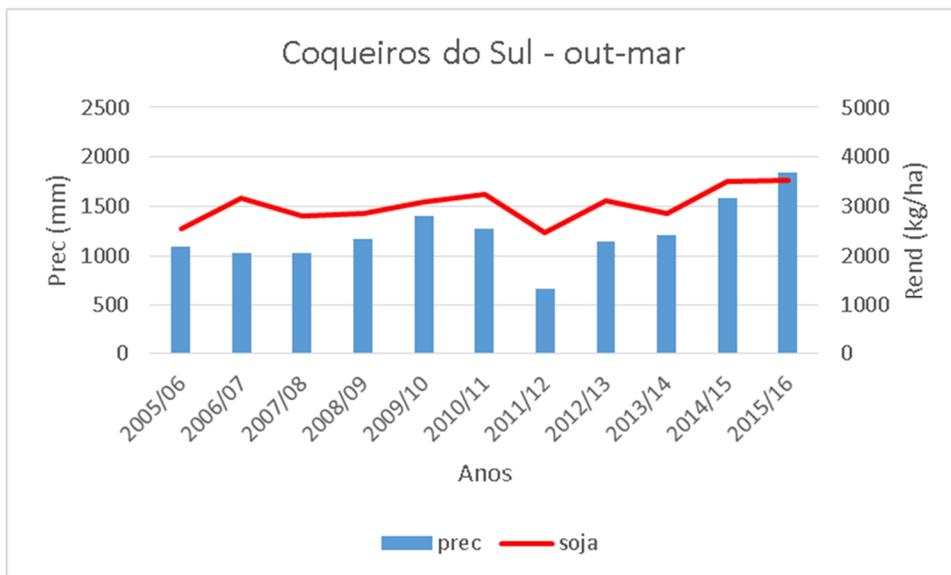


Para a soja, novamente a relação encontrada entre a fase quente do El Niño e a produtividade foi alta. Percebe-se que os dois maiores rendimentos encontrados foram nos anos de El Niño de 2014/15 (3504 kg/ha) e 2015/16 (3522 kg/ha), como para todos os municípios neste estudo, em função da elevada precipitação durante a estação de crescimento das culturas. O terceiro maior rendimento para a cultura da soja ocorreu no evento de La Niña de 2010/11, atingindo 3234 kg/ha, também resultado de uma boa precipitação durante o período, como mencionado anteriormente.

Os três menores rendimentos da soja no município ocorreram no La Niña de 2011/12, no ano neutro de 2005/06 e no La Niña de 2007/08, em ordem do menor rendimento para o maior. Estes são: 2478; 2562 e 2808 kg/ha, respectivamente. O detalhe é que, exceto o ano de 2011/12 no qual choveu 672 mm em seis meses, os outros dois apresentaram bons índices de precipitação pluvial, como 1098 mm em 2005/06 e 1027 em 2007/08, como podemos observar no próximo gráfico. A chave para a compreensão desse fato está na maneira como a precipitação se distribui, e é justamente o que foi analisado a seguir, nas figuras 39 e 40.

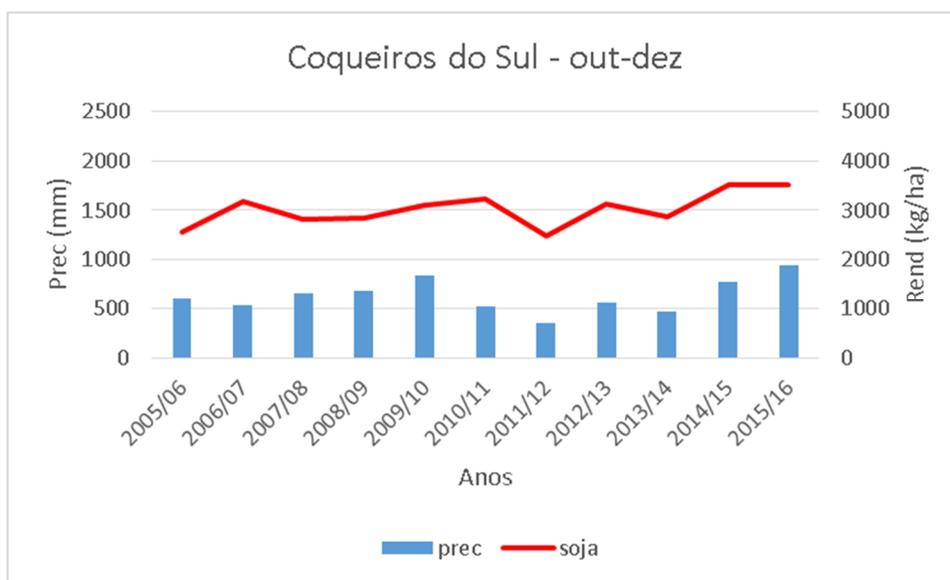
Figura 38 – Precipitação pluvial entre outubro e março x rendimento médio anual da soja,

em Coqueiros do Sul, entre 2006 e 2016.



Então, analisando esses últimos dois anos citados, observa-se que para os meses de outubro a dezembro a chuva apresentou um índice bom, 604 e 657 milímetros, seguindo a ordem cronológica. Contudo, para o trimestre de janeiro a março, fica claro a diminuição na precipitação, que registra 494 e 370 milímetros em 2005/06 e 2007/08, respectivamente. E como esses são os meses mais críticos para as culturas de primavera-verão, o rendimento final do grão de soja é afetado pela pouca chuva desse período.

