

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE SOJA NO
MUNICÍPIO DE IBIRUBÁ-RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Robson Rigão da Silva

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE SOJA NO MUNICÍPIO DE IBIRUBÁ-RS

Robson Rigão Silva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de concentração em Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia e Geociências**.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Artur Wollmann

Santa Maria, RS, Brasil

2013

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós Graduação em Geografia e Geociências**

A Comissão examinadora abaixo assinada aprova a Dissertação de
Mestrado

**RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE SOJA NO MUNICÍPIO DE
IBIRUBÁ-RS**

elaborada por
Robson Rigão da Silva

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia e Geociências

COMISSÃO EXAMINADORA:



Professor Dr. **Cassio Artur Wollmann (UFSM)**
(presidente orientador)



Emerson Galvani, Dr. (USP)



Mauro Kumpfer Weralng, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 26, setembro de 2013.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Federal de Santa Maria

RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE SOJA NO MUNICÍPIO DE IBIRUBÁ-RS

AUTOR: ROBSON RIGÃO DA SILVA
ORIENTADOR: CÁSSIO ARTUR WOLLMANN
Santa Maria, 26 de setembro de 2013

São inúmeras as formas pelas quais o clima interfere na vida humana e interfere na dinâmica do nosso planeta. É vigente a concepção que o clima é um condicionador da distribuição dos homens, animais e plantas na superfície terrestre, além de ser um zoneador dos cultivos agrícolas e de regular o ciclo hidrológico. Nesse sentido, presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a relação entre precipitação pluviométrica e produção/produtividade de soja no Planalto Médio, utilizando o município de Ibirubá – RS, como estudo de caso, no período de 31 anos (1982 a 2012). Qualquer sistema agrícola criado pelo homem depende do clima para funcionar, de forma semelhante ao ecossistema natural. Os principais fatores climáticos que alteram a produção agrícola são os mesmos elementos que influenciam a vegetação natural. Entre eles destacam-se a radiação solar, a temperatura e a umidade. A cultura da soja, não foge a esta regra, pois se caracteriza principalmente por demandar um alto valor de investimentos, em função do elevado grau de tecnologia empregado no processo, garantindo assim, uma rentabilidade econômica e social. Foram estabelecidos como objetivos específicos: Avaliar a distribuição anual e a relação da precipitação com as fases do ciclo fenológico da soja durante os anos-safra do cultivo; Analisar os anos padrões mais significativos no que se refere a maior e menor precipitação, identificados como anos-padrões mais ou menos chuvosos e habituais que influenciaram na maior ou menor produtividade (rendimentos) de soja no município de Ibirubá, no período de 1982 a 2012; Identificar e relacionar, por meio do Balanço Hídrico Climatológico, a influência da variabilidade pluviométrica nos rendimentos finais da soja ao longo dos anos-safra mais significativos. Após a coleta e análise dos dados confirmou-se, a hipótese que existiria relação entre pluviometria e produção/produtividade (rendimentos) de soja no município de Ibirubá. Os resultados foram organizados conforme a proposta metodológica deste trabalho ou seja, com base no critério de precipitação, a qual foi subdividida em: precipitação abaixo da habitual precipitação habitual e precipitação acima da habitual. Dessa forma, os totais de precipitação pluviométricas influenciam nos rendimentos da soja, mas verificou-se que a distribuição hídrica durante o ciclo fenológico, em destaque os momentos com maior exigência hídrica, fase vegetativa de emergência (VE-Vn) e reprodutiva de enchimento do grão (R1-R6), tornaram-se fundamentais para os rendimentos finais. Mesmo com a introdução de novas tecnologias nos cultivares, como a soja de crescimento indeterminado, a variabilidade da precipitação pluviométrica ainda é influente na produtividade.

Palavras-chave: Clima. Precipitação pluviométrica. Produtividade. Soja.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Federal de Santa Maria

RELATIONSHIP BETWEEN PRECIPITATION PLUVIOMÉTRICA AND YIELD OF SOYBEAN IN THE MUNICIPALITY OF IBIRUBÁ-RS

AUTHOR: ROBSON RIGÃO DA SILVA
ADVISOR: CÁSSIO ARTUR WOLLMANN
Santa Maria, 26 september, 2013.

The climate interferes in countless ways on human life and also in the dynamics of our planet. Nowadays it is widely accepted the conception that the climate is a condition for the distribution of human life, animals and plants, besides that, that the climate is responsible for zoning the agricultural produces and also for regulating the water cycle. Thus, this work aimed to evaluate the relation between the pluviometric precipitation and the soy production/productivity in the Brazilian middle plateau, in the city of Ibirubá – RS in a case study, during a period of 31 years (between 1982 and 2012). Any man-created agricultural system depends on the climate to work, similarly to the natural ecosystem. The main climatic factors that change the agricultural production are the same elements that interfere in the natural vegetation. Among these, the solar radiation, temperature and humidity are the most important. Soy culture plays by the same rules, once it is characterized mainly by a high investment value because of the high degree of technology used in the process, what grants economic and social profitability. The specific objectives were: Evaluate the annual distribution and the relation between pluviometric precipitation and the phases of the fenologic soy cycle during the years of cultivation; Evaluate the more significant standard years, in terms of higher and lower pluviometric precipitation frequency, identified as standard-years more or less rainy and habitual that influenced the highest and the lowest soy productivity in Ibirubá, from 1982 to 2012; Identify and relate, through Climatological Hydric Balance, the influence of pluviometric precipitation variability in the final soy productivity over the most significant production-years. After the data collection and analysis, it was confirmed the hypothesis that there was a correlation between pluviometric precipitation and soy production in Ibirubá. The results were organized according to the methodology of this work, that is, based on the pluviometric precipitation criterion, which was subdivided in: pluviometric precipitation below the habitual frequency, and pluviometric precipitation above the habitual frequency. Thus, the totals of pluviometric precipitation influenced the soy production, but it was verified that the hydric distribution during the fenologic cycle, in special the periods with higher hydric demand, emergency vegetative phase (VE-Vn) and reproductive phase of grain filling (R1-R6) were fundamental for the final production. Even with the introduction of new cultivars technology, like the indeterminate growth soy types, the variability of pluviometric precipitation is still influent in the productivity.

