

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS -
FFLCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE
DA CULTURA DA BATATA EM PONTA GROSSA, PR**

***THE INFLUENCE OF THE CLIMATE VARIABILITY ON PRODUCTIVITY
POTATO IN PONTA GROSSA, PR***

SARA LOPES DE MORAES

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

SÃO PAULO

2015

SARA LOPES DE MORAES

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE
DA CULTURA DA BATATA EM PONTA GROSSA, PR**

Trabalho de Graduação Individual em Geografia
II apresentado ao Departamento de Geografia
da Universidade de São Paulo para obtenção
do grau de Bacharel em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

Universidade de São Paulo
Julho de 2015

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE
DA CULTURA DA BATATA EM PONTA GROSSA, PR**

Por

SARA LOPES DE MORAES

Banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani, FFLCH – USP

Prof. Dr. José Bueno Conti FFLCH – USP

MSc. Aline Franco Diniz - Mestre em Geografia pela Universidade Federal da Bahia

São Paulo, julho de 2015

Ao meu avô José Franchini
(in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Ao meu professor e orientador Emerson Galvani, que sempre esteve presente nos momentos de incertezas acadêmicas, mas principalmente pela sua dedicação, atenção e carinho a todos os alunos, orientandos e colegas que acabam cruzando seu caminho.

À Universidade de São Paulo, ao crescimento e amadurecimento acadêmico, profissional e pessoal.

À minha amiga e querida mãe Sandra Maria F. Lopes de Moraes, ao meu pai Arnold M. Lopes de Moraes, aos meus irmãos Jéssica Lopes de Moraes e Arnold Lopes de Moraes, a minha avó materna Liberata Franchini e tia Cristina Franchini pelo carinho, suporte e apoio nos caminhos percorridos e pelos que ainda virão.

Às minhas grandes amigas de uma vida toda, Laís Romanzotti e Natália Piccolo.

Às minhas companheiras e ex-companheiras de casa e vida Marina B. Manganotte, Olivia F. Oliver, Victória Dalla, Camila Baldoni, Agnes Silva, Isis Ramos e Marília Antunes, por terem que me aguentar principalmente no período da manhã e nas etapas de loucuras e alegrias.

Aos colegas de Laboratório de Climatologia e Biogeografia da USP – LCB.

Ao meu querido e especial time de Vôlei Feminino, pelas grandes conquistas dentro e fora das quadras.

À Maria Carolina Villaça Gomes, Lais Uehbe e Adriana Cirelli pela grande amizade construída ao longo desses anos de graduação.

À FAPESP, pelo financiamento dos meus estudos durante quase três anos de iniciação científica.

Ao IAPAR e ao SIMEPAR pela disponibilidade dos dados meteorológicos. E também ao SEAB pelos dados de produtividade da cultura da batata.

Enfim, agradeço todas as pessoas que em algum momento fizeram parte deste caminho.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.”

Fernando Teixeira de Andrade

RESUMO

O conhecimento da dinâmica climática e das condições atmosféricas é importante para a atividade agrícola, pois é a partir deste conhecimento que o produtor pode garantir um melhor rendimento e qualidade da produção. Portanto, o objetivo deste trabalho é identificar e entender a relação entre a produtividade da batata na safra das águas com as condições climáticas e hídricas do município de Ponta Grossa entre os anos agrícolas de 1981/82 a 2012/13. Diversos procedimentos metodológicos foram adotados tais como: anos – padrão, análises de sistemas atmosféricos e do coeficiente de correlação, testes do nível de significância e elaboração do Balanço Hídrico Climatológico Normal. Por meio destes procedimentos, os resultados se basearam em uma análise dos dados de precipitação, temperatura do ar, excedente, deficiência hídrica e produtividade da batata e foram divididos em duas etapas. A primeira etapa consistiu na análise do período de 1981/82 a 2000/01 e a segunda abrangeu os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13. Para o período de 1981/82 a 2000/01 foi possível encontrar um resultado expressivo na correlação entre os dados de precipitação e produtividade (forte $r=0,81$) nos períodos de La Niña. Na segunda etapa os resultados da correlação entre a precipitação e a produtividade, excedente e produtividade e deficiência e produtividade em anos de ocorrência do fenômeno La Niña ($r=0,38$, $r=0,43$ e $r=-0,70$) e em anos neutros foram mais significantes ($r= 0,50$, $r=0,76$ e $r=-0,29$).

Palavras-chave: variabilidade climática, produtividade, precipitação pluvial, temperatura do ar, balanço hídrico.

ABSTRACT

The knowledge of climate dynamics and atmospheric conditions is important for agriculture. Because of that the producer can guarantee a better yield and quality of production. Therefore, the aim of this study is to identify and understand the relationship between potato yield, climate and water conditions in Ponta Grossa, between the crop years 1981/82 to 2012/13. Several methodological procedures were adopted such as: years - standard, analysis of the atmospheric systems, correlation coefficient, the level of significance and Water Balance. Through these procedures, the results were divided into two steps, and were based on an analysis of the precipitation data, air temperature, excess, water deficiency and potato yield. The first step consisted in analyzing the period of 1981/82 to 2000/01 and the second covered the agricultural years of 2001/02 to 2012/13. For the period 1981/82 to 2000/01 was possible to find a significant result in the correlation between of precipitation and productivity data (strong $r = 0.81$) during La Niña's period. In the second step the correlation between precipitation and productivity, excess and productivity and deficit and productivity in years of occurrence of La Niña were: $r = 0.38$, $r = 0.43$ and $r = -0.70$, but for the neutral years were more significant ($r = 0.50$, $r = 0.76$ and $r = -0.29$).

Keywords: climate variability, productivity, rainfall, air temperature, water balance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quantidade produzida do cultivo de batata em toneladas no Estado do Paraná e no município de Ponta Grossa em um período de 1990 a 2011.....	5
Figura 2: Ciclo da planta da batata.....	8
Figura 3: Variedades da batata.....	9
Figura 4: Localização do fenômeno El Niño.....	14
Figura 5: Processos convectivos no Pacífico Equatorial em anos normais (A), anos de El Niño (B) e anos de La Niña (C).....	15
Figura 6: Mapa de localização da área de estudo.....	17
Figura 7: Climograma do Município de Ponta Grossa – PR no período entre janeiro de 1954 a dezembro de 2001.....	18
Figura 8: Gráficos de desvios de precipitação e produtividade e desvios temperatura e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 na safra das águas.....	25
Figura 9: Gráfico de dispersão dos desvios de precipitação e produtividade (A) e desvios temperatura e produtividade (B) para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 na safra das águas.....	26
Figura 10: Variabilidade da precipitação para os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01.....	27
Figura 11: Pluviometria mensal dos anos agrícolas - padrão de 1997/98 (mais chuvoso), 1999/00 (menos chuvoso) e 1987/88 (habitual).....	27
Figura 12: Gráficos de dispersão dos desvios de produtividade da batata com os desvios de EXC e DEF no município de Ponta Grossa para os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01.....	35
Figura 13: Gráficos de desvios de EXC e produtividade e desvios DEF e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 na safra das águas.....	36
Figura 14: Extrato do Balanço Hídrico dos anos agrícolas 1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00 para Ponta Grossa, PR.....	37
Figura 15: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos anos agrícolas 1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00 para Ponta Grossa, PR.....	38

Figura 16: Gráficos de desvios de precipitação e produtividade (A) e desvios temperatura e produtividade (B) para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 na safra das águas.....	40
Figura 17: Gráfico de dispersão dos desvios de precipitação e produtividade e desvios temperatura e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 na safra das águas.....	41
Figura 18: Variabilidade da precipitação para os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13.....	41
Figura 19: Pluviometria mensal dos anos agrícolas - padrão de 2009/2010 (mais chuvoso), 2008/09 (menos chuvoso) e 2006/07 (habitual).....	42
Figura 20: Gráficos de dispersão dos desvios de produtividade da batata com os desvios de EXC e DEF no município de Ponta Grossa para os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13.....	47
Figura 21: Gráficos de desvios de EXC e produtividade e desvios DEF e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 na safra das águas.	47
Figura 22: Extrato do Balanço Hídrico dos anos agrícolas neutros 2001/02, 2003/04, 2005/06 e 2012/13 para Ponta Grossa, PR.	49
Figura 23: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos anos agrícolas neutros 2001/02, 2003/04, 2005/06 e 2012/13 para Ponta Grossa, PR.	50
Figura 24: Extrato do Balanço Hídrico dos anos agrícolas de La Niña 2007/08, 2008/09, 2010/11 e 2011/12 para Ponta Grossa, PR.	51
Figura 25: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos anos agrícolas de La Niña 2007/08, 2008/09, 2010/11 e 2011/12 para Ponta Grossa, PR.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala fenológica da cultura da batata.....	7
Tabela 2: Período de plantio e colheita na safra das águas e da seca ao longo dos meses.....	10
Tabela 3: Dados de Produtividade, precipitação e temperatura e seus desvios em relação à média (d) e do coeficiente de correlação(r) nos anos agrícolas entre 1981/82 a 2000/01 para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nas safras das águas.....	24
Tabela 4: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do El Niño.....	31
Tabela 5: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do La Niña.	31
Tabela 6: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos neutros.....	32
Tabela 7: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 no município de Ponta Grossa.....	34
Tabela 8: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de ocorrência do fenômeno La Niña no município de Ponta Grossa.....	36
Tabela 9: Dados de Produtividade, precipitação e temperatura e seus desvios em relação à média (d) e do coeficiente de correlação(r) nos anos agrícolas entre 2001/02 a 2012/13 para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nas safras das águas.....	39
Tabela 10: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do El Niño.....	45
Tabela 11: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do La Niña.	45
Tabela 12: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos neutros.	45
Tabela 13: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 no município de Ponta Grossa.	46

Tabela 14: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas neutros no município de Ponta Grossa.**48**

Tabela 15: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de ocorrência do fenômeno La Niña no município de Ponta Grossa.**51**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. História e aspectos socioeconômicos da cultura da batata	4
2.2. Características fenológicas da batata	5
2.3. Fatores e condicionantes agrometeorológicos da produtividade da batata	9
a. Temperatura.....	10
b. Disponibilidade hídrica	11
2.4. Sistemas Atmosféricos atuantes no Sul do Brasil e no Estado do Paraná	11
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. Obtenção dos dados climáticos e produtividade.....	21
4.2. Critério para a classificação dos anos agrícolas - padrão	21
4.3. Balanço Hídrico Climatológico Normal.....	22
4.4. Análise estatística: coeficiente de correlação e nível de significância	23
5. RESULTADOS	24
5.1. Análise dos resultados para o período de 1981/82 a 2000/01	24
a. Correlação entre os dados de temperatura do ar, precipitação e produtividade da batata.....	24
b. Classificação dos anos-agrícolas padrão	26
c. Análise dos anos agrícolas extremos (mais e menos chuvosos) e correlação entre os anos de ocorrência do El Niño, La Niña e anos neutros e a produtividade da cultura da batata.....	28
d. Teste do Nível de Significância para os anos de ocorrência do fenômeno La Niña	33
e. Correlação e análise entre os dados de EXC, DEF e de produtividade da cultura da batata	34
5.2. Análise dos resultados para o período de 2001/02 a 2012/13	39
a. Correlação entre os dados de temperatura do ar, precipitação e produtividade da batata.....	39
b. Classificação dos anos-agrícolas padrão	41

c. Análise e correlação entre os dados dos sistemas atmosféricos e a produtividade da cultura da batata	42
d. Correlação e análise entre os dados de EXC, DEF e de produtividade da cultura da batata	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

APRESENTAÇÃO

Este trabalho final de graduação fez parte de um longo processo de crescimento e amadurecimento acadêmico que se iniciou no ano de 2010, quando cursei as disciplinas de Climatologia I com o professor Emerson Galvani e Climatologia II. A partir deste primeiro contato o interesse sobre a Climatologia foi se tornando importante e essencial no meu processo de formação.

Foi no final do segundo semestre de 2011 que meu projeto de iniciação científica intitulado: “*Balanço hídrico e zoneamento agroclimático da cultura da Batata (*Solanum tuberosum*) no município de Ponta Grossa- PR*”, sob a orientação do professor Emerson Galvani foi aprovado pela Fundação Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

Nos dois primeiros relatórios do ano de 2012 o objetivo principal era a caracterização das condições hídricas e climáticas do município de Ponta Grossa. A partir disso, entre o primeiro semestre de 2013 e junho de 2015 desenvolveu-se a relação entre os dados meteorológicos de precipitação e temperatura do ar com os dados da produtividade da batata.

A ajuda das diversas reuniões com o orientador e das considerações do parecerista nos relatórios ao longo desses três anos de pesquisa permitiu não só a realização deste trabalho, mas também proporcionou a construção de novas reflexões, questionamentos sobre a área e por fim, o início de um longo caminho acadêmico na área da Climatologia Geográfica.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento e o zoneamento agrícola são uma das principais ferramentas para se evitar os riscos e perdas na agricultura, portanto, o conhecimento e entendimento da dinâmica climática são essenciais. Uma vez que as condições de clima e tempo podem determinar o rendimento e a qualidade de uma cultura.

Para algumas culturas a irregularidade na distribuição de chuvas é muito prejudicial ao seu crescimento e desenvolvimento, principalmente para a cultura da batata, objeto de pesquisa deste trabalho. Segundo Pereira (1991) a deficiência hídrica, ou até mesmo o excesso de água no solo durante todo o ciclo da cultura pode acabar comprometendo o rendimento e a qualidade dos tubérculos.

A batata é um dos alimentos mais consumido mundialmente, superado apenas pelo arroz e o trigo, além de ser uma hortaliça de grande fonte de energia, carboidratos, fósforo e vitaminas. No Brasil o Estado do Paraná é o terceiro maior produtor, ficando atrás somente do Estado de Minas Gerais e São Paulo (Pereira, 2011).

Em Ponta Grossa a cultura da batata faz com que a sua economia agrícola cresça cada dia mais e tem se tornado essencial não só para seu desenvolvimento econômico, já que emprega um grande número em seu processo produtivo e em sua cadeia de negócios, mas também social, por gerar uma complementação de renda aos pequenos agricultores (WREGGE et al., 2004).

Como Estado do Paraná pertence a uma região de transição de climas (do clima tropical para o sub-tropical) e conseqüentemente recebe influência de diversos sistemas atmosféricos, massas de ar frio, fenômenos em grande escala (El Niño e La Niña) e sistemas de alta e baixa pressão ao longo do ano, com isso o estudo da variabilidade climática, bem como das épocas de excedentes e deficiências hídricas é essencial (NIMER, 1979; VAREJÃO-SILVA, 2000; VIANELLO, 2000).

De acordo com Berlato e Fontana (2003) a presença dos fenômenos El Niño, La Niña e da Oscilação Sul em determinados meses podem ser as principais causas da variabilidade climática em vários lugares do mundo, especialmente na distribuição e quantidade de chuvas. Sendo assim, as anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) tanto no oceano Atlântico quanto no Pacífico exerce relações de controle significativas com a precipitação nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil e, por conseguinte na quantidade de água que entra no sistema (CARDOSO; DIAS, 2004).

Desta maneira, para a elaboração de um planejamento agroclimático é necessário à obtenção de dados de temperatura do ar, precipitação e resultados do balanço hídrico climatológico (BHC). O balanço hídrico nada mais é que um procedimento metodológico que contabiliza a entrada e saída de água de um sistema e uma expressão quantitativa do clima hidrológico em diversas escalas (PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2002).

Por conseguinte, o objetivo deste trabalho é identificar e entender a relação entre a produtividade da batata na safra das águas com as condições climáticas e hídricas do município de Ponta Grossa entre os anos agrícolas de 1981/82 a 2012/13. Em termos específicos:

- Correlacionar dados de precipitação, temperatura do ar, excedente e deficiência hídrica com a produtividade,
- Identificar a disponibilidade hídrica do solo, bem como suas deficiências e excedentes hídricos em períodos específicos por meio do cálculo do Balanço Hídrico Climatológico Normal (BHC); e
- Identificar e interpretar como a ocorrência dos eventos El Niño e La Niña podem influenciar de maneira positiva ou negativa na produtividade e nas condições hídricas (excedentes e deficiências) da cultura da batata

Deste modo, o planejamento agroclimático e a realização deste trabalho proporcionará aos agricultores o conhecimento de épocas de deficiências e de excessos hídricos da cultura ao longo do ano, ou seja, determinará períodos favoráveis e críticos da cultura, possibilitando ao produtor uma segurança no momento de escolher as melhores condições de aplicação de técnicas de manejo, implantação do sistema de irrigação, armazenamento de água e época de semeadura. Evitar quedas na produção da cultura da batata nos períodos de inconstâncias é essencial para obter uma atividade compensatória (PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2002).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. História e aspectos socioeconômicos da cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum*) é uma hortaliça, originária da América do Sul, mais precisamente nos Andes, sendo cultivada em pelo menos 125 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas no mundo todo (PASTORINI et al., 2003).

No Brasil foi introduzida com maior proporção na época das construções das ferrovias pelos ingleses no cinturão verde de São Paulo, sendo então incorporada na alimentação básica do brasileiro que já era de costumes em muitos outros países (PEREIRA, 2011).

Além da cultura da batata ter uma importância alimentar, também é considerada uma fonte de energia, rica em carboidratos, fósforo, vitaminas do tipo B e C, e destaca-se como o terceiro alimento mais consumido mundialmente, superado apenas pelo arroz e o trigo (EMBRAPA, 2011).

É a partir de 1950 que surgiram novas tecnologias de manejo no cultivo da batata, como por exemplo, o uso de fertilizantes químicos, mecanização com base na tração animal, possibilitando assim o aumento das áreas e da produtividade. Na década de 1960 ocorreu a ampliação de uso dos fungicidas para o controle de doenças, sendo apenas nas décadas de 1970 e 1980 o maior crescimento da mecanização tratorizada, com adubadeira, pulverizadores, plantadeira e colheitadeira (PEREIRA, 2011).

Segundo Pereira (2011) no Brasil até a década de 1990 a cultura da batata era uma atividade comum entre os pequenos agricultores, ou seja, era um produto da base da agricultura familiar, no entanto este cenário vem se modificando, pois a partir da globalização dos mercados a cultura da batata se tornou de maior importância no meio do agronegócio brasileiro, reduzindo assim, o número de produtores, aumento de custos, oscilação frequente de cotação de produto, além da competitividade na comercialização.

Em 2009 a produção mundial da batata segundo a FAO (2009) foi aproximadamente de 328,5 milhões de toneladas em uma área de 18,6 milhões de hectares, o Brasil se comprado com a produção mundial representa apenas 1% com aproximadamente 3,43 milhões de toneladas (SALES, 2011).

A FAO (2009) ainda destaca que no âmbito mundial a localização da produção da cultura da batata está passando por mudanças a partir de 1990. A produção que se localizava anteriormente em regiões da Europa e América do Norte, atualmente é possível

encontrar maiores aumentos da produção na Ásia, África e América Latina (SALES, 2011).

Os principais produtores de batata no Brasil se localizam nas regiões Sudeste e Sul, sendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O consumo *per capita* no Brasil de acordo com Bandinelli (2009) varia de 10 a 15 kg por ano, já nos países europeus e do hemisfério norte chega a ser mais de 100 kg por ano/habitante (SALES, 2011).

Até o ano de 1994 o estado do Paraná foi o principal produtor de batata do país, hoje é o terceiro, sendo superado por Minas Gerais e São Paulo. Curitiba e Ponta Grossa são as principais regiões do Paraná e do Sul do Brasil (SALES, 2011).

Na figura 1 é possível observar a quantidade produzida do cultivo da batata no Paraná e Ponta Grossa.

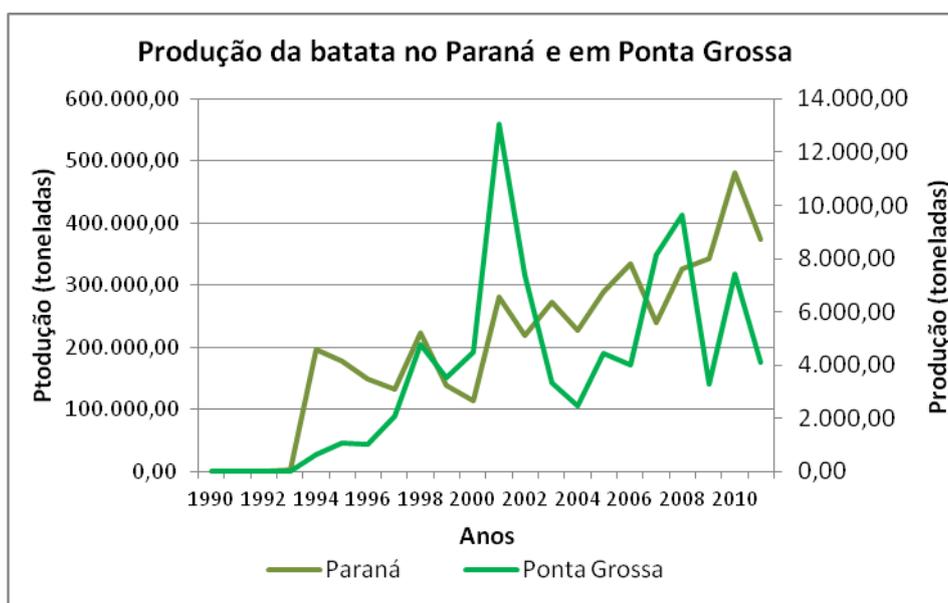


Figura 1: Quantidade produzida do cultivo de batata em toneladas no Estado do Paraná e no município de Ponta Grossa em um período de 1990 a 2011.
Fonte: IBGE – SIDRA, 2013.

