

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Amanda Thirza Lima Santos

**CULTIVO DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL SOB
INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS UTILIZANDO O MODELO
Simanihot**

Santa Maria, RS

2017

Amanda Thirza Lima Santos

**CULTIVO DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL SOB
INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS UTILIZANDO O MODELO
Simanihot**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Luis Petter Medeiros

Santa Maria, RS
2017

Amanda Thirza Lima Santos

**CULTIVO DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL SOB INFLUÊNCIA DO
FENÔMENO ENOS UTILIZANDO O MODELO Simanihot**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovada em 03 de março de 2017:

Sandro Luis Petter Medeiros, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Bernadete Radin, Dr.^a. (FEPAGRO)

Astor Henrique Nied, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2017

Dedico este trabalho a meus pais,
**Rosilda Furtada de Lima Santos e
Amadeus Guardino dos Santos**,
maiores exemplos de amor e
perseverança na busca do conhecimento
e que apesar das dificuldades soube
transmitir sua sabedoria e apoio
constante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, pela grande oportunidade de cursar este mestrado e por tantas coisas boas que me concedeu.

Aos meus pais, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem em meu potencial. À Universidade Federal de Santa Maria, por todas as oportunidades de aprendizado, formais e informais.

À CAPES, pela bolsa que permitiu dois anos de formação acadêmica diferenciada.

Aos meus orientadores, Prof. Nereu Streck e Sandro Medeiros, pelos ensinamentos.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Agrometeorologia, pelo companheirismo e convivência durante esses dois anos que estive no grupo.

À Luana Tironi, que sempre esteve disposta a me ajudar com o modelo Simanihot, mesmo durante a sua licença maternidade.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia, que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Aos familiares e amigos que sempre me incentivaram e apoiaram nesta jornada.

RESUMO

CULTIVO DE MANDIOCA NO RIO GRANDE DO SUL SOB INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS UTILIZANDO O MODELO Simanihot

AUTORA: Amanda Thirza Lima Santos
ORIENTADOR: Sandro Luís Petter Medeiros

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de data de plantio sobre a produtividade na cultura da mandioca para o estado do Rio Grande do Sul utilizando o modelo Simanihot, ao considerar a influência do fenômeno ENOS. Para a avaliação das datas de plantio, foi utilizado o modelo Simanihot, usando o modelo de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather que está acoplado no Simanihot. O modelo foi rodado para os últimos 54 anos, a partir do dia 13 de agosto até 31 de dezembro a cada dez dias, para as três cultivares de mandioca (Estrangeira, Fepagro RS13 e Paraguaia), 14 locais (Bagé, Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santana do Livramento, São Luiz Gonzaga e Torres) e para as unidades de mapeamento de solo predominantes de cada local. As datas mais indicadas para o plantio das manivas de mandioca, foram definidas de acordo com as curvas de produtividade média encontradas para local, cultivar e ano caracterizado pelas fases do fenômeno ENOS. Os resultados apontaram que o período de plantio mais indicado visando a obtenção de altas produtividades, é o mais próximo do indicado pelo Zoneamento Agroclimático. Evidenciou-se que o fenômeno ENOS exerce influência direta sob a produtividade de mandioca nos locais estudados. Em anos de ocorrência do fenômeno El Niño, quando classificado como forte, em grande parte dos locais estudados, os valores de produtividade foram os mais altos. Anos classificados como El Niño com intensidade muito forte, a cultura da mandioca foi prejudicada pelo alto volume de precipitação pluvial e baixos índices de radiação solar durante a estação de plantio. Em contrapartida, em anos de La Niña, mesmo com precipitação abaixo da normal e radiação solar superior aos anos Neutros, alguns locais apresentaram produtividades superiores as obtidas em anos Neutros. As cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia expressaram produtividades diferentes nas distintas fases do fenômeno ENOS.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz. Produtividade. El Niño Oscilação Sul. Segurança alimentar.

ABSTRACT

CULTIVATION OF CASSAVA IN RIO GRANDE DO SUL UNDER THE INFLUENCE OF THE ENSO PHENOMENON USING THE Simanihot MODEL

AUTHOR: Amanda Thirza Lima Santos
ADVISOR: Sandro Luís Petter Medeiros

The objective of this study was to evaluate the effect of planting date on productivity in the cassava crop for the state of Rio Grande do Sul using the Simanihot model, when considering the influence of the ENSO phenomenon. For the evaluation of planting dates, the Simanihot model was used, using the Thornthwaite and Mather water balance model, which is coupled to Simanihot. The model was run for the last 54 years, from August 13 to December 31 every ten days, for the three cassava cultivars (Estrangeira, Fepagro RS13 and Paraguaia), 14 sites (Bagé, Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santana do Livramento, São Luiz Gonzaga e Torres) and to the soil mapping units that are predominant in each site. In the present study, the soil mapping units of each site were selected. The most suitable dates for the planting of cassava manioc were defined according to the average productivity curves found for local, cultivar and year characterized by the phases of the ENSO phenomenon. The results indicated that the most suitable planting period aiming at obtaining high yields, is the closest to that indicated by the Agroclimatic Zoning. It was evidenced that the ENSO phenomenon exerts a direct influence on cassava productivity in the studied areas. In years of occurrence of the El Niño phenomenon, when classified as strong, in most of the studied sites, productivity values were the highest. Years classified as El Niño with very strong intensity, the cassava crop was hampered by the high volume of rainfall and low levels of solar radiation during the planting season. On the other hand, in years of La Niña, even with below normal precipitation and solar radiation superior to the Neutral years, some places presented superior yields obtained in Neutral years. The cultivars Fepagro RS13, Estrangeira and Paraguaia expressed different productivities in the different phases of the ENSO phenomenon.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz. Productivity. El Niño-Southern Oscillation. Food security

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 CULTURA DA MANDIOCA	10
2.2 MODELAGEM MATEMÁTICA NA AGRICULTURA	12
2.3 O MODELO SIMANIHOT	13
2.4 FENÔMENO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
7 ANEXOS	48

1 INTRODUÇÃO

A mandioca desempenha um papel importante na segurança alimentar nas regiões tropicais, sendo a terceira maior fonte de alimento do mundo e a principal nas regiões tropicais (CASTIGLIONI et al., 2013; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015). A raiz é a parte mais utilizada desta planta, pois é rica em fécula (amido da mandioca), um produto utilizado nas indústrias de alimentos, farmacêuticas, têxteis, etanol e de papel (SÉIBOU et al., 2015; TIRONI et al., 2015).

O cultivo de mandioca concentra-se nas regiões entre os trópicos e se estende às regiões de clima subtropical, como o Rio Grande do Sul (SCHONS et al., 2009). Nestas regiões, a mandioca é utilizada principalmente como cultura de subsistência nas pequenas propriedades familiares para a alimentação humana e animal gerando renda para essas famílias (FAGUNDES et al., 2010).

Como a mandioca é cultivada em uma ampla faixa de locais (regiões tropicais e subtropicais) é importante compreender como a planta responde a diferentes condições edafoclimáticas, e uma alternativa eficiente é a utilização de modelos agrícolas. Os modelos agrícolas são ferramentas que descrevem de forma simplificada processos ecofisiológicos de culturas agrícolas utilizando equações matemáticas. Quando devidamente calibrados e testados, os modelos agrícolas são ferramentas de baixo custo que podem ser empregadas para auxiliar técnicos e pesquisadores a entender a cultura, testar influência de práticas de manejo e a influência de fatores ambientais sobre a cultura (STRECK et al., 2003).

Para a cultura da mandioca foi desenvolvido o modelo Simanihot, um modelo matemático dinâmico que simula o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de mandioca para as condições edafoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2015). O Simanihot foi calibrado a partir de experimentos em que não houve limitação por nutrientes e água e também por observações de lavouras comerciais onde ocorreu limitação por água (TIRONI, 2016).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de mandioca, atrás apenas da Nigéria, Tailândia e Indonésia (FAOSTAT, 2016). A produtividade de raízes tuberosas de mandioca a nível experimental em Santa Maria tem sido de 30 a 36 t ha⁻¹, que é bem acima da média nacional de 15.22 t ha⁻¹ em 2015, porém ainda abaixo do

potencial da cultura que pode chegar até 60 t ha⁻¹ (COCK, 1990; SCHONS et al., 2009; FAGUNDES et al., 2010; CONAB, 2016). Além disso, a produtividade de mandioca é variável durante os anos agrícolas devido a influências de fenômenos climáticos, por exemplo em 2015, considerado como ano Neutro, a produtividade no Rio Grande do Sul foi de 17.54 t ha⁻¹, em 2010, caracterizado como El Niño, 15.61 t ha⁻¹ e 2012 ano de La Niña, 14.75 t ha⁻¹.

Dos diversos fenômenos atmosféricos e oceânicos que influenciam o tempo de um local, o El Niño Oscilação Sul (ENOS) é bastante usado na previsão climática, que pode auxiliar no planejamento do manejo da cultura, principalmente no que se refere a manejo do solo e da água, minimizando ou maximizando os efeitos das condições climáticas (BERLATO et al., 2005; PAZ et al., 2012).

No Rio Grande do Sul, o fenômeno ENOS apresenta forte sinal, afetando principalmente a precipitação pluvial e a temperatura (BERLATO; FONTANA, 2003). Na fase quente do fenômeno, denominada El Niño, ocorre anomalia positiva de precipitação pluvial, enquanto que na fase fria, denominada La Niña, há anomalia negativa (BERLATO et al., 2005).

O fenômeno ENOS tanto em sua fase positiva como em sua fase negativa, provoca alterações nas condições climáticas e conseqüentemente nas culturas agrícolas. Alguns estudos realizados no Rio Grande do Sul e em todo mundo concluíram para várias culturas agrícolas que existem relação entre a variabilidade da produtividade e o ENOS, como para o milho (FONTANA; BERLATO, 1996; BERLATO et al., 2005), algodão (PAZ et al., 2012), amendoim (WOLI et al., 2013) e arroz (MOTA, 2000). Para a cultura da mandioca há poucas pesquisas estudando a relação deste fenômeno com a produtividade da cultura.

Algumas políticas e medidas de mitigação são propostas como investimento genético para garantir diferentes cultivares adaptadas, tanto ao déficit como ao excesso hídrico, implementação de irrigação, mas uma das principais práticas de manejo que podem ser adaptadas as previsões do fenômeno ENOS são as datas de plantio, devido este ser um fator limitante a produtividade potencial das culturas agrícolas (ARAÚJO, 2012; PAZ et al., 2012).

Para a cultura da mandioca, o zoneamento agroclimático da mandioca no Rio Grande do Sul, elaborado pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) em 2011, considera as exigências da espécie como regime térmico, temperatura do solo, precipitação pluvial, deficiência hídrica, tipo de solo e épocas de

plantio, entretanto não considera a influência do fenômeno ENOS nas diferentes regiões do estado, datas de plantio com maior potencial produtivo e nem materiais genéticos diferentes de mandioca.

Woli et al. (2013), estudando o efeito do fenômeno ENOS na cultura do amendoim concluiu que há influência do fenômeno no rendimento do amendoim e que este também influencia a data de semeadura, onde o rendimento de amendoim é diferente para as diferentes datas de semeadura nas diferentes fases do ENOS. Neste estudo, realizado no sudeste dos Estados Unidos, eles obtiveram maiores produções em anos de El Niño.

Assim, um zoneamento mais detalhado é importante para o refinamento do manejo e produção da cultura da mandioca, mesmo essa cultura sendo considerada como de subsistência, como adequar as datas de plantio para os solos locais para cada fase do ENOS. Por isso, Meireles et al. (2007) recomenda que os zoneamentos agroclimáticos devem ser constantemente atualizados, procurando informações mais detalhadas e atuais sobre as condições agrícolas e ambientais da cultura de interesse.

Deste modo, o objetivo desta dissertação foi avaliar o efeito do fenômeno ENOS nas datas de plantio de mandioca no estado do Rio Grande do Sul e sua influência na produtividade da cultura da mandioca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DA MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), da família Euphorbiaceae, tem como centro de origem o Brasil e atualmente está presente na maioria dos países tropicais, devido a extensa disseminação pelos portugueses para áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia e Caribe nos séculos XVI e XVII (FAO, 2001; VILPOUX, 2011). Esta tuberosa apresenta características que facilitam sua difusão, como a fácil adaptação a solos pobres e resistência a secas, podendo ser cultivada entre 30° de latitude Norte e Sul (PENTEADO; FLORES, 2000; ALVES, 2006).

A planta de mandioca possui porte arbustivo, hábito indeterminado, perene, e dependendo do genótipo e das condições de cultivo, as raízes podem ser colhidas com seis a 24 mês após o plantio (MAP) (WHEATLEY; GÓMEZ, 1985; ALVES, 2006; SAMBORANHA, 2012). No Rio Grande do Sul como há uma grande variedade em

seu regime térmico entre as regiões ecoclimáticas, torna o período de cultivo de mandioca restrito, na maioria das regiões, a um ciclo (anual) com duração de 6 a 8 meses devido aos altos riscos por ocorrência de geada (MALUF et al., 2011).

A principal forma de propagação é a vegetativa, utilizando partes da haste da planta, chamadas de maniva ou estaca (CÂMARA; GODOY, 1998; SÉIBOU et al., 2015). A altura da planta também é variável, dependendo do genótipo ou sua forma de propagação, pode possuir porte ereto ou ramificado e quando ramificado, pode-se dividir em dicotômica, tricotômica ou tetracotômica (CARVALHO; FUKUDA, 2006). As flores são monóicas e a inflorescência uma panícula e racemos compostos por flores masculinas e femininas, formada geralmente nas extremidades das ramificações simpodiais da planta (CARVALHO; FUKUDA, 2006).

A época de plantio da mandioca é variável entre as regiões do Brasil, dependendo principalmente da temperatura e disponibilidade pluviométrica (SAMBORANHA, 2012). Segundo Maluf et al. (2011), o plantio de mandioca no Estado do Rio Grande do Sul deve ser realizado nos meses de setembro a novembro.