Key words: Climate. Pluviometric precipitation. Productivity. Soy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: localização da área de estudo Município de Ibirubá.....	11
Figura 2: Regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.....	12
Figura 3: Fotoperíodo (h) ao longo do ano em função da latitude do local.....	18
Figura 4: Processo de fotossíntese.....	19
Figura 5: Evapotranspiração (ET) diária da cultura da soja nos diferentes estádios de desenvolvimento.....	22
Figura 6. Esquema do ciclo fenológico da soja.....	40
Figura 7: Fenologia da soja – estágios vegetativos A, B,C e D.....	42
Figura 8: Calendário agrícola médio para cultura da soja.....	48
Figura 9: Registros dos fenômenos EL Niño e La Niña.....	50
Figura 10: Ano-safra 1985/86 com precipitação abaixo da habitual (normal).....	59
Figura 11: Ano-safra 1996/97 com precipitação abaixo da habitual (normal).....	59
Figura 12: Ano-safra 2011/12 com precipitação abaixo da habitual (normal).....	60
Figura 13: Balanço Hídrico do ano-safra 1996/97 e ano-safra 2011/12.....	61
Figura 14: Ano-safra 2004/05 com precipitação habitual (normal).....	65
Figura 15: Balanço Hídrico do ano-safra 2004/05.....	66
Figura 16: Ano-safra 2007/08 com precipitação habitual (normal).....	68
Figura 17: Balanço Hídrico do ano-safra 2007/08.....	69
Figura 18: Ano-safra 2010/11 com precipitação habitual (normal).....	70
Figura 19: Ano-safra 1997/98 precipitação habitual (normal).....	74
Figura 20: Balanço Hídrico do ano-safra 1997/98.....	75
Figura 21: Ano-safra 2009/10 precipitação habitual (normal).....	76
Figura 22: Balanço Hídrico do ano-safra 2009/10	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos estágios vegetativos da soja.....	40
Tabela 2. Descrição dos estágios reprodutivos da soja.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Ciclos característicos das cultivares de soja indicadas para o Rio Grande do Sul.....	47
Quadro 2: Precipitação abaixo da habitual (normal) – 3 registros.....	57
Quadro 3: anos-safra abaixo da precipitação habitual (normal).....	58
Quadro 4: Precipitação habitual (normal) – 22 registros e rendimentos.....	63
Quadro 5: anos-safra selecionados com precipitação habitual (normal).....	64
Quadro 6: Precipitação acima do habitual (normal) – 5 registros.....	72
Quadro 7: anos-safra com precipitação acima do habitual (normal).....	72

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
1.1. Clima e Agricultura.....	15
1.1.1. Temperatura	17
1.1.2. Radiação solar.....	18
1.1.3. Precipitação.....	19
1.1.4. Distribuição pluviométrica.....	21
1.1.5. Anos padrões.....	25
1.2. A circulação atmosférica no Rio Grande do Sul.....	27
1.3. Escalas climáticas.....	30
1.4. Variabilidade climática na produtividade agrícola da soja.....	33
1.4.1 Histórico do cultivo da soja no Brasil e no Rio Grande do Sul.....	35
1.4.2. A Fenologia da soja.....	38
1.4.2.1. Estágio Vegetativo (VE a Vn) da soja.....	40
1.4.2.2. Estágio Reprodutivo (R1 a R8) da soja.....	42
1.4.3. O Calendário Agrícola da Soja para o Rio Grande do Sul.....	44
1.4.4. O plantio direto.....	48
1.5. Influência da oscilação sul (ENOS) El Niño e La Niña na produtividade agrícola.....	48
2. METODOLOGIA.....	52
3. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	57
3.1. Precipitação abaixo da habitual (normal).....	57
3.2. Precipitação habitual (normal).....	63
3.2.1. Ano-safra de 2004/05.....	63
3.2.2. Ano-safra de 2007/08.....	66
3.2.3. Ano-safra de 2010/11.....	68
3.3. Precipitação acima da habitual (normal).....	71
3.3.1. ano-safra de 1997/98.....	73
3.3.2. ano-safra de 2009/10.....	75
4. CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

INTRODUÇÃO

É inegável reconhecer os avanços tecnológicos que a humanidade obteve após a Revolução Industrial. Estas transformações foram causadoras de uma série de mudanças a nível mundial, pois “[...] ao transformar, ao longo do tempo, as formas de produzir e reproduzir os meios de sua própria sobrevivência, o ser humano modificou também suas relações humanas e com a natureza.” (SAMPAIO; LEITE, 1999, p. 13).

Salienta Ayoade (2007) que os processos atmosféricos influenciam na biosfera, hidrosfera e litosfera, e nesse sentido, as atividades econômicas, tais como o comércio, indústria, transportes, comunicação e agricultura são afetados pelas variações meteorológicas em diversas escalas. Mesmo com o rápido progresso científico e tecnológico, o homem ainda é extremamente dependente das condições naturais, principalmente com ênfase na variável clima.

De acordo com Conti (2002), são inúmeras as formas pelas quais o clima interfere na vida humana e interfere na dinâmica do nosso planeta. É vigente a concepção que o clima é um condicionador da distribuição dos homens, animais e plantas na superfície terrestre, além de ser um zoneador dos cultivos agrícolas e de regular o ciclo hidrológico.

Monteiro (1981) afirmou que qualquer evento climático diferente dos padrões habituais resulta em uma reação em cadeia, reação esta que afeta não somente a produção agrícola como também acaba por prejudicar o ambiente, assim como os processos de organização agrícola agem negativamente o quadro ecológico.

Qualquer sistema agrícola criado pelo homem depende do clima para funcionar, de forma semelhante ao ecossistema natural. Os principais fatores climáticos que alteram a produção agrícola são os mesmos elementos que influenciam a vegetação natural. Entre eles destacam-se a radiação solar, a temperatura e a umidade (OMETO, 1981).

O homem procura meios e técnicas que possam auxiliar na produção agrícola, já que não é capaz de mudarem o tempo e nem o clima, pelo menos não na escala macroclimática, mas com os recursos corretos, pode ajustar o manejo agrícola de acordo com as condições climáticas dominantes (PINTO; NETTO, 2008).

Assim, a abordagem da Climatologia Geográfica torna-se muito relevante no estudo do espaço agrícola, principalmente através da análise têmporo-espaial dos elementos climáticos e suas dependências em relação às diferentes culturas e seus ciclos vegetativos (RIBEIRO, 1993).

Os atributos climáticos, como: precipitação, temperatura, radiação solar, ventos, exercem influência sobre todos os estágios da produção agrícola. Neste sentido, Santos (1993) ratifica que o tempo e o clima não exercem somente a sua influência na agricultura, mas que estes exercem influência em praticamente todas as atividades econômicas.

Em quase todas as fases das atividades agrícolas o clima assume papel principal. Para Mota (1983) tais atividades vão desde a seleção de regiões ou lugares para a instalação de culturas e experimentos agrícola, até o planejamento a longo ou curto prazo das referidas atividades.

Neste sentido, estudos e pesquisas nas áreas de Agroclimatologia, Bioclimatologia vegetal ou climatologia agrícola, quando se procuram quantificar e estabelecer relações entre as variáveis condições atmosféricas *versus* plantas, estes mesmos estudos contribuem para prever safras, bem como prever aumentos na produtividade das culturas.

De acordo com Ayoade (2007), cada região produtora, apresenta elementos climáticos com diferentes variabilidades ao longo do ano e, por isso, se faz necessário o estudo da influência do clima em uma determinada região, conclui o autor.

Os avanços tecnológicos e científicos modificaram muito a vida do agricultor, dando maiores possibilidades para resistir a variabilidade do tempo, no entanto, o clima continua sendo uma variável importante para a agricultura (Sartori, 2005)

A cultura da soja, de acordo com Pizzi; Trindade (2008), não foge a esta regra, pois caracteriza-se principalmente por demandar um alto valor de investimentos, em função do elevado grau de tecnologia empregado no processo, garantindo assim, uma rentabilidade econômica e social.

Nesse sentido, presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a relação entre precipitação pluviométrica e produção/produtividade de soja no Planalto Médio, utilizando o município de Ibirubá – RS, como estudo de caso, no período de 31 anos (1982 a 2012).

Foram estabelecidos como objetivos específicos:

(1) Avaliar a distribuição anual e a relação da precipitação com as fases do ciclo fenológico da soja durante os anos-safra do cultivo.