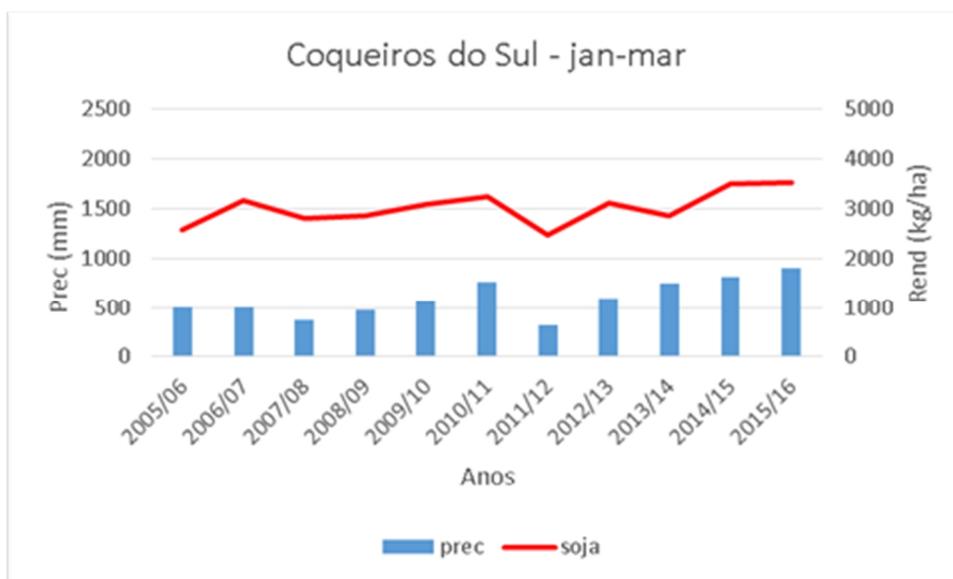
Figura 39 – Precipitação pluviométrica no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja em Coqueiros do Sul, entre 2006 e 2016.



Outro dado interessante é a comparação entre os eventos de El Niño de 2006/07 e de 2009/10. Em números totais, a precipitação é bem maior em 2009/10, quando entre os meses de outubro e março o acúmulo foi de 1407 mm, enquanto no evento anterior a precipitação foi de 1033 mm, para o mesmo período. A produtividade, entretanto, foi maior no ano de menor precipitação, com 3174 kg/ha, comparados com os 3090 kg/ha do evento posterior. Uma explicação possível para isso reside nos 839 milímetros concentrados no trimestre de início do plantio, na safra 2009/10, o que pode ter atrasado um pouco o plantio da soja, dependendo da época de semeadura. Para o mesmo trimestre, em 2006/07, o número ficou em 529 mm. No trimestre seguinte, os índices de precipitação ficaram mais próximos, sendo de 504 mm em 2006/07 e 568 mm, em 2009/10.

Também é importante falar do El Niño muito forte de 2015/16, que trouxe uma grande anomalia positiva de precipitação para a região, como foi possível ver anteriormente nos outros municípios. Neste, todos os seis meses apresentaram precipitação acima da média. A normal para o mês de outubro é de 180 milímetros, e foram registrados 299 mm; em novembro, 237 para uma média de 148; em dezembro atingiu 410 mm, também para 148 mm de média. Assim, o trimestre acumulou impressionantes 946 mm. O trimestre seguinte também apresentou um número expressivo, 896 mm, assim distribuídos: 305 em janeiro; 286 em fevereiro; 305 em março.

Figura 40 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja, em Coqueiros do Sul, entre 2006 e 2016.



4.5. Análise para o município de Santo Antônio do Planalto

Este município, localizado na porção sudoeste do Corede Produção, é limitado pelos municípios de Passo Fundo a norte, Carazinho a oeste e Ernestina a leste. Assim como os dois analisados anteriormente, também é essencialmente rural. A produção de grãos é a principal atividade econômica. Isso posto, constata-se que a cultura do milho apresentou uma alta variabilidade interanual na produtividade, sendo a maior dentre os cinco municípios estudados. A média de rendimento para a cultura foi elevada, em função de cinco safras com alta produtividade, ficou em 8613 kg/ha, para todo o período. Para a cultura da soja, a mesma ficou em 3392 kg/ha. Nos anos de ocorrência de El Niño, a média aumentou para 9891 kg/ha para o milho e 3685 kg/ha para a soja. Em anos de La Niña, ela caiu para 8020 kg/ha e 3152 kg/ha, respectivamente. Para os anos neutros, esta ficou entre as médias dos anos de El Niño e de La Niña, sendo de 3279 kg/ha para a soja. Já para o milho, a mesma ficou bem abaixo da média, apresentando 7780 kg/ha.

Isto se deve ao fato de que a menor produtividade registrada para o município ocorreu no ano neutro de 2013/14, quando, mesmo com uma precipitação de 1076 milímetros entre outubro e março, o milho ficou com 4074 kg/ha, apenas. Ficou abaixo, inclusive, do La Niña de 2011/12, que teve a menor precipitação nos dez anos analisados, com 600 milímetros, apresentando um rendimento de 5940 kg/ha.

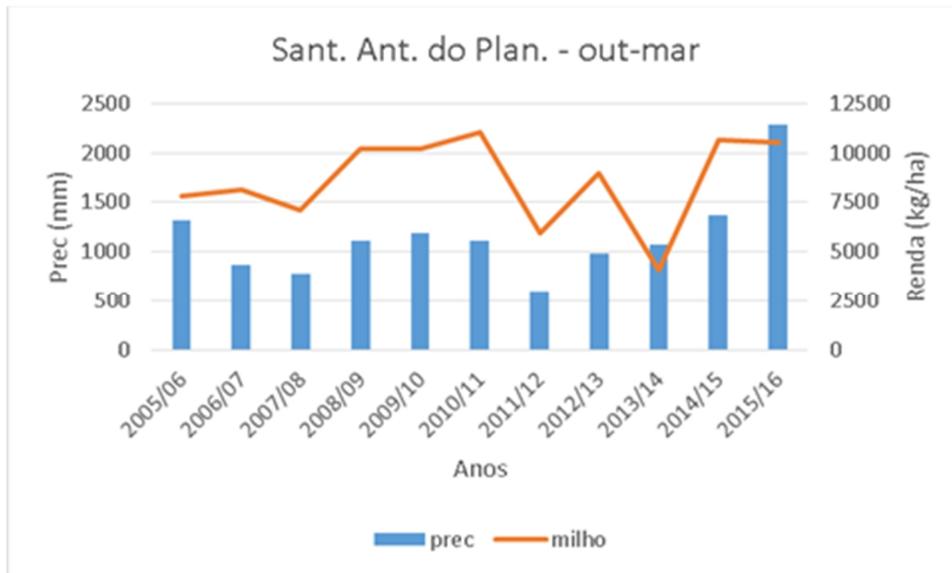
Nos anos de eventos da fase quente do ENOS (2006/07, 2009/10, 2014/15, 2015/16) três dos quatro apresentaram rendimentos superiores à 10000 kg/ha. Em 2009/10, diante de uma precipitação de 1186 mm em seis meses, a cultura do milho teve um rendimento de 10230 kg/ha; no evento posterior, de 2014/15, após uma precipitação ainda maior, de 1370 mm entre outubro e março, o rendimento atingiu 10674 kg/ha; e no último evento, de 2015/16, com impressionantes 2246 mm acumulados, o rendimento ficou em 10500 kg/ha. Essa foi a maior precipitação registrada entre os cinco municípios deste estudo, distribuída com 1181 mm no trimestre de outubro a dezembro e 1101 mm no trimestre seguinte.