As temperaturas do ar mais adequadas para o cultivo de mandioca estão entre 18°C e 35°C (MALUF et al., 2011), entretanto as regiões mais indicadas para o cultivo devem possuir temperatura média entre 30°C, sendo essa a temperatura ótima considerada para a cultura da mandioca (MATTHEWS; HUNT, 1994). Locais que apresentam temperatura abaixo de 14°C (temperatura base) (SCHONS et al., 2007) e superior a 42,5°C podem reduzir o crescimento e desenvolvimento das plantas (MATTHEWS; HUNT, 1994) e sob temperaturas inferiores a 3°C, a lavoura é danificada pela formação de geada (MALUF et al., 2011).

Em estudos realizados sobre a probabilidade de ocorrência de geada no Rio Grande do Sul por OLIVEIRA et al. (1997), mostraram que as geadas tardias (primavera) são mais frequentes que as geadas do cedo (outono). Este fato, influencia na escolha da data do plantio e na condução de práticas culturais da cultura da mandioca (MALUF et al., 2011).

Quanto a precipitação pluvial, a cultura da mandioca necessita de 1000 a 2000mm anuais bem distribuídos (MOTA et. al., 1974; WESTPHALEN; MALUF, 1980). A precipitação pluvial no Rio Grande do Sul varia entre 1.300 a 1.900 mm, entretanto, na primavera e verão a precipitação não é bem distribuída, configurando um problema, pois a primavera é a estação com maior precipitação enquanto que o verão chega a ter estiagens com duração de 10 a 15 dias (MALUF et al., 2011).

A cultura da mandioca necessita de solos que possibilitem fácil crescimento das raízes tuberosas, boa drenagem e facilidade de colheita, sendo considerados ideais solos profundos e friáveis, como os solos arenosos e de textura média (MALUF et al., 2011). Pelo fato desta cultura expressar sensibilidade tanto ao déficit quanto ao excesso hídrico no solo, solos argilosos (Solos Tipo 3 – solos com teor de argila maior que 35%, ou solos com menos de 35% de argila e menos de 15% areia, com profundidade igual ou superior a 50 cm) não são os mais indicados para o cultivo de mandioca por serem solos mais compactos, prejudicar o crescimento radicular, apresentarem maiores riscos de encharcamento e conseqüentemente o desenvolvimento de fungos nas raízes e podridão, como também dificulta a colheita, principalmente se esta coincidir com período seco (MALUF et al., 2011).

2.2 MODELAGEM MATEMÁTICA NA AGRICULTURA

Modelos matemáticos são uma simplificação da realidade que nos permite descrever complexas interações entre agroecossistemas, sendo ferramentas cada vez mais usadas em estudos científicos, como estudos de crescimento e desenvolvimento vegetal (SHIN et al., 2006; SHIN et al., 2010; SAMBORANHA, 2012).

Os modelos utilizados para simular a produtividade de culturas agrícolas podem ser agrupados em dois grupos: empíricos e mecanísticos. Os modelos matemáticos empíricos são frequentemente baseados em relações estatísticas, que podem ou não ter relação de causa/efeito, ou seja, dos dados inseridos são ajustadas equações matemáticas através de métodos estatísticos. Em modelos matemáticos mecanísticos, o modelo é a representação do sistema através de equações que descrevem processos, sendo necessário compreender os processos envolvidos no fenômeno de estudo e posteriormente se procura relações matemáticas baseadas em soluções analíticas ou numéricas (STRECK et al., 2013).

Para a aplicação de um modelo agrícola em um determinado local, devem ser realizados testes e, se necessário, a calibração do modelo para cultivares locais, pois o modelo deve captar as respostas fisiológicas e ecofisiológicas que a planta apresenta quando é cultivada em diferentes locais. Uma vez calibrado, o modelo simula a interação entre a cultura e o ambiente, sendo uma ferramenta para o planejamento da condução da lavoura e da venda do produto, de previsão de safra e em cenários climáticos para a pesquisa (HOOGENBOOM, 2000; TIRONI, 2016).

Modelos matemáticos de simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade tem sido propostos para várias culturas, inclusive para mandioca (BOERBOOM, 1978; COCK et al., 1979; FUKAI; HAMMER, 1987; GIJZEN et al., 1990; MATTHEWS; HUNT, 1994). Esses modelos foram sendo aperfeiçoados a medida que mais conhecimento sobre a fisiologia e a resposta em diferentes condições ambientais eram obtidos na pesquisa (GABRIEL, 2013). Dentre esses modelos de crescimento e desenvolvimento da cultura da mandioca, o modelo Simanihot (STRECK et al., 2015), foi construído para simular diversos processos ecofisiológicos dessa cultura para as condições do Estado do Rio Grande do Sul.

2.3 O MODELO SIMANIHOT

O Simanihot é um modelo matemático dinâmico baseado em processos (*process – based model*) desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Agrometeorologia da Universidade Federal de Santa Maria, que simula diversos processos ecofisiológicos da cultura da mandioca no estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2015).

O Simanihot possui duas partes: a) o código em Fortran do modelo com as equações que descrevem os processos de crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca, sendo algumas oriundas do modelo GUMCAS (MATTHEWS; HUNT, 1994) e outras para as condições do Estado do Rio Grande do Sul apresentadas em Gabriel (2013) e Gabriel et al. (2014); (b) a interface em Java que permite ao usuário rodar o modelo da cultura da mandioca a partir de uma tela de fácil entendimento e interatividade (STRECK et al., 2015).

Para a utilização do modelo Simanihot, em sua versão 1.0, são necessários três grupos de dados de entrada (inputs): dados da cultura, dados meteorológicos e dados de solo. Na tela principal do programa, o usuário deve inserir os dados meteorológicos do local, contendo os dados do início ao fim do ciclo que se deseja simular (TIRONI, 2016).

Posteriormente, se informa os dados da cultura que compreendem: a escolha da cultivar a ser simulada, escolha do início da simulação (pode-se escolher se a simulação será realizada a partir da data de plantio ou data de emergência da cultura), data de colheita, ano inicial e ano final da simulação (capaz de simular mais de uma safra por vez), local para o qual se deseja realizar a simulação (ou informar a latitude

do local), concentração de CO₂ na atmosfera (variando entre 350 a 800 ppm) e densidade de plantas (pl.ha⁻¹) (TIRONI, 2016).

Em relação aos dados de solos, no Simanihot é possível simular sem limitação de água ou com balanço hídrico do solo. Quando se opta por simular com balanço hídrico, ativa-se duas opções de modelos, o modelo de Thornthwaite e Mather e o modelo de Ritchie, que automaticamente abrirá uma aba secundária para o preenchimento dos dados de solo do local a ser simulado (TIRONI, 2016).

No Simanihot, atualmente, há apenas seis cultivares disponíveis para simulação, são elas: a cultivar Fepagro RS13 (forrageira), Fepagro RS14 (forrageira), Cascuda (mesa), Estrangeira (mesa), São José (mesa) e Paraguaia (indústria). E os resultados das simulações são disponibilizados em forma de tabelas e gráficos (STRECK et al., 2015).

O Simanihot foi testado utilizando dados experimentais de Santa Maria e de outros locais do Rio Grande do Sul (Gabriel, 2013; Gabriel et al., 2014), portanto não se recomenda a utilização do Simanihot com cultivares que não foram calibradas e nem simulações para locais fora do estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2015). Este modelo de mandioca é uma ferramenta moderna para ser utilizada no ensino, pesquisa e extensão, por estudantes de graduação e pós-graduação, professores, pesquisadores, extensionistas e tomadores de decisão (STRECK et al., 2015).

2.4 FENÔMENO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno natural de flutuação da temperatura do Oceano Pacífico Tropical, sendo considerado uma interação atmosfera-oceano, gerado a partir de alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial (BERLATO et al., 2005; SANTOS; SANTOS, 2016).

O ENOS é um dos fenômenos atmosférico-oceânicos mais importantes na Terra devido à sua capacidade de alterar a circulação atmosférica global, que por sua vez, influencia a temperatura e precipitação em todo o planeta, sendo apontado como a principal causa da variabilidade climática em diversas regiões do mundo (BERLATO et al., 2005; L'HEUREUX, 2014).

O fenômeno ENOS pode ser mensurado pelo Índice de Oscilação Sul (IOS) e pelo Índice Niño oceânico (ONI), sendo o ONI o índice de monitoramento principal da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para El Niño e La Niña, que são as fases opostas do padrão climático do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (SUN et al., 2015; DAHLMAN, 2016).

A NOAA considera condições de El Niño quando o ONI é 0.5°C ou superior, indicando que a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) da região equatorial do Oceano Pacífico (aproximadamente a região do chamado Niño 3.4) está mais quente que a média dos últimos 30 anos, e para condições de La Niña, o ONI deve ser -0.5°C ou inferior, indicando que a TSM está mais fria do que o habitual. (DAHLMAN, 2016). Assim, é possível prever o estabelecimento do ENOS com alguns meses de antecedência, prevendo seus impactos no tempo e no clima de uma região.

De acordo com Grimm et al. (1998), o sul da América do Sul é uma das regiões mais afetadas por esse fenômeno, pois a precipitação pluvial é o fator mais influenciado. Na região Sul do Brasil, quando se configura fase de La Nina a precipitação pluviométrica apresenta-se abaixo da normal. Enquanto que, se caracteriza fase de El Niño, ocorre o inverso, precipitação acima da normal (BERLATO et al., 2005; GRIMM, 2011).

Segundo Berlato e Fontana (2003), no Rio Grande do Sul os anos de El Niño são caracterizados por serem úmidos e quentes e em anos de La Niña, secos e frios. Dessa forma, em anos de El Niño ocorre precipitação pluvial acima da normal climatológica em quase todos os meses do ano, destacando dois períodos: 1º) primavera e início do verão (especialmente em outubro e novembro do ano de início do fenômeno), 2º) final do outono início do inverno (especialmente maio e junho) (FONTANA; BERLATO, 1997). De acordo com esses autores, os maiores impactos do fenômeno ENOS no Rio Grande do Sul na precipitação ocorrem na região noroeste do estado.

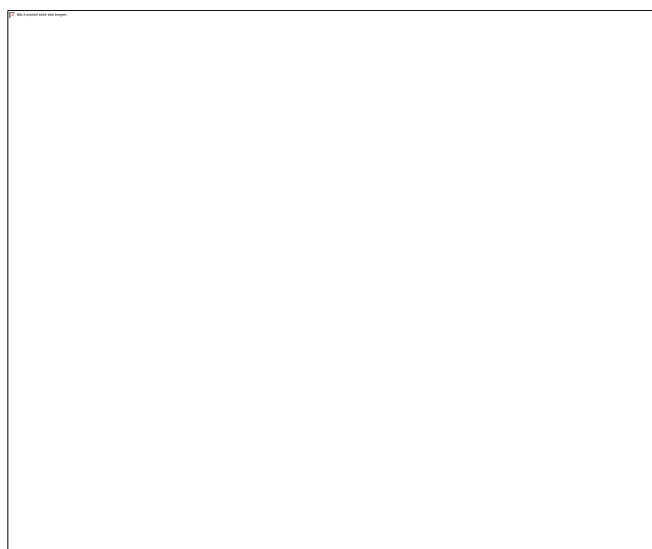
Em relação a temperatura, os impactos tendem a ser maiores na temperatura média mínima, apresentando desvios médios iguais ou maiores a 1°C em vários meses do ano. Quanto as temperaturas médias máximas, os desvios médios não passam de 0.5°C (BERLATO; FONTANA, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O modelo Simanihot foi a ferramenta utilizada para simular o crescimento e desenvolvimento da cultura da mandioca no estado do Rio Grande do Sul. O estado do Rio Grande do Sul, de acordo com a classificação climática de Köppen, possui clima do tipo Cfa e Cfb, úmido em todas as estações do ano, verão quente e moderadamente quente. Na maior parte do estado predomina o clima Cfa e nas partes mais elevadas da Serra do Nordeste, Planalto e Serra do Sudeste se encontra o clima Cfb (KUINCHTNER; BURIOL, 2011).

Os locais selecionados para as simulações foram: Bagé, Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santana do Livramento, São Luiz Gonzaga e Torres (Figura 1). Estes locais foram escolhidos considerando a presença de estações meteorológicas convencionais (Tabela1), a disponibilidade de um banco de dados meteorológicos diários de mais de 50 anos fornecidos pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), e a possibilidade de cultivo de mandioca conforme o tipo do solo local.

Figura 1 – Ilustração dos 14 locais para os quais foram realizadas as simulações de produtividade representando todo o estado do Rio Grande do Sul (Bagé, Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caxias do Sul, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santa Maria, Santana do Livramento, São Luís Gonzaga e Torres).



Fonte: Santos (2017).

Os dados meteorológicos necessários para as simulações são os dados meteorológicos diários de temperatura mínima, máxima e média diária do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar global e precipitação. Entretanto, os dados de radiação disponibilizados pelo BDMEP estão em número de horas de brilho solar ($h\ d^{-1}$). Então, a partir de coeficientes mensais estimados por Bexaira (2017) para o Rio Grande do Sul foi calculada a radiação solar global pela equação de Angström-Prescott.

Tabela 1 – Estações meteorológicas convencionais com respectivas suas coordenadas geográficas e anos de dados observados que serão utilizados no estudo.