(2) Analisar os anos padrões mais significativos no que se refere a maior e menor precipitação, identificados como anos-padrões mais ou menos chuvosos e habituais que influenciaram na maior ou menor produtividade (rendimentos) de soja no município de Ibirubá, no período de 1982 a 2012.

(3) Identificar e relacionar, por meio do Balanço Hídrico Climatológico, a influência da variabilidade pluviométrica nos rendimentos finais da soja ao longo dos anos-safra mais significativos.

1. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA EM ESTUDO

O município de Ibirubá (Figura 1) foi desmembrado de Cruz Alta, por uma Lei Estadual em 15 de dezembro de 1954. Na divisão territorial de 1955, o Município apresentava três distritos: Ibirubá (sede), Alfredo Brenner e Quinze de Novembro. Em 1966 uma lei municipal cria o distrito de Santo Antônio do Bom Retiro. O distrito de Quinze de Novembro se emanciparia de Ibirubá em 1987. Para a formação do novo município Quinze de Novembro utilizou-se de todo o território do antigo distrito pertencente à Ibirubá e mais o distrito de Santa Clara do Ingaí que pertencia ao Município de Cruz Alta. Na atualidade Ibirubá possui dois distritos de: Alfredo Brenner e Santo Antônio do Bom Retiro (IBGE, 2012).

O município de Ibirubá estende-se por uma área de 607,456km². O censo demográfico de 2010 apontou um total populacional de 19.310 habitantes e densidade demográfica 31,79hab/km². Do total populacional, cerca 79,4% pessoas residem na área urbana e a residente na área rural é de 20,6% pessoas. A base econômica do município encontra-se no setor de serviços (61,4% do PIB), agropecuária (21,7% do PIB) e indústria (16,9% do PIB), sendo que o PIB per capita anual é de R\$ 28.322,35 reais, segundo o IBGE (2012).

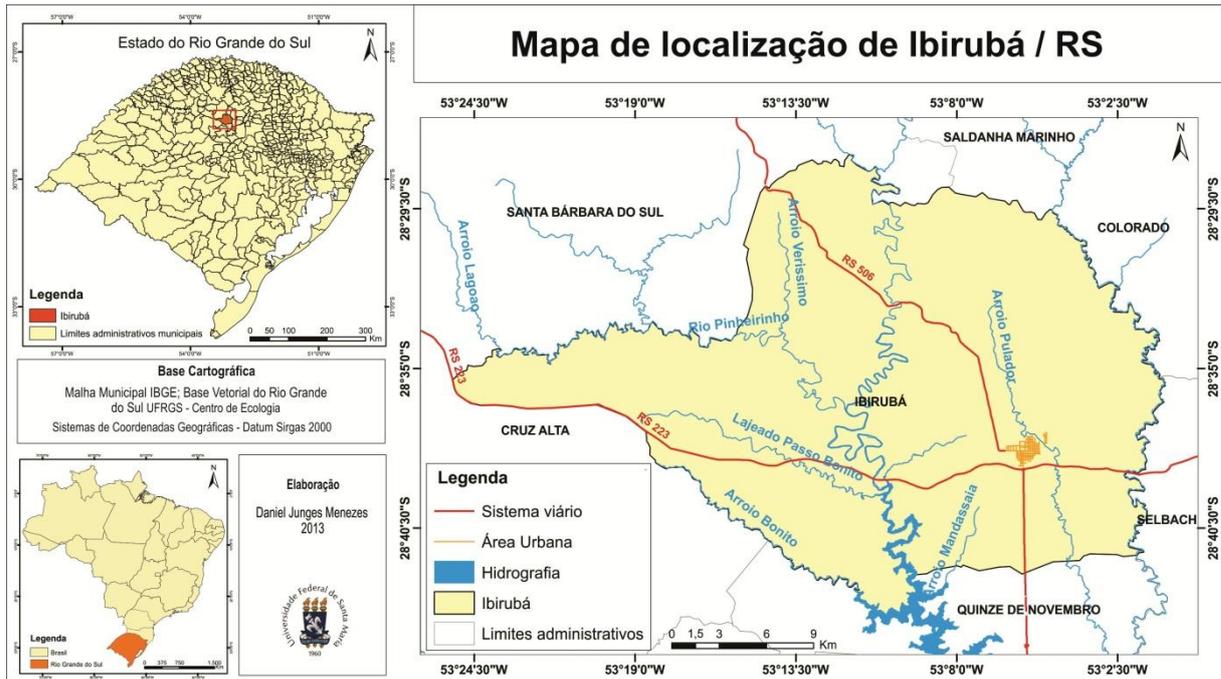


Figura 1: localização da área de estudo Município de Ibirubá

Fonte: IBGE (2012).

Org.: SILVA, R. R. (2013).

O município de Ibirubá está localizado no Planalto Médio (figura 2) do Rio Grande do Sul. Os municípios que compõe o Planalto Médio são: Passo Fundo, Carazinho, Cruz Alta, Panambi, Tupanciretã, Soledade, Ibirubá, Tapera, Júlio de Castilhos, Carazinho, Ibiaçá, Ipiranga do Sul, Não-Me-Toque, Portão, Santa Bárbara do Sul, Santo Antônio do Planalto, Selbach, Tapejara, Tio Hugo, Vitor Graeff e Vista Alegre.

Na estrutura fundiária do município de Ibirubá predominam pequenas e médias propriedades rurais as quais possuem mão de obra trabalho familiar e assalariada. Quase todas estão vinculadas ao sistema de cooperativas como é o caso da cooperativa do município a Cotribá. O cultivo predominante durante o verão é a soja com quase 80% da área cultivada no município. Existem outros cultivos paralelos como o milho. A suinocultura, a avicultura e pecuária leiteira são outras atividades econômicas complementares a maioria dos produtores.

De forma geral, o município de Ibirubá está localizado no Planalto Médio, que, por sua vez localiza-se sobre o domínio morfoestrutural do Planalto Meridional. Essa unidade geomorfológica é formada por rochas vulcânicas mesozoicas da Bacia do Paraná e coberto de campos e matas mistas com araucária. Esse platô foi recortado

pela erosão no bordo sul, originando uma escarpa íngreme, denominada Serra Geral (CEEE, 2010).

O Planalto Médio segundo Fortes (1956), Limitado ao Norte pela região do Alto Uruguai (11), ao Sul pela Depressão Central (5), pelas Missões (10) e ao Leste pelas Encostas Superior do Nordeste (7) e inferior do Nordeste (6). As principais cidades são: Passo Fundo, Carazinho, Cruz Alta, Ijuí, Panambi, Tupanciretã, Soledade, Tapera e Júlio de Castilhos. Sua área, segundo FORTES (1956), é de 31.252 km². Em relação à altimetria, alcança 700 metros no Leste e 400 a 500 metros no Oeste, incluindo a bacia do Jacuí Superior, em cujo vale há altitudes até inferior a 200 metros.