Porém, apesar dos rendimentos terem sido elevados nesses anos de El Niño, o maior rendimento do milho para esse município ocorreu no ano de La Niña de 2010/11. A precipitação foi até menor que nos eventos recém citados, mas ainda assim marcou 1110 mm, um número bom, acima da média de Passo Fundo para esses seis meses (908 mm). Assim, nesse ano a produtividade atingiu 11034 kg/ha, sendo uma safra recorde para o município.

A seguir, encontramos a figura relacionando a precipitação pluvial para o período dos seis meses de cultivo do milho, entre os anos de 2006 e 2016. Recordando que nesse período houve quatro eventos de El Niño, três de La Niña (2007/08, 2010/11, 2011/12) e quatro anos neutros (2005/06, 2008/09, 2012/13 e 2013/14).

Figura 41 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual do

milho, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.



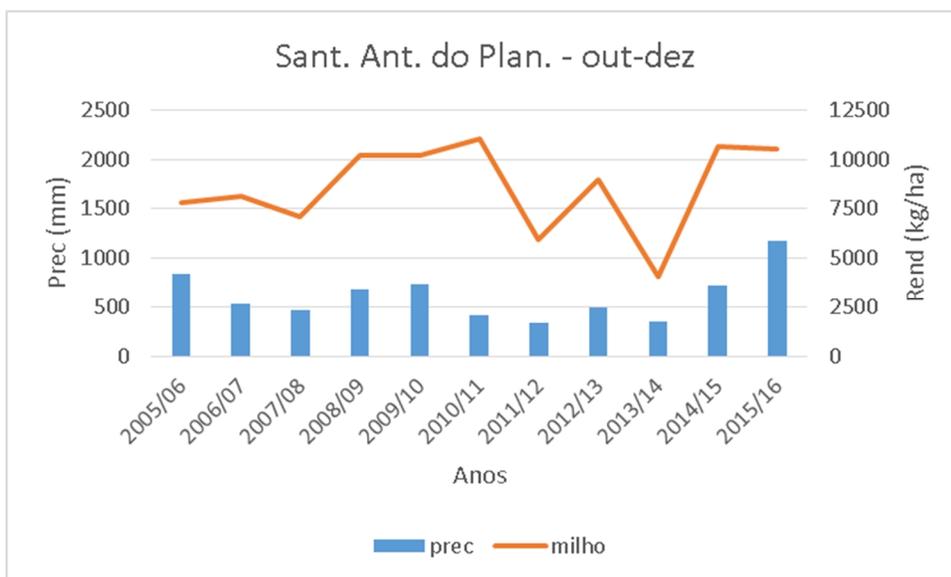
O ano neutro de 2005/06 apresentou uma precipitação bem acima da média do semestre, totalizando 1323 mm. Esse número só fica atrás dos dois eventos de El Niño mais recentes, que foram mencionados anteriormente. Contudo, o rendimento foi relativamente baixo, ficando em 7848 kg/ha. Isso evidencia, uma vez mais, que não é só a precipitação pluvial que impacta o rendimento das culturas, apesar de constituir a variável meteorológica de maior importância (CUNHA, 2001). Um fator de peso nesse aspecto, e, principalmente, durante esses dez anos de estudo, é o aumento da tecnologia utilizada nas lavouras, que hoje em dia desempenha um papel maior do que no ano de 2005/06, pois o conhecimento foi aprimorado. Isso certamente ajuda a explicar o porquê deste ano ter apresentado um bom índice pluviométrico, porém um rendimento que não correspondeu à altura.

Então, olhando para a figura seguinte, percebemos que somente em três anos a precipitação foi menor do que a média para o trimestre outubro-dezembro (457 mm). Curiosamente, um desses anos foi 2010/11, que apresentou o maior rendimento municipal para a cultura do milho. Nesse ano de La Niña, a precipitação no último trimestre do ano foi de 421 mm, ficando à frente somente dos dois anos de menores rendimentos para a cultura, 2011/12 e 2013/14. No primeiro, a mesma foi de 333 mm, sendo a mais baixa do trimestre; um pouco acima desta, a do último ficou em 347 mm. Todavia, o trimestre seguinte compensou a baixa precipitação, com 689 mm em 10/11 e 729 mm em 13/14, fazendo com que os rendimentos no La Niña subissem para 11034 kg/ha; já os do ano neutro não se elevaram, talvez por conta da precipitação muito baixa no primeiro trimestre, resultando no menor rendimento do milho entre os cinco municípios, 4074 kg/ha.

Existem, ainda, dois anos nos quais a precipitação ficou pouco acima da média trimestral, ocorridos no La Niña de 2007/08 e no ano neutro de 2012/13. Esses anos