2.2. Características fenológicas da batata

A batata (*Solanum tuberosum*) é uma planta classificada como dicotiledônea da família Solanace e do gênero *Solanum*, sendo a espécie *Solanum tuberosum* L. a mais utilizada e adaptada ao cultivo comercial (BISOGNIN, 1996).

A planta da batata se caracteriza por ter folhas composta, flores, raízes, estolões e tubérculos (talo modificado e adaptado) no qual é responsável pela reserva de

carboidratos e na multiplicação vegetativa, além de passar por um período de dormência entre a colheita e o início da brotação (BOLETIM 200 IAC, 1987; FERNADEZ, 2008).

Os estágios e as fases de desenvolvimento desta cultura possuem diversos processos que incluem desde a diferenciação de células, iniciação (organogênese), formação (morfogênese) de órgãos até a senescência. Portanto, é possível encontrar na literatura diversas escalas fenológicas, um exemplo disso é a escala proposta por Bätz *et al.* e a de BBCH – Meier (2001).

A partir dessas escalas fenológicas propostas é possível obter o ciclo de desenvolvimento da batata em quatro fases divididas em estádios, sendo elas: brotação, vegetativa, tuberização (fase da cultura da batata que consiste na transformação dos órgãos radiculares em tubérculos) e senescência (HELDWEIN, STRECK E BISOGNIN, 2009).

A fase da brotação compreende os estádios entre dormência dos tubérculos e a formação das brotações vigorosas. O período da dormência representa para os tubérculos uma atividade metabólica pequena, ou seja, não há broto visível. Conseqüentemente depois deste estágio de dormência, inicia-se a brotação das gemas apicais, o e crescimento dos brotos laterais (fase ideal para a o plantio dos tubérculos, pois há a emergência de várias hastes principais). A partir do plantio dos tubérculos ocorre o início da formação das raízes e o rápido aparecimento dos brotos, formando assim as hastes principais (HELDWEIN, STRECK E BISOGNIN, 2009).

A fase vegetativa inicia-se com a emergência das hastes principais, sendo a temperatura do ar, a radiação solar disponível e o fotoperíodo os principais elementos do clima que interferem na taxa de crescimento e desenvolvimento (HELDWEIN, STRECK E BISOGNIN, 2009).

O crescimento e a diferenciação dos tubérculos na parte extrema dos estolões representam o início da fase da tuberização. O aumento da duração desta fase é correlacionado negativamente com a temperatura do ar e correlacionado positivamente com o rendimento final dos tubérculos (Streck *et. al* 2007¹; Bisognin *et al* 2008² apud HELDWEIN, STRECK E BISOGNIN, 2009).

A senescência é a ultima fase e nela ocorre uma redução gradual da fotossíntese e também um amarelecimento das folhas e hastes, até a secagem total da parte aérea. A

¹ STRECK, N. A. et al. Simulating the development of fiel grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam**, v.142, n.1, p.1-11,2007

² BISOGNIN, D. A. et al. Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v.43, n.6, p.699-705.

duração da senescência depende da temperatura do ar e a baixa radiação solar incidente, sendo no estágio de maturação que os tubérculos atingem seu tamanho final e máximo (HELDWEIN, STRECK E BISOGNIN, 2009).

Na tabela 1 observa-se mais detalhadamente a descrição da escala fenológica da cultura da batata com seus respectivos estádios de desenvolvimento.

Tabela 1: Escala fenológica da cultura da batata.
Fonte: Heldwein, Streck e Bisognin (2009).

Fases	Estádios	Descrição
Brotação	D	Dormência: tubérculos sem nenhum broto visível
	IB	Início da brotação: broto apical, com pelo menos, 2 mm de comprimento
	PB	Plena Brotação: brotos laterais, com pelo menos, 2mm de comprimento
	IR	Início da formação das raízes: raízes visíveis
Vegetativa	E	Emergência: surgimento de uma ou mais hastes acima do solo, em 50% das covas
	V1	Primeira folha da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	V2	Segunda folha da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	VN	Folha "n" da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
Tuberização	IT	Início da tuberização: primeiro tubérculo com, pelo menos 1 cm de diâmetro
	VF	Última folha da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	T90	Tubérculos atingem 90% do tamanho final
Senescência	IS	Início da senescência: folhas iniciam o processo de amarelecimento
	S	Senescência: 50% das folhas amarelas
	FS	Fim da senescência: 100% das folhas amarelas
	M	Maturação: folhas e hastes secas em 50% das hastes principais
	PM	Planta morta: 100% das folhas e hastes secas

É possível visualizar na figura 2 a representação do ciclo de desenvolvimento da batata com as suas quatro fases e estádios, já na figura 3 nota-se quatro variedades da batata.

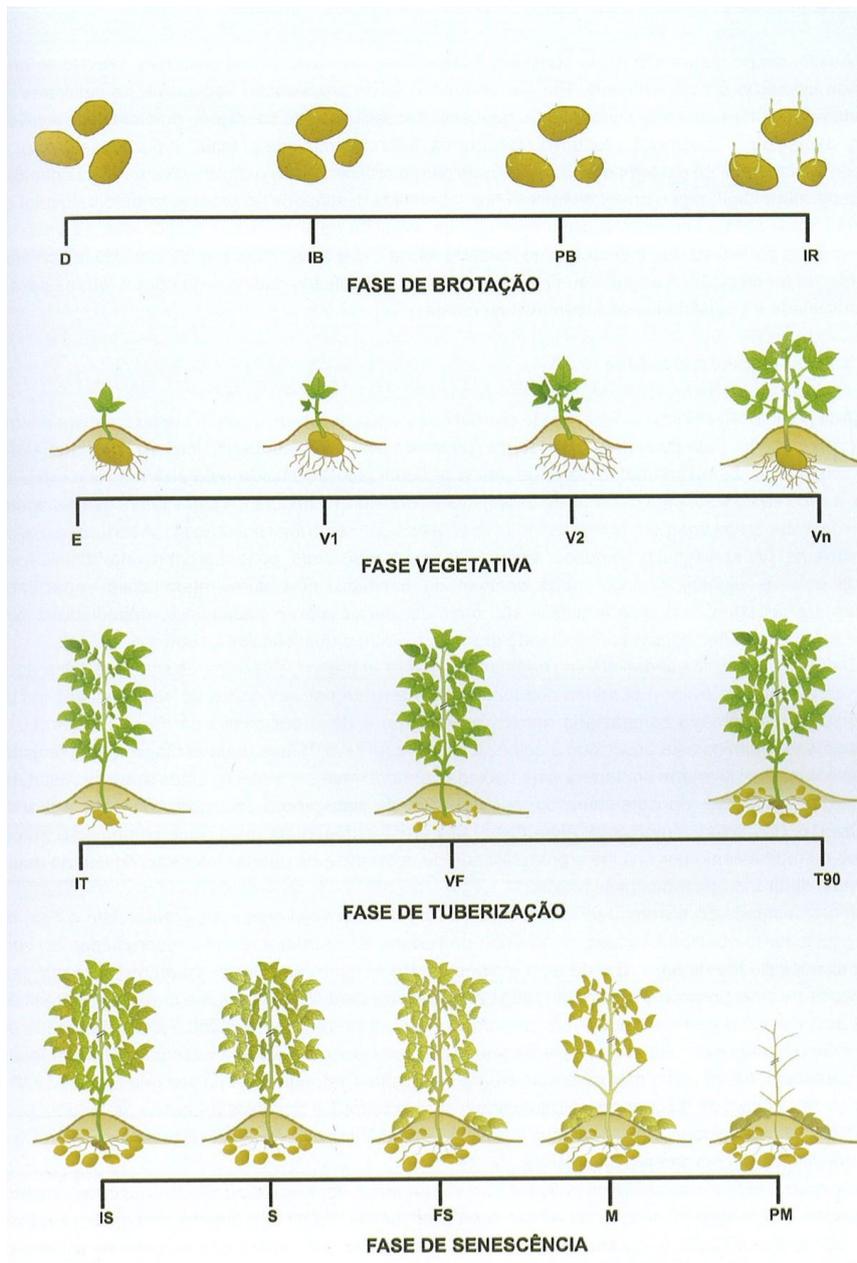


Figura 2: Ciclo da planta da batata.
 Fonte: HELDWEIN, STRECK e BISOGNIN (2009).

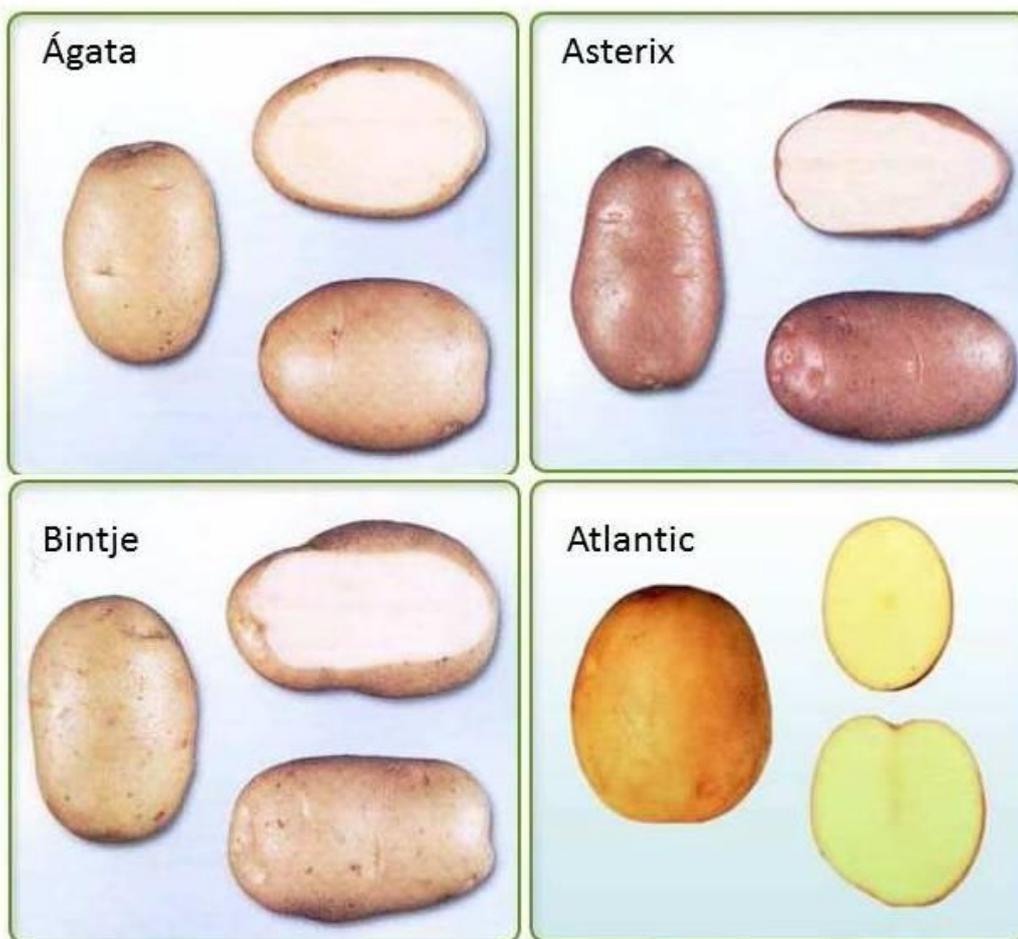


Figura 3: Variedades da batata.

Fonte: Associação Brasileira da Batata ABBA

<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/variedades.asp> Acesso em: 20 de junho de 2015

2.3. Fatores e condicionantes agrometeorológicos da produtividade da batata

Segundo Pereira (1991) a cultura da batata em suas fases de crescimento e desenvolvimento é influenciada pelas condições climáticas e ambientais. O desenvolvimento da cultura envolve alguns estágios como o vegetativo, início e enchimento tubérculos e maturação, este ciclo tem uma duração entre 90 e 150 dias essa variação de dias pode ocorrer, pois depende de um conjunto de fatores, tais como: agroclimáticos, fisiologia da semente e da variedade (1992³; 1999⁴; apud FERNADEZ, 2008).

A condição climática brasileira permite o cultivo da batata em todos os meses do ano, sendo distribuída em três safras: safra das águas de maior oferta plantada de agosto

³ VAN der ZAAG. **Potatoes and their cultivations in the Netherlands**. Netherlands: The Netherlands Potato Consultative Institute, 1992 (Directorate for Agricultural Research Wageningen).

⁴ ROUSSELLE, P.; ROBERT, J.; CROSNIER, C. **La Patata. Producción, plagas y enfermedades, utilización**. Madrid: Mundi-Prensa, 1999.

à dezembro, safra da seca com plantio de janeiro à março e a safra de inverno que se caracteriza por ser menos representativa e é plantada de abril à julho (BOLETIM 200 IAC, 1987).

Na área de estudo deste trabalho a principal safra é a das águas e como secundária a safra da seca, na tabela 2 é possível observar o período de plantio e colheita das duas safras.

Tabela 2: Período de plantio e colheita na safra das águas e da seca ao longo dos meses.

Safras		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Águas	Plantio								X	X	X	X	X
	Colheita	X	X	X	X								
Seca	Plantio	X	X	X									
	Colheita				X	X	X						

Fonte: BOLETIM 200 IAC, 1987.

Apesar da condição climática brasileira ser favorável ao cultivo da batata, o seu rendimento e a qualidade podem ser influenciados pelas adversidades climáticas, como por exemplo, ventos fortes, chuvas intensas, geadas e granizo.

O vento forte pode causar prejuízos para a cultura da batata, principalmente se ocorre no final da fase de tuberização. Dependendo da intensidade e da velocidade pode acarretar danos físicos a planta, bem como reduz o rendimento e qualidade do tubérculo.

No entanto, a temperatura do ar e a quantidade e intensidade de chuvas são os elementos que mais influenciam na produtividade da batata.

a. Temperatura

A temperatura do ar pode intervir na formação, no crescimento dos tubérculos, na respiração, na quantidade de fotossíntese líquida e no aumento da matéria seca foliar.

Valores ótimos de temperatura para a cultura da batata segundo Doorenbos e Kassam (1979) encontram-se entre 18°C a 20°C. As temperaturas inferiores a -2°C podem comprometer os tubérculos por motivo de congelamento, já valores elevados superiores a 29°C também possuem um papel importante para a tuberização (FERNANDEZ, 2008).

Quando há um aumento de 5°C ou a diminuição de 10°C da faixa considerada ótima de temperatura pode ocorrer uma redução de até 25% da taxa fotossíntese e uma perda no rendimento fotossintético respectivamente (FERNANDEZ, 2008).

Percebe-se então que o bom rendimento da produção da cultura depende das influências de temperatura em todo o seu ciclo de desenvolvimento.

b. Disponibilidade hídrica

Tanto o rendimento quanto a qualidade da batata estão associado principalmente à disponibilidade hídrica.

Quando há índices de déficits hídricos durante o início do ciclo da cultura pode-se encontrar quedas no número de talos por planta, ou seja, ocorre um rendimento negativo nas fases da tuberização e formação de tubérculos devido ao déficit hídrico nos subperíodos iniciais (FERNADEZ, 2008).

Portanto, destaca-se que o rendimento da batata é muito sensível aos curtos períodos de deficiência hídrica durante a formação e crescimento dos tubérculos, sendo assim necessária uma boa disponibilidade de água desde o princípio da maturação e tuberização para garantir altos rendimentos e qualidade (FERNADEZ, 2008).

A qualidade dos tubérculos também está associada ao déficit hídrico e/ou nas condições de água disponível no solo, a aparição de malformações nos tubérculos no início da tuberização, e a redução no peso específico nos estágios finais e do subperíodo, são efeitos da baixa qualidade por meio da deficiência hídrica (FERNADEZ, 2008; ELDEREGE; SCHOCK; STIEBER, 1992).

Apesar dos diversos problemas causados pelo déficit hídrico na qualidade externa e interna da batata, o excesso de água no solo nas etapas finais do subperíodo que consiste no enchimento dos tubérculos podem ocasionar fissuras que comprometem a plantação (FERNADEZ, 2008).

O conhecimento do consumo de água por qualquer planta é de fundamental importância para estimar a quantidade para a irrigação, além do consumo nas diferentes etapas.

2.4.Sistemas Atmosféricos atuantes no Sul do Brasil e no Estado do Paraná

Como o Estado do Paraná se encontra em uma zona de transição entre os trópicos e as latitudes médias segundo a classificação climática de Nimer (1979), ocorre portanto, à influência de diversos sistemas atmosféricos, como por exemplo, massas de ar (massa Polar atlântica – mPa, massa Tropical continental - mTc, massa Tropical atlântica - mTa e massa Equatorial continental - mEc) de características distintas, sistemas frontais e fenômenos em grande escala como o El Niño e o La Niña (FERREIRA, 1989; VAREJÃO-SILVA, 2000; VIANELLO, 2000).

As massas de ar possuem características uniformes e se configuram como grandes células de ar na troposfera, além de apresentarem movimentos verticais e horizontais. Quentes ou frias, secas ou úmidas as massas de ar atuam em diversas regiões e determinam o estado do tempo de cada localidade, sendo que esse estado de tempo varia diariamente e localmente devido às características que são adquiridas ao longo da sua atuação (BORSATO, 2013; AYOADE, 2010).

O Brasil possui cinco sistemas produtores de tempo: massa Polar atlântica – mPa, massa Tropical continental - mTc, massa Tropical atlântica – mTa, massa Equatorial continental – mEc e massa Equatorial atlântica - mEa. Mas apenas as quatro primeiras atuam no estado do tempo da área de estudo.

A massa Polar atlântica é um sistema anticiclônico e é caracterizada pela alta pressão e geração de estabilidade atmosférica, o avanço da sua trajetória no território brasileiro é influenciada pelas estações do ano e da ação dos outros sistemas atmosféricos atuantes, como aponta Monteiro (1968):

(...) a Massa Polar Atlântica é mais potente nos seus avanços do sul para o norte. Mantém no Brasil Meridional uma interferência muito importante durante todo o ano, enquanto sobre outras regiões brasileiras seja mais expressiva no inverno. É uma massa fria e úmida, mercê de sua origem marítima (MONTEIRO, 1968 p.122).

A massa Tropical atlântica localiza-se entre as coordenadas -10° e -20° de longitude e -20° e -40° de latitude, originando-se na Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), sua trajetória avança principalmente para o interior do continente a partir do Sudeste e Nordeste do Brasil, manifestando-se raramente no oeste das regiões Sul e Centro Oeste. Possui ainda como característica temperaturas elevadas ou amenas, fornecidas pela intensa radiação solar, forte umidade específica e é considerada um sistema anticlinal (BORSATO, 2013; FRANCA, 2009; NIMER 1972).

Outro sistema que atua intensamente na formação dos tipos de tempo no Brasil é a massa Tropical continental, se origina na região do Chaco no Paraguai em uma zona de alta temperatura e pouca umidade, possui como característica a baixa umidade relativa, elevadas temperaturas e é um sistema de baixa pressão (MONTEIRO, 1968).

A mTc atua nas regiões do Centro Oeste e oeste das Regiões Sul e Sudeste, segundo Borsato (2006) a mTc se amplia a partir do envelhecimento e do deslocamento da mPa para o interior do Atlântico, com isso proporciona dias ensolarados, pouca chuva

e temperaturas elevadas, uma vez que o forte aquecimento da superfície gera sistemas convectivos locais esparsos.

A massa Equatorial continental é também fundamental, principalmente se considerarmos a umidade relativa e específica, a mEc é um sistema ciclonal e de baixa pressão que se forma no interior da Amazônia, no período do inverno sua trajetória se retrai, atuando apenas o centro oeste da Amazônia (NIMER, 1979).

No verão a mEc possui uma ampliação máxima que chega a atingir o Rio Grande do Sul, devido ao fato de ocorrer um aquecimento continental mais intenso, ocorrendo assim, a ampliação de chuvas convectivas.

(...) mEc – como vimos, essa massa se forma sobre o continente aquecido onde dominam as calmas e ventos fracos do regime depressionário, sobretudo no verão. Nesta época, o continente é um centro quente para o qual afluem de norte e leste os ventos oceânicos oriundos na massa En mais fria, vindo constituir, em terra, a massa EC. Na depressão térmica produz-se acentuada ascensão, que, dada a falta de subsidência, empresta-lhe um caráter de instabilidade convectiva. Isto permite que a umidade específica se distribua mais uniformemente com a altura. Por se tratar da massa constituída de ventos oceânicos, e sujeita a frequente condensação, a umidade relativa é elevada, sendo característica da formação de grandes cúmulos-nimbos e precipitação abundante (NIMER, 1966, p. 233).

Contudo, a mEc se apresenta mais dinâmica e complexa, pois a sua expansão ou recuo não depende somente do aquecimento atmosférico, mas também dos movimentos da Zona de Convergência Intertropical, da massa Polar atlântica e da oscilação dos anticiclones semi-fixos do Pacífico (BORSATO, 2013).

Além da atuação das massas de ar no Brasil e principalmente na região Sul é possível perceber a ocorrência da passagem dos sistemas frontais, ou seja, a sucessão de várias frentes (confronto entre duas massas de ar com diferentes características térmicas – massa Tropical e Polar). Sendo que, esses sistemas frontais são capazes de determinar as condições de tempo de diversas regiões.