Figura 2: Regiões Fisiográficas do Rio Grande do Sul

Fonte: FORTES (1956)

Org.: SILVA, R.R. (2013)

A vegetação do Planalto Médio é composta por campos na faixa mais oriental os quais apresentam solos com baixa fertilidade e, junto aos cursos de água a

presença de mata galeria. Na porção leste do rio Jacuí registra-se ainda a presença de Araucárias. As florestas latifoliadas estão presentes nas áreas inclinadas dos vales. Destaca-se que ao sul, onde há transição para Depressão Central, as florestas latifoliadas também ocupam a extensa chegando até a Encosta Inferior do Nordeste.

A geologia do Planalto Médio é composta por rochas que fazem parte da Bacia do Paraná. Para tal formação ocorreram sucessivos derrames de lavas do tipo vulcânicas intermitentes com rochas sedimentares em sua intercalação. Foi na Era Geológica Mesozoica que ocorrera a formação destas rochas vulcânicas as quais pertencem à Formação Serra Geral. Já as rochas sedimentares, das Eras Geológicas do Paleozoico e Mesozoico, pertencem à Formação Botucatu, ambas relacionadas aos estágios finais de preenchimento da Bacia do Paraná, anterior ao rompimento do antigo Continente Gondwana (ROSS, 2005).

O estado do Rio Grande do Sul possui quatro grandes domínios morfoestruturais que se diferenciam por um grande contraste no relevo. São eles: Escudo Sul-rio-grandense, Província Costeira, Planalto Meridional e Depressão Periférica (ROSS, 2005).

No sudeste do estado, evidencia-se o domínio do Escudo Sul-rio-grandense, que consiste em um planalto onde as formas de relevo variam desde coxilhas, morros, pontões e cristas até chapadas, com altitudes que chegam até 599m. Na costa leste do estado situa-se a Província Costeira, caracterizada por terras baixas e aplainadas, formada por um rosário de pequenas lagoas isoladas encravadas em depósitos arenosos.

Destaca-se que ao trabalhar com a caracterização climática de determinado recorte espacial, sempre se esbarra em, pelo menos, três formas de levantamento e tratamento de dados climáticos: uma conhecida como caracterização, ou classificação, empírica, outra dinâmica, ou genética, e a última, a que ressalta o estudo da percepção climática, não considerada neste estudo.

Diante disso, a caracterização climática da área dos 15 municípios que compõem o Planalto Médio, apresentam duas caracterizações. A primeira consiste em analisar dados, em geral médias, dos elementos climáticos ao longo dos meses

e anos. Já a segunda consiste em analisar a dinâmica atmosférica recíproca à área de estudo, trabalhando-se com noções de sistemas atmosféricos (massas de ar e correntes perturbadas) e sua dinamicidade (ritmo), imprescindivelmente, em escala temporal diária e com dados levantados em trabalho de campo.

Segundo o sistema de Köppen, o Rio Grande do Sul se enquadra na zona fundamental temperada ou "C" e no tipo fundamental "Cf" ou temperado úmido. No Estado este tipo "Cf" se subdivide em duas variedades específicas, ou seja, "Cfa" e "Cfb" (MORENO, 1961).

A variedade "Cfa" se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. A variedade "Cfb" também apresenta chuvas durante todos os meses do ano, tendo a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C.

Desta forma, de acordo com a classificação de Köppen, o Estado fica dividido em duas áreas climáticas, "Cfa" e "Cfb", sendo que a variedade "b" se restringe ao planalto basáltico superior, ou seja, abrange o Planalto Médio e ao escudo Sul-Rio-Grandense, enquanto que as demais áreas pertencem à variedade "a".

Diante disso, o município de Ibirubá enquadra-se, segundo a classificação de Köppen, no 'Cfb'. Tais condições climáticas combinadas com outros fatores naturais como geologia, geomorfologia e pedologia e fatores histórico socioeconômicos de formação determinam grande potencial agrícola para a região do Planalto Médio.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Clima e Agricultura

A produção agrícola em qualquer lugar do mundo deve levar em conta, entre outros fatores, o tempo e o clima. Almeida (2005, p.70) diz que “o clima é um dos domínios mais aleatórios entre os constituintes da natureza, apresentando condições muito diferentes em qualquer segmento temporal de análise, sejam estes anuais, sazonais e mensais”.

O efeito que o clima tem sobre a agricultura é indiscutível, norteador desde a escolha da cultura apropriada a determinada região, à época de plantio e tratamentos culturais. Diante disso, para que o plantio ocorresse de forma eficaz, foi necessário que a humanidade adquirisse o conhecimento empírico a respeito dos recursos naturais indispensáveis à agricultura, tais como as características dos solos e das condições climáticas.

Para Sorre (1951), o clima é caracterizado pela sucessão habitual dos tipos de tempo, sendo estes constituídos pela combinação entre os diferentes elementos climáticos e os fatores climáticos. As sucessões dos estados atmosféricos atuam de modo enfático na produção de qualquer cultura agrícola. Neste sentido, Santos (1993, p.39) afirma que:

Nas interrelações entre agricultura e meio físico tem-se reconhecido que o clima se constitui no "Carro-Chefe" comandando grande parte do potencial agrícola de uma determinada área. Isto se verifica porque o homem possui os recursos técnicos para melhorar as condições dessa área, porém ainda não possui o controle das condições do tempo atmosférico, que em sua sucessão constitui o clima.

Em geral, os agricultores têm uma visão empírica muito importante do local em que plantam, no entanto somente este conhecimento não basta para o uso e manejo adequado de uma cultura. Da mesma forma, não é suficiente dominar o uso e manejo adequado do solo, pois se faz necessário compreender o clima, que é estabelecido a partir da sucessão habitual dos tipos de tempo.

Ribeiro (1999, p.235), reforça a necessidade de compreensão do clima argumentando que “perante tais avanços tecnológicos, o homem ainda é um agente

passivo diante as intempéries da natureza”. Portanto, a compreensão das condições climáticas, possibilitaria uma melhor relação entre homem e meio agrícola.

O clima, enquanto recurso natural é muito importante na prática da agricultura, pois cada planta necessita de determinadas quantidades de água, calor e luz nas épocas certas de seu desenvolvimento. Por isso, qualquer alteração brusca dessas variáveis climáticas podem comprometer o ciclo vegetativo e, conseqüentemente, a produção/produtividade (ALMEIDA, 2005).

Ayoade (2007), também salienta que os elementos atmosféricos, podem variar no decorrer do período de cultivo, fazendo com que a exploração esteja sempre sujeita às incertezas. Dentre os elementos atmosféricos, a precipitação, em algumas ocasiões, pode apresentar grande variabilidade espaço-temporal, cuja estimativa constitui-se numa das principais fontes de perdas na produção/produtividade agrícolas.

Existem alguns modos pelos quais a variabilidade dos elementos atmosféricos pode influenciar no crescimento do cultivo de soja e de sua produtividade. Segundo Pinto; Netto, (2008), as variáveis climáticas estão intimamente inter-relacionadas na influência que exercem sobre as lavouras. O efeito de certa variável climática é modificado pelas outras. Também as variações diárias, sazonais ou anuais nos valores dos elementos atmosféricos são de grande importância na determinação da eficiência do crescimento dos cultivos.

Os autores ainda consideraram que o ambiente climático nos quais as lavouras se desenvolvem o microclima, imediatamente em torno das mesmas, é de vital importância. As condições climáticas reinantes no interior dos solos, onde a germinação ocorre, e nas proximidades do terreno em que os cultivos crescem, podem ser bastante diferentes das que predominam no ar logo acima dos mesmos (PINTO; NETTO, 2008).