Localização	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Anos
Bagé	-31,33	-54,10	242	1961 a 2015
Bento Gonçalves	-29,15	-51,51	623	1961 a 2013
Bom Jesus	-28,66	-50,43	1047	1961 a 2015
Caxias do Sul	-29,19	-51,18	751	1961 a 2015
Cruz Alta	-28,63	-53,60	472	1961 a 2015
Encruzilhada do Sul	-30,53	-52,51	427	1961 a 2015
Lagoa Vermelha	-28,21	-51,50	840	1961 a 2015
Passo Fundo	-28,22	-52,40	684	1961 a 2015
Pelotas	-31,78	-52,41	7	1961 a 2015
Porto Alegre	-30,01	-51,22	47	1961 a 2015
Santa Maria	-29,7	-53,7	95	1961 a 2015
Santana do Livramento	-30,83	-55,6	208	1961 a 2013
São Luiz Gonzaga	-28,40	-55,02	245	1961 a 2015
Torres	-29,35	-49,73	4	1961 a 2015

Fonte: INMET (2017)

Os dados meteorológicos extraídos dessas estações apresentavam algumas falhas, havendo a necessidade de preenche-las para realizar as simulações. Para o preenchimento das falhas de 1980 a 2013 foram usados dados extraídos do estudo realizado por Xavier et al. (2015), onde foram utilizados os pontos mais próximos das estações meteorológicas para o preenchimento das falhas. E para as falhas de 1961 a 1979 e de 2013 em diante foram utilizadas as médias diárias dos anos neutros para

preenchimento dos anos neutros, a média diária dos anos de El Niño para o preenchimento das falhas em anos de El Niño e a média diária dos anos de La Niña para o preenchimento das falhas em anos de La Niña.

Os anos com ocorrência do fenômeno ENOS foram determinados de acordo com o ONI, índice padrão utilizado pela NOAA, sendo considerado evento de intensidade fraca com anomalia de 0,5 a 0,9°C, moderada de 1 a 1,4°C, forte de 1,5 a 1,9°C e acima de 2°C é considerado um evento muito forte (GOLDEN GATE WHEATHER SERVICES, 2017). Desta forma, foram classificados os anos para esse estudo em anos neutros, anos com ocorrência de El Niño (fraco + moderado), El Niño forte, El Niño muito forte, La Niña e La Niña forte. Os anos agrícolas classificados como El Niño muito forte foram analisados separadamente, pois cada El Niño muito forte possui um comportamento diferente (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação dos anos de acordo com a ocorrência do fenômeno ENOS.

Neutro	El Niño			La Niña	
	Fraco + moderado	Forte	Muito forte	Fraca + moderada	Forte
1961/1962	1963/1964	1965/1966	1982/1983	1964/1965	1973/1974
1962/1963	1968/1969	1972/1973	1997/1998	1967/1968	1975/1976
1966/1967	1969/1970			1970/1971	1988/1989
1978/1979	1976/1977			1971/1972	
1980/1981	1977/1978			1974/1975	
1981/1982	1979/1980			1984/1985	
1983/1984	1986/1987			1995/1996	
1985/1986	1987/1988			1998/1999	
1989/1990	1991/1992			1999/2000	
1990/1991	1994/1995			2000/2001	
1992/1993	2002/2003			2007/2008	
1993/1994	2004/2005			2010/2011	
1996/1997	2006/2007			2011/2012	
2001/2002	2009/2010				
2003/2004					
2005/2006					
2008/2009					
2012/2013					
2013/2014					
2014/2015					

Fonte: GOLDEN GATE WHEATHER SERVICES (2017)

Neste estudo foram selecionadas três cultivares de mandioca que já estão no Simanihot, sendo estas de grupos de uso diferentes, onde a cultivar Fepagro RS 13

por ser entre as forrageiras a mais conhecida e utilizada representará o grupo das forrageiras, a Estrangeira o grupo das cultivares de mesa, por ser uma das mais conhecidas no Estado e com boa aceitação para mesa, e a Paraguaia a cultivar do grupo para indústria (TIRONI, 2016).

As simulações foram realizadas utilizando o modelo de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) que está acoplado no Simanihot e também por este modelo ser mais simplificado, exigindo menor número de variáveis de entrada de solo para ser utilizado. Para este modelo de balanço hídrico ser utilizado, foi necessário a identificação da unidade de mapeamento de solo (UM) predominante no local e apta para o plantio da cultura. A partir das características do perfil modal e de uma função de pedotransferência do modelo Hydrus (SIMUNEK et al., 2013), foram estimados os conteúdos de água no solo nas tensões 10, 650 e 1500 kPa (Tabela 3).

Tabela 3 – Locais usados nas simulações, profundidade da camada de solo, porcentagens de areia, silte e argila, e conteúdo de água no solo em 10, 650 e 1500 kPa dos perfis modais das unidades de mapeamento do estado do Rio Grande do Sul.

Local	U.M. correspondente a SiBCS*	Prof. (cm)	Are (%)	Sil (%)	Arg (%)	Θ_{10} kPa ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Θ_{650} kPa ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Θ_{1500} kPa ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)
Bagé	Santa Tecla	0-25	75	13	12	0,225	0,074	0,066
		25-70	66	15	19	0,267	0,108	0,095
Bento Gonçalves	Farroupilha	0-27	16	38	46	0,402	0,182	0,161
		27-50	14	32	54	0,414	0,211	0,189
Bom Jesus	Bom Jesus	0-17	16	31	52	0,406	0,205	0,183
		17-40	13	28	59	0,421	0,229	0,206
Caxias do Sul	Farroupilha	40-66	11	22	67	0,433	0,254	0,231
		0-27	16	38	46	0,402	0,182	0,161
Cruz Alta	Cruz Alta	27-50	14	32	54	0,414	0,211	0,189
		0-13	70	9	21	0,268	0,113	0,100
Encruzilhada do Sul	Camaquã	13-35	70	8	22	0,271	0,117	0,103
		35-55	66	8	26	0,285	0,133	0,119
Lagoa Vermelha	Erechim	0-30	69	20	11	0,240	0,081	0,070
		30-42	56	24	20	0,286	0,112	0,098
Passo Fundo	Passo Fundo	42-58	43	19	38	0,334	0,168	0,150
		0-15	3	23	74	0,449	0,269	0,244
Passo Fundo	Passo Fundo	15-60	1	19	80	0,455	0,282	0,258
		60-90	1	16	83	0,457	0,289	0,265
Passo Fundo	Passo Fundo	90-150	1	17	82	0,456	0,286	0,262
		0-30	44	14	42	0,339	0,185	0,167
Passo Fundo	Passo Fundo	30-50	41	14	45	0,349	0,195	0,177
		50-70	37	13	50	0,365	0,214	0,194

		0-22	70	13	17	0.256	0.098	0.087
Pelotas	Matarazo	22-35	47	10	43	0.336	0.192	0.174
		35-50	27	10	63	0.403	0.256	0.236
		0-16	54	28	18	0.289	0.106	0.092
Porto Alegre	Gravataí	16-35	50	25	25	0.304	0.125	0.110
		35-67	44	24	32	0.324	0.145	0.129
		0-25	73	12	15	0,243	0,088	0,077
Santa Maria	São Pedro	25-65	78	10	12	0,215	0,070	0,063
		65-100	60	11	29	0,296	0,144	0,129
		0-25	81	11	8	0.177	0.054	0.050
Santana do Livramento	Livramento	25-45	75	12	13	0.230	0.078	0.069
		45-60	62	13	25	0.286	0.129	0.115
		60-90	43	13	44	0.344	0.193	0.175
São Luiz Gonzaga	Santo Ângelo	0-40	13	25	62	0,425	0,239	0,216
		40-80	9	19	72	0,440	0,268	0,244
		80-120	9	17	74	0,442	0,273	0,250
Torres	Pituba	0-15	35	35	30	0.350	0.134	0.117
		15-37	27	23	50	0.384	0.205	0.184
		37-74	20	17	63	0.415	0.249	0.227

Fonte: Santos (2017).

O modelo foi rodado a partir do dia 13 de agosto até 31 de dezembro a cada dez dias, para as três cultivares de mandioca e para as unidades de mapeamento solo (UM) respectivas de cada um dos locais (Tabela 3), visando determinar as datas de plantio com maior produtividade potencial de raízes tuberosas para as cultivares de mesa e indústria e maior produção de raízes tuberosas e parte aérea para a cultivar forrageira, considerando a influência do fenômeno ENOS.

Tabela 4 – Unidades de mapeamento dos solos do Rio Grande do Sul dos locais simulados e suas respectivas classificações de solo correspondentes no SiBCS (EMBRAPA, 2006).

Unidade de mapeamento	SiBCS
Erechim	Latossolo Vermelho Alumino férrico húmico
Santo Ângelo	Latossolo Vermelho Distroférrico típico
Passo Fundo	Latossolo Vermelho Distrófico húmico
Cruz Alta	Latossolo Vermelho Distrófico típico
São Pedro	Argissolo Vermelho Distrófico arênico
Gravataí	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico
Camaquã	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico
Santa Tecla	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico latossólico
Pituba	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto
Matarazo	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico
Livramento	Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abrupto
Farroupilha	Cambissolo Húmico Aluminico típico
Bom Jesus	Cambissolo Húmico Aluminico típico

Fonte: SiBCS (EMBRAPA, 2006)

A colheita foi programada para todas as simulações para o dia 15 de junho, sendo realizada antes somente com a ocorrência de geada, ou seja, se a temperatura do ar mínima ficar abaixo de 3°C por 3 dias consecutivos, ocorre a morte da planta e a simulação é interrompida (TIRONI, 2016).

As saídas dos resultados das simulações foram separadas de acordo com os anos de ocorrência do fenômeno ENOS e os dados de produtividade de raízes tuberosas foram transformados de massa seca para massa fresca. De acordo com vários experimentos realizados por Tironi (2016), as raízes tuberosas possuem aproximadamente 62% de água, sendo multiplicado o valor de massa seca por 2.65 para a obtenção do valor em massa fresca.

Foi estimado o período de plantio onde o produtor pode obter a produtividade potencial, sendo que após essa data estimada, o produtor poderá atingir no máximo 90% da produtividade potencial. Também foram estimadas a diferença de produtividade do plantio realizado no primeiro dia indicado pelo zoneamento agroclimático (11 de setembro) e no último dia (30 de novembro). Para estas estimativas, foram utilizadas as equações geradas pelas curvas do gráfico de produtividade, sendo selecionada a curva do gráfico que apresentava maior produtividade. Estas equações estão dispostas nos Anexos 1, 2, 3 e 4.

Da mesma forma, foram estimadas as anomalias de produtividade para cada local e cultivar. Para tal, foi calculado a diferença da média dos anos caracterizados pelo fenômeno ENOS (El Niño, El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña e La Niña forte) pela média dos anos Neutros obtido no primeiro dia do plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca (21 de setembro).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos anos em que o volume de precipitação foram os mais altos durante a estação de cultivo (11 de setembro a 15 de junho), como nos anos caracterizados como El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, a produtividade de mandioca teve uma grande redução na maioria dos locais e cultivares simuladas (Figura 2). Esses resultados também estão relacionados a redução de radiação solar nestas estações de cultivo, que apresentaram índices bem inferiores quando comparadas

aos anos Neutros (Figura 3). Por exemplo, em Cruz Alta no ano agrícola de 1997/1998, choveu 88,83% a mais que na média dos anos Neutros e apresentou 13,46% a menos de radiação solar.

Figura 2 – Precipitação acumulada média (mm) durante a estação de cultivo (11 de setembro a 15 de junho) nas diferentes fases do fenômeno ENOS nos locais simulados.

Fonte: Santos (2017).

A redução na produtividade de raízes tuberosas nestes anos com excesso hídrico também pode estar relacionada a doenças, como a podridão das raízes. Porém o modelo Simanihot não penaliza a produtividade por excesso hídrico, fazendo-se necessário essa melhoria no modelo.

Períodos longos de estiagem com alta disponibilidade de radiação solar no período de enraizamento e tuberização (cinco primeiros meses) durante os anos de fase quente do fenômeno ENOS, também pode ser um dos fatores que contribuíram

para anomalias negativas de produtividade de raízes tuberosas, principalmente em solos com baixa capacidade de retenção de água.

Figura 3 – Radiação acumulada média (MJ.m^{-2}) durante a estação de cultivo (11 de setembro a 15 de junho) nas diferentes fases do fenômeno ENOS nos locais simulados.

Fonte: Santos (2017).

Os impactos do fenômeno ENOS na produtividade de mandioca foram distintos em todos locais simulados, conforme as Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10. Entretanto, as datas de plantio não foram influenciadas, onde a produtividade apresentou tendência decrescente, com maiores produções nas primeiras datas propostas pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca (11 de setembro), divergindo com o estudo realizado na Geórgia/USA por PAZ et al. (2012) com algodão, em que as datas de plantio foram influenciadas pelas fases do ENOS.

A produtividade média de raízes tuberosas foi maior na maioria dos locais e cultivares em anos caracterizados como El Niño forte, cabido aos altos volumes de precipitação pluvial e índices de radiação global (Figuras 2, 3). Para a cultura da soja no Rio Grande do Sul também foi comprovada influência positiva durante a fase quente do fenômeno ENOS (RIZZI et al., 2001). Entretanto, quando comparados com a orizicultura esses resultados se contrastam, porque são em anos de La Niña forte que são obtidas as maiores produtividades de arroz irrigado na região de Pelotas (MOTA, 2000).

Em Bom Jesus (Figura 4.a, 4.c, 4.e, 4.g) e Caxias do Sul (Figuras 4.b, 4.d, 4.f, 4.e), tanto os anos Neutros como os anos de El Niño foram os anos mais produtivos, apresentando produtividades de hastes e raízes tuberosas, com valores aproximados para as três cultivares simuladas. Ressalva para a produtividade de hastes em Bom Jesus, que mostra produtividade aproximada para várias fases do fenômeno ENOS, como El Niño, La Niña e anos Neutros (Figura 4.a).

Para Bento Gonçalves e Lagoa Vermelha, os anos de El Niño forte proporcionaram maiores produtividades de raízes tuberosas para as cultivares Fepagro RS13 (Figura 5.c, 5.d), Estrangeira (Figura 5.e, 5.f) e Paraguaia (Figura 5.g, 5.h) com aproximadamente 34 t.ha^{-1} . quando o plantio foi realizado no primeiro dia proposto pelo Zoneamento Agroclimático da Mandioca. Contudo, os anos de El Niño também apresentaram produtividades semelhantes as obtidas em anos de El Niño forte nestes locais, com exceção da cultivar Estrangeira em Lagoa Vermelha que mostrou valores semelhantes de produtividade no El Niño muito forte de 1997/1998 (Figura 5.f).