As frentes no hemisfério Sul geralmente se estendem na direção noroeste-sudeste. Ao longo delas, formam-se ciclones, que se deslocam segundo a mesma direção, no seio dos quais existe acentuada mudança do vento, chuva forte, nuvens baixas e escuras, visibilidade reduzida, forte turbulência e possibilidade de formação de granizo e trovoadas. São seguidas por chuvas finas e contínuas, para finalmente, sob o domínio do anticiclone polar, o céu se tornar limpo com declínio acentuado da temperatura (NIMER, 1966 p. 236).

Por conseguinte, a região da área de estudo também é influenciada por fenômenos em grande escala como o El Niño e La Niña.

Para Berlato e Fontana (2003) a presença dos fenômenos El Niño, La Niña e da Oscilação Sul em determinados meses podem ser as principais causas da variabilidade climática em vários lugares do mundo, especialmente na distribuição e quantidade de chuvas.

Foi no século XVIII que a dominação El Niño (“o menino” em espanhol) foi utilizada pela primeira vez por pescadores peruanos na costa do Oceano Pacífico. O fenômeno El Niño é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas de superfície do Oceano Pacífico Equatorial Leste, no entanto a sua fase contrária (resfriamento anômalo das águas) do fenômeno é chamada de La Niña (OLIVEIRA, 1999; BERLATO; FONTANA, 1997). Na Figura 4 observa-se a localização do fenômeno.

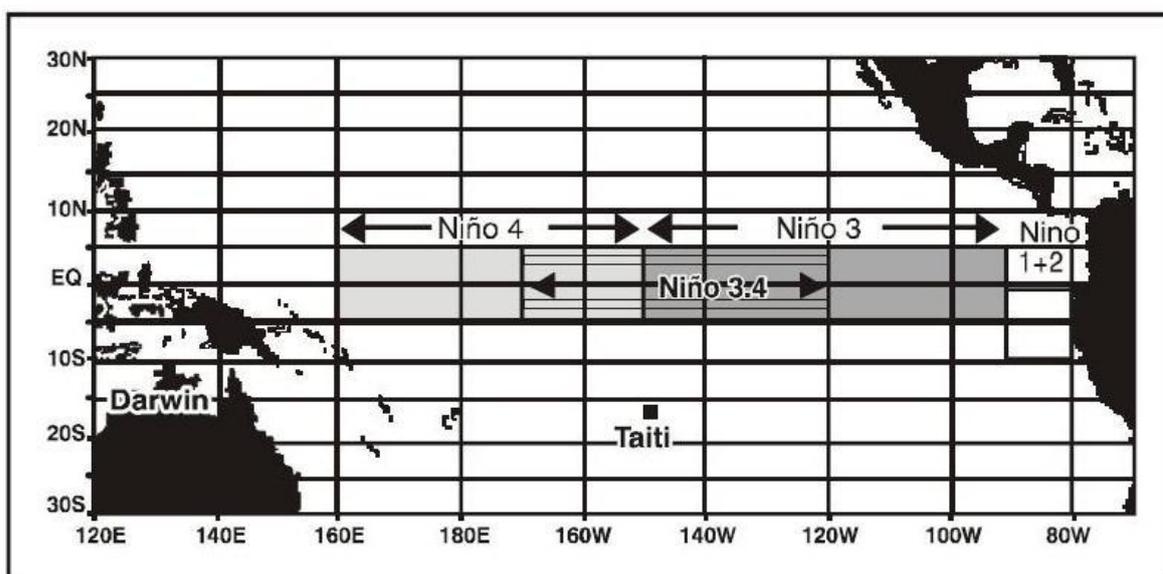


Figura 4: Localização do fenômeno El Niño
Fonte: Berlato e Fontana (2003), p. 20

A combinação do El Niño com a Oscilação Sul possibilita o entendimento das variações da circulação da atmosfera em grande escala. Os fenômenos El Niño/La Niña e a Oscilação Sul são fenômenos de características distintas, o primeiro de natureza oceânica e associado às mudanças de temperatura da água, já o segundo é de natureza atmosférica e esta associado à correlação inversa da pressão atmosférica no extremo oeste e leste do Pacífico Equatorial (BERLATO; FONTANA, 2003).

A Oscilação Sul é verificada por meio do Índice de Oscilação Sul (IOS), que é caracterizado pela diferença da pressão atmosférica padronizada no Tahiti (Polinésia Francesa) e em Darwin (Austrália) causando o enfraquecimento ou intensificação dos ventos alísios. Essas regiões representam uma gangorra barométrica, na qual envolve a

troca de massas de ar entre leste e oeste, causando mudanças significativas de tempo (CUNHA, 1999).

A associação entre os fenômenos El Niño/La Niña com o IOS é denominada El Niño – Oscilação Sul (ENOS), e podem ser classificadas como fase positiva e fase negativa, de maneira geral o IOS positivo representa o La Niña, já o IOS negativo é associado ao El Niño (MOLION, 1989; GALVANI 1995; BERLATO; FONTANA, 2003).

Na figura 5 é possível observar os processos convectivos no Pacífico Equatorial em anos normais, anos de El Niño e anos de La Niña.

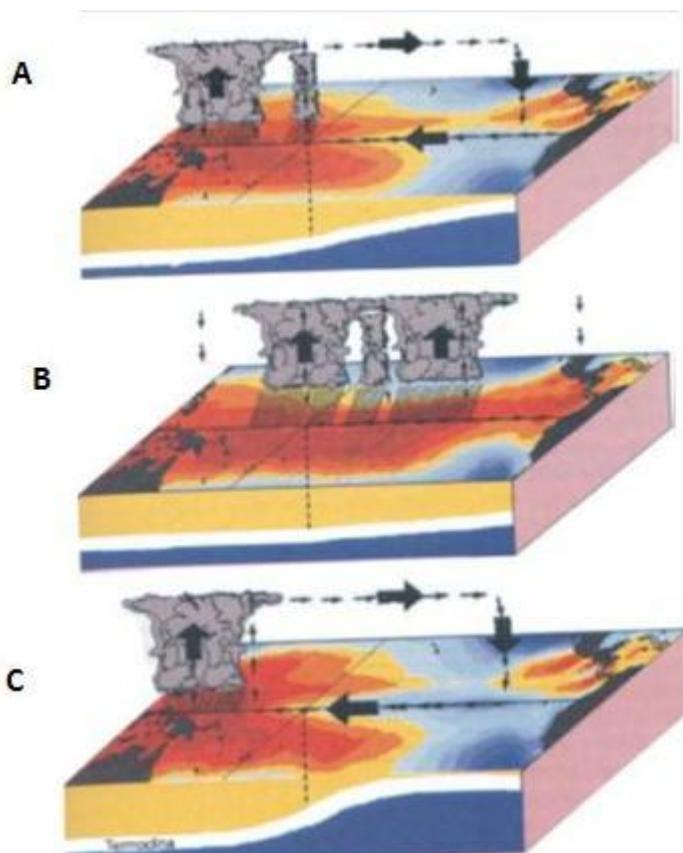


Figura 5: Processos convectivos no Pacífico Equatorial em anos normais (A), anos de El Niño (B) e anos de La Niña (C).

Fonte: Berlato e Fontana (2003) p. 23

No Brasil os fenômenos atuam de maneira diversificada, na região Sul o El Niño (fase quente) é responsável pela precipitação acima da normal climatológica, já o La Niña (fase fria) ocorre o inverso, a precipitação fica abaixo da normal. No leste da Amazônia e no norte do Nordeste a fase fria é caracterizada pelo o aumento das chuvas e a fase quente causa chuvas abaixo da média. Na região Sudeste não existe um padrão do regime de chuvas nos períodos de El Niño, no entanto há um aumento moderado na

temperatura, quando o fenômeno atuante é o La Niña as temperaturas ficam próximas à média ou ligeiramente baixas. A região Centro-Oeste não há evidências de modificação da distribuição e quantidade de chuvas (CUNHA, 1997; BERLATO, FONTANA, 1997; OLIVEIRA, 1999).

Na área de estudo deste trabalho é possível ainda, encontrar a atuação de outro fenômeno climático que também pode ser responsável pelas chuvas intensas e tempo severo, os Complexos Convectivos de Mesoescala – CCMs. Suas principais características segundo Velasco e Fritsch (1987) são: desenvolvimento noturno, longa duração, formação sobre o continente e a máxima ocorrência nos meses de Novembro a Janeiro.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa está localizada no município de Ponta Grossa, no Estado do Paraná (Figura 6). Ponta Grossa faz parte do núcleo das regiões mais populosas do estado com uma população estimada em 311.697 habitantes, ficando próxima dos principais mercados consumidores do país, Curitiba e São Paulo (IBGE, 2011).

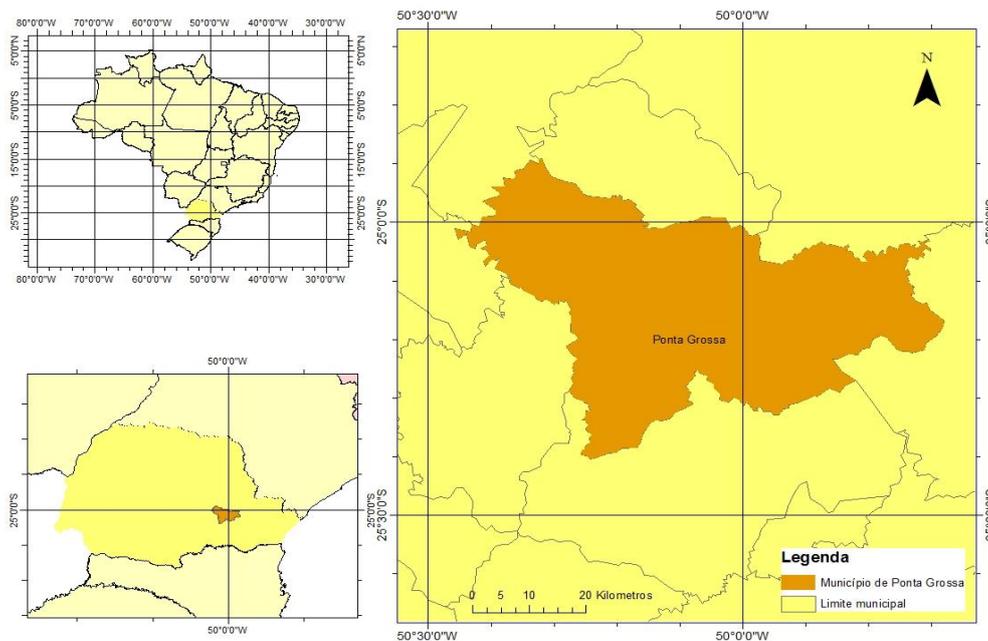


Figura 6: Mapa de localização da área de estudo.

Segundo a classificação de Köppen é possível encontrar duas principais variações climáticas no Paraná, Cfa e Cfb, além da presença de Am e Aw em pequenas porções do Estado (ALVARES *et al.*, 2013).

Na figura 7 a seguir representa do perfil hídrico/térmico de Ponta Grossa, neste climograma pode-se observar que não há um período seco ao longo do ano, pois apresenta uma distribuição e quantidade de chuvas é regular e está acima da média da temperatura. O mês de janeiro é o mais chuvoso com 184,5 mm e uma temperatura média de 21,3°C, já é considerado o mês menos chuvoso com 78,9 mm, no entanto os meses de junho e julho são os mais frios com temperaturas até 13,7°C.

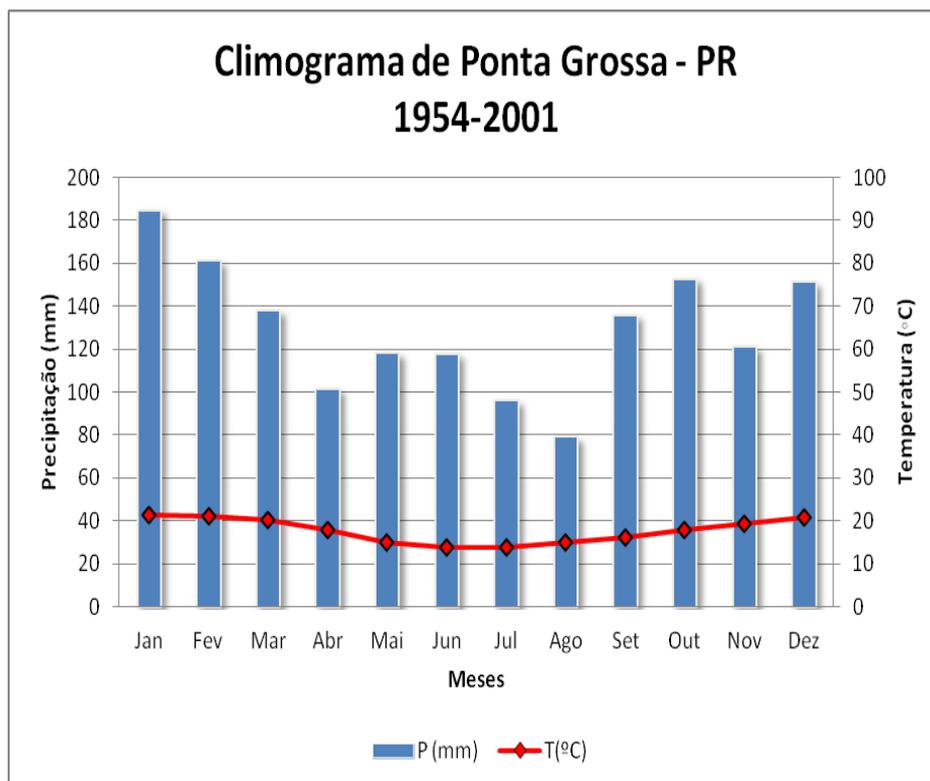


Figura 7: Climograma do Município de Ponta Grossa – PR no período entre janeiro de 1954 a dezembro de 2001.

Segundo Maack (1981) a geomorfologia paranaense tem limites nítidos, pelo fato de estar dentro de zonas naturais de paisagem, sendo a divisão dessas zonas definidas por meio da posição das escarpas, vales de rios e divisores de água.

Sendo assim, o estado do Paraná apresenta três Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais sendo elas: Cinturão Orogenético do Atlântico (Planalto Atlântico, Serra do Mar e Morros e Primeiro Planalto Paranaense), Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas (Planície Litorânea - bacia de sedimentação fluvial descontínuas Formação Alexandra, Planícies Fluviais e Bacia de Curitiba - Formação Guabirotuba) e Bacia Sedimentar do Paraná (OKA-FIORI et al., 2006).

O município de Ponta Grossa está inserido na unidade da Bacia Sedimentar do Paraná que abrange uma extensa área de 1.6000.00 km aproximadamente. Seu embasamento é constituído principalmente de rochas cristalinas pré-Cambrianas e, também, em menor proporção, por rochas eo-paleozóicas afossilíferas. Apresenta ainda, depósitos continentais e marinhos com idades do Siluriano Superior - Formação Furnas até o Cretácio - Grupo Bauru (OKA-FIORI et al., 2006).

Na base da coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná, pode-se encontrar o Grupo Paraná, na qual se constitui pelas formações de Furnas e de Ponta Grossa. O início da formação de Ponta Grossa é caracterizada por arenitos

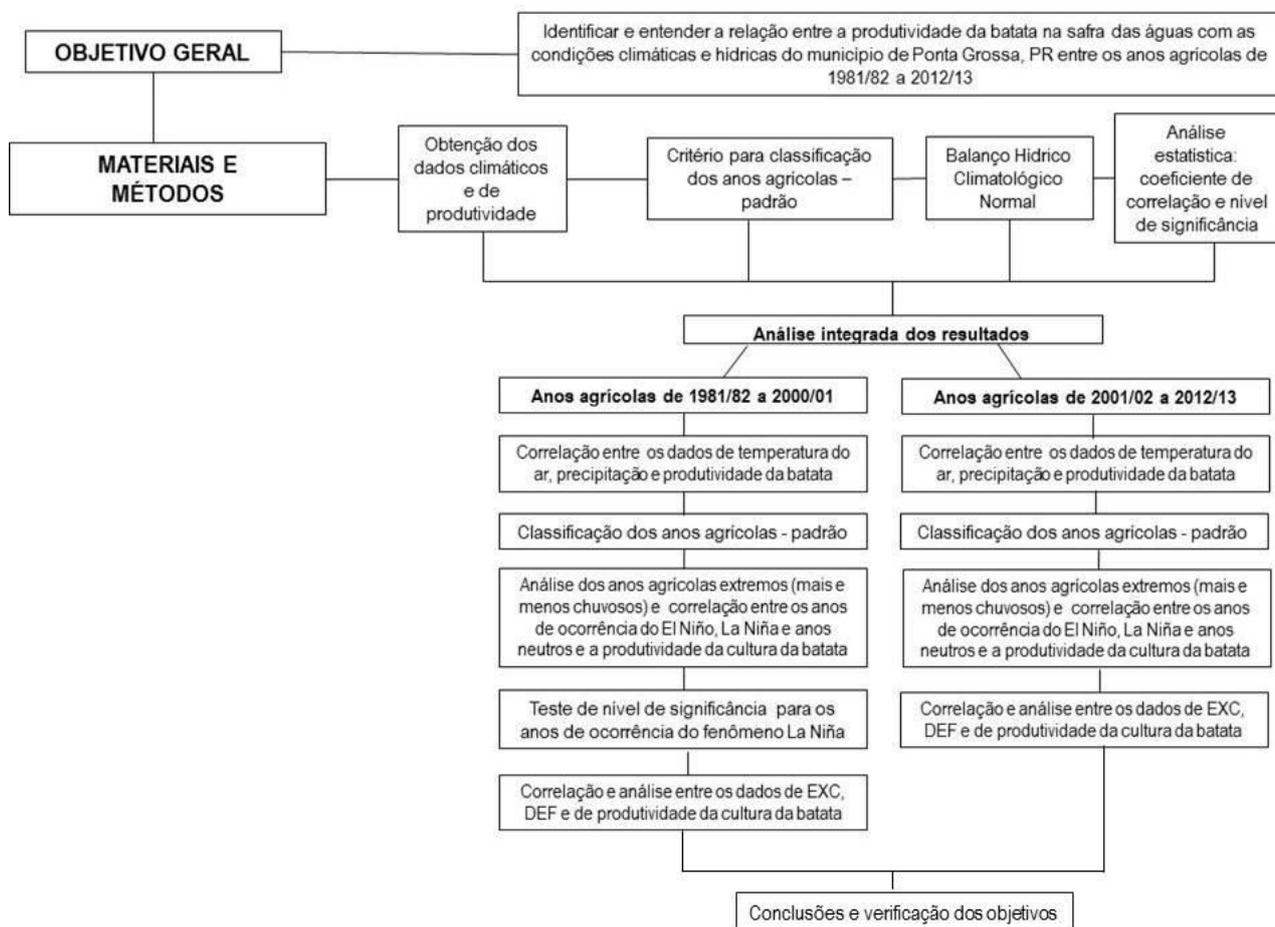
transgressivos basais, passando a folhelhos marinhos enriquecidos em matéria orgânica (OKA-FIORI et al., 2006).

Por conseguinte, outras características físicas como a vegetação e a hidrografia do local da área de estudo também são importantes para a compreensão do local. Ponta Grossa apresenta uma vegetação de campos limpos, caracterizada pelo seu aspecto singular e extensas áreas com gramíneas baixas, desprovidas de arbustos nos planaltos paranaenses. Sua rede hidrográfica pertence à bacia do rio Paranapanema, o rio Tibagi é o principal afluente do rio Paranapanema e o segundo maior em extensão do estado do Paraná, com a sua nascente localizada entre os municípios de Ponta Grossa e Campo Largo (MAACK, 1981, p.256-321).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A definição acerca dos materiais e métodos de uma pesquisa é uma etapa muito importante. Portanto, neste trabalho diversas metodologias serão utilizadas para a análise e entendimento da relação do clima com a atividade agrícola em Ponta Grossa, uma vez que o clima é resultado de um complexo processo que envolve a atmosfera, as superfícies sólidas, o oceano, neve e gelo, e apresenta uma grande variabilidade no tempo e espaço (CONTI, 2000).

No fluxograma 1 a seguir é possível observar as etapas metodológicas adotadas e a organização da análise dos resultados deste trabalho.



Fluxograma 1: Procedimentos metodológicos e etapas de análises de resultados

4.1. Obtenção dos dados climáticos e produtividade

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados meteorológicos de precipitação e temperatura do ar, obtidos por meio de duas estações meteorológicas localizadas no município de Ponta Grossa – PR.

A estação meteorológica convencional do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR forneceu dados de 1981 a 2001, já a estação automática do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR disponibilizou um período de análise mais recente que se inicia em janeiro 2001 e termina em abril de 2013. Como a coleta de dados possui uma metodologia diferente e as estações não se encontram no mesmo local, a análise dos resultados deste trabalho será realizada em duas etapas a primeira será do período 1981/82 a 2000/01 e a segunda de 2001/02 a 2012/13.

Por conseguinte, as falhas dos bancos de dados foram preenchidas de acordo com o critério das médias de três estações mais próximas (Castro, Ivaí e Irati, ambas convencionais pertencentes ao Instituto - INMET), sendo possível constatar uma probabilidade de erro menor do que 5%.

Para a análise dos sistemas atmosféricos atuantes nos anos agrícolas, o *Boletim Climanalise* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais CPTEC/INPE foi consultado. Por conseguinte, os dados de produtividade da cultura da batata foram fornecidos pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Governo do Estado do Paraná – SEAB.