Diante disso, o aumento dos estudos sobre a variabilidade dos elementos atmosféricos, agregado ao conhecimento empírico dos agricultores, bem como, aos estudos do clima relacionado às necessidades das plantas podem, juntos contribuir de forma significativa no crescimento dos rendimentos finais de diversas culturas, como é o caso da cultura da soja (WOLMANN; GALVANI, 2013).

1.1.1. Temperatura.

Farias, Nepomuceno, Neumaier (2007), afirmam que a soja melhor se adapta a temperaturas do ar entre 20°C e 30°C; a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de 30°C. De acordo com Câmara (1998), a semeadura da soja não deve ser realizada quando a temperatura do solo estiver abaixo de 20°C porque prejudica a germinação e a emergência. A faixa de temperatura do solo adequada para semeadura varia de 20°C a 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme. Diante disso, a recomendação do plantio de soja segundo Fontana (2001), Almeida (2005), Embrapa (2006) no Rio Grande do Sul é no último decênio do mês de novembro e os primeiros dois decênios de dezembro.

O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 10°C. Temperaturas acima de 40°C têm efeito adverso na taxa de crescimento, provocam distúrbios na floração e diminuem a capacidade de retenção de vagens. Esses problemas se acentuam com a ocorrência de déficits hídricos (FONTANA, 2001).

A floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima de 13°C. Assim, a soja adianta o florescimento quando ocorrem altas temperaturas, o que pode acarretar diminuição na altura da planta. Este problema pode ser agravado se, ao mesmo tempo, ocorrer insuficiência hídrica e/ou fotoperiódica durante a fase de crescimento. Diferenças de data de floração entre cultivares, numa mesma época de semeadura, num mesmo local, são devidas principalmente, à resposta diferencial das cultivares ao fotoperíodo (ALMEIDA, 2005).

A maturação pode ser acelerada pela ocorrência de altas temperaturas. Quando vêm associadas a períodos de alta umidade, as altas temperaturas contribuem para diminuir a qualidade da semente e, quando associadas a condições de baixa umidade, predispõem a semente a danos mecânicos durante a colheita. Temperaturas baixas na fase da colheita, associadas a período chuvoso ou de alta umidade, podem provocar atraso na data de colheita, bem como haste verde e retenção foliar (CÂMARA, 1998).

1.1.2. Radiação solar.

A radiação solar é de vital importância agrícola, pois é essa energia que aciona o sistema agrícola, bem como qualquer outro ecossistema. A radiação solar determina as características térmicas do ambiente, principalmente as temperaturas do ar e do solo, a duração do dia ou fotoperíodo (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007) relataram que a sensibilidade da soja ao fotoperíodo ainda é uma importante restrição para uma adaptação mais ampla da cultura. Em função dessa característica, a faixa de adaptabilidade de cada cultivar varia à medida que se desloca em direção ao norte ou ao sul. Na Figura 3 é apresentada a variação do fotoperíodo em função da latitude do local, verificando-se que quanto mais próximo da linha do equador menor é a amplitude do fotoperíodo ao longo do ano. O município de Ibirubá está localizado entre as latitudes de $-28^{\circ} 29'S$ e $-28^{\circ} 40'S$, conforme mapa de localização (figura 1), conferindo ao município boa potencialidade para o cultivo da soja conforme seu calendário agrícola.

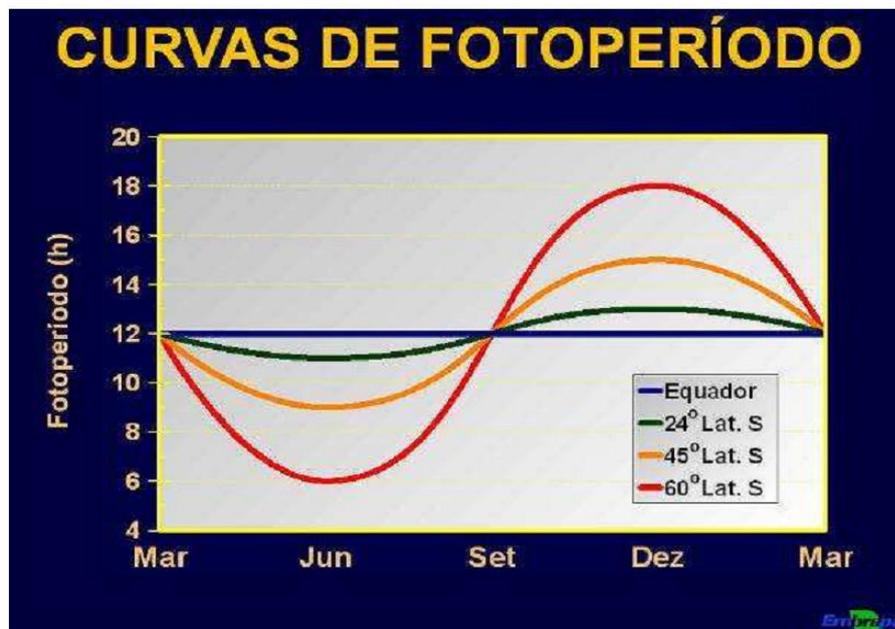


Figura 3: Fotoperíodo (h) ao longo do ano em função da latitude do local.
Fonte: Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007)

Por fim, destaca-se que a radiação solar controla a intensidade da fotossíntese a qual é responsável pelo processo básico de produção de alimento na

natureza. Somado a esse, o fotoperiodismo é resposta dos vegetais à luminosidade, (OMETTO, 1981). A quantidade máxima do tecido vegetal que pode ser fotossintetizado depende da disponibilidade de radiação adequada, supondo quantidade ilimitada de bióxido de carbono, água e nutrientes no solo. O processo de fotossíntese, segundo Ayoade (2007), e que muitas vezes se faz referência como sendo uma produção biológica primária, pode ser resumido conforme a figura 4.

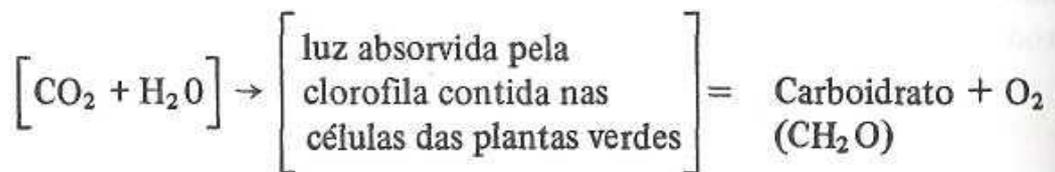


Figura 4: Processo de fotossíntese
Fonte: Ayoade (2007).

1.1.3. Precipitação

A água desempenha papel de grande importância na agricultura, pois atua em quase todos os processos fisiológicos e bioquímicos, além de funcionar como solvente, através do qual gases, minerais e outros solutos entram nas células e movem se através da planta. Tem, ainda, papel importante na regulação térmica da planta, agindo tanto no resfriamento como na manutenção e na distribuição do calor (OMETTO, 1981).