Quanto a produtividade de haste da cultivar Fepagro RS13, em Bento Gonçalves os valores mais altos foram próximos de $4,2 \text{ t.ha}^{-1}$ em anos Neutros, El Niño e El Niño forte (Figura 5.a), enquanto que em Lagoa Vermelha, foram os anos Neutros e de El Niño que apresentaram as maiores produtividades com aproximadamente $3,75 \text{ t.ha}^{-1}$ (Figura 5.b).

Figura 4 – Produtividade média de hastes e raízes tuberosas de mandioca das cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia em função da data de plantio em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño (fraco e moderado), El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña (fraco e moderado) e La Niña forte em Bom Jesus (a, c, e, g) e Caxias do Sul (b, d, f, h). Os gráficos dispostos na horizontal são as cultivares e na vertical são os locais. As barras pretas nos gráficos estão delimitando o período de plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca para o estado do Rio Grande do Sul.

Figura 5 – Produtividade média de hastes e raízes tuberosas de mandioca das cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia em função da data de plantio em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño (fraco e moderado), El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña (fraco e moderado) e La Niña forte em Bento Gonçalves (a, c, e, f) e Lagoa Vermelha (b, d, f, h). Os gráficos dispostos na horizontal são as cultivares e na vertical são os locais. As barras pretas nos gráficos estão delimitando o período de plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca para o estado do Rio Grande do Sul.

No Planalto Rio-Grandense, as produtividades de hastes da cultivar Fepagro RS13 foram maiores em anos de anos de El Niño, tanto em Cruz Alta (Figura 6.a) como em Passo Fundo (Figura 6.b). Contudo, em Passo Fundo as produtividades nos anos neutros e em anos caracterizados como El Niño forte, El Niño muito forte de 1997/1998, La Niña tiveram produtividades bem próximas da obtida em anos de El Niño.

As maiores produtividades de raízes tuberosas da cultivar Fepagro RS13 em Cruz Alta tiveram valores semelhantes em anos neutros, de El Niño e La Niña forte (Figura 6.c). E para as cultivares Estrangeira e Paraguaia, os anos Neutros, de El Niño, El Niño forte e La Niña forte apresentaram as maiores produtividades, com valores próximos, devido os volumes médios de precipitação e radiação também se mostrarem semelhantes nestes anos (Figura 6.e, 6.g). Em Passo Fundo as produtividades de raízes tuberosas foram maiores em anos caracterizados como El Niño forte e os anos de El Niño se apresentados valores aproximados (Figura 6.d, 6.f, 6.h).

Em São Luiz Gonzaga, região das Missões, e em Santa Maria, as produtividades de hastes de mandioca da cultivar Fepagro RS13 apresentaram-se maiores no ano agrícola 1997/1998 classificado como El Niño muito forte (Figura 7.a, 7.b), contudo, no El Niño muito forte de 1982/1983 foi o ano agrícola com menores produtividades devido ao grande volume de precipitação pluvial nestes locais. Quanto a produção de raízes tuberosas, a cultivar Fepagro RS13 teve maiores produtividades em anos de La Niña forte em Santa Maria e em São Luiz Gonzaga as produtividades mais altas foram obtidas em anos de El Niño forte e La Niña forte, provavelmente por terem índice de radiação semelhante durante o ciclo (Figura 7.c, 7.d).

A produtividade de raízes tuberosas da cultivar Estrangeira em Santa Maria mostrou os maiores valores nos anos de El Niño, La Niña, La Niña forte e neutros (Figura 7.e). E para a cultivar Paraguaia, os anos mais produtivos foram os anos caracterizados como El Niño e La Niña forte (Figura 7.g). Já em São Luiz Gonzaga, as cultivares Estrangeira e Paraguaia tiveram as suas maiores produtividades em anos de El Niño forte (Figura 7.f, 7.h).

Figura 6 – Produtividade média de hastes e raízes tuberosas de mandioca das cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia em função da data de plantio em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño (fraco e moderado), El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña (fraco e moderado) e La Niña forte em Cruz Alta (a, c, e, f) e Passo Fundo (b, d, f, h). Os gráficos dispostos na horizontal são as cultivares e na vertical são os locais. As barras pretas nos gráficos estão delimitando o período de plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca para o estado do Rio Grande do Sul.

Figura 7 – Produtividade média de hastes e raízes tuberosas de mandioca das cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia em função da data de plantio em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño (fraco e moderado), El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña (fraco e moderado) e La Niña forte em Santa Maria (a, c, e, f) e São Luiz Gonzaga (b, d, f, h). Os gráficos dispostos na horizontal são as cultivares e na vertical são os locais. As barras pretas nos gráficos estão delimitando o período de plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca para o estado do Rio Grande do Sul.

Na Região da Campanha, as maiores produtividades de hastes de mandioca da cultivar Fepagro Rs13 foram apresentadas em anos Neutros e de El Niño em Bagé (Figura 8.a), enquanto que em Santana do Livramento as maiores produtividades foram obtidas em anos de El Niño muito forte de 1997/1998 quando o plantio foi realizado até 21 de setembro e quando o plantio foi realizado após esse período as produtividades maiores foram apresentadas tanto em Neutros, de El Niño e El Niño muito forte de 1997/1998 (Figura 8.b).

Quanto a produtividade de raízes tuberosas em Bagé, a produtividade da cultivar Fepagro Rs13 se destacaram em anos caracterizados como El Niño forte e El Niño muito forte de 1982/1983 (Figura 8.c), enquanto que as cultivares Estrangeira e Paraguaia apresentaram os maiores valores de produtividade em anos Neutros e de El Niño forte (Figura 8.e, 8.g). Em Santana do Livramento, as maiores produtividades de raízes tuberosas das três cultivares foram obtidas em anos de El Niño forte (Figura 8.d, 8.f, 8.h).

Em Encruzilhada do Sul e Pelotas as produtividades de hastes da cultivar Fepagro RS13 mostrou-se maiores em anos Neutros e de El Niño (Figura 9.a, 9.b). Quanto a produção de raízes tuberosas, em Encruzilhada as três cultivares apresentam as maiores produtividades em anos Neutros, anos de El Niño e La Niña (Figura 9.c, 9.e, 9.g), enquanto que em Pelotas os maiores valores foram obtidos em anos de El Niño forte (9.d, 9.f, 9.h).

As produtividades de hastes em Porto Alegre foram maiores em anos de El Niño forte (Figura 10.a). Assim como em Santa Maria e São Luiz Gonzaga, Torres também mostrou maiores produtividades de hastes de mandioca no El Niño muito forte de 1997/1998 (Figura 10.b).

As cultivares Fepagro RS13 e Paraguaia, em Porto Alegre, mostraram-se mais produtivas em anos de El Niño forte e La Niña (Figuras 10.c, 10.g) e a cultivar Estrangeira, em anos de El Niño forte (Figura 10.e). Em Torres, as três cultivares tiveram suas maiores produtividades em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño, El Niño forte e La Niña forte (Figuras 10.d, 10.f, 10.h).

Figura 8 – Produtividade média de hastes e raízes tuberosas de mandioca das cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia em função da data de plantio em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño (fraco e moderado), El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña (fraco e moderado) e La Niña forte em Bagé (a, c, e, f) e Santana do Livramento (b, d, f, h). Os gráficos dispostos na horizontal são as cultivares e na vertical são os locais. As barras pretas nos gráficos estão delimitando o período de plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca para o estado do Rio Grande do Sul.

Figura 9 – Produtividade média de hastes e raízes tuberosas de mandioca das cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia em função da data de plantio em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño (fraco e moderado), El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña (fraco e moderado) e La Niña forte em Encruzilhada do Sul (a, c, e, f) e Pelotas (b, d, f, h). Os gráficos dispostos na horizontal são as cultivares e na vertical são os locais. As barras pretas nos gráficos estão delimitando o período de plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca para o estado do Rio Grande do Sul.

Figura 10 – Produtividade média de hastes e raízes tuberosas de mandioca das cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia em função da data de plantio em anos Neutros, anos caracterizados como El Niño (fraco e moderado), El Niño forte, El Niño muito forte de 1982/1983 e 1997/1998, La Niña (fraco e moderado) e La Niña forte em Porto Alegre (a, c, e, f) e Torres (b, d, f, h). Os gráficos dispostos na horizontal são as cultivares e na vertical são os locais. As barras pretas nos gráficos estão delimitando o período de plantio indicado pelo Zoneamento Agroclimático da Cultura da Mandioca para o estado do Rio Grande do Sul.

Assim como Oluwole (2015) verificou na Tanzânia, as produtividades de raízes tuberosas na maioria dos locais simulados foram maiores nas fases quente do fenômeno ENOS. Contudo, ao analisar a produtividade de hastes da cultivar Fepagro RS13 em anos de El Niño e compará-la com a média dos anos Neutros, observa-se anomalias negativas em Bagé, Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul, Santana do Livramento e Torres (Figura 11.a). Em anos de El Niño forte somente Bento Gonçalves, Porto Alegre, Santa Maria e São Luiz Gonzaga apresentaram valores de produtividades acima daquelas obtidas em anos Neutros (Figura 11.b). Estes resultados contradizem com estudo realizado com a cultura do milho por Berlato et al. (2005) que concluiu que anos de El Niño determina ganhos e La Niña determina queda na produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul.

No El Niño muito forte de 1982/1983 (Figura 11.c) a cultivar Fepagro RS13 apresentou anomalia negativa de produtividade de hastes para todos os locais simulados, enquanto que no El Niño muito forte de 1997/1998 (Figura 11.d) Porto Alegre, Santa Maria, Santana do Livramento, São Luiz Gonzaga e Torres mostraram anomalias positivas de produtividade de hastes.

Nos anos classificados como La Niña (Figura 11.e) e La Niña forte (Figura 11.f) as produtividades foram mais baixas que nos anos Neutros em todos os locais. Estes valores negativos provavelmente estão associados a deficiência hídrica durante a estação de crescimento da cultura, visto que quase todos os locais apresentaram precipitação acumulada menor nestes anos do que em anos Neutros (Figura 2) e radiação solar acumulada maior ou igual aos anos Neutros (Figura 3). Em condições de déficit hídrico há uma redução do crescimento da parte aérea sendo o crescimento de folhas e hastes mais prejudicado comparado ao crescimento de raízes. A redução na área foliar auxilia na conservação da água e após o stress a mandioca tende a aumentar a formação de novas folhas com maiores taxas fotossintéticas (El-Sharkawy, 1993; Cayón et al., 1997), com menos matéria seca alocada às hastes (El-Sharkawy & Cock, 1987; El-Sharkawy et al., 1992).

Para a produtividade de raízes tuberosas de mandioca da cultivar Fepagro RS13 (Figura 12), os anos classificados como El Niño foram favoráveis para Bento Gonçalves, Encruzilhada do Sul, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Santa Maria, Santana do Livramento e São Luiz Gonzaga (Figura 12.a). Nos anos de El Niño forte, ocorreu aumento do número de locais com anomalias positivas, ficando somente Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Santa Maria com produtividades

negativas (Figura 12.b). Contudo, devido aos altos índices de precipitação a maioria dos locais apresentaram anomalias negativas nos anos caracterizados como El Niño muito forte de 1982/1983 (Figura 12.c) e 1997/1998 (Figura 12.d), exceto Santana do Livramento que mostrou produtividade acima das produtividades obtidas em anos Neutros para os dois El Niños muito fortes, e também Bagé no El Niño muito forte de 1982/1983.

Em anos de La Niña as anomalias se mostraram positivas em Bento Gonçalves, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre e Santa Maria (Figura 12.e). E em anos La Niña forte as anomalias se mostram positivas em Bento Gonçalves, Cruz Alta, Passo Fundo, Pelotas, Santa Maria e São Luiz Gonzaga (Figura 12.f).

Figura 11 – Anomalia de produtividade de hastes de mandioca da cultivar FEPAGRO RS13 para os locais simulados comparando anos neutros com anos de El Niño (a), El Niño forte (b), El Niño muito forte de 1982/1983 (c) e 1997/1998 (d), La Niña (e) e La Niña forte (f).

Figura 12 – Anomalia de produtividade de raízes tuberosas de mandioca da cultivar FEPAGRO RS13 para os locais simulados comparando anos neutros com anos de El Niño (a), El Niño forte (b), El Niño muito forte de 1982/1983 (c) e 1997/1998 (d), La Niña (e) e La Niña forte (f).

A produtividade de raízes tuberosas da cultivar Estrangeira apresentou anomalias positivas em anos de El Niño em Bento Gonçalves, Encruzilhada do Sul, Passo Fundo, Pelotas, Santa Maria, Santana do Livramento e São Luiz Gonzaga (Figura 13.a). Em anos de El Niño forte, o número de locais com anomalias negativas de produtividade reduziram, mostrando médias inferiores aos anos Neutros somente Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Santa Maria (Figura 13.b).

No ano agrícola 1982/1983, caracterizado como El Niño muito forte, a cultivar Estrangeira não se adequou muito bem, mostrando anomalia negativa para quase todos os locais simulados, com exceção de Santana do Livramento (Figura 13.c). No El Niño muito forte de 1997/1998, observa-se que mais locais apresentaram valores de produtividades superiores aos verificados nos anos Neutros, como no caso de Lagoa Vermelha, Santana do Livramento e São Luiz Gonzaga (Figura 13.d).

As produtividades de raízes tuberosas da cultivar Estrangeira em anos classificados como La Niña mostraram anomalias positivas em Bento Gonçalves, Encruzilhada do Sul, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre e Santa Maria (Figura 13.e). Em Cruz Alta, a produtividade em anos de La Niña desta cultivar foi semelhante a produtividade média observada nas simulações nos anos Neutros.