Como a cultura da batata não segue o calendário civil foi considerado apenas os meses do ciclo da cultura na safra das águas, ou seja, a partir de agosto, mês que se inicia o plantio até o término de sua colheita em abril do ano seguinte. Portanto, a série temporal deste trabalho os anos agrícolas de 1981/82 a 2012/13.

4.2. Critério para a classificação dos anos agrícolas - padrão

Para o melhor entendimento das condições da dinâmica atmosférica e da variabilidade climática no município de Ponta Grossa foi realizada uma classificação e escolha de anos agrícolas – padrão para os dois períodos de análise (1981 a 2001 e 2001 a 2013).

Para a classificação dos anos agrícolas – padrão foi necessário a aplicação do método de anos-padrão proposto por Monteiro (1963, 1969 e 1971). Este método consiste na realização de cálculos como média e desvio padrão (um para mais e outro para menos em relação média) nos os totais anuais de precipitação.

A partir disso, os anos agrícolas foram classificados como sendo habituais, mais chuvosos (acima da média) e menos chuvosos (abaixo da média).

Como o município de Ponta Grossa se localiza na região Sul do Brasil, onde a distribuição anual da precipitação é regular, não é possível classificar um ano-padrão como sendo seco, pois segundo Nimer (1979) somente pode-se considerar um ano seco, quando a localidade apresenta valores pluviométricos anuais abaixo do índice que se pode caracterizar a aridez climática.

Por conseguinte, para cada período de análise apenas três anos agrícolas – padrão (um habitual, um mais chuvoso e um menos chuvoso) foram escolhidos para a análise, interpretação e entendimento das condições climáticas. Sendo os anos extremos (mais e menos chuvoso) o enfoque principal desta pesquisa.

A determinação desses três anos levou em consideração a uniformidade na distribuição dos totais de precipitação ao longo dos meses e as médias mensais ao longo dos anos.

4.3. Balanço Hídrico Climatológico Normal

Para a preparação de um zoneamento agroclimático e da tomada de decisões que envolvem as práticas agrícolas é necessário o conhecimento das condições hídricas de cada localidade, para isso, a elaboração do Balanço Hídrico (BH) é essencial.

O balanço hídrico nada mais é que as entradas e saídas de água de um sistema e uma expressão quantitativa do clima hidrológico em diversas escalas (SENTELHAS; PEREIRA; ANGELOCCI, 2002, p.249).

Portanto, para este trabalho será realizado o cálculo Balanço Hídrico Climatológico Normal (BHC) que determinará a variação do armazenamento, excedentes e deficiências hídricas no solo da área de estudo.

O cálculo do Balanço Hídrico Climatológico Normal (BHC) foi elaborado por meio do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e do programa em planilha “BHnorm61.xls” do EXCEL desenvolvido por Rolim; Sentelhas; Barbieri, (1998). Alguns procedimentos foram adotados para a elaboração do BHC normal tais como:

- Localização – latitude: -25°05’;
- Preenchimento das médias mensais de temperatura do ar (°C) e da precipitação (mm);

- Capacidade de água disponível (CAD) foi utilizado o valor de 100mm, considerando uma variação do armazenamento (ARM) de água do solo, além do percentual de perda de água acumulada; e
- Para a obtenção da estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) adotou-se a proposta de Thornthwaite (1948), utilizando-se apenas de dados da temperatura média do ar e da latitude da área de estudo (ROLIM; SENTELHAS, 1999).

Os resultados que BHC normal fornecem são os das deficiências hídricas (DEF), excedentes hídricos (EXC), reposição, estimativas da evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês (agosto a abril) dos anos dos anos agrícolas 1981/82 a 2013/14.

4.4. Análise estatística: coeficiente de correlação e nível de significância

Este trabalho ainda procurou estabelecer uma relação entre os dados de produtividade da cultura da batata com os dados dos sistemas atmosféricos, de precipitação, temperatura do ar, excedente, deficiência hídrica a partir do tratamento estatístico, por exemplo, a aplicação do coeficiente de correlação (r) e do nível de significância.

O cálculo do coeficiente de correlação foi aplicado entre as variáveis climáticas, de produtividade e do balanço hídrico para todo o período de análise. A correlação foi classificada segundo Crespo (2002), podendo ser fraca (0,0 a 0,3), moderada (0,3 a 0,6) e forte (maior que 0,7).

O nível de significância foi fundamental para confirmação da correlação entre as variáveis utilizadas nesta pesquisa. Sendo que método do nível de significância adotado foi de 95% de confiança, por meio do teste t de Student, com $n-1$ graus de liberdade (MAGALHÃES; LIMA, 2005).

5. RESULTADOS

5.1. Análise dos resultados para o período de 1981/82 a 2000/01

A partir deste momento será possível encontrar os resultados que representam a primeira etapa desta pesquisa, na qual consistem em analisar e relacionar os dados de precipitação, temperatura do ar, excedente, deficiência hídrica e produtividade da batata para os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01.

a. Correlação entre os dados de temperatura do ar, precipitação e produtividade da batata

A correlação entre os dados de precipitação, temperatura do ar e da produtividade, é essencial para esta pesquisa, pois é a partir desta correlação dos dados climáticos e da batata que se poderá conhecer melhor a relação e interação dos elementos clima com a produtividade da cultura.

Conforme demonstra a tabela 3, é possível observar tanto os dados de produtividade, precipitação e temperatura do ar quanto os seus desvios médios, e uma correlação entre precipitação/produtividade e temperatura/produtividade.

Nota-se também que a média da produtividade apresenta um valor de 19,4 ton/ha, sendo a média da temperatura 19°C e 1408,6 mm a média de precipitação.

Tabela 3: Dados de Produtividade, precipitação e temperatura e seus desvios em relação à média (d) e do coeficiente de correlação(r) nos anos agrícolas entre 1981/82 a 2000/01 para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nas safras das águas.

Anos Agrícolas	Produt (ton/ha)	d Prod	P(mm)	d P	T(°C)	d T
1981-82	25,5	6,1	1052,4	-356,2	18,5	-0,5
1982-83	20,2	0,8	1487,7	79,1	19,0	0,0
1983-84	25,0	5,6	1056	-352,6	18,9	-0,1
1984-85	22,0	2,6	1630,3	221,7	18,7	-0,3
1985-86	22,0	2,6	1091,2	-317,4	19,7	0,7
1986-87	20,0	0,6	1224,8	-183,8	19,2	0,2
1987-88	25,0	5,6	1030,6	-378	19,0	0,0
1988-89	14,0	-5,5	982,4	-424,2	19,1	0,1
1989-90	20,0	0,6	1352,5	-56,1	18,7	-0,3
1990-91	16,0	-3,4	1317,5	-91,1	18,8	-0,2
1991-92	18,0	-1,4	1098,5	-310,1	19,2	0,2
1992-93	14,0	-5,4	1293,5	-115,1	18,7	-0,3
1993-94	12,0	-7,4	1396,5	-12,1	19,0	0,0
1994-95	20,0	0,6	1564,5	155,9	19,3	0,3
1995-96	22,0	2,6	1407,7	-0,9	19,2	0,2
1996-97	22,0	2,6	1252,0	-156,6	18,8	-0,2
1997-98	22,0	2,6	2288,7	1520,3	19,4	0,4
1998-99	22,0	2,6	1665,2	167,2	18,9	-0,1
1999-00	13,2	-6,2	888,5	-520,1	18,4	-0,6
2000-01	20,0	0,6	1740,5	331,9	19,5	0,5
Média	19,4		1408,6		19,0	
r				0,18		0,15

Para este período de análise as temperaturas mais elevadas foram registradas em 1985/86 com 19,7°C e mínima de 18,5°C em 1981/82. A menor precipitação encontrada foi no ano de 1999/00 (888,5mm), apresentando o maior desvio negativo consequentemente, já a maior quantidade de chuva foi no ano de 1997/98 com 288,7,9mm. Nagarolli (2007) aponta que no Estado do Paraná em uma série histórica de 1970 a 1999 os valores de chuva em anos específicos como 1984, 1985, 1988, 1991, 1994 e 1999 foram abaixo de 1.100mm.

Em relação à produtividade, o maior valor registrado foi de 25,5 ton/ha e desvio de 6,1 no ano de 1981/82, sendo a menor quantidade encontrada no ano de 1993/94 com 12 ton/ha e um desvio negativo de 7,4.

Por conseguinte, a correlação entre as variáveis de precipitação/ produtividade ($r=0,18$) e temperatura/produtividade ($r=0,15$) foram consideradas fracas, ou seja, que para este período de análise a produtividade da batata não é influenciada diretamente pelos elementos climáticos chuva e temperatura do ar.

Os estudos realizados por Domingues (2010) em Mirador no Paraná e Silva, et al. (2008) Médio Paranapanema para a cultura da cana-de-açúcar também encontraram resultados que apontavam uma fraca correlação entre essas mesmas variáveis para um determinado período de análise

Na figura 8 é possível visualizar a correlação e a distribuição entre as variáveis de precipitação/produtividade e temperatura/produtividade.

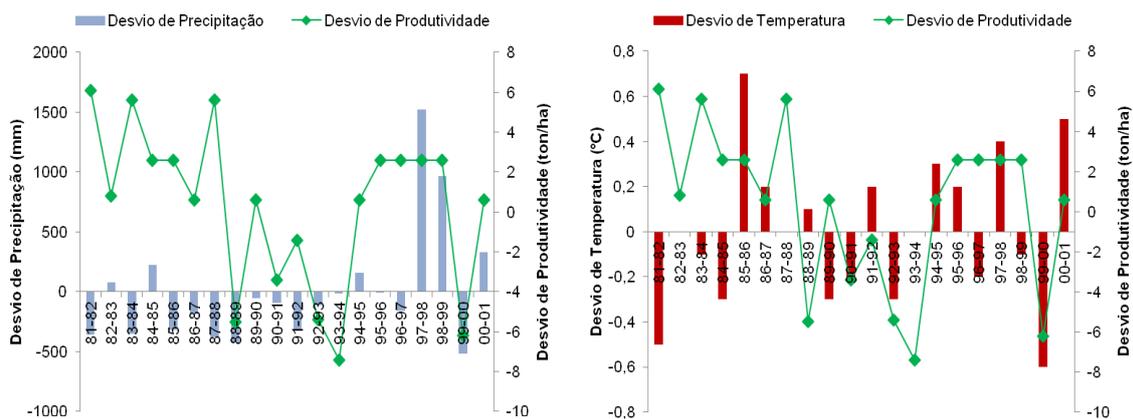


Figura 8: Gráficos de desvios de precipitação e produtividade e desvios temperatura e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 na safra das águas.

Na próxima figura (figura 9) observa-se por meio de diagramas de dispersão como os dados de precipitação/produktividade e temperatura/produktividade se correlacionam.

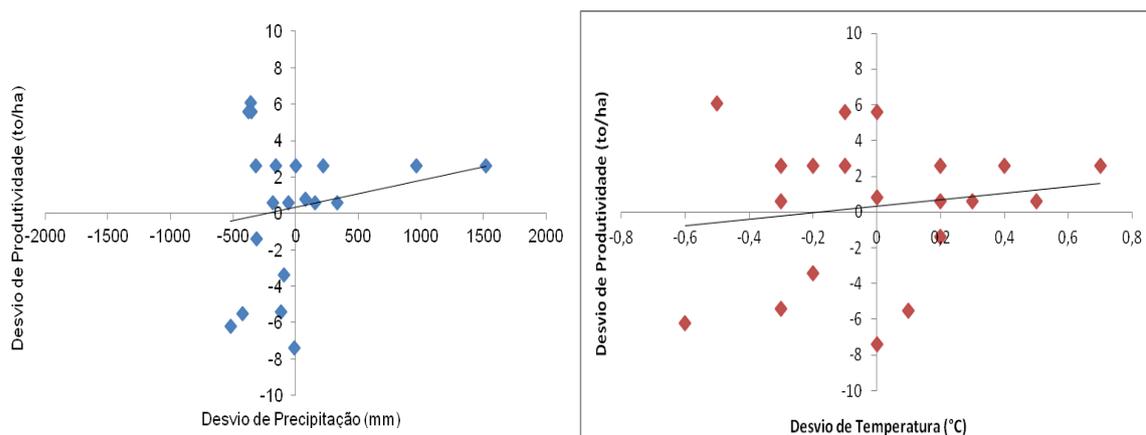


Figura 9: Gráfico de dispersão dos desvios de precipitação e produtividade (A) e desvios temperatura e produtividade (B) para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 na safra das águas.

Sendo assim, é possível concluir que esses resultados não são suficientes para explicar as condições e relações entre a influência climática na produtividade da cultura da batata em Ponta Grossa. Portanto, é necessário uma análise mais detalhada, como por exemplo, a análise de anos agrícolas extremos, bem como as deficiências, excedentes hídricos ligadas aos balanços hídricos climatológicos.

b. Classificação dos anos-agrícolas padrão

Nesta etapa do trabalho a determinação e classificação dos anos agrícolas - padrão (habituais, mais chuvosos e menos chuvosos) por meio dos totais pluviométricos, será fundamental, pois ajudará na interpretação dos anos extremos. Ou seja, a escolha desses anos permitirá uma análise mais detalhada da dinâmica climática e consequentemente da relação positiva ou negativa na produtividade da batata.

Portanto, a partir do método proposto por Monteiro (1963, 1969 e 1971) os anos agrícolas – padrão foram classificados como sendo: habituais, mais chuvosos e menos chuvosos.

A seguir na Figura 10 observar-se a variabilidade dos dados da precipitação referente aos anos agrícolas de estudo (1981/82 a 2000/01), bem como a classificação e determinação dos anos agrícolas – padrão.

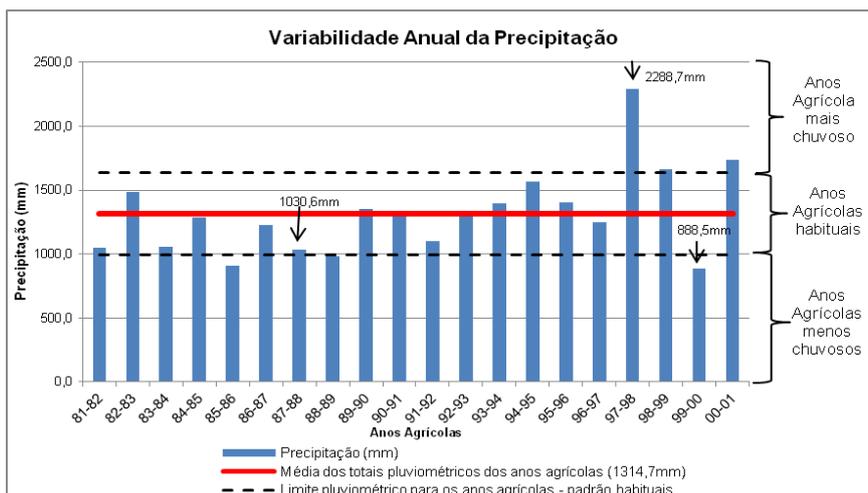


Figura 10: Variabilidade da precipitação para os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01.

Os anos agrícolas - padrão mais chuvosos registraram totais pluviométricos entre 1665,2 mm a 2288,7mm, já os valores dos anos menos chuvosos foram de 888,5 mm a 982,4mm e os habituais se distribuíram em um intervalo de 1030,6mm a 1564,5mm.

A partir disso, foram escolhido três anos agrícolas – padrão, um para cada classificação, sendo o ano 1987/88 habitual, 1997/98 o ano mais chuvoso e 1999/00 o menos chuvoso. Na Figura 11 é possível observar a distribuição mensal da precipitação nesses três anos agrícolas – padrão.

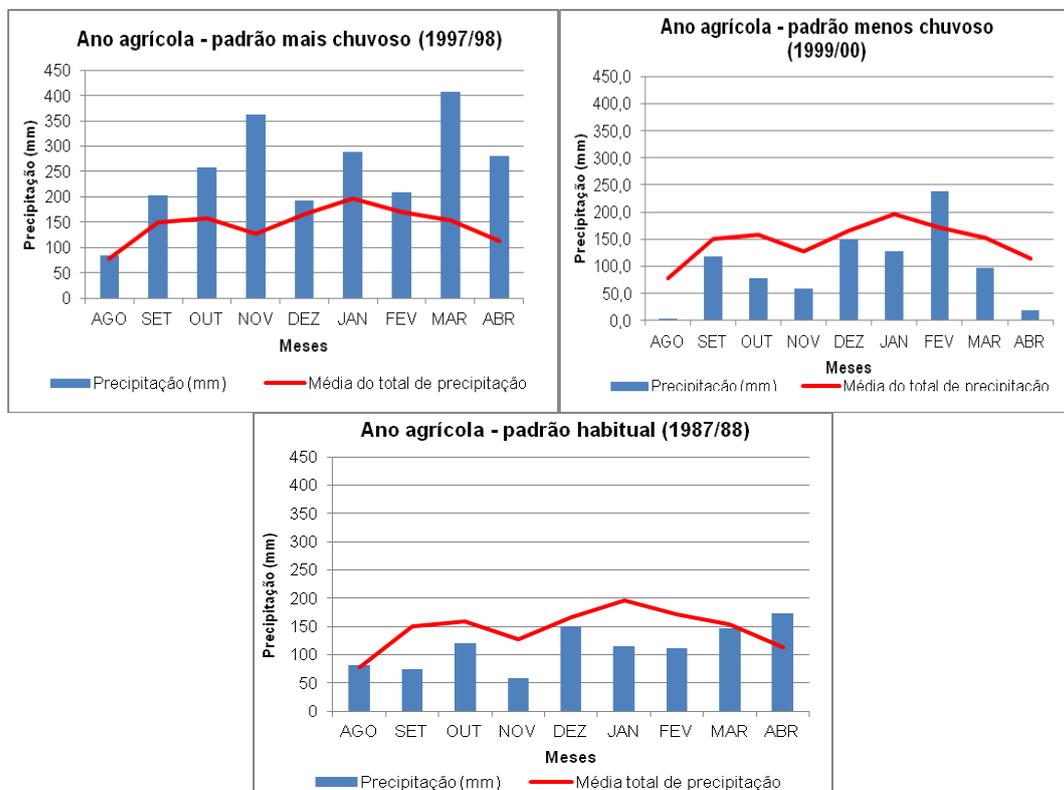


Figura 11: Pluviometria mensal dos anos agrícolas - padrão de 1997/98 (mais chuvoso), 1999/00 (menos chuvoso) e 1987/88 (habitual).

No entanto, como a interpretação de todos os anos da série histórica de dados ficaria muito extensa, apenas dois anos agrícolas – padrão (os extremos) foram escolhidos, sendo um mais chuvoso e outro menos chuvoso, para uma análise e compreensão da dinâmica climática dos sistemas atmosféricos. E, por conseguinte estabelecer uma relação com a produtividade da cultura da batata, uma vez que a produção agrícola é um reflexo das condições do clima.

O período agrícola selecionado como o mais chuvoso foi o de 1997/98, no qual totaliza 2288,7mm, sendo o maior valor registrado em toda a série de dados e o ano menos chuvoso é o de 1999/00 com 888,5mm, bem menor que média total registrada que é de 1314,7mm.

c. Análise dos anos agrícolas extremos (mais e menos chuvosos) e correlação entre os anos de ocorrência do El Niño, La Niña e anos neutros e a produtividade da cultura da batata

Com a determinação e escolha dos anos agrícolas – padrão extremos (1997/98 e 1999/00) uma análise da dinâmica climática destes anos será realizada a seguir.

O ano representativo de 1997/1998 (mais chuvoso) foi marcado pela atuação do fenômeno El Niño. Em agosto no início no plantio da cultura foi registrado um intenso e bem configurado El Niño, fazendo com que as anomalias da Temperatura da Superfície do Mar no Oceano Pacífico continuassem acima da média. Foi registrado ainda neste mês a passagem de duas frentes frias que atingiram a Região Sul e em alguns dias observou-se jato em baixos níveis (850 hPa) o que acarretou em acréscimos de precipitação (CPTEC/INPE, 1997).

No mês de setembro o El Niño continua intenso, porém sem muitas mudanças significativas se comparado a agosto. Neste mês devido à passagem de dois sistemas frontais a precipitação registrada no Estado do Paraná foi considerada como uma anomalia positiva, chegando a valores de 400mm em alguns locais (CPTEC/INPE, 1997).

Oito sistemas frontais (acima da média climatológica que até então era de sete) atuaram no país no mês de outubro e foram associados aos altos valores da precipitação sobre o Paraná (de 150mm a 500mm), além de registrar áreas de baixas pressões, aglomerados convectivos e jatos em baixos níveis ajudaram a intensificar os sistemas frontais que passaram, principalmente na Região Sul (CPTEC/INPE, 1997).

Novembro registra uma diminuição da quantidade de chuvas na Sul do Brasil em relação ao mês de outubro, porém a precipitação ainda se mantém acima da média climatológica para o período (CPTEC/INPE, 1997).

O fenômeno do El Niño continua bem definido e intenso em dezembro. Um aspecto importante para este mês foi o registro de altas temperaturas em diversas regiões do país, principalmente no noroeste do Paraná, na qual a temperatura média esteve 5°C a mais que a normal (CPTEC/INPE, 1997).