Vários autores, como Guadarrama (1971), Ribeiro (1993), Sant' Anna Neto (1998), Almeida (2000), Berlato; Cordeiro (2005), Franco; Assunção (2010), Silva; Souza (2012), já contribuíram abordando a relação existente entre precipitação e inúmeros cultivos agrícolas. Em um destes trabalhos foi o de Guadarrama (1971), o qual demonstrou que as irregularidades das chuvas, no ano agrícola de 1967/68, para a cultura de arroz no Estado de São Paulo, provocaram queda na safra, principalmente nas áreas de maior escassez.

Ribeiro (1993) afirmou que o caráter geográfico da climatologia agrícola sustenta-se pela repercussão espacial do ritmo e das variações dos elementos

atmosféricos, como por exemplo da precipitação, ao longo do ciclo vegetativo de uma cultura, o qual determina as perdas ou altos rendimentos das safras.

Sant' Anna Neto (1998) defendeu que a variabilidade e a irregularidade das chuvas, as excepcionalidades e azares climáticos interferem na fenologia das plantas, diminuindo a eficiência da produção e comprometendo os calendários agrícolas.

Almeida (2000) verificou que a variabilidade espacial da pluviosidade e do rendimento da cultura da soja, segundo os anos-padrão, revela concordância espacial entre regiões que obtiveram melhores rendimentos e áreas onde a oferta da precipitação foi mais elevada. Essa variabilidade foi verificada nas regiões de Cascavel e Toledo no estado do Paraná, pois sofreram maiores riscos de insucesso e quedas de produtividade, devido à possibilidade da oferta de precipitação ser inferior à média pluviométrica.

A variabilidade pluviométrica estudada por Santos; Ribeiro (2002) no município de Coromandel-MG, através do registro de veranico (intervalos de dias com deficiência hídrica durante a estação chuvosa), influenciou no resultado de baixa produtividade das culturas de arroz, milho e soja. Diante disso, os autores confirmaram que a precipitação pluvial é a que mais condiciona o rendimento em culturas temporárias, como é caso da soja.

Em relação ao Rio Grande do Sul, Berlato; Cordeiro (2005, p.48) destacam que "(...) a maior variabilidade dos rendimentos coincide com a maior variabilidade da precipitação pluvial". Diante disso, os eventos de El Niño (ENOS), os quais aumentam positivamente a precipitação pluvial, registrados durante os anos 1990 e nos primeiros anos de 2000 coincidiram com a tendência mais acentuada de acréscimo nos rendimentos da soja e do milho no estado.

Franco; Assunção (2010) concluíram que a produtividade, no caso do milho, estava atrelada, dentre outros fatores, a capacidade hídrica dos diferentes tipos de solos encontrados no estado de Goiás. Ainda na região Centro-oeste, Santos (2005), listou diferentes tecnologias utilizadas pelos produtores para minimizar os efeitos adversos do ritmo climático e, assim garantir níveis elevados de produtividade do soja.

Em outro trabalho, Silva; Souza (2012) elaboraram uma análise sobre a influência do regime pluvial na Primavera-Verão de 2005/2006, relacionando estas informações com os dados quantitativos de produtividade para os 10 maiores

municípios produtores de Soja no Estado do Tocantins. Os resultados obtidos demonstraram que os meses de Outubro e Janeiro foram muito secos e o mês de Março foi chuvoso o qual influenciou na perda de produtividade de soja em cinco dos maiores municípios produtores do Tocantins.

Dessa forma, destaca-se que o conhecimento da quantidade de água necessária para diferentes culturas é relevante. A cultura da soja, por exemplo, apesar de ser tolerante a curtas deficiências hídricas, possui queda significativa nos rendimentos perante longa escassez hídrica. Não só as deficiências, mas também os excedentes hídricos ocasionam queda na produtividade de soja pois os dias nublados prejudicam a fotossíntese, o arejamento do solo, desenvolvimentos da raízes e fixação do nitrogênio no solo gerando, por fim queda nos rendimentos.

Santos (2005), destacou que o excesso hídrico no solo é fator limitante na cultura da soja. Diante de tal fato, podem ocorrer alterações no ciclo da cultura, pois há quebra no crescimento da planta, alterando sua qualidade e produtividade.

Mariano; Santos (2006) concluíram que a deficiência hídrica, nos meses de dezembro e janeiro e o excesso hídrico em fevereiro prejudicaram os rendimentos da soja, principalmente no ano de 1989/1990, classificado como tendente a chuvoso. Tal combinação, ocorrida na região Sudoeste de Goiás, acarretou no registro das maiores perdas na produtividade, apesar de possuir alto potencial tecnológico.

Ainda em relação ao excesso hídrico, Mariano (2010), afirmou que o excesso hídrico, no período vegetativo retarda o crescimento e, na colheita, prejudica a qualidade dos grãos, por sua vez encarecendo o processo de secagem.

1.1.4. Distribuição pluviométrica

Não somente os totais de precipitação são importantes durante o ciclo fenológico da cultura da soja, mas também a distribuição da precipitação durante o ciclo. A disponibilidade hídrica ainda é o grande limitador da produtividade do ano-safra, assim como na maior variabilidade dos rendimentos de uma safra para outra (OMETTO, 1983; CUNHA, et al. 2001; FARIAS, NEPOMUCENO; NEUMAIER; 2007).

Enfatiza-se que a disponibilidade de água assume papel fundamental para desenvolvimento da soja, principalmente em dois períodos: germinação emergência (VE-VC) e floração-enchimento de grãos (R1-R6). Durante o primeiro período, tanto o excesso como a falta de água é prejudicial ao estabelecimento da cultura e à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas, sendo o excesso hídrico mais limitante do que o déficit. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação. Nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total máximo disponível e nem ser inferior a 50% (Embrapa Soja, 2006).

Durante o segundo ciclo, a necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo (7 a 8 mm/dia), na fase reprodutiva de floração-enchimento de grãos (R1-R6), decrescendo após esse período (figura 5). Em geral, o consumo mais elevado de água coincide com o período em que a cultura apresenta maiores altura e índice de área foliar, ou seja, durante o período da floração-enchimento dos grãos (R1 - R6). A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo fenológico, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

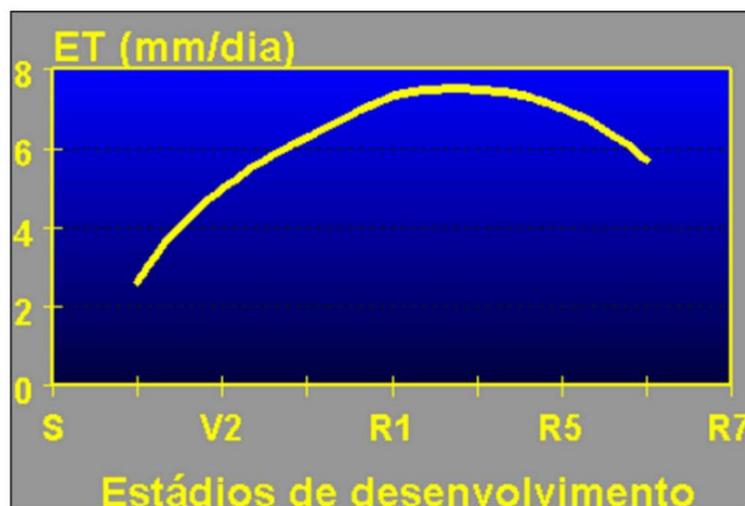


Figura 5: Evapotranspiração (ET) diária da cultura da soja nos diferentes estádios de desenvolvimento.