A cultivar destinada a indústria, Paraguaia, apresentou anomalias positivas para Bento Gonçalves, Encruzilhada do Sul, Passo Fundo, Pelotas, Santa Maria, Santana do Livramento e São Luiz Gonzaga em anos de El Niño de até 3 t.ha^{-1} (Figura 14.a).

Em anos de El Niño forte, a cultivar Paraguaia em Bagé e Cruz Alta mostram produtividades médias semelhantes as obtidas em anos Neutros, mas em Bom Jesus, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul e Santa Maria as anomalias se apresentam negativas (Figura 14.b). Nos anos classificados como El Niño muito forte, 1982/1983 (Figura 14.c) e 1997/1998 (Figura 14.d), todos os locais apresentam grandes anomalias negativas de produtividade de raízes tuberosas, com exceção de Santana do Livramento que mostrou produtividade semelhante aos anos Neutros.

A produtividade de raízes tuberosas da cultivar Paraguaia também mostrou anomalias negativas em vários locais e anos classificados como La Niña, mostrando resultados positivos somente Encruzilhada do Sul, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre e Santa Maria (Figura 14.e). Durante os anos de La Niña forte as anomalias de produtividade persistiram negativas na maioria dos locais estudados, chegando a redução de mais de 5 t.ha^{-1} , fato que ocorreu em Caxias do Sul (Figura 14.f).

Figura 13 – Anomalia de produtividade de raízes tuberosas de mandioca da cultivar Estrangeira para os locais simulados comparando anos neutros com anos de El Niño (a), El Niño forte (b), El Niño muito forte de 1982/1983 (c) e 1997/1998 (d), La Niña (e) e La Niña forte (f).

Figura 14 – Anomalia de produtividade de raízes tuberosas de mandioca da cultivar Paraguaia para os locais simulados comparando anos neutros com anos de El Niño (a), El Niño forte (b), El Niño muito forte de 1982/1983 (c) e 1997/1998 (d), La Niña (e) e La Niña forte (f).

O período indicado pelo Zoneamento Agroclimático para o plantio da cultura da mandioca no Rio Grande do Sul compreende 80 dias. Entretanto, o produtor que deseja obter maior produtividade deve plantar o mais próximo do primeiro dia recomendado pelo Zoneamento Agroclimático, ou seja, aproximadamente do dia 11 de setembro a primeira semana do mês de outubro (Tabela 5). Fato demonstrado pelos resultados das simulações, que por meio das equações geradas pelas curvas de produtividades, disponíveis nos anexos, estimaram as datas de plantio que determinou a redução de 10% da produtividade potencial (Tabela 6).

A produtividade potencial de haste da cultivar Fepagro RS13 é reduzida em 10% quando o plantio é realizado a partir de 1º a 11 de outubro, sendo que Bom Jesus e São Luiz Gonzaga apresentaram maiores períodos para plantio até que sua produtividade reduzisse 10%. Porém, quando se considera a produtividade de raízes tuberosas, a data de plantio que atingiu a redução de 10% da produtividade potencial foi em 2 de outubro para Bom Jesus, sendo esse o local com o período para plantio mais curto entre os simulados. Diferentemente, Torres foi o local que apresentou maior período de plantio até a redução de 10% em sua produtividade potencial, permitindo o plantio até 15 de outubro.

Tabela 5 – Datas de plantio que se iniciam a redução de 10% da produtividade potencial para cada local e cultivar.

LOCAL	CULTIVARES			
	Fepagro RS13		Estrangeira	Paraguaia
	Haste	Raiz tuberosa		
Bagé	03/out	10/out	06/out	12/out
Bento Gonçalves	06/out	08/out	06/out	09/out
Bom Jesus	11/out	02/out	04/out	06/out
Caxias do Sul	07/out	07/out	06/out	11/out
Cruz Alta	03/out	12/out	07/out	13/out
Encruzilhada do Sul	05/out	09/out	06/out	12/out
Lagoa Vermelha	06/out	08/out	08/out	13/out
Passo Fundo	06/out	09/out	08/out	13/out
Pelotas	04/out	10/out	09/out	15/out
Porto Alegre	07/out	07/out	10/out	15/out
Santa Maria	04/out	11/out	07/out	12/out
Santana do Livramento	01/out	07/out	06/out	11/out
São Luiz Gonzaga	10/out	12/out	08/out	15/out
Torres	04/out	15/out	11/out	19/out

Fonte: Santos (2017).

A cultivar de mesa Estrangeira tem sua produtividade potencial reduzida em 10% quando o plantio é realizado a partir do 4 de outubro a 11 de outubro e a cultivar Paraguaia a partir do dia 6 a 19 de outubro. Os locais onde se possui um menor período para se plantar até a redução 10% da produtividade potencial, tanto para a cultivar de mesa como para a cultivar destinada a indústria, é Bom Jesus, enquanto que o local que possui maior janela de plantio é Torres, com 28 dias para plantar para que se obtenha 90% da produtividade potencial de raízes tuberosas.

Assim, por meio das simulações foi possível observar que quanto mais se atrasava o plantio, menor a produtividade de hastes e raízes tuberosas. Então utilizando a curva que apresentava maior produtividade, estimamos a diferença da produtividade de quando os plantios foram realizados no primeiro dia (11 de setembro) e no último dia proposto pelo Zoneamento Agroclimático para a Cultura da Mandioca no RS (Tabela 6).

Tabela 6 – Diferença de produtividade simulada entre o plantio realizado no primeiro dia (11 de setembro) e no último dia proposto pelo zoneamento agroclimático da mandioca (30 de novembro) (%).

LOCAL	CULTIVARES			
	Fepagro RS13		Estrangeira	Paraguaia
	Haste	Raiz tuberosa		
Bagé	56,49%	50,19%	53,18%	42,18%
Bento Gonçalves	49,07%	52,79%	53,68%	44,38%
Bom Jesus	42,57%	69,62%	62,20%	62,17%
Caxias do Sul	45,56%	56,04%	55,10%	45,86%
Cruz Alta	61,09%	48,32%	51,34%	41,11%
Encruzilhada do Sul	53,40%	51,42%	52,85%	42,21%
Lagoa Vermelha	47,13%	55,54%	53,63%	43,87%
Passo Fundo	47,89%	50,07%	48,56%	40,44%
Pelotas	55,92%	51,97%	51,34%	41,12%
Porto Alegre	56,62%	43,49%	45,79%	35,69%
Santa Maria	62,95%	42,94%	50,95%	41,06%
Santana do Livramento	56,49%	58,17%	57,21%	45,37%
São Luiz Gonzaga	55,92%	42,68%	46,99%	37,13%
Torres	59,39%	43,93%	44,35%	33,85%

Fonte: Santos (2017).

Como a cultura da mandioca é uma cultura perene, houve grande discrepância nas produtividades com plantios realizados com 80 dias de diferença. Na produtividade de hastes da cultivar Fepagro RS13, a redução variou de 42,57% a 62,95%, sendo Bom Jesus o local com menor redução e Santa Maria, o local que

apresentou maior redução na produtividade de hastes quando o plantio foi realizado no último dia proposto pelo zoneamento da cultura. Entretanto, a produtividade de raízes tuberosas desta mesma cultivar mostrou menores reduções em São Luiz Gonzaga (42,68%) e maiores em Bom Jesus, com 69,62% a menos na produtividade de raízes tuberosas.

As cultivares Estrangeira e Paraguaia apresentaram as menores reduções de produtividade em Torres, com redução de 44,35% e 33,85%, respectivamente. E as maiores reduções foram obtidas em Bom Jesus, com valores bem elevados, aproximadamente 62,20%. Esses resultados mostram a importância de se plantar o mais cedo possível.

5 CONCLUSÕES

Independente da fase, o fenômeno ENOS não interferiu no período de plantio de mandioca, sendo indicado sua realização na primeira semana recomendada pelo Zoneamento Agroclimático visando a obtenção de altas produtividades.

O fenômeno ENOS exerce influência direta sob a produtividade de mandioca nos locais estudados. Em anos de ocorrência do fenômeno El Niño, quando classificado como forte, em grande parte dos locais estudados, os valores de produtividade foram os mais altos. Em anos caracterizados como El Niño muito forte, as produtividades foram prejudicadas pelos altos índices de precipitação pluvial e baixos índices de radiação solar. Em contrapartida, em anos de La Niña, mesmo com precipitação abaixo da normal e radiação solar superior aos anos Neutros, alguns locais apresentam produtividades superiores as obtidas em anos Neutros.

As cultivares Fepagro RS13, Estrangeira e Paraguaia expressam produtividades diferentes nas diferentes fases do fenômeno ENOS.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA; EMBRAPA, Cap.7, p. 138-169, 2006.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.

BERLATO, M. A. et al. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a Produtividade do Milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília: n. 5, v. 40, p. 423-432, maio 2005.

BEXAIRA, K. P. Coeficientes de Angström-Prescott para estimar a radiação solar no Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, [2017].

BOERBOOM, B. W. J. A model of dry matter distribution in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Netherl and Journal of Agricultural Science**, v.26, p.267-277, 1978.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) a partir de manivas com diferentes diâmetros. **Scientia agrícola**, v. 5, n. 2, p. 326-333, 1998.

CARVALHO, J. E.; FUKUDA, W.M. G. **Estrutura da planta e morfologia. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 126-137, 2006.

CASTIGLIONI, G. L. et al. Modelagem matemática do processo de secagem da massa fibrosa de mandioca. **Revista Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental**, vol.17, n. 9, Campina Grande, set. 2013.

COCK, J.H. et al. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science**, v.19, p.271-279, 1979.

COCK, J. H. **La yuca**: nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 240 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Mandioca: conjuntura mensal de 01/03 a 31/03/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_01_09_37_05_mandio_camarco2016.pdf>. Acesso em: 1 de jan. 2017.

DAHLMAN, L. Variabilidade Climática: Índice Oceanic Niño. **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**. 11 feb. 2016. Disponível em: <<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-ni%C3%B1o-index>>. Acesso em: 19 de out. 2016.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

FAGUNDES, L. K. et al. Development, growth and yield of cassava in diferente sowing season in a subtropical region. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p. 2460-2466, 2010.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.2, p.39-46, 1996.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul (ENOS) sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.127-132, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). The global cassava development strategy and implementation plan, v.1, p. 70, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAOSTAT... Production, crops. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 24 de abril de 2015.

FUKAI, S.; HAMMER, G. L. A simulation model of the growth of the cassava crop and its use to estimate cassava productivity in Northern Australia. **Agricultural Systems**, v.23, p.237-257, 1987.

GABRIEL, L. F. Simulação da produtividade de mandioca para o estado do Rio Grande do Sul. 2013. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

GABRIEL, L. F. et al. Simulating cassava growth and yield under potential conditions in Southern Brazil. *Agronomy Journal*, v.106, n.4, p. 1119-1137, 2014.

GIJZEN, H. et al. Simulation of dry matter production and distribution in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Netherland Journal of Agricultural Science**, v.38, p.159-173, 1990.

GOLDEN GATE WHEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities**, jan. 2017. Disponível em:< <http://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em 12 de janeiro de 2017.

GRIMM, et al. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño Nio and La Niña Events. **Journal of Climate**, v.11, 1998.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 25, ed.4, p. 537-554, 2011.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, p. 137-157, 2000.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências exatas**, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2016.

L'HEUREUX, Michelle. What is the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) in a nutshell? **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**. 05 may 2014. Disponível em: <<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-el-ni%C3%B1o%E2%80%93southern-oscillation-enso-nutshell>>. Acesso em 19 de out. 2016.

MATTHEWS, R. B.; HUNT, L. A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, v.36, n. 1, p. 69-84, 1994.

MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; MALUF, D.E. Zoneamento Agroclimático da Mandioca no Estado do Rio Grande do Sul – Uma alternativa para a produção de etanol. Boletim Fepagro. Fepagro, Porto Alegre, 2011.

MEIRELES, E. J. L. et al. Zoneamento agroclimático: um estudo de caso para o café. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.28, n.241, p.50-57, nov./dez. 2007. Disponível em: < <http://www.epamiq.ufla.br/geosolos/publicacoes/2007/11.pdf>> Acesso em: 06 out. 2016.

MOTA, F. S. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre o rendimento do arroz irrigado na região de Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 2, p. 21-24, 2000.

OLIVEIRA, H. T. de; BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Probabilidade de Ocorrência de Geada no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. Agrometeorologia, Monitoramento Ambiental e Agricultura Sustentável. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.77-79.

PAZ, J. O. et al. Cotton yields as influenced by ENSO at different planting dates and spatial aggregation levels. **Agricultural Systems**, v. 111, p. 45-52, sep. 2012.

PENTEADO, M. V.C.; FLORES, C. I. O. Folhas de mandioca como fonte de nutrientes. In: CEREDA, M. P. (Coord.). Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas: manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargil, v.4, 2000.

RIZZI, R.; LOPES, P.; MALDONADO, F. Influência dos fenômenos “El niño” e “La nina” no rendimento da cultura de soja no RS. **São José dos Campos: INPE**, 2001.

SAMBORANHA, F. K. Modelagem matemática do desenvolvimento foliar em mandioca a campo. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SANTOS, E. L. SANTOS, M. F. Evolução nas inundações no sul do Brasil: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. **Investigaciones Geográficas**, n. 51, p. 91-102, 2016.

SÉIBOU, T. M. S. et al. Cassava roots: perspectives of a traditional staple for bio-solvents production. **Czech Journal of Food Sciences**, v.33, n. 2, p. 186-194, 2015.

SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, v.37, p.1586-1592, 2007.

SCHONS, A. et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 165-177, 2009.

SHIN, D. W. et al. The role of an advanced land model in seasonal dynamical downscaling for crop model application. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 45, n. 5, p. 686-701, 2006.

SHIN, D. W. et al. Assessing maize and peanut yield simulation with various seasonal climate data in the Southeastern United States. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.49, n. 4, p. 592-603, 2010.

SIMUNEK, J. et al., The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably Saturated Media, Version 4.16, HYDRUS Software Series 2, Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, California, USA, pp.340, 2013.