Em janeiro as anomalias da TSM no Pacífico Equatorial Oriental começaram a diminuir, apesar do ENOS continuar intenso. As baixas pressões predominaram sobre a Região Sul, apresentando assim, chuvas mais intensas em algumas áreas e uma precipitação inferior a do ano de 1997 em outras partes. A temperatura no norte do Paraná ficou acima da média climatológica com valores entre 2°C a 3°C, sendo a máxima absoluta no noroeste de 32°C (CPTEC/INPE, 1998).

Os meses de fevereiro, março e abril foram marcados redução da intensidade do El Niño. As características mais relevantes de fevereiro e março foram os valores acima da média de temperatura no extremo noroeste do Paraná (4°C) e uma distribuição regular das chuvas, respectivamente (CPTEC/INPE, 1998).

Em abril, último mês do ano agrícola da cultura da batata, foi registrado chuvas intensas na Região Sul (150mm a mais que o ano de 1997), devido permanência de sistemas de baixas pressões em quase todo o mês, além de sistemas frontais e vórtices ciclônicos. A temperatura ficou em cima da média climatológica em alguns locais, tendo valores inferiores a 18°C na maior parte (CPTEC/INPE, 1998).

O início do ano agrícola – padrão menos chuvoso (1999/00) teve como característica fundamental na perspectiva da grande escala o aumento das áreas de anomalias negativas da TSM e o crescimento/fortalecimento do fenômeno La Niña. Devido à passagem rápida das frentes frias a Região Sul teve os valores de chuva muito abaixo da normal climatológica, no oeste e noroeste do Estado do Paraná, por exemplo, não ocorreu precipitação durante todo o mês. Outro fator determinante para a região foi a ocorrência de geadas em alguns locais, sendo a média da temperatura mínima variou entre 8 a 14°C (CPTEC/INPE, 1999).

Para a Região Sul, assim como o mês de agosto em setembro foram registrados desvios de precipitação negativos em diversas localidades. A entrada de seis massas de ar frio causou queda na temperatura, ocasionando geadas em algumas partes do Sul do

Brasil. O fenômeno La Niña continuou com presente, mas com intensidade moderada (CPTEC/INPE, 1999).

Em outubro os principais sistemas responsáveis pela precipitação na Região Sul foram os complexos convectivos de mesoescala, sistemas frontais e os vórtices ciclônicos formados na parte norte da Argentina e no Paraguai, proporcionando no sul do Paraná valores acima da média normal climatológica, sendo que em outras áreas do Estado chuvas abaixo da média. Seis massas de ar frio atuaram fazendo com que as temperaturas mínimas registradas foram de 10 a 18°C e as máximas entre 20 a 30°C. Neste mês a intensidade do fenômeno La Niña foi de fraca a moderada (CPTEC/INPE, 1999).

O déficit da chuva para Região Sul foi o aspecto mais importante do mês de novembro, no extremo oeste do Paraná os menores valores foram de até 25mm. Foi observado também uma maior atividade e intensificação do La Niña, sua fase madura é atingida no mês dezembro, mês esse que ainda apresentou baixos valores de chuva (CPTEC/INPE, 1999).

Os sistemas que atuaram no Sul do país como as frentes frias continuaram ser de fraca intensidade, ou seja, este estado da atmosfera no período continuou ocorrendo baixos valores de precipitação durante os meses de janeiro e fevereiro (CPTEC/INPE, 2000).

Somente no mês de março o fenômeno La Niña começa a se enfraquecer, sendo observada a entrada de nove sistemas frontais (acima da média climatológica que em anos anteriores era de seis) (CPTEC/INPE, 2000).

Finalmente o último mês do ano agrícola – padrão menos chuvoso é marcado massas de ar frio e também por uma regularidade da distribuição das chuvas na Região Sul (com valores entre 100 e 200mm), o que não aconteceu nos meses anteriores deste ano, no entanto houve a predominância de anomalias negativas no Paraná. Os valores da média temperatura mínima chegaram a 12°C em pontos das serras catarinenses e gaúchas, sendo os maiores valores encontrados no noroeste do Paraná, chegando a 28°C (CPTEC/INPE, 2000).

À vista disso, foi possível notar que tanto no ano agrícola – padrão mais chuvoso quanto no menos chuvoso ocorreram eventos de grande escala importantes, capazes de influenciar e interferir na circulação da atmosfera regional. Observa-se então que a grande diferença nos totais de chuvas acumuladas foram resultados da atuação dos fenômenos El Niño (ano mais chuvoso) e La Niña (ano menos chuvoso).

As ocorrências desses fenômenos podem agir de maneiras positivas e negativas no dinamismo da agricultura, uma vez que, cada cultura possui uma característica específica para o seu crescimento e desenvolvimento vegetativo.

A produtividade e qualidade da cultura da batata estão diretamente associadas às influências de temperatura e principalmente das condições hídricas do local. Segundo Fernandez (2008) a qualidade dos tubérculos e a aparição de malformações da tuberização estão muitas vezes associadas ao déficit hídrico.

Com a análise climática realizada para dois anos representativos, o conhecimento do desenvolvimento da cultura e os dados da produtividade, pode-se estabelecer uma relação entre as influências dos fenômenos El Niño e La Niña na produção da batata para o município de Ponta Grossa.

Portanto, será estabelecida uma correlação entre os anos da série de estudo considerados de El Niño (1982/83, 1986/87, 1987/88, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95 e 1997/98) e as ocorrências de La Niña (1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00) para verificar se a manifestação dos sistemas influenciou diretamente na produtividade da cultura.

Nas tabelas 4, 5 e 6 é possível visualizar a produtividade da batata e os valores da precipitação referente aos anos agrícolas que receberam a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, bem como para os anos neutros.

Tabela 4: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do El Niño.

Anos de El Niño	Produt (ton/ha)	P (mm)
1982/83	22,3	1487,7
1986/87	20,0	1224,8
1987/88	25,0	1030,6
1991/92	18,0	1098,5
1992/93	14,0	1293,5
1993/94	12,0	1396,5
1994/95	20,0	1564,5
1997/98	22,0	2288,7
r	0,19	

Tabela 5: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do La Niña.

Anos de La Niña	Produt (ton/ha)	P (mm)
1988/89	13,9	982,4
1995/96	22,0	1407,7
1998/99	22,0	1665,2
1999/00	13,2	888,5
r	0,81	

Tabela 6: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos neutros.

Anos Neutros	Produt (ton/ha)	P (mm)
1981/82	25,5	1052,4
1983/84	25,0	1056
1984/85	22,0	1630,3
1985/86	22,0	1091,2
1989/90	20,0	1352,5
1990/91	16,0	1317,5
1996/97	22,0	1252,0
2000/01	20,0	1740,5
r	-0,06	

Percebe-se que a produtividade para os dois anos agrícolas (mais e menos chuvoso) se diferenciam significativamente, sendo que a produtividade alcançada no ano mais chuvoso (1997/98) foi de 22ton/ha, já o menos chuvoso foi de 13,23ton/ha.

Os resultados encontrados foram de correlação fraca entre os dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas com a precipitação nos anos agrícolas de El Niño ($r=0,19$) e nos anos neutros ($-0,06$). Sendo que a correlação para os anos de La Niña foi considerada forte ($r=0,81$).

A relação da produtividade com a influência do fenômeno La Niña é considerada negativa, pois ocorre uma queda na produtividade da batata.

A influência positiva e/ou negativa da produtividade agrícola relacionada aos fenômenos El Niño e La Niña em determinadas localidades e culturas serviu como base de estudos para alguns pesquisadores.

De acordo com Berlato e Cordeiro (2005) a produtividade da soja no Rio Grande do Sul aumentou significativamente na década de 1990, década essa marcada por períodos de El Niño (com índices de precipitação mais elevados que a média), encontrando uma correlação de 99% entre a produtividade do cultivo da soja com a chuva. Para a cultura do milho também no Rio Grande do Sul, Berlato, Farenzena e Fontana (2005) encontraram resultados que mostram que em épocas de El Niño a produtividade cresceu já quando os anos eram influenciados pelo La Niña ocorria uma queda da produtividade.

Para o estado de São Paulo e para a cultura da cana-de-açúcar Rossin e Tommaselli (2009) notaram que nos anos de ocorrência de La Niña a produtividade reduziu significativamente.

Em contrapartida Domingues (2010) encontrou uma relação positiva nos períodos de La Niña na produtividade da cana-de-açúcar em dois municípios do estado do Paraná,

ou seja, aumento da produtividade, sendo que em Cambé, estado do Paraná, o índice de correlação entre chuva e produtividade foi forte ($r=0,84$) e moderado ($r=0,64$) no município de Mirador. Para os anos analisados de El Niño a correlação com a produtividade da cana encontrada foi de menor grau de significância.

Cunha, Damalgo e Estefaniel (1999) também destacou que para a região Sul o fenômeno La Niña ocasiona efeitos positivos e em ano de El Niño negativos na produtividade do trigo. Por conseguinte nota-se que os dois fenômenos podem influenciar de maneira positiva ou negativa na produtividade agrícola em determinadas culturas e regiões.

d. Teste do Nível de Significância para os anos de ocorrência do fenômeno La Niña

A partir das análises realizadas no item anterior foi possível concluir que a correlação encontrada entre a precipitação e a produtividade para os anos de El Niño (1982/83, 1986/87, 1987/88, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95 e 1997/98) foi considerada fraca ($r = 0,19$) sendo que para os anos agrícolas de La Niña (1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00) a correlação é forte ($r = 0,81$). Ou seja, esses resultados mostram que a cultura da batata não sofreu perdas ou ganhos em sua produtividade nos anos de El Niño, no entanto o mesmo não aconteceu com nos anos de influência do La Niña que registrou uma queda de produtividade.

Por conseguinte, para se verificar a forte correlação dos resultados entre a precipitação e a produtividade nos anos de La Niña foi aplicado um teste de significância que determinou um nível de 95% confiança, portanto, é possível afirmar que no período de ocorrência do fenômeno La Niña a produtividade da batata em Ponta Grossa sofre perdas, pois seus valores de produtividade encontram-se abaixo dos demais anos e da média histórica (19,5t/ha).

No entanto, é necessário um melhor entendimento distribuição hídrica (excedentes e deficiências) ao longo dos meses, pois só assim será possível analisar os verdadeiros motivos da queda da produtividade da cultura da batata em Ponta Grossa nos anos de ocorrência do fenômeno La Niña.

e. Correlação e análise entre os dados de EXC, DEF e de produtividade da cultura da batata

A cultura da batata é muito sensível aos curtos períodos de deficiência hídrica principalmente durante a formação e crescimento dos tubérculos, ou seja, o déficit hídrico e/ou as condições de água disponível no solo, influenciam na aparição de malformações nos tubérculos no início da tuberização e na redução no peso específico nos estágios finais e do subperíodo, acarretando assim, baixa qualidade e menor rendimento (ELDEREGE; *et al*, 1992).

O excesso ou a deficiência hídrica são fundamentais para o entendimento do armazenamento da água no solo e da distribuição das chuvas durante as fases de desenvolvimento da planta. Sendo assim, foi realizada uma análise de correlação e de desvio em relação à média entre a produtividade os EXC e DEF nos anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 (tabela 7).

Tabela 7: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 no município de Ponta Grossa.

Safras das águas						
Ano Agrícola	EXC	d EXC	DEF	d DEF	Produtividade	d Produtividade
81-82	461,4	307,3	1,9	8,9	25,5	6,1
82-83	809,2	-40,5	35,5	-24,7	20,2	0,8
83-84	474,6	294,1	31,8	-21,0	25,0	5,6
84-85	1035,3	-266,6	7,6	3,2	22,0	2,6
85-86	465,8	302,9	15,1	-4,3	22,0	2,6
86-87	515,6	253,1	13,2	-2,4	20,0	0,6
87-88	315,5	453,2	1,1	9,7	25,0	5,6
88-89	386,2	382,5	21,3	-10,5	13,9	-5,5
89-90	648,7	120,0	0,2	10,6	20,0	0,6
90-91	710,2	58,5	2,9	7,9	16,0	-3,4
91-92	390,2	378,5	15,7	-4,9	18,0	-1,4
92-93	704,4	64,3	1,2	9,6	14,0	-5,4
93-94	784,3	-15,6	1,2	9,6	12,0	-7,4
94-95	968,5	-199,8	29	-18,2	20,0	0,6
95-96	789,5	-20,8	7,8	3,0	22,0	2,6
96-97	587,3	181,4	7,4	3,4	22,0	2,6
97-98	2198,9	-1430,2	0,0	10,8	22,0	2,6
98-99	1768,1	-999,4	3,4	7,4	22,0	2,6
99-00	348,9	419,8	19,3	-8,5	13,2	-6,2
00-01	1010,7	-242,0	0,1	10,7	20,0	0,6
Média	768,6		10,7		19,4	
r		-0,15		0,00		

As médias dos dados de EXC e DEF foram de 768,6mm e 10,7mm, sendo os totais mais altos de EXC no ano de 1997/98 com 2198,9mm, já o DEF teve maior valor no ano de 1982/83 com 35,5mm. A produtividade para esses anos de maiores valores de excedente e deficiência foram de 22,0 ton/ha e 20,2 ton/ha respectivamente, ou seja, acima da média de produtividade. A oscilação da produtividade segundo Santos (1981) pode ocorrer por causa do EXC ou DEF hídrica, sendo positiva ou negativa.

A partir disso, foi possível calcular o coeficiente de correlação entre os desvios de produtividade com os desvios das variáveis hídricas (EXC e DEF). A correlação encontrada foi de $r = -0,15$ para o excedente e a produtividade e $r = 0,00$ entre déficit e produtividade, ou seja, foi encontrado um percentual de correlação fraco com os valores de 15% e 0,0%.

Na Figura 12 nota-se que os valores possuem uma fraca correlação entre as variáveis, uma vez que os pontos se encontram de forma dispersa, sem uma imagem definida.

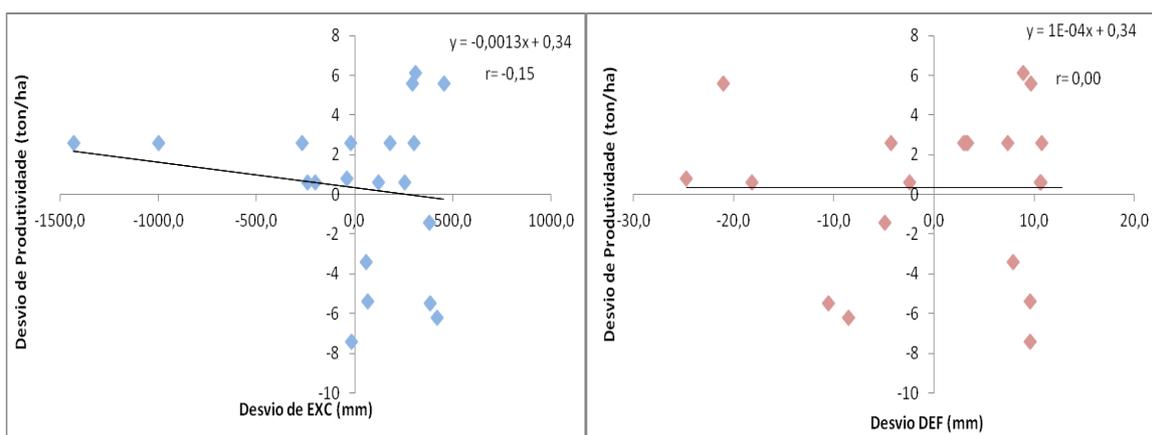


Figura 12: Gráficos de dispersão dos desvios de produtividade da batata com os desvios de EXC e DEF no município de Ponta Grossa para os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01.

É possível observar na Figura 13 os períodos de tempo em relação aos extremos dos desvios de EXC e DEF. O ano de 1997/98 apresentou o maior extremo de EXC em relação à média com um valor de -1430,2mm, além de ser o ano considera mais chuvoso de toda a série. Já os extremos de DEF que se destacam são os anos de 1982/83 e 1983/84 com -24,7mm e -21,0mm respectivamente.

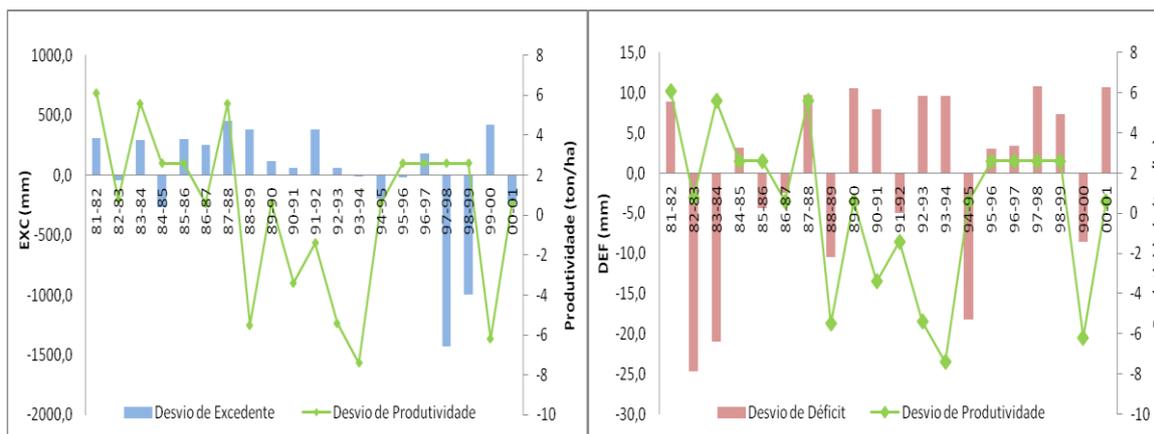


Figura 13: Gráficos de desvios de EXC e produtividade e desvios DEF e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 na safra das águas.

Portanto, ocorre uma fraca correlação entre o EXC, DEF e a produtividade da batata durante os anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01.

A partir disso foi possível realizar uma análise entre as variáveis hídricas apenas com os anos agrícolas que tiveram a influência do fenômeno La Niña, uma vez que esses anos mostraram uma forte correlação entre os dados de precipitação e produtividade.

A tabela 8 mostra os dados de produtividade, excedente e deficiência hídrica por meio do Balanço Hídrico Climatológico Normal, durante os anos de ocorrência do fenômeno La Niña, além do valor do coeficiente de correlação entre os desvios em relação à média entre as variáveis de produtividade/excedente e produtividade/déficit hídrico. Os dois resultados da correlação foi considerado como forte, sendo de -0,80 para os desvios de produtividade e EXC e 0,97 para d produtividade e d DEF.

Tabela 8: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de ocorrência do fenômeno La Niña no município de Ponta Grossa.

Ano Agrícola	Produtividade (ton/ha)	d Produtividade	EXC (mm)	d EXC	DEF (mm)	d DEF
1988-89	13,98	-5,5	386,2	-382,5	21,3	-10,5
1995-96	22,00	2,6	789,5	20,8	7,8	3,0
1998-99	22,00	2,6	1768,1	999,4	3,4	7,4
1999-00	13,23	-6,2	348,9	-419,8	19,3	-8,5
Média (1981/82 a 2000/01)	19,4		768,6		10,7	
r				-0,80		0,97

Mesmo com a forte correlação entre os dados, é preciso analisar a distribuição dos EXC e DEF ao longo dos meses dos anos agrícolas, para entender melhor como ocorreu a distribuição hídrica no período, para isso, é necessário visualizar e compreender os gráficos do extrato do balanço hídrico bem como os de Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica.

A Figura 14 representa o extrato do balanço hídrico para os anos agrícolas de, 1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00. Nota-se que apenas dois anos agrícola 1988/89 e 1999/00 apresentaram déficit hídrico, sendo que para 1988/89 a deficiência ocorreu no mês de agosto e no final de outubro até meio de novembro, já o ano de 1999/00 apresentou DEF no começo do mês de agosto e final de abril. Não obstante, os demais meses dos quatro anos agrícolas analisados registrou EXC significativos, com os maiores valores de excedentes (789,5mm e 1768,1mm) e menores valores de deficiência (7,8mm e 3,4mm) para os anos de 1995/96 e 1998/99 respectivamente.