Fonte: Farias, Nepomuceno e Neumaier; (2007)

Ao encontro das análises expressas anteriormente Pereira; Angelocci; Sentelhas; (2002), confirmam que a maneira como ocorre a distribuição de energia e de água de uma região determina o seu potencial agrícola. A disponibilidade de

água depende de algumas condições, como o tipo de cobertura vegetal, solo, radiação solar, umidade do ar e velocidade do vento. Para tanto, pode-se quantificar a disponibilidade hídrica no solo através do cálculo do Balanço Hídrico Climatológico (BHC), proposto por Thornthwaite; Mather (1955), que evidencia as variações temporais (períodos com excesso ou com deficiência) contabilizando o volume de água no solo.

Diante disso, o Balanço Hídrico Climatológico, desenvolvido por Thornthwaite; Mather (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do volume de armazenamento de água no solo (SENTELHAS et al., 2003).

Galvani, (2004) reitera que o Balanço Hídrico Climatológico é a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do princípio de conservação de massa num volume de solo vegetado.

Tal fato ocorre por meio da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo. O balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal (CAMARGO, 1971; PEREIRA et al., 1997; GALVANI, 2004).

Para que não haja nem excesso nem deficiência hídrica, Galvani, (2004) afirma que a chuva (P) deve ser igual a ETP. Dessa forma, a ETP representa quantidade de chuva ideal (que deveria entrar no volume de controle). Somente em alguns períodos tal situação acontece de forma esporádica. Nas áreas tropicais é mais comum registro de deficiência em uma época e excesso em outra. Já em outras há excesso praticamente o ano todo. Todavia nas regiões áridas e semiáridas isso nunca ocorre.

O balanço hídrico climatológico é mais frequentemente apresentado na escala mensal e para um ano médio, ou seja, o balanço hídrico, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura média e chuva do local. De acordo com Camargo; Camargo (1993), o balanço hídrico climatológico é um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterizar o fator umidade do clima, sendo que sua utilização indispensável na caracterização climática (VIANELLO; ALVES,

1991) como, também, na definição da aptidão agrícola da região estudada (ORTOLANI et al., 1970; CAMARGO et al., 1974).

Além dessas utilidades, o balanço hídrico de Thornthwaite; Mather (1955), quando empregado de maneira sequencial, ainda possibilita quantificar as necessidades de irrigação em uma cultura (CAMARGO; PEREIRA, 1990) e a relacionar o rendimento das culturas com o déficit hídrico (JENSEN, 1968; DOORENBOS; KASSAM, 1979).

A fim de minimizar as possíveis oscilações no regime hídrico, Ribeiro (1999) atesta que para o planejamento do sistema de plantio há a necessidade do conhecimento de parâmetros climáticos locais. Além disso, é necessário também o conhecimento das características inerentes à cultura, de modo a determinar os riscos de perda de produção por deficiência hídrica.

Através da aplicação do Balanço Hídrico pode-se conhecer a evapotranspiração máxima (consumo de água em condições de ótima disponibilidade hídrica no solo) das plantas cultivadas, como é o caso da soja, ao longo de todo o seu ciclo. Tal informação será útil na tomada de decisão sobre a adoção do manejo mais eficiente (época de semeadura, períodos de maior exigência hídrica da planta), a fim de obter maiores rendimentos (CUNHA, et al. 2001).

Por meio dos resultados obtidos pelo cálculo do balanço hídrico, contabilizam-se as entradas e saídas de água no solo; as entradas ocorrem em forma de chuva, orvalho e irrigação e as saídas por evapotranspiração e escoamentos superficiais. As diferenças entre estes valores determinam o armazenamento de água no solo disponível para o desenvolvimento da planta (SANTOS; RIBEIRO, 2004).

Galvani, (2004) conclui que a proposta de balanço hídrico climatológico (THORNTWHAITE; MATHER, 1955) mostra com maior clareza as oscilações do regime térmico e hídrico, pois considera as entradas e saídas de água no sistema e, além disso, àquela armazenada no perfil do solo e passível de ser utilizado nos diversos processos que ocorrem na interrelação solo-atmosfera.

Berlato; Cordeiro (2005) afirmam que a estratégia mais segura para evitar perdas pela estiagem e também para aumentar os rendimentos agrícolas é através da irrigação complementar. A utilização desta tecnologia auxilia no aumento da produtividade, facilitando o manejo e viabilizando o desenvolvimento de culturas em áreas nas quais as características físicas naturais não suportariam a expansão da

agricultura. Porém, os fatores e elementos atmosféricos ainda são os atores principais na organização agrícola.

Se os processos de organização agrícola afetam negativamente o quadro ecológico, qualquer evento climático fora dos padrões habituais é capaz de deflagrar uma reação em cadeia que não só afeta a produção agrícola como danifica o ambiente. Ao mesmo tempo, o descompasso entre os benefícios econômicos e o seu retorno social, ao impacto de qualquer risco climático eventual, põe a nu toda a fragilidade da organização social. (MONTEIRO, 1981, p. 32)

Por fim, Berlato; Cordeiro (2005) destacam a importância de analisar a variabilidade climática no país, pois afirmam que a seca é o maior flagelo meteorológico da agricultura brasileira. Os eventos climáticos fora dos padrões habituais somado ao aumento da nossa população deixam a sociedade brasileira vulnerável e dessa forma, urgentes medidas estratégicas precisam ser postas em prática para minimizar tais problemas. Os autores afirmam que no Rio Grande do Sul praticamente a totalidade das culturas de milho e soja são conduzidas sem irrigação (sequeiro) e seus rendimentos e produção, conseqüentemente, ficam dependentes da precipitação pluvial.

1.1.5. Anos padrões

Diversos trabalhos utilizaram-se da escolha de anos padrões para melhor analisar o ritmo pluviométrico de um local, estabelecendo desta maneira um comportamento pluvial, dentre estes estão os de Monteiro (1971), que é o idealizador da técnica, Conti (1975), Zavatini (2003), Sartori (1993), Sant'Anna Neto (2003), Barrios (1993). No entanto, estes não trabalharam com definição de ano padrão para um período que difere do ano civil, como é o caso do estudo de uma cultura sazonal, que possui um ciclo vegetativo específico, caracterizado de safra.

A utilização de anos padrões tornou-se importante para os estudos na área de climatologia geográfica desde a década de 1970, já que permite a compreensão e caracterização do clima, através da análise dos padrões habituais (normais) e das

ocorrências de extremos, sejam eles secos ou chuvosos resultantes de alterações na circulação atmosférica regional.

Tavares (1976) explica que um ano padrão "normal" é aquele em que a distribuição da precipitação anual de um determinado lugar é semelhante à distribuição das precipitações médias, obtidas através de vários anos para esse local. Já os anos padrões "secos" ou "chuvosos" não estão ligados a totais anuais de chuvas, mas à distribuição delas no decorrer do ano. A característica da distribuição das precipitações do ano padrão "seco" está relacionado a um grande desvio em relação aos dados médios, em função de períodos com intensa falta de chuvas, enquanto o ano padrão "chuvoso" está ligado as discrepâncias de excesso de chuva, em relação aos dados mais frequentes.