STRECK, N.A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.115, n. 3, p. 139-150, 2003.

STRECK, N.A. et al. SimulArroz: um aplicativo para estimar a produtividade de arroz no Rio Grande do Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**. v. 8, p. 1618-1627, 2013.

STRECK, N. A. et al. Simanihot: um modelo de simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade de mandioca. In: 13^o Reunião Técnica Estadual da mandioca e 5^o Reunião Técnica Estadual da batata-doce, Cerro Largo-RS: Emater-RS, 2015. 55p.

SUN, X. et al. A global analysis of the asymmetric effect of ENSO on extreme precipitation. **Journal of Hydrology**, v. 530, p. 51-65, nov. 2015.

TIRONI, L. F. et al. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, Campinas, v.74, n. 1, p.58-66, 2015.

TIRONI, L. F. Simanihot: um modelo de simulação da cultura da mandioca e sua aplicação em clima futuro no Rio Grande do Sul. 2016. 172 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

VILPOUX, O. Desempenho dos arranjos institucionais e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecculárias de mandioca. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 2, p. 271-294, 2011.

WESTPHALEN, S.L.; MALUF, J.R.T. Zoneamento Agroclimático da Mandioca para o Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1980.

WHEATLEY, C. C.; GOMEZ, G. G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 35, n. 2, 121-129, 1985.

WOLI, P. et al. The ENSO effect on peanut yield as influenced by planting date and soil type. **Agricultural Systems**, v. 121, p. 1-8, 2013.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, 2015.

7 ANEXO

Anexo 1 – Equações: estimativa da produtividade de hastes decorrentes da fase do fenômeno ENOS e do local de plantio da cultivar FEPAGRO RS13.

LOCAL	FASES DO ENOS	EQUAÇÕES	R ²
Bagé	Neutro	$0.000002845x^3 - 0.002547x^2 + 0.7095x - 56.26$	99.93%
	El Niño	$0.000002067x^3 - 0.001812x^2 + 0.48x - 32.68$	99.74%
	El Niño forte	$0.000001101x^3 - 0.0009763x^2 + 0.2485x - 12.45$	99.58%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0000007598x^3 + 0.0006774x^2 - 0.2295x + 31.8$	98.8%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.0000007052x^3 - 0.0006417x^2 + 0.163x - 7.013$	98.84%
	La Niña	$0.000001548x^3 - 0.001411x^2 + 0.3911x - 28.43$	99.77%
	La Niña forte	$0.000001342x^3 - 0.001237x^2 + 0.3443x - 24.45$	99.84%
Bento	Neutro	$0.000001192x^3 - 0.001065x^2 + 0.2864x - 19.14$	99.9%
Gonçalves	El Niño	$0.000001481x^3 - 0.001324x^2 + 0.3624x - 26.32$	99.88%
	El Niño forte	$0.000001786x^3 - 0.001618x^2 + 0.4584x - 36.92$	99.61%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0000007391x^3 + 0.000706x^2 - 0.2389x + 30.36$	97.35%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.0000005035x^3 + 0.0000823x^2 - 0.05775x + 13.94$	98.53%
	La Niña	$-0.00002009x^2 - 0.01144x + 8.237$	99.52%
	La Niña forte	$0.000001135x^2 - 0.02141x + 8.999$	99.37%
Bom Jesus	Neutro	$0.0000004001x^3 - 0.0004086x^2 + 0.1202x - 7.929$	99.88%
	El Niño	$-0.0000265x^2 + 0.0001737x + 4.376$	99.91%
	El Niño forte	$-0.00004513x^2 + 0.01651x + 0.8781$	99.81%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0000001409x^3 + 0.0001408x^2 - 0.05861x + 10.03$	99%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000001405x^3 + 0.001206x^2 - 0.3519x + 36.52$	98.97%
	La Niña	$-0.00004165x^2 + 0.01113x + 2.38$	99.53%
	La Niña forte	$-0.00004797x^2 + 0.01785x + 0.7235$	99.5%
Caxias do Sul	Neutro	$0.0000004749x^3 - 0.0004292x^2 + 0.1045x - 2.693$	99.96%
	El Niño	$0.0000003544x^3 - 0.0003052x^2 + 0.06355x + 1.591$	99.92%
	El Niño forte	$-0.00003861x^2 + 0.009676x + 2.845$	99.51%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0000008024x^3 + 0.0006903x^2 - 0.2095x + 24.35$	99.65%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000001837x^3 + 0.001646x^2 - 0.5028x + 54.65$	99.8%
	La Niña	$-0.00003213x^2 + 0.0005393x + 5.321$	99.81%
	La Niña forte	$-0.00003826x^2 + 0.007335x + 3.513$	99.8%

Cruz Alta	Neutro	$0.00000437x^3 - 0.003897x^2 + 1.094x - 90.73$	99.88%
	El Niño	$0.000004902x^3 - 0.004368x^2 + 1.228x - 102.7$	99.76%
	El Niño forte	$0.000001178x^3 - 0.0009391x^2 + 0.1967x - 2.189$	99.67%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0000005971x^3 + 0.0005522x^2 - 0.1992x + 29.57$	99.02%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000002017x^3 + 0.001934x^2 - 0.6544x + 80.62$	98.78%
	La Niña	$0.000002567x^3 - 0.002314x^2 + 0.6429x - 49.45$	99.94%
	La Niña forte	$0.00004878x^2 - 0.06693x + 19.45$	99.75%
Encruzilhada do Sul	Neutro	$0.000002148x^3 - 0.001944x^2 + 0.5451x - 42.87$	99.95%
	El Niño	$0.0000008857x^3 - 0.0007881x^2 + 0.1984x - 8.964$	99.88%
	El Niño forte	$0.000001158x^3 - 0.001077x^2 + 0.3103x - 24.64$	99.79%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000007351x^2 - 0.02633x + 9.835$	99.33%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00003709x^2 - 0.003442x + 7.346$	98.48%
	La Niña	$0.000001067x^3 - 0.001015x^2 + 0.29x - 21.02$	99.41%
	La Niña forte	$-0.00003034x^2 - 0.004797x + 7.149$	99.65%
Lagoa Vermelha	Neutro	$0.000000518x^3 - 0.000473x^2 + 0.1195x - 4.378$	99.94%
	El Niño	$0.000001061x^3 - 0.000943x^2 + 0.2522x - 16.54$	99.91%
	El Niño forte	$0.0000007034x^3 - 0.0006102x^2 + 0.1549x - 7.919$	99.4%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0000008274x^3 + 0.0007176x^2 - 0.2199x + 25.78$	99.64%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000002041x^3 + 0.001833x^2 - 0.5601x + 60.37$	99.33%
	La Niña	$-0.00002598x^2 - 0.004661x + 6.455$	99.86%
	La Niña forte	$-0.000000572x^3 + 0.0004933x^2 - 0.155x + 19.88$	99.78%
Passo Fundo	Neutro	$0.000001546x^3 - 0.00137x^2 + 0.3664x - 24.84$	99.88%
	El Niño	$0.0000006498x^3 - 0.0005385x^2 + 0.1112x + 1.136$	99.72%
	El Niño forte	$0.000001089x^3 - 0.0009701x^2 + 0.254x - 14.7$	99.66%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.0000005315x^3 - 0.0004576x^2 + 0.1062x - 2.328$	99.63%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.000001053x^3 - 0.0009675x^2 + 0.2629x - 16.89$	99.09%
	La Niña	$0.000001242x^3 - 0.001141x^2 + 0.3153x - 21.91$	99.56%
	La Niña forte	$0.000001404x^3 - 0.001273x^2 + 0.3549x - 26.77$	99.79%
Pelotas	Neutro	$0.000003362x^3 - 0.003051x^2 + 0.8707x - 73.01$	99.89%
	El Niño	$0.000002694x^3 - 0.002404x^2 + 0.6629x - 50.91$	99.79%
	El Niño forte	$-0.0000747x^2 + 0.01024x + 7.883$	98.63%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.0000008123x^3 - 0.0007701x^2 + 0.2115x - 12.62$	99.5%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00001951x^2 - 0.02165x + 11.96$	97.96%
	La Niña	$0.000001171x^3 - 0.00113x^2 + 0.3238x - 22.91$	99.57%
	La Niña forte	$0.0000009106x^3 - 0.0008776x^2 + 0.2458x - 15.25$	99.69%
Porto Alegre	Neutro	$0.000005431x^3 - 0.00522x^2 + 1.583x - 144.7$	98.74%
	El Niño	$0.000004964x^3 - 0.004834x^2 + 1.482x - 136.3$	98.65%
	El Niño forte	$0.000004807x^3 - 0.004824x^2 + 1.513x - 141.1$	97.42%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000003294x^3 - 0.002941x^2 + 0.8121x - 62.84$	99.17%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.000008161x^3 - 0.007678x^2 + 2.307x - 214$	98.05%
	La Niña	$0.000005005x^3 - 0.00475x^2 + 1.421x - 127.4$	99.21%
	La Niña forte	$0.000004368x^3 - 0.004121x^2 + 1.224x - 108.1$	99.49%
Santa Maria	Neutro	$0.000006092x^3 - 0.005593x^2 + 1.635x - 145.9$	99.26%
	El Niño	$0.000006003x^3 - 0.005521x^2 + 1.614x - 143.4$	99.57%
	El Niño forte	$0.000006932x^3 - 0.006239x^2 + 1.792x - 157.6$	98.83%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000001076x^3 - 0.0009731x^2 + 0.2651x - 17.96$	98.62%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.000008087x^3 - 0.007311x^2 + 2.116x - 189.3$	98.29%
	La Niña	$0.000004735x^3 - 0.004364x^2 + 1.272x - 111$	99.48%
	La Niña forte	$0.000001614x^3 - 0.001377x^2 + 0.3395x - 17.17$	99.8%
	Neutro	$0.000003002x^3 - 0.002739x^2 + 0.7835x - 65.53$	99.96%

Santana do Livramento	El Niño	$0.000002138x^3 - 0.001936x^2 + 0.5392x - 41.27$	99.96%
	El Niño forte	$-0.00004706x^2 - 0.004812x + 9.62$	99.87%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.0000008499x^3 - 0.0007938x^2 + 0.2174x - 13.52$	99.65%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.000135x^2 - 0.128x + 30.24$	99.86%
	La Niña	$0.000001589x^3 - 0.001505x^2 + 0.4362x - 34.41$	99.98%
	La Niña forte	$0.000002687x^3 - 0.002449x^2 + 0.7037x - 59.68$	99.92%
São Luis	Neutro	$0.000004919x^3 - 0.004687x^2 + 1.406x - 126$	99.21%
Gonzaga	El Niño	$0.000004972x^3 - 0.004782x^2 + 1.446x - 130.5$	98.82%
	El Niño forte	$0.000007389x^3 - 0.006838x^2 + 2.02x - 183.6$	98.69%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000001667x^3 + 0.001572x^2 - 0.524x + 64.34$	98.83%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.000005762x^3 - 0.005666x^2 + 1.748x - 161.6$	96.99%
	La Niña	$0.000004956x^3 - 0.004714x^2 + 1.414x - 127$	99.37%
	La Niña forte	$0.00000436x^3 - 0.003926x^2 + 1.108x - 91.73$	99.91%
Torres	Neutro	$0.000003467x^3 - 0.003175x^2 + 0.9103x - 75.84$	99.9%
	El Niño	$0.000002891x^3 - 0.002611x^2 + 0.7294x - 56.85$	99.95%
	El Niño forte	$-0.00005439x^2 - 0.006272x + 11.57$	99.56%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000001519x^3 - 0.001379x^2 + 0.3861x - 29.22$	99.72%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.000006092x^3 - 0.005498x^2 + 1.574x - 135.9$	98.98%
	La Niña	$0.000002133x^3 - 0.001957x^2 + 0.5504x - 41.9$	99.94%
	La Niña forte	$-0.00004357x^2 - 0.008983x + 10.96$	99.38%

Anexo 2 – Equações: estimativa da produtividade de raízes tuberosas decorrentes da fase do fenômeno ENOS e do local de plantio da cultivar FEPAGRO .