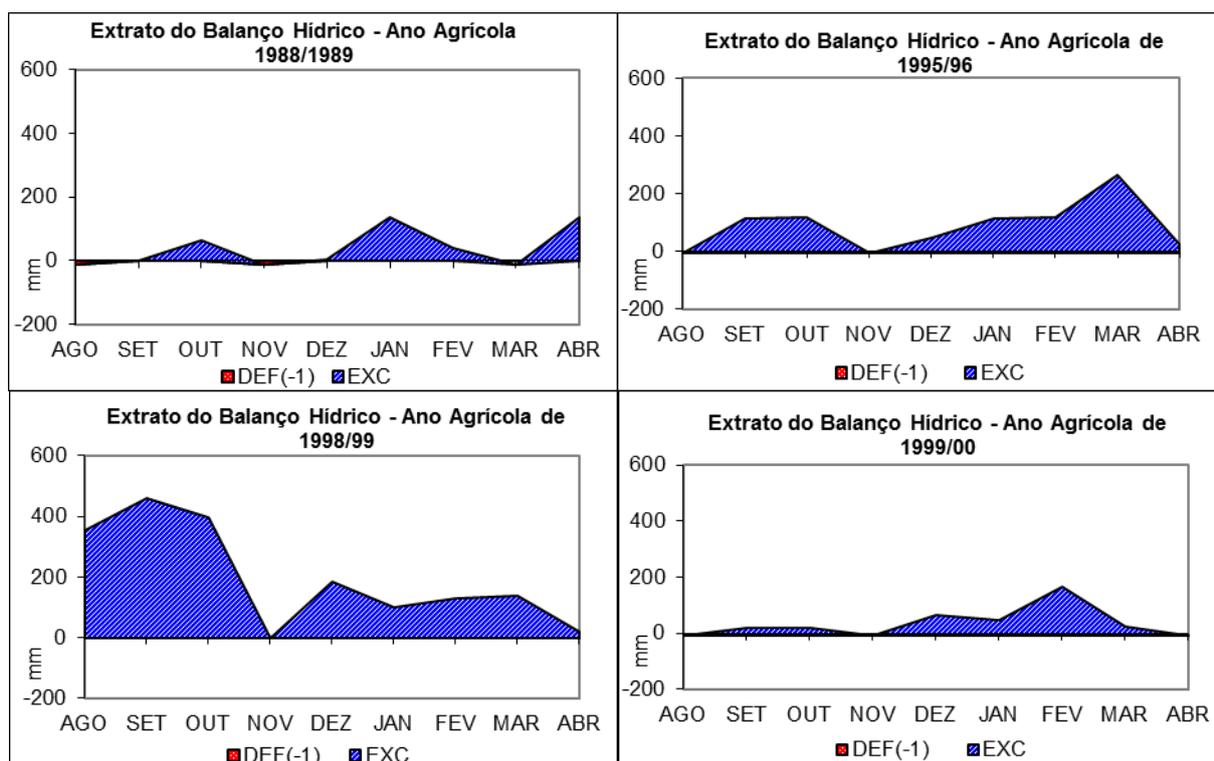


Figura 14: Extrato do Balanço Hídrico dos anos agrícolas 1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00 para Ponta Grossa, PR.

Percebe-se também que o mês de novembro é o que registra uma queda de EXC para todos os anos. O mês de novembro (dependendo do mês de plantio da cultura, agosto, setembro ou outubro) representa duas fases importantes do crescimento e desenvolvimento da batata: a tuberização e a fase da senescência.

A fase da tuberização representa o crescimento e diferenciação dos tubérculos, a fase da senescência é quando os tubérculos atingem seu de maturação e consequentemente seu tamanho final, essa duas etapas da cultura da batata são de fundamentais, pois recebem influência direta das condições de água disponível para determinar a qualidade e rendimento final da produção (ELDEREGE, *et al.*, 1992; HELDWEIN, *et al.*, 2009).

A figura 15 representa a deficiência o excedente, a retirada e a reposição hídrica dos anos agrícolas que tiveram a ocorrência do fenômeno La Niña. Nota-se que os anos de 1988/89 e 1999/00 são os que possuem maior deficiência e conseqüentemente precisa de reposição hídrica em alguns meses, principalmente nos três primeiros meses e nas fases de colheitas (meses finais), afetando assim, a produtividade da cultura que ficou abaixo da média nos dois anos (-10,5 e -8,5 aproximadamente).

Percebe-se ainda que os de 1995/96 e 1998/99, com produtividade de 22ton/ha apresentaram menores deficiências e necessidade de reposição hídrica nos momentos fundamentais no desenvolvimento da cultura, se comparado com os outros dois anos de análise, além de apresentar maiores excedentes e uniformidade na distribuição hídrica.

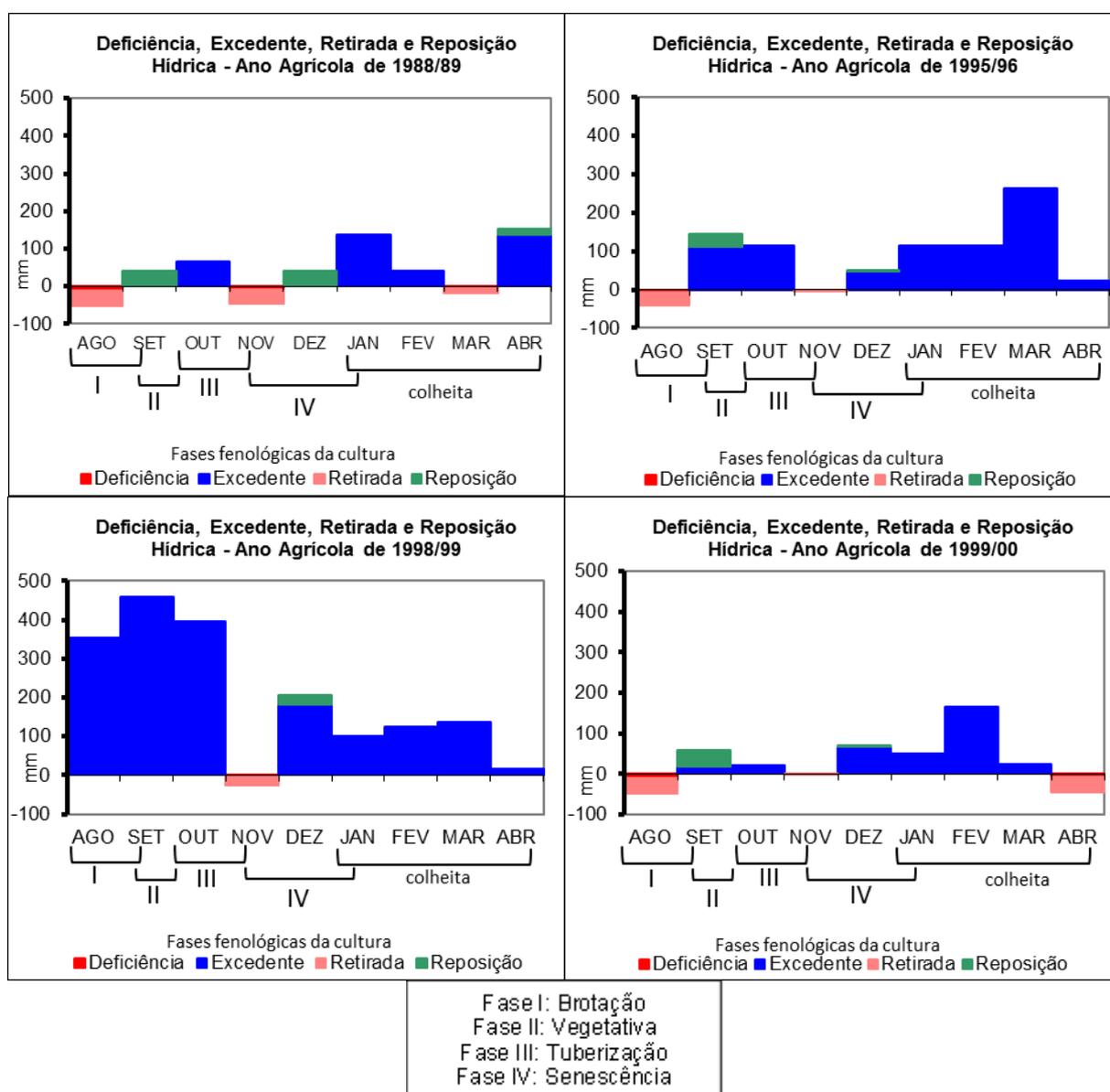


Figura 15: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos anos agrícolas 1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00 para Ponta Grossa, PR.

5.2. Análise dos resultados para o período de 2001/02 a 2012/13

Nesta segunda etapa do trabalho os resultados a serem analisados são do período de 2001/02 a 2012/13.

a. Correlação entre os dados de temperatura do ar, precipitação e produtividade da batata

Para verificar a relação entre os dados climáticos e produtividade, foi realizada uma correlação entre os seus desvios positivos e negativos.

Conforme ilustrado na tabela 9 a média da precipitação para o período estudado foi de 1148,4mm, sendo a média de temperatura de 19,6°C e a de produtividade 27 ton/ha.

Tabela 9: Dados de Produtividade, precipitação e temperatura e seus desvios em relação à média (d) e do coeficiente de correlação(r) nos anos agrícolas entre 2001/02 a 2012/13 para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nas safras das águas.

Anos Agrícolas	Produt (ton/ha)	d Produt	P(mm)	d P	T (°C)	d T
2001/02	22,0	-5,0	1030,0	-118,4	19,8	0,2
2002/03	22,0	-5,0	1183,6	35,2	20,0	0,4
2003/04	32,0	5,0	1110,8	-37,6	18,9	-0,7
2004/05	25,0	-2,0	1085,6	-62,8	19,5	-0,1
2005/06	27,0	0,0	998,4	-150,0	19,5	-0,1
2006/07	28,0	1,0	1084,8	-63,6	20,1	0,5
2007/08	28,0	1,0	1024,2	-124,2	19,7	0,1
2008/09	16,0	-11,0	916,6	-231,8	19,5	-0,1
2009/10	27,0	0,0	1588,8	440,4	19,8	0,2
2010/11	35,0	8,0	936,2	-212,2	19,0	-0,6
2011/12	32,0	5,0	1567,8	419,4	19,5	-0,1
2012/13	30,0	3,0	1254,0	105,6	19,6	0,0
Média	27,0		1148,4		19,6	
r				0,26		-0,46

Os maiores totais de chuva em Ponta Grossa ocorreram em 2009/10 (1588,8mm) com desvio positivo de 440,4mm e 419,4mm de desvio em 2011/12 (1567,8mm). Os anos agrícolas 2008/09 e 2010/11 apresentaram os menores totais de chuva, com desvios negativos de 231,8mm e de 212,2mm respectivamente. Para a temperatura do ar, a mais elevada foi registrada em 2006/07 com 20,1°C (desvio positivo de 0,5°C), já a mais baixa foi no ano de 2003/04 com 18,9°C (desvio negativo de 0,7°C). A maior produtividade registrada foi em 2010/11 com desvio positivo de 8,0ton/ha e em 2011/12 com desvio de

5,0ton/ha, no entanto a menor produtividade do período de estudo foi no ano agrícola de 2008/09 (16,0ton/ha), com um desvio negativo de 11,0ton/ha.

Os desvios da precipitação e produtividade foram coincidentes em apenas cinco anos, ou seja, a produtividade acompanhou o aumento ou diminuição da quantidade de chuvas. Em relação à temperatura e a produtividade, seis anos agrícolas se coincidiram. Na figura 16 é possível visualizar a relação entre os desvios de precipitação e temperatura com a produtividade da batata

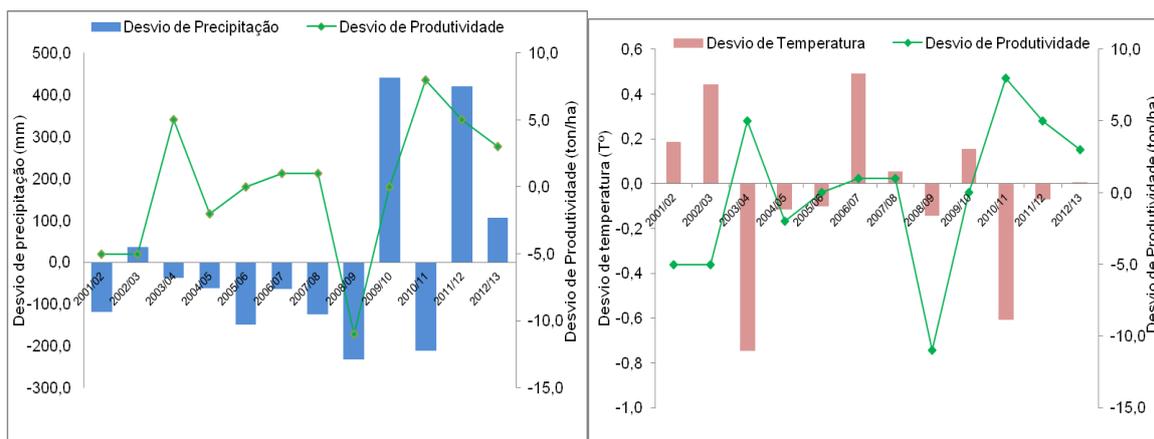


Figura 16: Gráficos de desvios de precipitação e produtividade (A) e desvios temperatura e produtividade (B) para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 na safra das águas.

Por conseguinte, o valor do coeficiente de correlação entre a precipitação e a produtividade foi considerado fraco ($r=0,26$), demonstrando que a correlação entre essas duas variáveis não é perfeita (valores muito próximos a +1 e/ou - 1), portanto, não há um relação direta entre o aumento ou queda da produtividade com relação a quantidade de chuvas neste período de análise. A correlação encontrada entre a temperatura e a produtividade foi classificada como sendo moderada, pois obteve um valor de $r=0,46$ negativo.

Estas correlações entre precipita e produtividade e temperatura e produtividade podem ser observas nos diagramas de dispersão abaixo (figura 17):

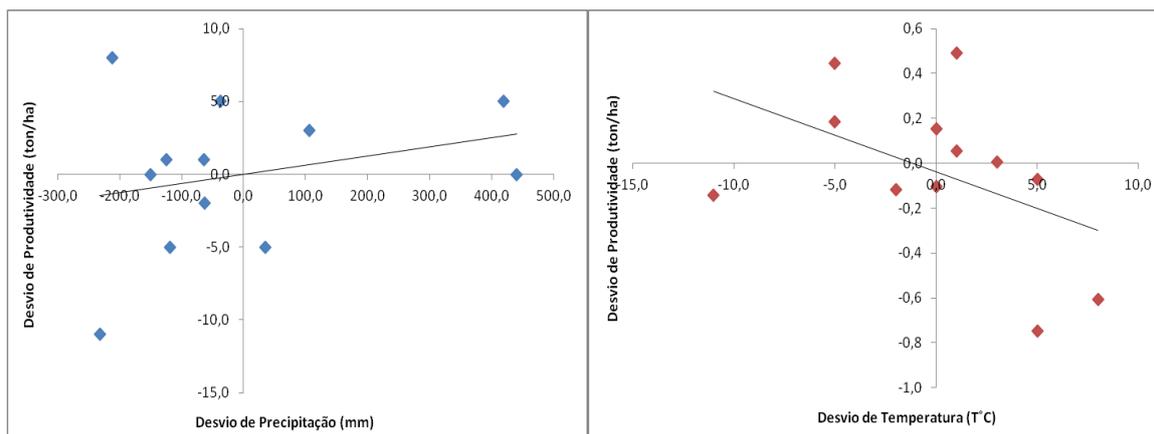


Figura 17: Gráfico de dispersão dos desvios de precipitação e produtividade e desvios temperatura e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 na safra das águas.

A partir disso, a análise de anos específicos é necessária, pois possibilitará o melhor entendimento da relação entre o clima e a produtividade da cultura da batata no município de Ponta Grossa, portanto, no próximo item ocorrerá uma classificação e escolha dos anos agrícolas – padrão.

b. Classificação dos anos-agrícolas padrão

A classificação dos anos agrícolas – padrão no período de 2001/02 a 2012/13 pode ser visualizada na figura 18, onde dois anos foram considerados como sendo mais chuvoso (acima da média de 1148,4mm), um ano menos chuvoso e nove anos habituais.

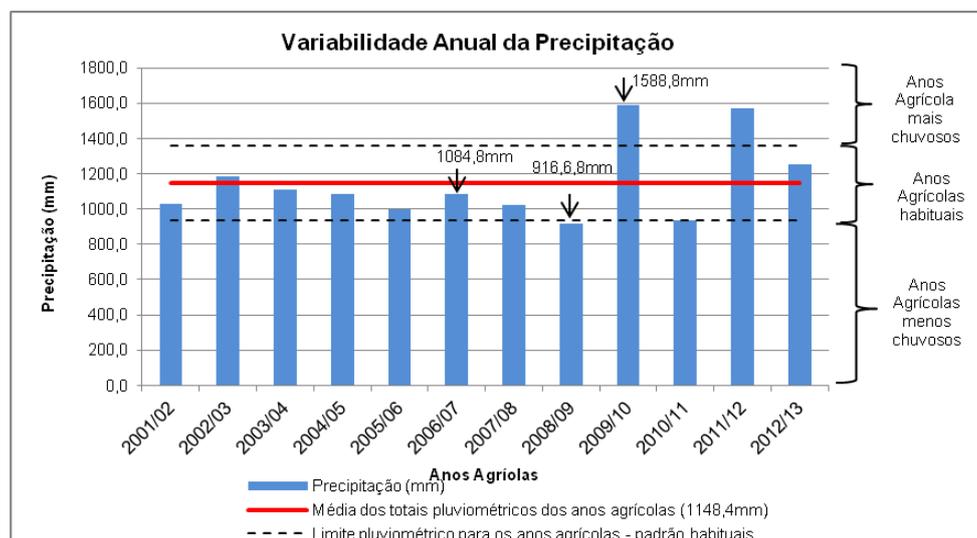


Figura 18: Variabilidade da precipitação para os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13.

O ano agrícola – padrão mais chuvoso (2009/10) registrou 1588,8mm de chuva, 440,4mm acima da média, já o ano menos chuvoso foi o de 2008/09 com 916,8mm. Os anos agrícolas – padrão habituais variaram de 936,2mm a 1254,0mm.

A partir disso, três anos agrícolas – padrão (2009/10 mais chuvoso, 2008/09 menos chuvoso e 2006/07 habitual – figura 19) foram selecionados para uma análise mais detalhada no próximo item.

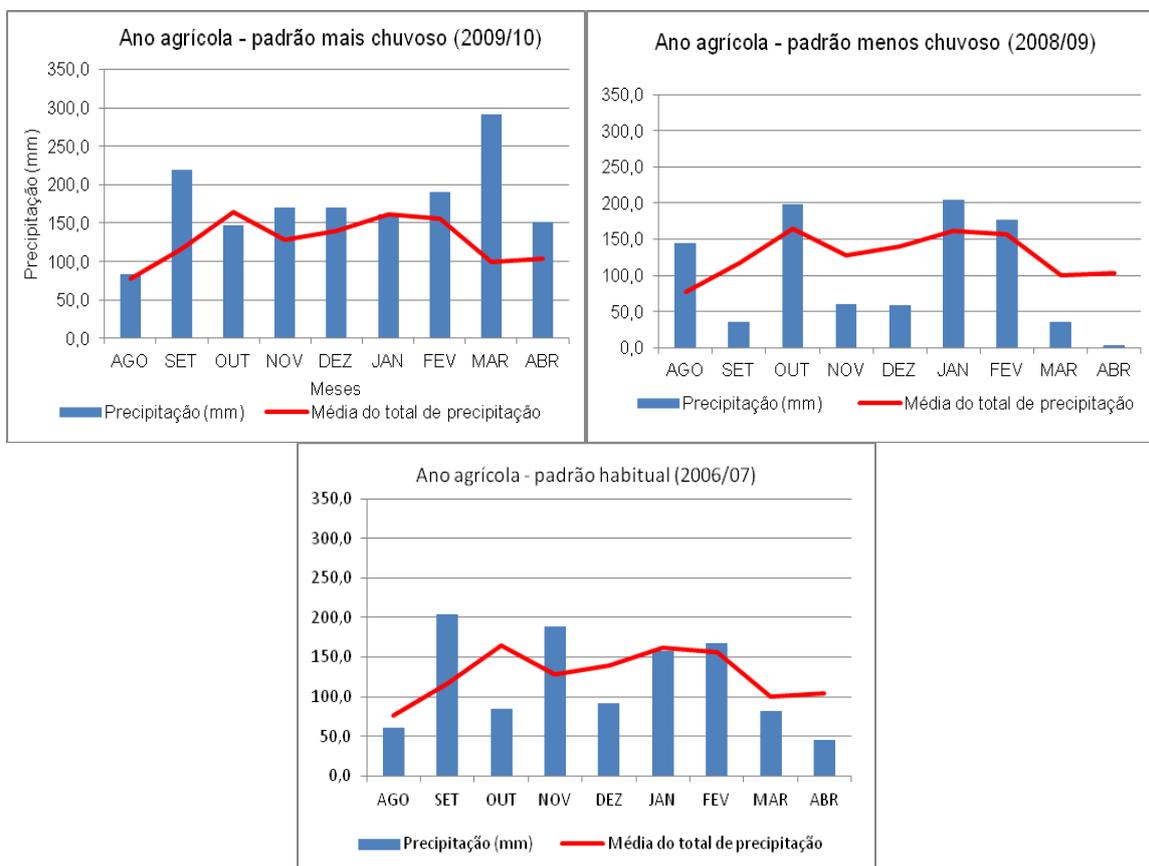


Figura 19: Pluviometria mensal dos anos agrícolas - padrão de 2009/2010 (mais chuvoso), 2008/09 (menos chuvoso) e 2006/07 (habitual).

O ano agrícola padrão mais chuvoso (2009/10) apresentou um total de chuva de 1588,8mm (o maior valor registrado de todo o período de estudo), já o ano menos chuvoso (2008/09) atingiu um valor de precipitação de 916,8mm, sendo 1084,8mm a quantidade de chuva registrada no ano agrícola - padrão habitual (2006/07).

c. Análise e correlação entre os dados dos sistemas atmosféricos e a produtividade da cultura da batata

Neste item apenas os anos agrícolas – menos chuvoso (2008/09) e padrão mais (2009/10) foram considerados, para o entendimento da dinâmica atmosférica ocorrida ao longo dos meses destes anos, para depois estabelecer uma relação entre a produtividade da batata com a condição climática.

O ano agrícola de 2008/09 foi menos chuvoso foi marcado pela presença do fenômeno La Niña (fase fria). Os primeiros meses (agosto, setembro e outubro) do ano

foram caracterizados pela neutralidade do desenvolvimento do La Niña, sendo os sistemas frontais e a presença dos jatos em baixos níveis os principais fenômenos atmosféricos com maior atuação no Sul do Brasil, causando chuva forte, rajadas de vento e queda de granizo em alguns locais do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (CPTEC/INPE, 2008).