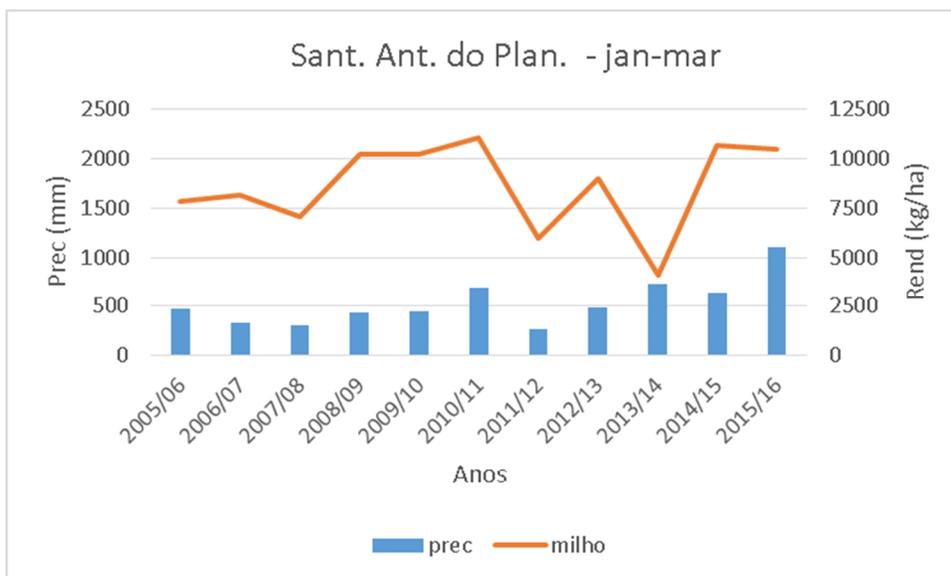
registraram, respectivamente, precipitações de 468 (11 mm acima da média) e 497 mm (40 mm acima). Assim, percebemos que nos três anos de ocorrência de La Niña, nesse município, a precipitação para o trimestre outubro a dezembro foi baixa. Além disso, nos anos de 2007/08 e 2011/12, a precipitação foi baixa também no trimestre de janeiro a março, apresentando 308 e 267 mm, respectivamente. Isso explica os baixos rendimentos obtidos nesses anos, 7086 kg/ha em 07/08 e 5940 em 11/12.

Figura 42 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual do milho, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.



Como se nota na imagem, ao compararmos com os anos de El Niño, a precipitação da fase oposta do ENOS é insuficiente para atender à demanda hídrica da planta, em dois dos três anos. Enquanto isso, no trimestre outubro a dezembro todos os anos de El Niño (2006/07, 2009/10, 2014/15, 2015/16) tiveram precipitações acima da média. Em 2006/07, 537 mm, no que foi o único ano da fase quente em que a precipitação não atingiu 1000 mm entre outubro e março, totalizando 864 mm; em 09/10 e 14/15, os índices foram parecidos (735 e 731 mm) em dois anos de produtividade elevada (10230 kg/ha, 10674 kg/ha), sendo que a diferença entre os dois rendimentos se dá por conta da diferença de precipitação no trimestre janeiro a março, onde o primeiro obteve 451 mm e o último 639 mm. Para o evento de El Niño muito forte de 15/16, os efeitos observados na precipitação foram de anomalias positivas; uma precipitação de 1181 mm entre outubro e dezembro, representou 724 mm acima da média regional, e entre janeiro e março, a mesma foi de 1101, 644 mm acima também.

Figura 43 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual do milho, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.



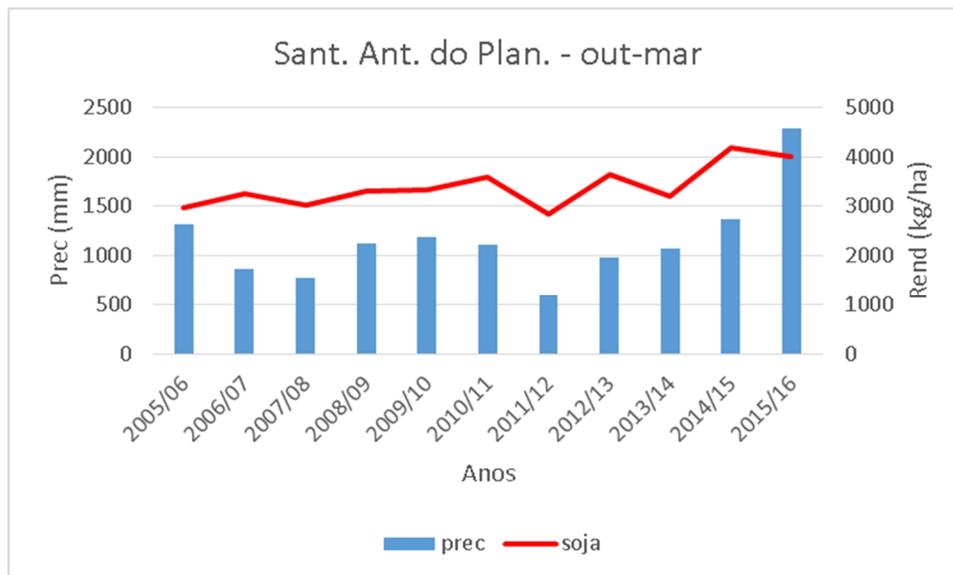
Analisando a cultura da soja, percebemos que esta não oscilou tanto quanto a cultura do milho, e que as quebras de safras não foram tão significativas assim. Havendo apenas um ano de quebra de safra importante, que como já se sabe, foi o ano de ocorrência do La Niña, em 2011/12. Neste ano, a cultura apresentou seu mais baixo rendimento para o município, durante o período estudado. O mesmo foi de 2844 kg/ha, associado a uma precipitação de 600 milímetros. O único outro ano no qual a produtividade esteve abaixo de 3000 kg/ha, foi em 2005/06, um ano neutro. A mesma foi de 2976 kg/ha, inclusive diante de uma precipitação de 1323 milímetros entre outubro e março, tornando-se assim a segunda menor encontrada no período.

Na figura abaixo encontramos a precipitação no período outubro a março, nos seis meses mais importantes para as culturas de primavera-verão, pois neles se dão todos os processos desde a semeadura, o crescimento vegetativo da planta, a floração e o enchimento de grãos durante o período reprodutivo, até a colheita; associados ao rendimento final do grão. O que se destaca são os anos de El Niño, sendo responsáveis por dois dos três maiores rendimentos. A saber, em 2014/15, após chover 1370 mm a produtividade da soja atingiu seu recorde municipal com 4182 kg/ha e em 2015/16, nesse caso após índices muito elevados de precipitação (2282 mm), a produtividade também foi elevada, com 3996 kg/ha.

Nos três anos de menores precipitações, dois ocorreram em eventos de La Niña (2011/12, 2007/08) e o outro durante evento de El Niño, em 2006/07. Nos anos de 06/07 e 07/08, choveu 864 e 776 mm, e os rendimentos foram de 3240 e 3012 kg/ha, ambos ficando abaixo da média dos dez anos estudados, para a cultura da soja (3392 kg/ha). Olhando mais atentamente, percebemos que esses anos têm em comum uma precipitação abaixo da média (450 mm) no trimestre de janeiro a março, com 327 e 308 milímetros, respectivamente, além de 267 mm em 11/12. Sendo assim, os rendimentos de 2011/12 e 2007/08, foram o primeiro e o terceiro mais baixos constatados para a cultura da soja em Santo Antônio do

Planalto.