LOCAL	FASES DO ENOS	EQUAÇÕES	R ²
Bagé	Neutro	$-0.000005808x^3 + 0.003919x^2 - 0.9672x + 118.9$	99.84%
	El Niño	$-0.000005288x^3 + 0.00365x^2 - 0.9318x + 116.7$	99.75%
	El Niño forte	$0.000005389x^3 - 0.005929x^2 + 1.867x - 147.2$	99.24%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000001049x^3 - 0.001746x^2 + 0.5246x - 5.667$	99.37%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00001137x^3 + 0.009277x^2 - 2.691x + 299.3$	99.67%
	La Niña	$-0.000003676x^3 + 0.002374x^2 - 0.5979x + 85.76$	99.88%
	La Niña forte	$-0.000008802x^3 + 0.006487x^2 - 1.673x + 180.1$	99.83%
Bento Gonçalves	Neutro	$-0.0000008135x^3 - 0.000566x^2 + 0.3231x - 0.01635$	99.83%
	El Niño	$-0.000003602x^3 + 0.002096x^2 - 0.5351x + 94.22$	99.95%
	El Niño forte	$-0.000003193x^3 + 0.001568x^2 - 0.3365x + 72.66$	99.72%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.00000168x^3 + 0.0008982x^2 - 0.3055x + 74.36$	99.85%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00001061x^3 + 0.008917x^2 - 2.664x + 302$	96.85%
	La Niña	$-0.000004307x^3 + 0.002971x^2 - 0.8419x + 123.8$	99.95%
	La Niña forte	$-0.000001999x^3 + 0.0006174x^2 - 0.06726x + 41.79$	99.85%
Bom Jesus	Neutro	$0.00000947x^3 - 0.00869x^2 + 2.466x - 201.6$	99.84%
	El Niño	$0.000007719x^3 - 0.00696x^2 + 1.898x - 140.3$	99.93%
	El Niño forte	$0.000008665x^3 - 0.007633x^2 + 2.082x - 164$	99.82%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.0008471x^2 - 0.6038x + 107.9$	99.07%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.000003733x^3 - 0.002883x^2 + 0.5843x - 10.99$	97.88%
	La Niña	$0.00000818x^3 - 0.007293x^2 + 2.024x - 163.5$	99.68%
	La Niña forte	$0.00000568x^3 - 0.005096x^2 + 1.369x - 96.55$	99.87%
Caxias do Sul	Neutro	$-0.001138x^2 + 0.4424x - 7.738$	99.82%
	El Niño	$-0.0009711x^2 + 0.3466x + 4.677$	99.84%
	El Niño forte	$0.000006087x^3 - 0.006401x^2 + 1.964x - 158.7$	99.73%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.00000373x^3 - 0.00336x^2 + 0.7995x - 25.37$	99.66%

	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.0007489x^2 + 0.2368x + 13.12$	99.85%
	La Niña	$-0.000685x^2 + 0.2009x + 19.76$	99.84%
	La Niña forte	$-0.0007034x^2 + 0.2193x + 14.35$	99.68%
Cruz Alta	Neutro	$-0.001173x^2 + 0.4678x - 6.439$	99.5%
	El Niño	$-0.00119x^2 + 0.4845x - 10.26$	99.51%
	El Niño forte	$0.000004466x^3 - 0.005636x^2 + 1.913x - 157.6$	99.41%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000002789x^3 - 0.000561x^2 + 0.165x + 32.08$	99.27%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.001534x^2 + 0.6935x - 46.31$	99.68%
	La Niña	$-0.001165x^2 + 0.4772x - 11.84$	99.82%
Encruzilhada do Sul	La Niña forte	$-0.000001805x^3 + 0.0002042x^2 + 0.1167x + 24.15$	99.84%
	Neutro	$-0.000006229x^3 + 0.004269x^2 - 1.065x + 127.5$	99.89%
	El Niño	$-0.001165x^2 + 0.4745x - 13.83$	99.9%
	El Niño forte	$-0.001345x^2 + 0.6053x - 38.64$	99.63%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.00001051x^3 + 0.008653x^2 - 2.541x + 287.2$	99.62%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00001307x^3 + 0.01182x^2 - 3.709x + 415.7$	81.17%
Lagoa Vermelha	La Niña	$-0.0009945x^2 + 0.3771x - 1.086$	99.88%
	La Niña forte	$-0.001383x^2 + 0.6517x - 50.13$	99.88%
	Neutro	$0.00000401x^3 - 0.004707x^2 + 1.483x - 106.7$	99.63%
	El Niño	$-0.001088x^2 + 0.4054x - 0.6803$	99.64%
	El Niño forte	$-0.00143x^2 + 0.5968x - 25.33$	99.66%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000005613x^3 - 0.005264x^2 + 1.419x - 89.39$	99.49%
Passo Fundo	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.0007908x^2 + 0.2515x + 12.97$	99.22%
	La Niña	$0.000005005x^3 - 0.005208x^2 + 1.529x - 105.9$	99.6%
	La Niña forte	$0.000005929x^3 - 0.006232x^2 + 1.891x - 147.6$	99.74%
	Neutro	$-0.001015x^2 + 0.3804x + 1.166$	99.93%
	El Niño	$-0.001166x^2 + 0.4525x - 5.162$	99.91%
	El Niño forte	$-0.001224x^2 + 0.4822x - 7.075$	99.84%
Pelotas	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0006588x^2 + 0.1413x + 37.9$	99.75%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000009274x^3 + 0.007541x^2 - 2.239x + 264.3$	99.47%
	La Niña	$-0.0009488x^2 + 0.3311x + 10.01$	99.91%
	La Niña forte	$-0.000006198x^3 + 0.004443x^2 - 1.223x + 158.7$	99.88%
	Neutro	$-0.000007291x^3 + 0.005161x^2 - 1.31x + 151.2$	99.89%
	El Niño	$-0.000005397x^3 + 0.003538x^2 - 0.8586x + 110.1$	99.78%
Porto Alegre	El Niño forte	$0.000007127x^3 - 0.007889x^2 + 2.533x - 214.4$	99.71%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0005656x^2 + 0.1016x + 42.85$	99.53%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000008974x^3 + 0.006787x^2 - 1.84x + 206$	99.54%
	La Niña	$-0.001138x^2 + 0.4723x - 13.32$	99.84%
	La Niña forte	$-0.000002848x^3 + 0.001287x^2 - 0.2071x + 49.38$	99.8%
	Neutro	$-0.00000999x^3 + 0.008636x^2 - 2.664x + 317.5$	99.12%
Santa Maria	El Niño	$-0.000007662x^3 + 0.006631x^2 - 2.087x + 260.3$	98.84%
	El Niño forte	$-0.000003754x^3 + 0.003232x^2 - 1.129x + 175.3$	95.55%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.00001549x^3 + 0.01287x^2 - 3.681x + 389.8$	98.86%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00003033x^3 + 0.02721x^2 - 8.231x + 858.8$	97.14%
	La Niña	$-0.000008718x^3 + 0.007298x^2 - 2.223x + 272.5$	99.57%
	La Niña forte	$-0.00001371x^3 + 0.01155x^2 - 3.36x + 364$	98.92%
Santa Maria	Neutro	$-0.00001131x^3 + 0.009331x^2 - 2.694x + 298.2$	99.33%
	El Niño	$-0.000009423x^3 + 0.00773x^2 - 2.279x + 268.1$	99.69%
	El Niño forte	$-0.00001393x^3 + 0.01118x^2 - 3.065x + 311.1$	97.93%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000004487x^3 + 0.00362x^2 - 1.157x + 162.4$	97.33%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00003302x^3 + 0.02919x^2 - 8.664x + 884.9$	94.81%

	La Niña	$-0.000009214x^3 + 0.007583x^2 - 2.236x + 261.6$	99.69%
	La Niña forte	$-0.001449x^2 + 0.6598x - 39.5$	99.26%
Santana do Livramento	Neutro	$-0.000005386x^3 + 0.003672x^2 - 0.9366x + 120.1$	99.97%
	El Niño	$-0.000002781x^3 + 0.001466x^2 - 0.3432x + 69.95$	99.9%
	El Niño forte	$0.00001383x^3 - 0.01374x^2 + 4.194x - 368.4$	99.31%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000007064x^3 + 0.005669x^2 - 1.7225x + 220.9$	99.44%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000005179x^3 + 0.003094x^2 - 0.6652x + 85.19$	99.04%
	La Niña	$-0.000003621x^3 + 0.002162x^2 - 0.5162x + 81.8$	99.85%
	La Niña forte	$-0.00001361x^3 + 0.01078x^2 - 2.935x + 301.7$	99.86%
São Luis Gonzaga	Neutro	$-0.000009623x^3 + 0.008161x^2 - 2.491x + 301$	99.52%
	El Niño	$-0.000007521x^3 + 0.006529x^2 - 2.1x + 273.2$	99.5%
	El Niño forte	$-0.00000788x^3 + 0.00621x^2 - 1.808x + 227.1$	99.18%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.001141x^2 + 0.4273x + 0.616$	99.53%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00001386x^3 + 0.01273x^2 - 4.072x + 471.9$	97.41%
	La Niña	$-0.00001273x^3 + 0.01102x^2 - 3.335x + 379.3$	99.61%
	La Niña forte	$-0.000007485x^3 + 0.005451x^2 - 1.473x + 184.4$	99.88%
Torres	Neutro	$-0.000008356x^3 + 0.006122x^2 - 1.624x + 191.3$	99.96%
	El Niño	$-0.001393x^2 + 0.5949x - 26.12$	99.82%
	El Niño forte	$-0.000004635x^3 + 0.002491x^2 - 0.4551x + 68.02$	99.8%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000006386x^3 + 0.004864x^2 - 1.415x + 184.2$	99.74%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00003069x^3 + 0.02623x^2 - 7.53x + 751.9$	96.92%
	La Niña	$-0.00121x^2 + 0.5039x - 14.26$	99.83%
	La Niña forte	$-0.001693x^2 + 0.7818x - 51.65$	99.66%

Anexo 3 – Equações: estimativa da produtividade de raízes tuberosas decorrentes da fase do fenômeno ENOS e do local de plantio da cultivar ESTRANGEIRA.

LOCAL	FASES DO ENOS	EQUAÇÕES	R ²
Bagé	Neutro	$0.000001769x^3 - 0.002307x^2 + 0.6838x - 22.14$	99.92%
	El Niño	$0.000001508x^3 - 0.001859x^2 + 0.4948x - 0.4878$	99.97%
	El Niño forte	$0.000008151x^3 - 0.008027x^2 + 2.37x - 185.4$	99.8%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000004452x^3 - 0.004239x^2 + 1.085x - 44.03$	99.58%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000005028x^3 + 0.004246x^2 - 1.392x + 189.07$	99.28%
	La Niña	$0.000002382x^3 - 0.002724x^2 + 0.7909x - 36.07$	99.94%
	La Niña forte	$0.0000008243x^3 - 0.00144x^2 + 0.4395x - 2.216$	99.94%
Bento Gonçalves	Neutro	$0.000003515x^3 - 0.003934x^2 + 1.177x - 71$	99.92%
	El Niño	$0.000003952x^3 - 0.004162x^2 + 1.175x - 61.06$	99.96%
	El Niño forte	$0.000006868x^3 - 0.00689x^2 + 2.015x - 144.9$	99.88%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000006207x^3 - 0.005512x^2 + 1.386x - 70.27$	99.62%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000004246x^3 + 0.003561x^2 - 1.192x + 169.8$	99.37%
	La Niña	$0.000004974x^3 - 0.004968x^2 + 1.39x - 82.09$	99.95%
	La Niña forte	$0.000005008x^3 - 0.005022x^2 + 1.418x - 87.02$	99.96%
Bom Jesus	Neutro	$0.00000647x^3 - 0.006227x^2 + 1.797x - 138.8$	99.92%
	El Niño	$0.000004256x^3 - 0.003991x^2 + 1.053x - 57.69$	99.97%
	El Niño forte	$0.000005058x^3 - 0.004807x^2 + 1.347x - 95.71$	99.9%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.0005266x^2 - 0.4557x + 96.57$	99.42%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000007719x^3 + 0.007108x^2 - 2.301x + 267.8$	98.48%
	La Niña	$0.00000296x^3 - 0.002741x^2 + 0.6874x - 27.77$	99.93%
	La Niña forte	$-0.0002332x^2 - 0.0118x + 37.02$	99.89%
Caxias do Sul	Neutro	$0.000003937x^3 - 0.004147x^2 + 1.192x - 69.24$	99.93%

	El Niño	$-0.0004737x^2 + 0.06253x + 44.44$	99.92%
	El Niño forte	$0.000004812x^3 - 0.004884x^2 + 1.427x - 99.48$	99.74%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000005939x^3 - 0.005076x^2 + 1.224x - 56.92$	99.56%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000004735x^3 + 0.003891x^2 - 1.23x + 163.4$	99.28%
	La Niña	$0.000005008x^3 - 0.004836x^2 + 1.326x - 78.75$	99.96%
	La Niña forte	$-0.0003329x^2 + 0.007393x + 45.23$	99.9%
Cruz Alta	Neutro	$-0.0007351x^2 + 0.2005x + 32.53$	99.93%
	El Niño	$-0.0007507x^2 + 0.2048x + 32.64$	99.96%
	El Niño forte	$0.000005827x^3 - 0.005904x^2 + 1.708x - 112.2$	99.95%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000005457x^3 - 0.005114x^2 + 1.326x - 63.75$	99.69%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.0003423x^2 - 0.03258x + 62.57$	99.61%
	La Niña	$-0.0008535x^2 + 0.2813x + 17.97$	99.94%
	La Niña forte	$0.000002943x^3 - 0.003294x^2 + 0.9233x - 34.32$	99.94%
Encruzilhada do sul	Neutro	$-0.0007274x^2 + 0.2294x + 18.69$	99.89%
	El Niño	$-0.0006515x^2 + 0.1696x + 29.77$	99.91%
	El Niño forte	$0.000005282x^3 - 0.005468x^2 + 1.65x - 125$	99.88%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000004053x^3 - 0.003715x^2 + 0.9029x - 27.89$	99.64%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000007659x^3 + 0.006576x^2 - 2.045x + 244.9$	99.19%
	La Niña	$0.000003424x^3 - 0.003702x^2 + 1.07x - 58.47$	99.92%
	La Niña forte	$-0.0005926x^2 + 0.18x + 18.26$	99.92%
Lagoa Vermelha	Neutro	$0.000003218x^3 - 0.003488x^2 + 0.9899x - 48.19$	99.93%
	El Niño	$0.000003067x^3 - 0.003279x^2 + 0.9039x - 37.46$	99.94%
	El Niño forte	$0.000004322x^3 - 0.004581x^2 + 1.34x - 83.34$	99.89%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.00000472x^3 - 0.004094x^2 + 0.9684x - 35.04$	99.61%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.0005972x^2 + 0.1012x + 45.7$	99.7%
	La Niña	$0.000005757x^3 - 0.005535x^2 + 1.527x - 95.62$	99.95%
	La Niña forte	$0.000003924x^3 - 0.003925x^2 + 1.07x - 54.65$	99.94%
Passo Fundo	Neutro	$-0.0005567x^2 + 0.1106x + 39.58$	99.94%
	El Niño	$-0.000629x^2 + 0.1388x + 38.97$	99.94%
	El Niño forte	$-0.0008028x^2 + 0.2547x + 21.2$	99.84%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000006446x^3 - 0.005915x^2 + 1.543x - 85.26$	99.84%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000004835x^3 + 0.004006x^2 - 1.313x + 184.3$	99.44%
	La Niña	$0.000003851x^3 - 0.004065x^2 + 1.153x - 60.85$	99.95%
	La Niña forte	$0.000004369x^3 - 0.004498x^2 + 1.27x - 71.96$	99.94%
Pelotas	Neutro	$-0.000911x^2 + 0.334x + 5.838$	99.92%
	El Niño	$0.000002721x^3 - 0.003192x^2 + 0.9431x - 45.06$	99.95%
	El Niño forte	$0.00000337x^3 - 0.004143x^2 + 1.318x - 86.91$	99.91%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000003906x^3 - 0.003853x^2 + 1.007x - 39.7$	99.74%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000007127x^3 + 0.005798x^2 - 1.743x + 214.3$	99.43%
	La Niña	$0.00000267x^3 - 0.003282x^2 + 1.017x - 56.73$	99.9%
	La Niña forte	$-0.0008689x^2 + 0.3005x + 13.64$	99.93%
Porto Alegre	Neutro	$-0.0007071x^2 + 0.1911x + 33.43$	99.97%
	El Niño	$-0.0007259x^2 + 0.2086x + 28.94$	99.97%
	El Niño forte	$0.000003916x^3 - 0.004403x^2 + 1.334x - 80.07$	99.9%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0005476x^2 + 0.09276x + 45.54$	99.72%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000006495x^3 + 0.005379x^2 - 1.687x + 221.1$	99.81%
	La Niña	$-0.0007629x^2 + 0.2094x + 33.6$	99.98%
	La Niña forte	$-0.0006595x^2 + 0.1801x + 30.61$	99.96%
Santa Maria	Neutro	$-0.0007593x^2 + 0.236x + 21.96$	99.94%
	El Niño	$-0.0006463x^2 + 0.1449x + 39.98$	99.95%