Chuvvas intensas foram registradas na Região Sul nos primeiros dias do mês de novembro, enquanto os valores da TSM continuam com uma tendência de resfriamento (CPTEC/INPE, 2008).

Apenas em dezembro que a influência do La Niña começa a se tornar mais desenvolvida e presente, e, por conseguinte ocasionando uma maior escassez de chuvas em toda a Região Sul. No entanto na segunda quinzena do mês a formação de um vórtice ciclônico possibilitou uma forte chuva em algumas cidades do leste do Paraná e no nordeste e leste de Santa Catarina (CPTEC/INPE, 2008).

Os meses de janeiro e fevereiro foram marcados pela a intensificação do fenômeno La Niña. O déficit pluviométrico que atingiu os estados do sul do Brasil em dezembro foi amenizado em grande parte do Paraná e de Santa Catarina no mês de janeiro. Entretanto em fevereiro as chuvas mais expressivas continuaram apenas em áreas isoladas da Região Sul (CPTEC/INPE, 2009).

As anomalias da TSM observadas nos meses de março e abril mostraram o enfraquecimento do Fenômeno La Niña na região do Pacífico Equatorial, apesar da diminuição da influência do La Niña a quantidade de chuva continuou abaixo da média, principalmente no Paraná e Rio Grande do Sul (CPTEC/INPE, 2009).

O ano representativo de 2009/10 foi o mais chuvoso de todo o período de análise (2001/02 a 2012/13), e este fato pode se justificar pela atuação e intensidade do fenômeno El Niño.

Os meses de agosto, setembro e outubro, representaram a fase de crescimento gradual da evolução do ENOS. Nesses três meses foi registrado um excesso acima da normal climatológica da quantidade de chuvas para a Região Sul, como por exemplo, no noroeste do Paraná as chuvas ficaram 200mm acima da média em outubro. Os principais sistemas associados a esses acumulados de precipitação foram os jatos em baixos níveis, cavados na média e alta troposfera, incursão de diversas frentes (CPTEC/INPE, 2009).

A fase madura do El Niño apenas foi alcançada em novembro, já o mês de dezembro apresentou os maiores valores de anomalias da TSM desde o início deste

fenômeno, além da atuação intensa do jato subtropical em altos níveis, favoreceu a formação de forte convecção no Sul do Brasil (CPTEC/INPE, 2009).

Apesar de uma leve diminuição das anomalias positivas da Temperatura da Superfície do Mar, o fenômeno El Niño manteve a sua configuração em janeiro. Por esse motivo, a situação ficou favorável para a atuação da advecção de ar quente em direção à costa leste brasileira e conseqüentemente o aumento de chuvas no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (CPTEC/INPE, 2010).

Em fevereiro o ENOS continuou em sua fase mais ativa, contribuindo assim, para a intensa atividade sistemas frontais e jatos de altos e baixos níveis. De certo modo as chuvas registradas na maior parte da Região Sul foram acima da média climatológica, com exceção de áreas de Santa Catarina, oeste e norte do Paraná (CPTEC/INPE, 2010).

Março foi um mês considerável mais estável se comparado aos meses anteriores, por apresentar chuvas acentuadas apenas nos últimos quinze dias (CPTEC/INPE, 2010).

Finalmente, o mês de abril foi marcado pelo enfraquecimento do El Niño e pelo aumento de chuvas acompanhadas de rajadas de vento com até 90 km/h em Cascavel, PR, além de quedas de granizo em algumas áreas do Rio Grande do Sul (CPTEC/INPE, 2010).

A partir disso, foi possível entender a dinâmica atmosférica dos anos agrícolas – padrão menos e mais chuvoso e como a atuação de determinados eventos determinam a disponibilidade hídrica no sistema.

Portanto, como os fenômenos El Niño e La Niña influenciam diretamente na quantidade e distribuição de chuvas, e conseqüentemente podem interferir no crescimento e desenvolvimento da cultura da batata em Ponta Grossa uma correlação entre os dados de produtividade com os dados de precipitação dos anos que tiveram a ocorrência desses fenômenos será realizada a seguir (CARDOSO; DIAS, 2004).

Para este período de análise, os anos 2002/03, 2004/05, 2006/07 e 2009/10 foram registrados como sendo anos de El Niño, já os anos agrícolas 2007/08, 2008/09, 2010/11 e 2011/12 de La Niña e os demais anos 2001/02, 2003/04, 2005/06 e 2012/13 foram neutros.

Nas tabelas 10, 11 e 12 é possível visualizar os anos agrícolas de El Niño, La Niña e neutros com os seus respectivos valores de precipitação e produtividade, além do coeficiente de correlação entre precipitação e produtividade.

Tabela 10: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do El Niño.

Anos de El Niño	Produt (ton/ha)	P (mm)
2002/03	22,0	1183,6
2004/05	25,0	1085,6
2006/07	28,0	1084,8
2009/10	27,0	1588,8
r	0,22	

Tabela 11: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos de ocorrência do La Niña.

Anos de La Niña	Produt (ton/ha)	P (mm)
2007/08	28,0	1024,2
2008/09	16,0	916,6
2010/11	35,0	936,2
2011/12	32,0	1567,8
r	0,38	

Tabela 12: Dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas e de precipitação nos anos neutros.

Anos Neutros	Produt (ton/ha)	P (mm)
2001/02	22,0	1030,0
2003/04	32,0	1110,8
2005/06	27,0	998,4
2012/13	30,0	1254,0
r	0,59	

A produtividade para os dois anos agrícolas (menos e mais chuvoso) se diferenciam significativamente, sendo que a produtividade alcançada no ano menos chuvoso (2008/09) foi de 16ton/ha, já o mais chuvoso foi de 27ton/há, bem como o total de precipitação 916,6mm e 1588,8mm respectivamente.

A correlação encontrada para todos os anos de El Niño foi considerada fraca ($r=0,22$) entre os dados de produtividade da cultura da batata na safra das águas com a precipitação. Sendo que a correlação para os anos neutros ($r=0,58$) e de La Niña ($r=0,38$) foi moderada.

Como a relação da produtividade com a influência do El Niño e do La Niña não foram tão significativas pode-se considerar que a atuação desses eventos não interferiu diretamente no rendimento da batata em Ponta Grossa.

Portanto, outro procedimento de correlação entre a produtividade e as variáveis hídricas (excedente e déficit), será realizado para melhor entendimento da relação do clima com a atividade agrícola.

d. Correlação e análise entre os dados de EXC, DEF e de produtividade da cultura da batata

Para se verificar a correlação entre os excedentes e deficiências hídricas e a produtividade da batata, relacionaram-se os dados de desvios (positivos e negativos) dos EXC e DEF obtidos por meio do Balanço Hídrico Climatológico Normal com a produtividade (tabela 13).

Tabela 13: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 no município de Ponta Grossa.

Safrá das águas						
Ano Agrícola	EXC	d EXC	DEF	d DEF	Produtividade	d Produtividade
2001/02	338,0	-170,2	11,7	-7,3	22,0	-5,0
2002/03	528,1	19,9	0,2	-18,8	22,0	-5,0
2003/04	506,3	-1,9	4,3	-14,7	32,0	5,0
2004/05	505,1	-3,1	37,6	18,6	25,0	-2,0
2005/06	355,2	-153,0	35,2	16,2	27,0	0,0
2006/07	359,8	-148,4	4,7	-14,3	28,0	1,0
2007/08	440,9	-67,3	57,1	38,1	28,0	1,0
2008/09	306,2	-202,0	52,5	33,5	16,0	-11,0
2009/10	845,5	337,3	0,0	-19,0	27,0	0,0
2010/11	357,3	-150,9	15,0	-4,0	35,0	8,0
2011/12	930,1	421,9	0,0	-19,0	32,0	5,0
2012/13	625,6	117,4	10,2	-8,8	30,0	3,0
Média	508,2		19,0		27,0	
r		0,34		-0,39		

As médias dos dados de excedentes e deficiência foram de 508,2mm e 19mm, sendo os totais mais altos de EXC no ano de 2011/12 com 930,1mm, já o DEF teve maior valor no ano de 2007/08 com 57,1mm. A produtividade para esses anos de maiores valores de excedente e deficiência foram de 35,0ton/ha e 28,0ton/ha respectivamente.

A partir disso, foi possível calcular o coeficiente de correlação entre os desvios de produtividade com os desvios das variáveis hídricas (EXC e DEF). A correlação encontrada foi de $r = 0,34$ para o excedente e a produtividade e $r = -0,39$ entre a deficiência hídrica e a produtividade, ou seja, foi encontrado um percentual de correlação moderado para ambas. De acordo com Domingues (2010) os sinais do coeficiente de correlação negativos indicam uma redução da variável independente e aumento da dependente, já para os resultados positivos ocorre o aumento nos valores da variável independente.

Por conseguinte a Figura 20 representa a correlação entre os desvios de a produtividade e excedente e entre os desvios de produtividade e déficit hídrico, por meio do diagrama de dispersão.

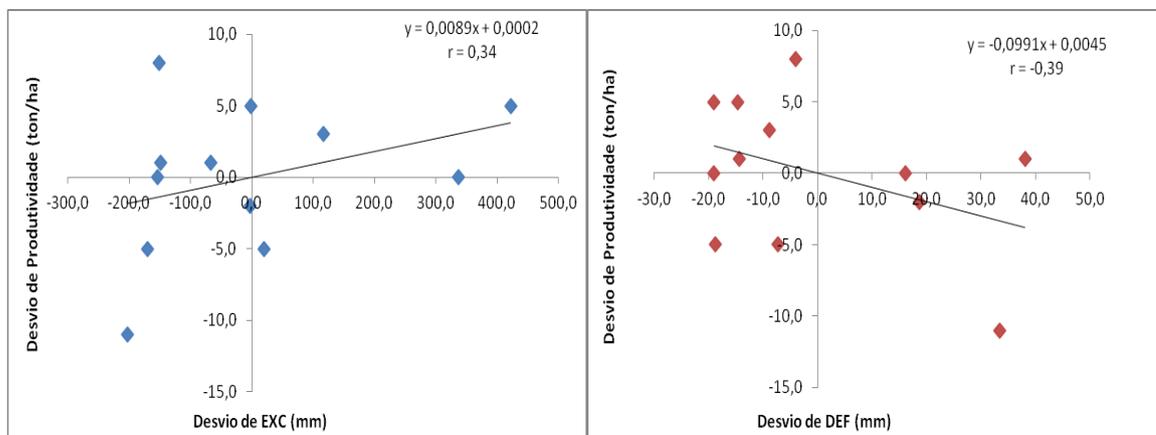


Figura 20: Gráficos de dispersão dos desvios de produtividade da batata com os desvios de EXC e DEF no município de Ponta Grossa para os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13

É possível visualizar na Figura 21 a relação entre os desvios de excedente e deficiência hídrica com o desvio de produtividade. Nota-se que apenas quatro anos (2002/03, 2009/10, 2011/12, 2012/13) em relação ao d EXC/ d Produtividade se coincidem, ou seja, esses quatro anos encontram-se acima da média, já o ano de 2008/09 apresenta uma relação inversa. No gráfico que representa o d DEF/ d Produtividade os anos agrícolas de 2004/05, 2005/06 e 2007/08 seguiram o aumento de suas variáveis.

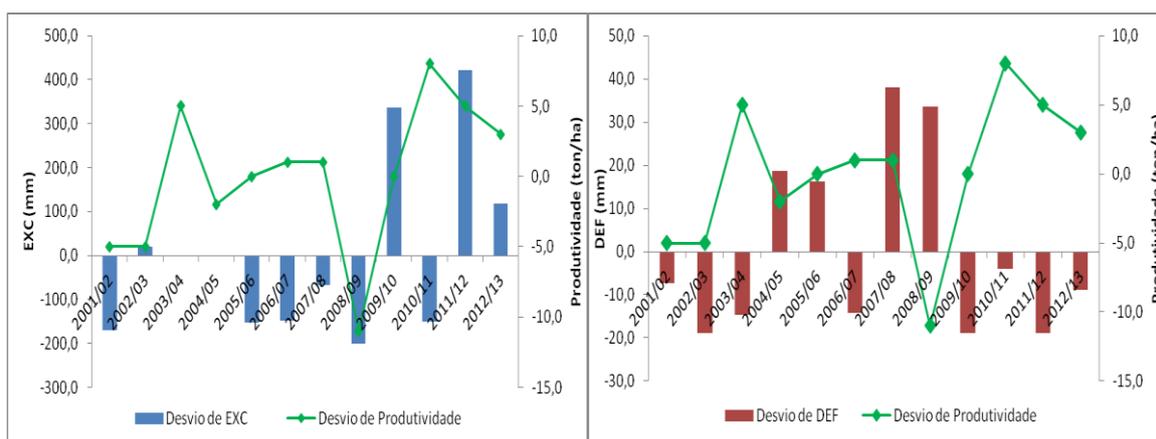


Figura 21: Gráficos de desvios de EXC e produtividade e desvios DEF e produtividade para a cultura da batata no município de Ponta Grossa nos anos agrícolas de 1981/82 a 2000/01 na safra das águas.

Portanto, pode-se considerar que a correlação entre o EXC, DEF e a produtividade da batata durante os anos agrícolas de 2001/02 a 2012/13 é moderada, ou seja, a relação entre essas variáveis representa uma porcentagem de 34% e 39%.

A partir disso, foi possível realizar uma análise entre as variáveis hídricas apenas com os anos agrícolas neutros e os que tiveram a influência do fenômeno La Niña, uma vez que esses anos mostraram uma moderada correlação entre os dados de precipitação e produtividade.

A análise do EXC e DEF desses anos permitirá uma melhor compreensão da relação das condições de água no sistema.

A tabela 14 mostra os dados de produtividade, excedente e deficiência hídrica por meio do Balanço Hídrico Climatológico Normal, durante os anos neutros (2001/02, 2003/04, 2005/06 e 2012/13), além do valor do coeficiente de correlação entre os desvios de produtividade/excedente e produtividade/déficit hídrico.

Tabela 14: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas neutros no município de Ponta Grossa.

Safra das Águas / Anos Neutros						
Ano Agrícola	EXC	d EXC	DEF	d DEF	Produt	d Produt
2001/02	338,0	-170,2	11,7	-7,3	22,0	-5,0
2003/04	506,3	-1,9	4,3	-14,7	32,0	5,0
2005/06	355,2	-153,0	35,2	16,2	27,0	0,0
2012/13	625,6	117,4	10,2	-8,8	32,0	5,0
Média (2001/02 a 2012/13)	508,2		19,0		27,0	
r		0,76		-0,29		

O coeficiente de correlação encontrado entre as variáveis hídricas e a produtividade para os anos considerados neutros foi de $r=0,76$ (forte) entre os desvios do EXC e produtividade, sendo que para os desvios de DEF e produtividade o valor de r foi de $-0,29$ (fraca), ou seja, a quantidade registrada de excedente hídrico colaborou para o bom rendimento da cultura.

Os anos de 2001/02 e 2005/06 apresentaram os menores excedente, 338,0mm e 355,2mm respectivamente, apesar dos valores de EXC serem próximos em 2001/02 a produtividade foi a menor (22ton/ha) e acabou ficando abaixo da média do período. Já o ano de 2005/06 se manteve na média. A diferença do rendimento da batata para esses dois anos pode estar relacionada a distribuição e quantidade de chuvas ao longo dos meses.

A figura 22 representa o extrato do balanço hídrico para os anos agrícolas neutros, e com isso é possível observar o comportamento e a distribuição hídrica para cada ano.

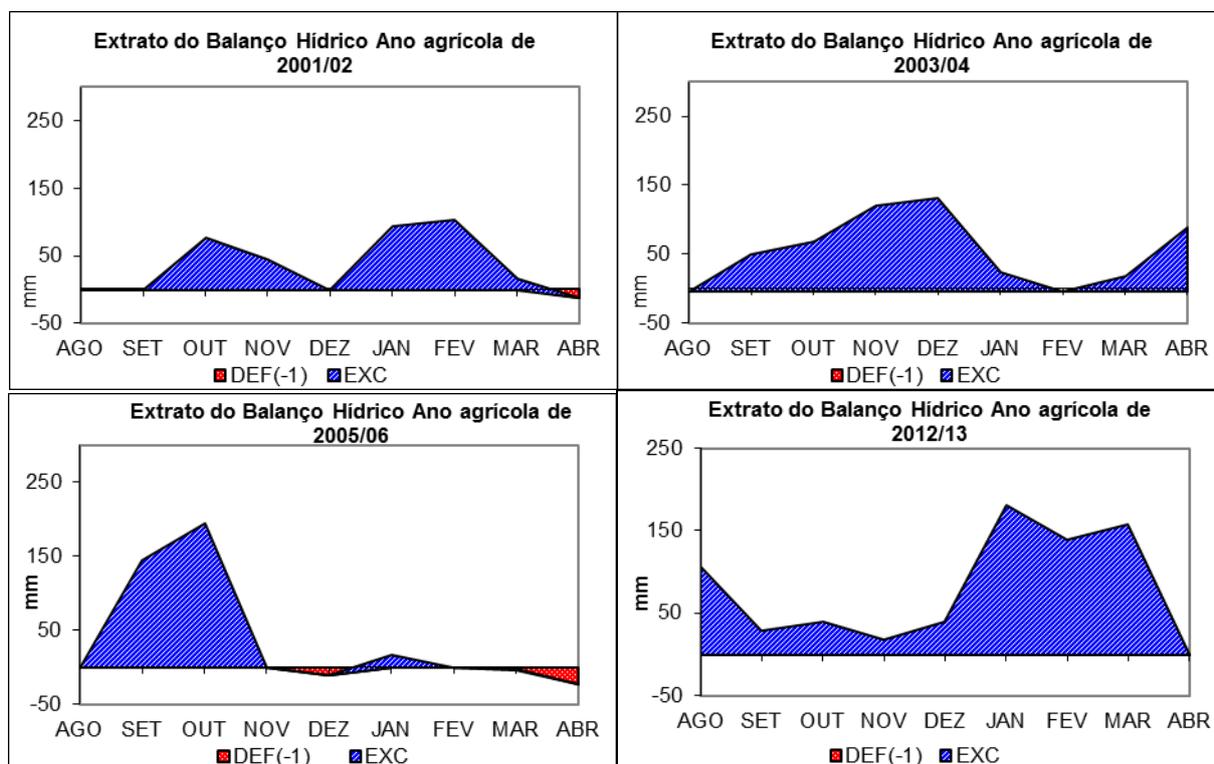


Figura 22: Extrato do Balanço Hídrico dos anos agrícolas neutros 2001/02, 2003/04, 2005/06 e 2012/13 para Ponta Grossa, PR.

A deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica para os anos neutros estão representadas na figura a seguir:

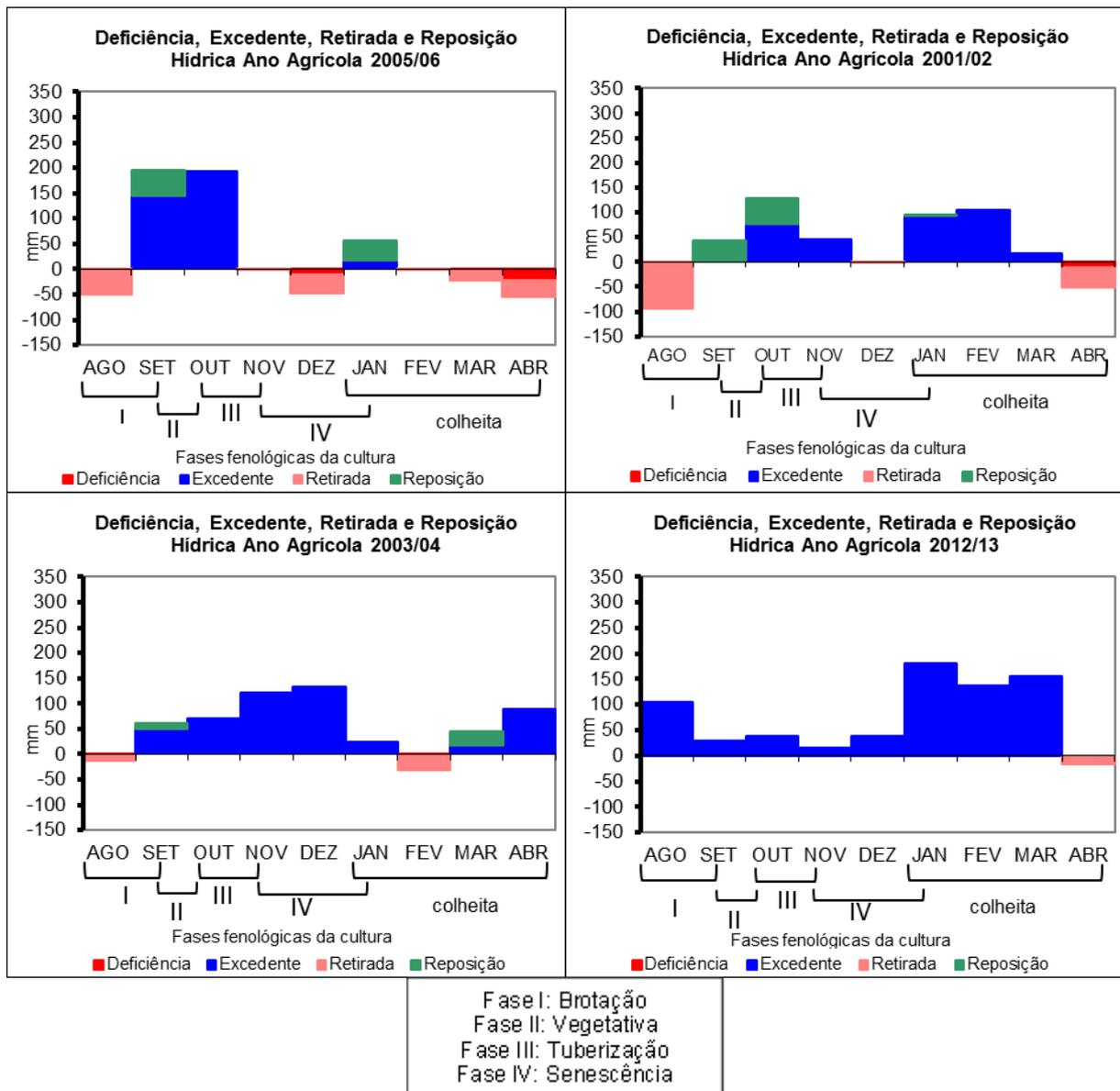


Figura 23: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos anos agrícolas neutros 2001/02, 2003/04, 2005/06 e 2012/13 para Ponta Grossa, PR.