Figura 44 – Precipitação pluvial no período outubro-março x rendimento médio anual da soja, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.



Para os anos neutros, nota-se que ocorreram dois anos de produtividade abaixo da média encontrada nesses dez anos, e dois acima da mesma. Como o ano de 2005/06 já foi mencionado anteriormente, trataremos aqui dos outros três. Em 2008/09, após uma boa precipitação de 1118 mm, distribuída entre 683 mm no último trimestre do ano, e 435 mm entre janeiro e março, a produtividade atingiu 3300 kg/ha, praticamente igual à do El Niño do ano seguinte, que foi de 3324 kg/ha, após uma precipitação ligeiramente maior, 1186 mm. O outro ano neutro de produtividade acima da média foi 2012/13. Neste, a precipitação não foi das maiores, totalizando 987 mm, mas por ter sido bem distribuída (497 entre outubro e dezembro, 490 entre janeiro e março), fez com que a produtividade alcançasse elevados 3648 kg/ha, a terceira maior do município.

A importância da distribuição da precipitação fica clara ao observamos o ano seguinte, 2013/14. Apesar da precipitação total ter sido maior em comparação com o ano anterior, os 1076 mm não causaram uma elevação no rendimento, como seria de se esperar, mas sim o contrário. Isso porque durante os meses de outubro a dezembro, o índice de precipitação pluvial ficou apenas em 347 mm, afetando as fases iniciais do crescimento da soja. Mesmo os 729 mm acumulados no trimestre seguinte não foram suficientes para fazer com que o rendimento chegasse perto ao do ano prévio, terminando com 3192 kg/ha.

Para completar, outro ano de alta produtividade ocorreu durante o La Niña de 2010/11, no qual após 421 mm entre outubro e dezembro, e 689 no trimestre seguinte, os rendimentos alcançaram 3600 kg/ha. A seguir encontramos os gráficos para os dois trimestres.

Figura 45 – Precipitação pluvial no trimestre outubro-dezembro x rendimento médio anual da soja, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.

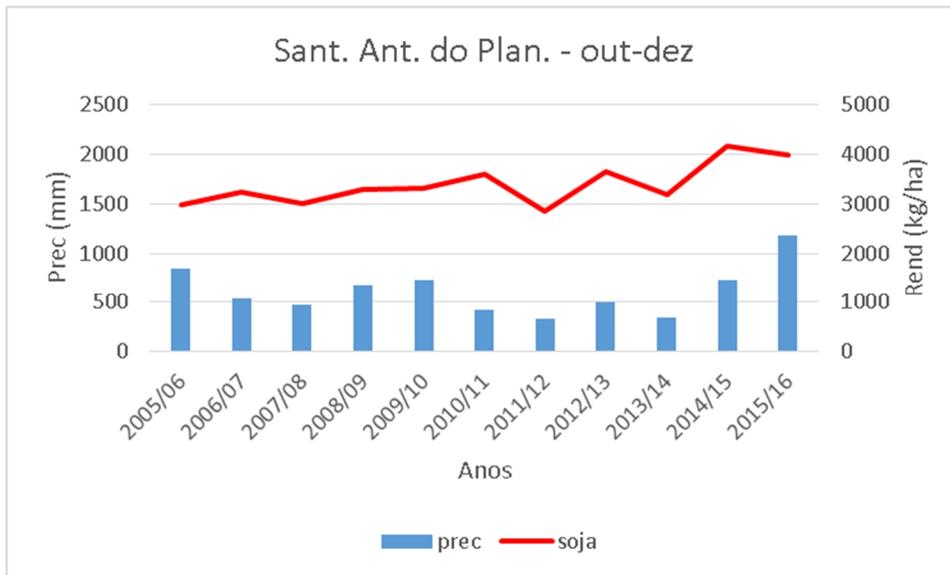
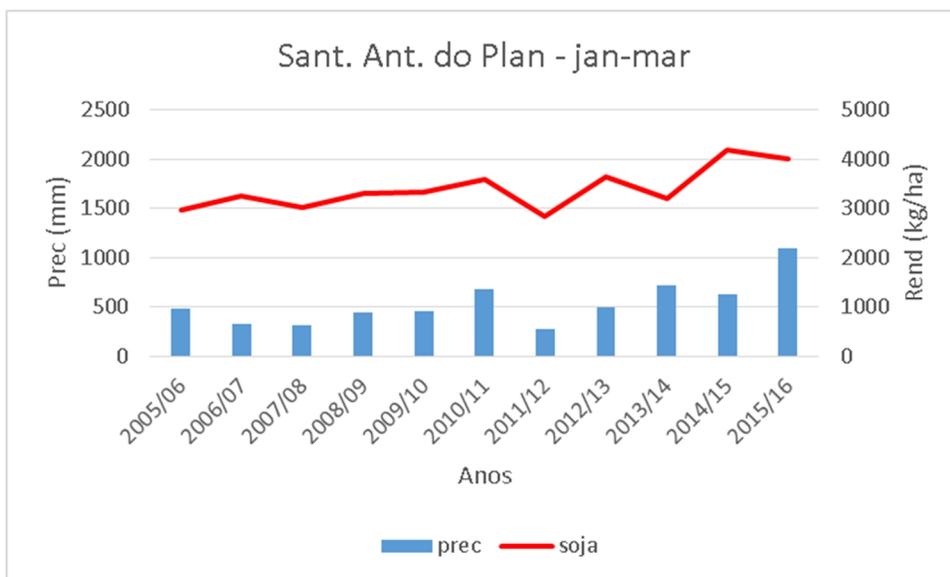


Figura 46 – Precipitação pluvial no trimestre janeiro-março x rendimento médio anual da soja, para Santo Antônio do Planalto, entre 2006 e 2016.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo observar a variabilidade interanual das safras de milho e soja de cinco municípios da região oeste do Corede Produção, e associá-las com a precipitação pluvial ocorrida nos anos de eventos de fases frias e quentes do ENOS, durante o período de 2006 a 2016. Neste período ocorreram quatro eventos de El Niño e três de La Niña. Foi possível observar que o milho é mais sensível às nuances da precipitação do que a soja, que é uma cultura um pouco mais resistente.