	El Niño forte	$0.000005236x^3 - 0.005332x^2 + 1.558x - 106.1$	99.88%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000006724x^3 - 0.006138x^2 + 1.614x - 95.2$	99.64%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000006679x^3 + 0.005628x^2 - 1.777x + 228.1$	99.68%
	La Niña	$-0.0007447x^2 + 0.2131x + 28.31$	99.95%
	La Niña forte	$-0.0007854x^2 + 0.2401x + 23.59$	99.91%
Santana do Livramento	Neutro	$-0.0007372x^2 + 0.2326x + 18.9$	99.92%
	El Niño	$0.000004457x^3 - 0.004586x^2 + 1.303x - 76.05$	99.93%
	El Niño forte	$0.0000109x^3 - 0.01066x^2 + 3.155x - 255.9$	99.76%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000005891x^3 - 0.00543x^2 + 1.401x - 70.22$	99.61%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000005309x^3 + 0.004401x^2 - 1.431x + 198.4$	99.68%
	La Niña	$-0.0007219x^2 + 0.2227x + 20.43$	99.9%
	La Niña forte	$-0.0007689x^2 + 0.2698x + 9.757$	99.86%
São Luis Gonzaga	Neutro	$0.00002296x^3 - 0.02188x^2 + 6.645x - 615.7$	99.29%
	El Niño	$0.00001611x^3 - 0.01547x^2 + 4.648x - 408.8$	98.62%
	El Niño forte	$0.000004707x^3 - 0.00507x^2 + 1.506x - 92.45$	99.92%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.00005401x^3 - 0.05003x^2 + 15.04x - 1444$	85.24%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$0.00004941x^3 - 0.04608x^2 + 13.95x - 1343$	82.65%
	La Niña	$0.00001309x^3 - 0.01286x^2 + 3.929x - 346.7$	98.27%
	La Niña forte	$0.00001926x^3 - 0.01844x^2 + 5.568x - 502.3$	98.69%
Torres	Neutro	$-0.0009417x^2 + 0.3254x + 15.97$	99.97%
	El Niño	$-0.000942x^2 + 0.3236x + 16.31$	99.96%
	El Niño forte	$-0.001003x^2 + 0.3671x + 9.714$	99.91%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0005312x^2 + 0.08754x + 45.01$	99.7%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000005273x^3 + 0.004022x^2 - 1.207x + 169.4$	99.9%
	La Niña	$-0.0008986x^2 + 0.3086x + 16$	99.94%
	La Niña forte	$-0.001053x^2 + 0.4055x + 1.764$	99.97%

Anexo 4 – Equações: estimativa da produtividade de raízes tuberosas decorrentes da fase do fenômeno ENOS e do local de plantio da cultivar PARAGUAIA.

LOCAL	Fases do ENOS	CULTIVAR	R ²
Bagé	Neutro	$-0.000001805x^3 + 0.0005823x^2 - 0.04748x + 37.81$	99.97%
	El Niño	$-0.000001598x^3 + 0.0006156x^2 - 0.1098x + 45.79$	99.98%
	El Niño forte	$0.000002587x^3 - 0.003222x^2 + 1.033x - 63.1$	99.74%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000004741x^3 + 0.003593x^2 - 1.067x + 149.2$	99.72%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000005848x^3 + 0.004488x^2 - 1.295x + 164.6$	99.61%
	La Niña	$-0.000001148x^3 + 0.0002172x^2 + 0.01741x + 29.93$	99.94%
	La Niña forte	$-0.000005454x^3 + 0.003847x^2 - 0.9848x + 122.9$	99.93%
Bento Gonçalves	Neutro	$-0.000001157x^3 + 0.0004579x^2 - 0.1626x + 64.89$	99.35%
Bom Jesus	El Niño	$-0.0000006969x^3 + 0.0001937x^2 - 0.1451x + 71.86$	99.45%
	El Niño forte	$0.0000001741x^3 - 0.000657x^2 + 0.1302x + 43.64$	99.55%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000002437x^3 + 0.002228x^2 - 0.8688x + 146.2$	99.51%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00000785x^3 + 0.006805x^2 - 2.135x + 261.7$	98.83%
	La Niña	$0.0000003257x^3 - 0.00002052x^2 - 0.1077x + 68.12$	99.52%
	La Niña forte	$-0.000001741x^3 + 0.001092x^2 - 0.3856x + 89.81$	99.46%
Bom Jesus	Neutro	$0.000007381x^3 - 0.007348x^2 + 2.215x - 187$	99.32%
	El Niño	$-0.0007189x^2 + 0.2476x + 5.654$	99.53%
	El Niño forte	$-0.0007692x^2 + 0.2962x - 6.69$	99.62%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$0.000004671x^3 - 0.004009x^2 + 0.9931x - 56.13$	98.83%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.0003659x^2 + 0.06956x + 22.4$	98.55%

	La Niña	$0.000007545x^3 - 0.007227x^2 + 2.132x - 180.8$	99.34%
	La Niña forte	$-0.0007072x^2 + 0.2686x - 3.452$	99.87%
Caxias do Sul	Neutro	$-0.000002364x^3 + 0.0009957x^2 - 0.162x + 47.93$	99.99%
	El Niño	$-0.000002786x^3 + 0.001541x^2 - 0.372x + 72.25$	99.99%
	El Niño forte	$-0.000003212x^3 + 0.001706x^2 - 0.3341x + 55.31$	99.8%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000006241x^3 + 0.005084x^2 - 1.532x + 187.5$	99.64%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000008455x^3 + 0.006606x^2 - 1.844x + 207.7$	99.78%
	La Niña	$-0.000003284x^3 + 0.002046x^2 - 0.5274x + 84.85$	99.94%
	La Niña forte	$-0.000005462x^3 + 0.003878x^2 - 1.024x + 126.6$	99.96%
Cruz Alta	Neutro	$-0.001058x^2 + 0.4223x - 0.8662$	99.89%
	El Niño	$-0.001014x^2 + 0.3936x + 3.399$	99.96%
	El Niño forte	$0.0000012x^3 - 0.002062x^2 + 0.6948x - 24.94$	99.91%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000003817x^3 + 0.002774x^2 - 0.8357x + 129.2$	99.69%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.0008439x^2 + 0.2935x + 13.86$	99.56%
	La Niña	$-0.001086x^2 + 0.4495x - 7.941$	99.95%
	La Niña forte	$-0.000001266x^3 + 0.0009298x^2 + 0.06972x + 35.14$	99.65%
Encruzilhada do Sul	Neutro	$-0.000002844x^3 + 0.001503x^2 - 0.3073x + 59.43$	99.95%
	El Niño	$-0.0009539x^2 + 0.3776x - 1.228$	99.96%
	El Niño forte	$-0.001111x^2 + 0.4986x - 25.73$	99.75%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000004813x^3 + 0.003762x^2 - 1.131x + 152.6$	99.63%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000008332x^3 + 0.00672x^2 - 1.934x + 220.2$	98.74%
	La Niña	$-0.00094x^2 + 0.372x - 1.793$	99.96%
	La Niña forte	$-0.000003678x^3 + 0.002333x^2 - 0.5454x + 75.7$	99.93%
Lagoa Vermelha	Neutro	$-0.001111x^2 + 0.4521x - 10.22$	99.96%
	El Niño	$-0.001034x^2 + 0.4048x - 2.973$	99.96%
	El Niño forte	$-0.000004179x^3 + 0.00244x^2 - 0.5389x + 81.93$	99.85%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000005272x^3 + 0.004054x^2 - 1.179x + 148.8$	99.76%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000009824x^3 + 0.00791x^2 - 2.264x + 252.7$	98.69%
	La Niña	$-0.0009002x^2 + 0.3278x + 5.346$	99.96%
	La Niña forte	$-0.000004008x^3 + 0.0026x^2 - 0.6682x + 96.98$	99.95%
Passo Fundo	Neutro	$-0.0009292x^2 + 0.3533x + 4.012$	99.97%
	El Niño	$-0.0009983x^2 + 0.381x + 3.378$	99.97%
	El Niño forte	$-0.001026x^2 + 0.4121x - 2.415$	99.89%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.00000341x^3 + 0.00238x^2 - 0.7177x + 116.4$	99.83%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000007683x^3 + 0.005902x^2 - 1.658x + 198.1$	99.69%
	La Niña	$-0.0009691x^2 + 0.3676x + 3.787$	99.98%
	La Niña forte	$-0.0009776x^2 + 0.3743x + 1.986$	99.96%
Pelotas	Neutro	$-0.001106x^2 + 0.4816x - 17.07$	99.92%
	El Niño	$-0.001043x^2 + 0.4273x - 6.238$	99.97%
	El Niño forte	$-0.001375x^2 + 0.6046x - 26.73$	99.91%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.000004029x^3 + 0.002873x^2 - 0.8235x + 122.3$	99.84%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000006688x^3 + 0.005157x^2 - 1.452x + 175.9$	99.66%
	La Niña	$-0.00111x^2 + 0.4763x - 14.15$	99.92%
	La Niña forte	$-0.000003969x^3 + 0.002487x^2 - 0.5955x + 91.75$	99.95%
Porto Alegre	Neutro	$-0.0008172x^2 + 0.2978x + 14.41$	99.96%
	El Niño	$-0.00084x^2 + 0.3188x + 9.13$	99.96%
	El Niño forte	$-0.00092x^2 + 0.3562x + 8.122$	99.87%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0005656x^2 + 0.1532x + 32.01$	99.65%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000009188x^3 + 0.007547x^2 - 2.206x + 257.1$	99.86%
	La Niña	$-0.0008714x^2 + 0.3134x + 15.42$	99.98%

	La Niña forte	$-0.00000335x^3 + 0.0022x^2 - 0.5796x + 94.92$	99.92%
Santa Maria	Neutro	$-0.000004746x^3 + 0.003202x^2 - 0.8076x + 110.1$	99.97%
	El Niño	$-0.0008759x^2 + 0.3182x + 12.09$	99.98%
	El Niño forte	$-0.0008617x^2 + 0.3465x - 1.103$	99.86%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0005493x^2 + 0.131x + 32.01$	99.8%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000007698x^3 + 0.006225x^2 - 1.815x + 216.3$	99.6%
	La Niña	$-0.0008514x^2 + 0.3137x + 10.85$	99.93%
	La Niña forte	$-0.000003401x^3 + 0.002039x^2 - 0.4884x + 83.76$	99.95%
Santana do Livramento	Neutro	$-0.001017x^2 + 0.4253x - 9.823$	99.93%
	El Niño	$-0.0009764x^2 + 0.3822x - 0.3754$	99.95%
	El Niño forte	$0.000003904x^3 - 0.004723x^2 + 1.532x - 110$	99.75%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0005776x^2 + 0.1303x + 37.53$	99.72%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000005964x^3 + 0.004536x^2 - 1.306x + 170.1$	99.81%
	La Niña	$-0.0009354x^2 + 0.3795x - 3.701$	99.94%
	La Niña forte	$-0.000005134x^3 + 0.003472x^2 - 0.84x + 103.8$	99.98%
São Luis Gonzaga	Neutro	$-0.000004304x^3 + 0.003022x^2 - 0.8297x + 124.3$	99.97%
	El Niño	$-0.000004056x^3 + 0.00283x^2 - 0.7981x + 125.4$	99.97%
	El Niño forte	$-0.001018x^2 + 0.3964x + 6.339$	99.85%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0006947x^2 + 0.1907x + 32.48$	99.75%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.000008449x^3 + 0.007088x^2 - 2.152x + 264$	99.88%
	La Niña	$-0.0000053x^3 + 0.003889x^2 - 1.069x + 143.9$	99.94%
	La Niña forte	$-0.000003638x^3 + 0.00232x^2 - 0.6082x + 103.6$	99.86%
Torres	Neutro	$-0.00111x^2 + 0.4559x - 4.437$	99.97%
	El Niño	$-0.001098x^2 + 0.4487x - 3.729$	99.97%
	El Niño forte	$-0.000005519x^3 + 0.003691x^2 - 0.906x + 121.9$	99.94%
	El Niño muito forte – 1982/1983	$-0.0007408x^2 + 0.2455x + 19.54$	99.89%
	El Niño muito forte – 1997/1998	$-0.00000682x^3 + 0.00516x^2 - 1.427x + 177.7$	99.88%
	La Niña	$-0.001022x^2 + 0.4156x - 1.704$	99.99%
	La Niña forte	$-0.000003653x^3 + 0.002082x^2 - 0.445x + 77.18$	99.96%