A partir disso, nota-se que o ano agrícola de 2001/02 apresentou a maior deficiência no mês de agosto, nos demais meses o seu EXC também não foi um dos maiores da série.

O déficit registrado em agosto e a necessidade de reposição hídrica em setembro e outubro podem ter afetado a produtividade, visto que a cultura da batata necessita principalmente nos três primeiros meses de um excesso de água no sistema para garantir o seu crescimento e desenvolvimento, o que acabou não ocorrendo neste ano.

Apesar do ano de 2005/06 foi que apresentar deficiência de água em diversos meses, o rendimento não sofreu uma queda significativa.

Por conseguinte a relação entre as variáveis hídricas com a produtividade nos anos que foram influenciados pelo fenômeno La Niña pode ser consultada na tabela 15.

Tabela 15: Dados de Excedente (EXC mm), Déficit (DEF mm), produtividade (ton/ha) e seus desvios em relação à média (d) e coeficiente de correlação (r) para os anos agrícolas de ocorrência do fenômeno La Niña no município de Ponta Grossa.

Safr das Águas / Anos de La Niña						
Ano Agrícola	EXC	d EXC	DEF	d DEF	Produt	d Produt
2007/08	440,9	-67,3	57,1	38,1	28,0	1,0
2008/09	306,2	-202,0	52,5	33,5	16,0	-11,0
2010/11	357,3	-150,9	15,0	-4,0	35,0	8,0
2011/12	930,1	421,9	0,0	-19,0	32,0	5,0
Média (2001/02 a 2012/13)	508,2		19,0		27,0	
r		0,43		-0,70		

Para os anos de ocorrência do La Niña a correlação entre os desvios de DEF e produtividade foi forte sendo $r=0,70$ e para os desvios de EXC de produtividade a moderada com $r=0,43$. Esses valores indicam que a correlação entre as variáveis do balanço hídrico e de produtividade foi de 70% e 43%.

O ano de 2008/09 foi o que registrou o menor excedente hídrico e a maior queda de produtividade, (11ton/ha abaixo da média). Já o ano de 2010/2011 teve um rendimento de 8ton/ha acima da média. No entanto para se entender melhor como a correlação e a relação entre essas variáveis se estabeleceu, as figuras 24 e 25 ajudarão na análise de como a distribuição hídrica ocorreu.

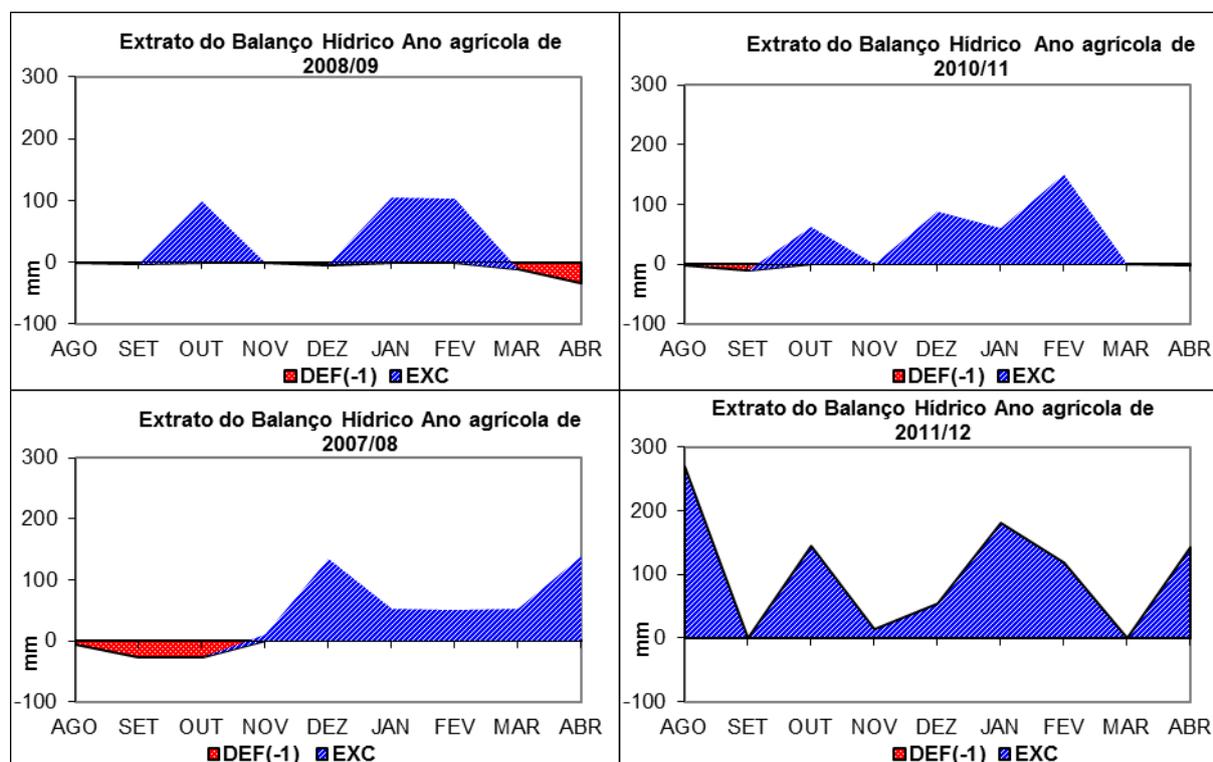


Figura 24: Extrato do Balanço Hídrico dos anos agrícolas de La Niña 2007/08, 2008/09, 2010/11 e 2011/12 para Ponta Grossa, PR.

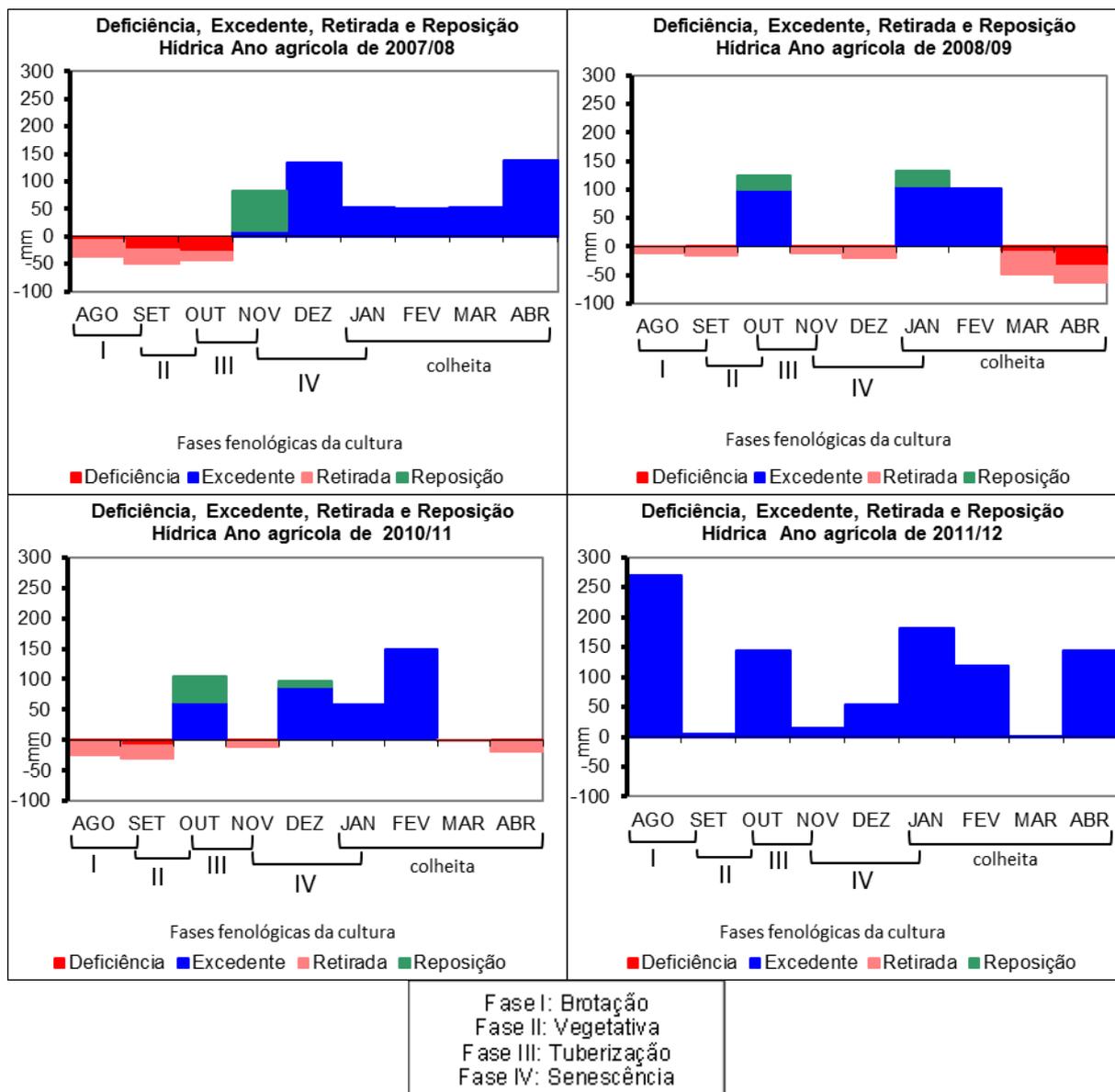


Figura 25: Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos anos agrícolas de La Niña 2007/08, 2008/09, 2010/11 e 2011/12 para Ponta Grossa, PR.

Depois de visualizar as figuras percebe-se que os anos que tiveram a menor deficiência hídrica (2010/11 e 2011/12) foram os anos com valores de produtividade acima da média, com destaque para 2010/11 que não registrou nenhum déficit hídrico e conseguiu manter um rendimento mais do que esperado.

Já o ano de 2008/09 teve a menor produtividade, apenas 16ton/ha. Seu excedente foi o menor dos quatro anos (306,2mm), no entanto a maior deficiência (57,1mm) ocorreu em 2007/08 e ainda manteve sua produtividade acima da média.

Percebe-se ainda que em agosto e setembro dos três anos (2007/08, 2008/09 e 2010/11) houve deficiência e/ou retirada de água do solo (período importante do

crescimento e desenvolvimento da batata), entretanto no ano de 2008/09 não obteve os excedentes suficientes para a recuperação da safra.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se procurou demonstrar como a variabilidade climática influencia na produtividade da cultura da batata, que é muito sensível a períodos de deficiência hídrica principalmente.

Na primeira etapa do trabalho, que consistiu em analisar o período de 1981/82 a 2000/01 foi possível verificar que não há uma correlação entre os dados de precipitação e de temperatura do ar com a produtividade da batata.

No entanto, comprovou-se estatisticamente que o coeficiente de correlação ($r = 0,81$) entre os dados de produtividade e precipitação para os anos agrícolas (1988/89, 1995/96, 1998/99 e 1999/00) que registraram a influência do fenômeno La Niña possui um nível de significância de 95%, ou seja, que a queda produtividade da batata no município de Ponta Grossa está diretamente com o volume total de chuvas durante os meses de crescimento, desenvolvimento e colheita da cultura.

Os resultados dos desvios de produtividade de excedente e de deficiência hídrica também mostrou uma forte correlação ($r = -0,80$ para d produtividade e d excedente e $r = 0,97$ entre d produtividade e d deficiência), não obstante, gráficos do extrato do balanço hídrico e os de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica para os anos agrícolas de ocorrência de La Niña foram feitos para melhor entendimento da distribuição hídrica ao longo dos meses e da queda da produtividade da batata. Sendo possível concluir que as deficiências ou baixos valores de excedentes ocorreram nas fases mais críticas do crescimento e desenvolvimento da cultura (tuberização e senescência), principalmente nos anos de 1988/89 e 1999/00 na qual apresentaram os menores valores de produtividade 13,98 ton/ha e 13,23 to/ha respectivamente.

Entretanto os resultados de correlação foram considerados fracos ($r = -0,15$ e $r = 0,00$) entre as variáveis hídricas (EXC e DEF) e a produtividade para o período dos vinte anos de análise (1981/82 a 2000/01).

Para a segunda etapa (2001/02 a 2012/13) os resultados de correlação entre a precipitação/produtividade e temperatura/produtividade encontrados foram de $r = 0,26$ (fraca) e $r = -0,46$ (moderada) respectivamente.

A partir da escolha e análise dos anos agrícola padrão, habitual (2006/07), mais (2009/10) e menos chuvoso (2008/09), possibilitou o entendimento desses anos extremos que foram influenciados pelos fenômenos El Niño e La Niña. Desta maneira a correlação

mais significativa encontrada foi entre os dados de precipitação e produtividade para os anos de La Niña ($r=0,38$ moderada) e para os anos neutros ($r=0,59$ moderada).

Diante dessas condições climáticas conclui-se que as variáveis de EXC e DEF do balanço hídrico e a produtividade para todos os anos do período possui uma correlação moderada com valores de 34% e 39%. A partir disso os anos de influência do evento La Niña e dos anos agrícolas neutros fizeram parte desta análise, para melhor compreensão da disponibilidade e distribuição da água no sistema.

A variável EXC apresentou uma forte correlação ($r=76$) com produtividade para os anos neutros e uma correlação moderada ($r=0,46$) para os de La Niña. A deficiência hídrica foi mais significativa para os anos de La Niña ($r= -0,70$ forte) do que para o período neutro ($r= -0,29$ fraca).

Portanto, pode-se concluir que o rendimento da cultura da batata em Ponta Grossa está ligado a diversos fatores e condições do clima.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AYOADE, J. O. (2010). **Introdução à climatologia dos trópicos**. São Paulo, DIFEL.

BANDINELLI, M. G. **Micropropagação e miniestaquia na propagação de batata**. 2009, 59p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria.

BERLATO, A.M.; FARENZENA, H.; FONTANA, D.C. Associação entre El Niño, Oscilação Sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul. **Pesq. Agropec. Bras.** V.40, n.5, p.423-432, 2005.

BERLATO, A.M.; CORDEIRO, A.P.A. Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul. In: Federação dos Clubes de Integração e Troca de Experiência – FEDERACITEa. (ORG). **As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevidência?** Porto Alegre: Ideograf Editora Gráfica, 2005, v.1, p.43-59

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

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

BISOGNIN, D.A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 64p.

BOLETIM TÉCNICO 200 -IAC. -Campinas, 1987

BORSATO, V. A. **A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Auto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Nupélia, UEM, Maringá.

BORSATO, V. A; MENDONÇA F.A. A dinâmica dos sistemas atmosféricos no verão 2012-2013 no Paraná e em Campo Mourão. II Simpósio de Estudos Urbanos: A dinâmica das cidades e a produção o espaço. Paraná, 2013.

CARDOSO, A.O.; SILVA DIAS, P. L. Identificação de trimestres extremos no regime pluviométrico Do sul e sudeste do brasil e relação com anomalias da TSM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, 149-162, 2004.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. In: **A. Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000.

CRESPO, A. A.; **Estatística Fácil**. 18 ed. São Paulo: Saraiva, 2002. p.224.

CUNHA, G. R. **Meteorologia**. Fatos e mitos. Passo Fundo: EMBRAPA. 1997.

CUNHA, G. R. Oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7. n.2. 1999. p. 277-284.

DOMINGUES, I.A.S. **Variabilidade climática e sua influência na produtividade da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região norte e noroeste do Paraná**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2010.

ELDREDGE, E.P.; SCHOCK, C.C.; STIEBER, T.D. Plot Sprinklers for irrigation Research. **Agronomy Journal**, v.84, n.6, p.1081-1084, 1992

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 10 de maio. 2015.

FAO: FAOSTAT. **Crops productions: Potatoes**. 2009 Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 01 j de julho de 2013.

FRANCA, R. R. da. **Anticiclone e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte.

FERNANDEZ, S. C. Morfofisiologia da cultura da batata submetida a diferentes regimes hídricos. 2008, 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.

FERREIRA, C.C. **Ciclogêneses e ciclones extratropicais na Região Sul-Sudeste do Brasil e suas influências no tempo**, INPE-4812-TDL/359, 1989.

GALVANI E. El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e seus efeitos nas variações das chuvas na cidade de Piracicaba, SP. 1995. 80f Dissertação (mestrado em Agrometeorologia) – ESALQ, Piracicaba. 1995.

HELDWEIN, A. B.; STRECK N. A.; BISOGNIN D. A. Batata. in: **Agrometeorologia dos cultivos O fator meteorológico na produção agrícola**. Instituto Nacional de Pesquisas – INMET, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - (IBGE). **Estados@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 Jul. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Climanálise, Boletim De Monitoramento e Análise Climática. CPTEC. 1997, 1998, 1999, 2000 2008, 2009 e 2010. Disponível em: < <http://climanalise.cptec.inpe.br/>> Acesso em 20 de maio de 2015.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

MAGALHÃES, M.N. e LIMA, A.C.P. - Noções de Probabilidade e Estatística - 7ed - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MOLION L.C.B. ENOS e o clima no Brasil. In: Ciência Hoje. Rio de Janeiro, SBPC, v. 10, n.58, p.24-29, 1989.

MONTEIRO, C.A.F. Análise rítmica em climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Revista IGUSP. São Paulo. [s/v.], [s/n], p.1-21, 1971

MONTEIRO, C.A.F. O clima da região sul. In: CATALDO, D.M. (Org.). Geografia do Brasil, Grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, p.117-169, 1963.

MONTEIRO, C.A.F. A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil.) Série Teses e Monografias, n.º1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969.

MONTEIRO, C.A.F. **Clima. In Geografia do Brasil: Grande Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE. v.4, t.1, p-114-166. 1968.

NAGAROLLI, M. Evolução climática do estado do Paraná: 1970-1999. 2007, 129p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN 1979. p. 9-19

NIMER, E. **Circulação atmosférica do Brasil (comentários): contribuição ao estudo da climatologia do Brasil.** Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro: IBGE, p. 232-250, set./1966.

OLIVEIRA, G. S.. **O El Niño e você: o fenômeno climático.** São José dos Campos: TRANSTEC. 1999.

OKA-FIORI, C., SANTOS, L. J. C., CANALI, N. E., FIORI, A. P., SILVEIRA, C. T., SILVA, J. M. F., ROSS, J. L. S. Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:650.000. MINEROPAR, Curitiba, 2006.

PASTORINI, L. H.; BACARIN, M. A.; TREVIZOL, F. C. BERVALD, F. C. FERNANDES, H. S. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira.** v.21, n.4, p.660-665, 2003.

PEREIRA, A. B. **Demanada climática ideal de água e produtividade da cultura da batata (solanum tuberosum L. cv. Itarare).** Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 1991.

PEREIRA, A.R., SENTELHAS, P.C., ANGELOCCI, L.R. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações** práticas. Guaíba: Agropecuária. (2002).

PEREIRA A. S.. **A evolução da batata no Brasil.** In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. Horticultura Brasileira 29. Viçosa: ABH.S570 I-S571 0. 2011

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C, 1999. **Balancos hídricos e produtividade de culturas v 6.1 para Excel 7.0**, in 2º Congresso Da Sociedade Brasileira De Informática Aplicada á Agropecuária e á Agroindústria, SBI-AGRO, Campinas SP.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

SALES, L. L. S. R. **ANÁLISE DE RESÍDUOS DE BIOCIDAS EM CULTURAS DE BATATA**, Orientador: Sidnei Osmar Jadoski Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Brasil. 2011.

VAREJÃO-SILVA M. A., **Meteorologia e Climatologia**. Instituto Nacional de Meteorologia Brasília, DF, 2000 p 515.

VELASCO, I., J. M. FRITSCH, 1987: **Mesoscale convective complexes in the Americas**. Journal of Geophysical Research, 92, pp. 9591-9613.

VIANELLO, R. L., **Meteorologia básica e aplicações**. Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV 2000. p 450

WREGGE M.S. PEREIRA, A. da. S., CARAMORI, P. H., GONÇALVES, S. L., BRAGA, H. J., PANDOLFO, C., MATZENAUER, R., CAMARGO, M. B. P. de., BRUNINI, O., STEINMETZ, S., REISSER JÚNIOR, C ., FERREIRA, J. S. de. A., SANS, L. M. de. A., 2004. **Caracterização climática das regiões produtoras de batata no Brasil**. Documentos 133. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 35p.