A saber, a cultura do milho oscilou de maneira mais marcada nos municípios de Almirante Tamandaré do Sul e Santo Antônio do Planalto. Os dois maiores rendimentos para essa cultura foram encontrados no primeiro município, sendo de 11448 e 11136 kg/ha nas safras de 2010/11 e de 2014/15, ambas apresentando índices elevados de precipitação pluvial (1433 mm no La Niña e 1328 mm no El Niño). O menor rendimento para o milho foi registrado em Santo Antônio do Planalto, com 4074 kg/ha no ano neutro de 13/14, devido a uma precipitação muito baixa no trimestre de outubro a dezembro, que afetou o crescimento do mesmo. O segundo menor ocorreu em Almirante Tamandaré, 4206 kg/ha, num ano marcado por pouca chuva, por conta dos efeitos do La Niña, na safra 2011/12.

Esta última foi uma safra marcada por anomalias negativas de precipitação nos cinco municípios, ficando abaixo da média do período outubro a março em todos. O menor índice pluviométrico para o período inteiro ocorreu nesse ano, no município de Almirante Tamandaré do Sul, que registrou 550 mm em seis meses. Essa precipitação baixa levou a um déficit hídrico que associou-se aos mais baixos rendimentos para as culturas de milho e soja, para os municípios de Carazinho, Almirante Tamandaré e Coqueiros do Sul. Em Passo Fundo, a cultura da soja apresentou seu menor rendimento dentre todos os municípios, e este não ocorreu durante essa safra marcada pela estiagem. Ocorreu durante o evento de La Niña de 2007/08, no qual após uma precipitação baixa no período mais crítico para a cultura, o trimestre janeiro a março acumulou apenas 337 mm, resultando em uma produtividade de 2100 kg/ha. Já na cultura do milho, o município de Passo Fundo apresentou tanto o terceiro maior quanto o terceiro menor rendimento. No ano de El Niño de 2015/16, após uma precipitação anômala de 2049 mm em seis meses, o rendimento foi de 11106 kg/ha; e no La Niña de 11/12, como choveu somente 729 milímetros, a produtividade ficou em 4740 kg/ha.

Além deste acima citado, os outros dois menores rendimentos para a soja ocorreram durante o La Niña de 11/12. No município de Coqueiros do Sul, com um índice pluviométrico de 672 milímetros, essa safra teve um rendimento de 2478 kg/ha; em Carazinho, uma precipitação ainda mais baixa (623 mm), levou a um rendimento de 2526 kg/ha, constituindo o terceiro mais baixo da região. Enquanto isso, a maior produtividade encontrada para a soja se deu no município de Almirante Tamandaré do Sul, com 4200 kg/ha, no El Niño de 2014/15, um recorde. Em Santo Antônio do Planalto estão a segunda e a terceira maior produtividade dessa cultura. Ambas ocorreram em anos de El Niño, em

14/15 e 15/16, os rendimentos atingiram 4182 e 3996 kg/ha, após precipitações de 1370 e 2282, respectivamente, sendo esta última a maior precipitação em todo o intervalo estudado, não por acaso registrada em um dos episódios de El Niño mais fortes da história (NOAA, 2017).

Anos de chuva acima da normal climatológica (Passo Fundo: 908 mm, Carazinho 918 mm) foram observados em todos os anos de El Niño (2006/07, 2009/10, 2014/15, 2015/16), para três dos cinco municípios; as exceções são Carazinho e Santo Antônio do Planalto. Nesses dois municípios, o El Niño de 2006/07 apresentou precipitação abaixo da média climatológica, com 837 e 864 mm, respectivamente. Também ocorreram chuvas acima da normal nos quatro anos neutros (2005/06, 2008/09, 2012/13, 2013/14) em quatro dos cinco municípios. Passo Fundo apresentou um ano neutro com precipitação abaixo da média, com 794 mm em 2005/06. Os valores de precipitação para os anos neutros foram de 987 (Sant. Ant.; 12/13) a 1436 mm (Carazinho; 05/06), ficando em torno de 1000 a 1400 mm. Esse padrão é semelhante ao encontrado para os anos de El Niño moderado e fraco, que vão de 1000 a 1500 mm, aproximadamente. O El Niño muito forte se destaca sempre, pois o menor valor encontrado entre outubro e março foi de 1842 mm em Coqueiros do Sul. Nos outros municípios, a precipitação durante esse evento foi sempre de 2000 mm para cima, atingindo 2201 mm em Carazinho e um valor ainda maior, como foi mencionado acima.

Nos anos de La Niña, exceto por Santo Antônio do Planalto, que teve dois dos três anos abaixo da normal, com 776 mm em 07/08 e 600 em 11/12, os outros municípios tiveram sempre dois anos acima da normal, os de 2007/08 e 2010/11. Este último, inclusive acumulou 1433 mm em Almirante Tamandaré do Sul, um índice mais elevado até que os eventos de El Niño de 06/07 (1057 mm), 09/10 (1315) e 14/15 (1328), neste mesmo município. O ano de La Niña que ficou abaixo da média histórica para os cinco locais foi o de 2011/12, que apresentou baixos índices de precipitação e afetou as safras de milho e soja do Corede. Então, é importante destacar que mesmo um evento considerado fraco, como este, apresentou impactos consideráveis nas safras de grãos do Estado.

Foi possível observar que o fenômeno El Niño Oscilação Sul, em sua fase quente, tende a favorecer as culturas de primavera-verão, impulsionando o milho e a soja para produtividades recordes, através de anomalias positivas de precipitação. Os maiores rendimentos encontrados para ambas as culturas ocorreram sempre nos anos de El Niño de 09/10, 14/15, 15/16 ou no La Niña de 10/11. Já a fase fria também teve anomalias positivas de precipitação, especialmente em 2010/11. Os outros dois eventos, porém, tiveram uma certa estiagem no início do verão, acarretando em uma anomalia negativa que prejudicou as culturas, como ocorrido em Passo Fundo, Almirante Tamandaré, Coqueiros e Santo Antônio, em 07/08 e 11/12.

Também é importante ressaltar os anos neutros, pois estes apresentaram precipitações acima da normal na maioria das localidades. Entretanto, nem todas as explicações para a variabilidade interanual da produção foram encontradas na precipitação pluvial, restando algumas dúvidas. Um exemplo claro disso é o ano neutro de 2005/06, que

em todos municípios teve um bom índice de precipitação, porém uma produtividade que não acompanhou o mesmo. Aqui tocamos no ponto dos outros fatores envolvidos no rendimento final de um grão, e um deles, muito importante e que não foi abordado nesse trabalho, é a variável tecnológica, cada vez mais presente na agricultura, responsável muitas vezes por aumentar a produtividade.

Então, concluiu-se que o presente trabalho pode contribuir para uma maior compreensão do fenômeno ENOS e suas influências na principal atividade econômica do Estado, para uma das regiões importantes na produção de grãos, o Corede Produção. Percebe-se que a mesma relação encontrada em antigos trabalhos na mesma área (BERLATO & FONTANA, 1996, 1999, 2003, 2005) foi observada na região, durante os anos de 2006 a 2016. Portanto, estas constatações podem servir para aprimorar o planejamento do calendário agrícola regional, aproveitando melhor os recursos hídricos, de acordo com as diferentes fases do ENOS.

Vale ressaltar que ainda existem algumas lacunas neste estudo, pois não foram analisadas as diferenças nas épocas de semeadura para cada safra, os tipos de cultivares utilizados, as características do solo em cada município, e a questão do balanço hídrico das culturas, que utiliza não só a precipitação pluvial, mas também a evapotranspiração máxima; podendo ser melhor aprofundadas em novos estudos.

É importante considerar que a classificação da NOAA quanto aos anos de El Niño, La Niña e neutros foi atualizada no mês de outubro. Assim, os eventos de 2007/08 (El Niño) e 2010/11 (La Niña) passaram a ser classificados como fortes, o de 2011/12 passou de fraco para moderado, e foi incluído um outro La Niña fraco em 2005/06, que foi considerado um ano neutro nesse trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANHOLETO, C.D.; MASSUQUETI, A. A soja brasileira e gaúcha no período 1994-2010: uma análise da produção, exportação, renda e emprego. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 7., 2014, Porto Alegre. [Anais eletrônicos] Porto Alegre: FEE: PUCRS, 2014. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/201405267eeg-mesa26-sojabrasileiragauchaperiodo1994-2010.pdf>. Acesso em 16/05/2017.

ÁVILA, A.M.H. de; BERLATO, M.A.; SILVA, J.B da; FONTANA, D.C. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v. 2, n.2, p.149-154, 1996.

BARNI, N.A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. In: **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.2, 2000.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, 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, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

_____; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p. il.

BERLATO, M.A; FONTANA, D.C. Relação entre El Niño, precipitação e rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v.2, n. 1, p. 39-46, 1996.

_____; _____. 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.

_____; _____. **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: Editora da UFRGS, 2003.

BERLATO, Moacir Antonio; FARENZENA, Homero; FONTANA, Denise Cybis. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.423-432, maio 2005.

BERNARDI, Ewerthon Cezar Schiavo; MADRUGA, Roberta Araujo; SAUSEN, Tania Maria. **Análise dos desastres naturais ocorridos na bacia hidrográfica do Rio Ijuí no período de 2001 a 2011**. XV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-melhora-qualidade-do-zoneamento-agricola-para-a-safra-2017-2018>, acesso em 19/05/2017. Brasília, 2017.

BRASIL, Governo do. Após maior seca dos últimos 60 anos, Rio Grande do Sul tem previsão de chuva, disponível em: <http://www.brasil.gov.br/governo/2012/05/apos-maior-seca-dos-ultimos-60-anos-rio-grande-do-sul-tem-previsao-de-chuva>, acesso em 24/06/2017. Brasília, 2012.

_____. Economia e Emprego: Safra de grãos 2015/16 totaliza 186,4 milhões de toneladas. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/09/safra-de-graos-2015-2016-totaliza-186-4-milhoes-de-toneladas>, acesso em 17/05/2017. Brasília, 2016.

CARMONA, L.C.; BERLATO, M.A. El Niño e La Niña e o rendimento de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.147-152, 2002.

Centro Estadual de Meteorologia (CEMET), RS, 2012. **Nota técnica N° 05 (23/01/2012): Estudo comparativo das estiagens: 2004/2005 e 2011/2012**.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2016. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. V. 3, n. 4, safra 2015/16. Brasília, janeiro de 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf, acesso em 17/06/2017.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). El Niño e La Niña. Condições da última semana. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>, acesso em 20/05/2017.

CUNHA, Gilberto Rocca da; HAAS, João Carlos; DALMAGO, Genei Antonio PASINATO, Aldemir. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p 111-119, 1998.

CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. ENSO influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria v.7, p.127-138, 1999.

CUNHA, G.R., et al. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3 (N° Especial: Zoneamento Agrícola), p. 446-459, 2001.

_____; PASINATO, A. **Análise Agrometeorológica da safra de soja 2014/15, em Passo Fundo, RS.** Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2015.

_____; _____. **Análise Agrometeorológica da safra de soja 2015/16, em Passo Fundo, RS.** Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2016.

EMATER/RS. Séries Históricas: Milho, Arroz, Soja, Trigo e Feijão, 1970-2015. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/servicos/informacoes-agropecuarias.php#safra>, acesso em 04/12/2016.

EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Avança semeadura do milho no RS. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2201356/avanca-seeadura-do-milho-no-rs>, acesso em 14/10/2017. Brasília, 2014.

EMBRAPA, Milho e Sorgo. Milho: História e arte. In: **Grão em Grão**, Ano 02, Edição 07, 2008. Sete Lagoas – MG. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7_edicao/grao_em_grao_materia_03.htm, acesso em 23/06/2017.

_____. **Cultivo do Milho.** Sistema de produção 1, Versão eletrônica, 8 edição, 2012. Sete Lagoas – MG. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm, acesso em 25/06/2017.

EMBRAPA Trigo. Rendimento de grãos de soja em resposta à época de semeadura. RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D; LHAMBY, J. C. B; BERTAGNOLLI, P.F. In: **Comunicado Técnico Online**, N° 65, Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2001.

EMBRAPA Soja. A soja em números, safra 2016/2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>, acesso em 17/05/2017.

FEE, Fundação Estadual de Economia e Estatística. COREDE Produção, Divisão Regional do RS, 2015. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=PRODU%C7%C3O>, acesso em 14/06/2016.

FIALKOW, Jaime Carrion. PIB e população nas mesorregiões do Rio Grande do Sul: 2001-2011. In: FEE/RS, **Carta de Conjuntura**, Ano 23, n° 08, 2014. Disponível em: <http://carta.fee.tche.br/article/pib-e-populacao-nas-mesorregioes-do-rio-grande-do-sul-2001-11/>, acesso em 03/10/2016.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICE. El Niño and La Niña years and intensities. Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>, acesso pela última vez em 27/10/2017.

IBGE, Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA): Censo Agropecuário; Produção Agrícola Municipal 1990-2015. Disponível em: <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=c&p=CA&v=21>

[6&z=t&o=11;](http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=CA&z=t&o=11) e também em <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=CA&z=t&o=11>, acesso em 10/11/2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas Temáticos: Solos. Rio Grande do Sul.** Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>, acesso em 29/05/2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>, acesso em 26/05/2017.

MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M.R. Zoneamento agroclimático da cultura de milho por épocas de semeadura, no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, n. 1, p. 39-54, 2000.

MATZENAUER, R. BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J. R.T. Evapotranspiração da cultura do milho. I-Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.9-14,1998.

_____; _____; _____; et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 104p. Boletim Técnico, n.10.

_____; RADIN, B.; ALMEIDA, I.R. **Atlas Climático: Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011. Disponível em: http://www.cemet.rs.gov.br/lista/676/Atlas_Clim%C3%A1tico_do_Rio_Grande_do_Sul, acesso em 26/05/2017.

MOTA, F.S. da et al. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** IPEAS, Pelotas, v.2, circular 50, 1974.

_____. Condições climáticas e produção de soja no Brasil. In; **SOJA.** Campinas, Fundação Cargill. v. 1, 1983.

MOTA, F. S. da; AGENDES, M. O. de. **Clima e agricultura no Brasil.** Editora SAGRA, Porto Alegre, 1986.

NETO, A.A.O.; JACOBINA, A.C.; GIROTTO, A.F. O consumo de milho na produção de aves, suínos e leite. In: **Revista de Política Agrícola**, Ano XVII, Nº 1. Brasília, DF. Pp 89-96. 2008.

NIMER, Edmon. Climatologia da Região Sul. In: IBGE, **Geografia do Brasil: Região Sul.** Vol. 5, Rio de Janeiro: SERGRAF, IBGE. Pp 35-79, 1977.

NOAA. *Descriptions of changes to Ocean Niño Index (ONI)*. Disponível em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml, acesso em 20/11/2016.

OLIVEIRA, Ariovaldo Umbelino. **Agricultura brasileira, transformações recentes**. In: ROSS, Jurandyr. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed USP, 4ª edição, 2003.

PASINATO, A; CUNHA, G.R. da; DALMAGO, G.A.; SANTI, A. **Análise Agrometeorológica da Safra de Soja 2009/10, em Passo Fundo, RS**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2010.

PESSOA, Mariana Lisboa. Ocorrência de eventos climáticos extremos no Rio Grande do Sul. In: FEE/RS, **Carta de Conjuntura**, Ano 20, nº 08, 2011. Disponível em: <http://carta.fee.tche.br/article/ocorrencia-de-eventos-climaticos-extremos-no-rio-grande-do-sul/>, acesso em 24/06/2017.

_____. O Rio Grande do Sul corre o risco de enfrentar uma crise hídrica? In: FEE/RS, **Carta de Conjuntura**, Ano 24, nº 03, 2015. Disponível em: <http://carta.fee.tche.br/article/o-rio-grande-do-sul-corre-o-risco-de-enfrentar-uma-crise-hidrica/>, acesso em 24/06/2017.

RIBEIRO, Bruno Zanetti. **Climatologia sinótica das frentes quentes no sudeste da América do Sul**. 2014, 171 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Coordenação e Planejamento. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SCP, 2ª ed., 2002. Também disponível em: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>, publicado online em 2014. Acesso em 20/05/2017.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional, Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **Perfil socioeconômico COREDE Produção**. Porto Alegre, 2015.

_____, Governo do Estado. Desenvolvimento Rural: Safra de soja deverá ser recorde no RS. Disponível em: <http://www.rs.gov.br/conteudo/234936/safra-de-soja-devera-ser-recorde-no-rio-grande-do-sul>, acesso em 03/12/2016.

ROSSATO, Maria Suertegaray. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011, 240 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, 2011.

ROVANI, Maria Carolina. **Impactos dos fenômenos El Niño e La Niña nas séries**

hidrológicas: Estudo de caso na Bacia do Rio Uruguai. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

SINDMILHO. Sindicato da Indústria do Milho, Soja e seus derivados no Estado de São Paulo. Milho e suas riquezas – História. In: **Gazeta Mercantil**, Caderno A, 2005. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/sindimilho/sobre-o-sindmilho/curiosidades/milho-e-suas-riquezas-historia/>, acesso em 23/06/2017.

STRAHLER, A.; STRAHLER, A. **Physical Geography: Science and Systems of the Human Environment.** John Wiley & Sons, 3^o ed., Hoboken, 2005.

TUCCI, C.E.M.; Braga, B. Variabilidade climática e o uso do solo na bacia brasileira do Prata. In: **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**, ABRH, Porto Alegre, 2003.

VIANA, D.R.; AQUINO, F.E.; MATZENAUER, R. **Comportamento espaço-temporal da precipitação no Rio Grande do Sul entre 1945-1974 e 1975-2004.** Porto Alegre, 2005.

ZERO HORA. Campo e Lavoura: Maiores quebras na safra gaúcha não ocorreram em ano de La Niña. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-e-lavoura/noticia/2014/10/maiores-quebras-na-safra-gaucha-nao-ocorreram-em-ano-de-la-nina-aponta-pesquisa-4625413.html>, acesso pela última vez em 27/10/2017. Porto Alegre, 2014.