Neste sentido, buscou-se ainda trabalhos que tivessem como objeto de estudo culturas sazonais no Rio Grande do Sul, verificando-se, assim, que há poucos autores que utilizam o critério de escolha de anos padrões nos estudos ligados à agricultura, destacando-se Cunha et al. (1998, 1999), Berlato; Fontana (1999), Cunha et al. (2001), Wollmann (2011) e Pinto (2012).

Os resultados apresentados por Cunha et al. (1998, 1999), demonstraram que a disponibilidade hídrica é a variável que limita o potencial de rendimento da cultura de soja no Rio Grande do Sul, independentemente do ciclo da cultivar, da época de semeadura e do local.

Tais efeitos da deficiência hídrica sobre o potencial de rendimento de soja dependerão da intensidade, duração, época de ocorrência e interação com outros fatores determinantes do rendimento de grãos. A precipitação pluvial de dezembro a março, conforme resultados obtidos por Berlato; Fontana (1999) confirmaram que cerca de 80% da variação interanual do rendimento de soja no RS.

Já Cunha et al. (2001), baseou sua análise na interação entre "disponibilidade hídrica x períodos críticos de desenvolvimento" como o principal fator determinante da expressão de rendimento econômico da cultura de soja no RS. Tal análise permitiu traçar uma sugestão de calendário de semeadura para soja no RS entre 11 de outubro e 31 dezembro, conforme o tipo de solo e ciclo da cultivar.

Foi proposto por Wollmann (2011) um zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae* spp.) realizada ao ar livre no Rio Grande do Sul com base na análise das condições climáticas de anos-padrões mais chuvoso, menos chuvoso e habitual. O autor também fez um levantamento dos sistemas

atmosféricos predominantes nestes anos, bem como, classificação das áreas aptas, marginais e inaptas para produção de roseiras através das temperaturas médias sazonais e anuais.

Por fim, Silva; Souza (2012) apresentaram algumas características do comportamento das chuvas no território tocantinense quanto à sua distribuição espacial verificada em anos padrão no período entre 2000 e 2009.

1.2. A circulação atmosférica no Rio Grande do Sul

A compreensão da circulação atmosférica regional consiste, segundo Sartori (2003), em fator indispensável na definição da sucessão habitual dos tipos de tempo ou das suas variabilidades. Dessa forma, tanto nos estudos sobre o espaço urbano e no espaço rural não se pode negligenciar as íntimas relações deste com o ambiente regional no qual se insere, pois o sistema climático "se projeta tanto em escala ascendente para um número infinito de integrações em sistemas superiores, quanto se fraciona, também infinitamente, em sistemas inferiores" (MONTEIRO, 2003, p.20).

A classificação climática mais utilizada, e ainda hoje a mais empregada, é a de Köppen (1948), que se baseia na temperatura e precipitação, sendo que a maior parte do estado do Rio Grande do Sul insere-se no tipo *Cfa*: C- clima temperado chuvoso e quente, *f*- nenhuma estação seca; *a*- verão quente, mês mais quente com temperatura média maior do que 22°C e mês mais frio com temperatura média superior a 3°C. Já o *Cfb*: C- clima temperado chuvoso e moderadamente quente, *f*- nenhuma estação seca; *a*- verão moderadamente quente, o mês mais quente tem temperatura média inferior a 22°C.

Diante disso de acordo com a classificação climática de Köppen, o município de Ibirubá está inserido no tipo *Cfa*, porque possui temperaturas médias maiores do que 22°C sendo descrito como temperado chuvoso e quente sem apresentar nenhuma estação seca e possuir verão quente. Tal característica climática de precipitação e temperatura favorecem, segundo Farias, Nepomuceno, Neumaier (2007), o cultivo de soja durante o verão, pois as temperaturas chegam próximas do

valor em que a cultura se adapta melhor, ou seja, nas temperaturas do ar entre 20°C e 30°C e as precipitações são em torno de 1800mm a 2000mm de chuva anuais.

Segundo a classificação de Strahler (1969) apud Ayoade (2007), o clima sul-riograndense define-se como úmido e controlado pelas massas de ar tropicais e polares, sendo que estas exercem maior controle sobre os tipos de tempo.

De acordo com Nimer (1977), o Rio Grande do Sul enquadra-se no Clima Mesotérmico Brando, e que por sua posição em latitudes subtropicais, proporciona constantes invasões de massas frias de origem polar. Neste tipo de clima, conforme o autor, existe pelo menos 1 mês com temperatura média inferior a 15°C.

Dentre os fatores estáticos ou geográficos que contribuem na definição do clima do Estado, salientam-se o relevo, a altitude, a latitude, a maritimidade e continentalidade como responsáveis pela diferenciação, por exemplo, de temperatura (MORENO, 1961). Porém, são os fatores de natureza dinâmica, responsáveis pela gênese dos estados de tempo, que definem o clima ao longo do ano no Rio Grande do Sul, através do mecanismo sazonal de atuação dos sistemas atmosféricos regionais (SARTORI, 2003).

No que se refere aos sistemas de circulação atmosférica, vista sob um enfoque dinâmico destaca-se Monteiro (1963), que procurou caracterizar o clima da Região Sul através da dinâmica da sucessão de tempo, preocupando-se com fatores genéticos na caracterização de tipos de tempo, estes regulados pela circulação atmosférica regional e fatores geográficos.

Por sua localização, o Estado sofre influência tanto de sistemas atmosféricos extratropicais quanto dos intertropicais, sendo aqueles os principais controladores dos tipos de tempo (SARTORI, 2003). Os sistemas extratropicais (polares) que controlam a circulação secundária regional do Estado, definidos por Sartori (2003), são a Massa Polar Atlântica (mPa), Massa Polar Velha (mPv), Frente Polar Atlântica (FPA); os sistemas intertropicais são representados pela Massa Tropical Atlântica (mTa) ou continentalizada (mTac), Massa Tropical Continental (mTc), Frente Quente de Nordeste e Instabilidades Tropicais (IT).

Segundo Sartori (2003) os centros de ação e as massas de ar que atuam na América do Sul definem a Região Sul como campo de ação das seguintes massas de ar: Massa Polar Atlântica (Pa), Massa Tropical Atlântica (Ta), Massa Tropical Continental (Tc) e Massa Equatorial Continental (Ec) – atuação indireta. Em função das diversas regiões climáticas, o Rio Grande do Sul apresenta temperaturas

médias que oscilam entre 28°C e 32°C no mês mais quente (janeiro) e a média do mês mais frio (julho) entre -3°C e 18°C, com precipitações regulares o ano todo, sem estação seca definida e com totais pluviométricos anuais entre 1.250 mm (Planície Litorânea) e 2.250 mm (Serra do Nordeste). As chuvas são principalmente de origem frontal, associadas a passagem da Frente Polar Atlântica (FPA).

Ainda, as características da circulação atmosférica em escala sub-regional e a posição subtropical, com alternância de períodos de temperatura mais altas e mais baixas, propiciam a formação de nuvens que levam a precipitação de granizo (Cb cúmulo-nimbos).

A sequência habitual dos tipos de tempo no Rio Grande do Sul é caracterizada, segundo Sartori (2003), por um ciclo evolutivo de quatro fases:

(1) Pré-Frontal: Dura de um a três dias, com ventos do quadrante Norte e declínio da pressão atmosférica. A nebulosidade aumenta gradativamente, as temperaturas máximas são maiores que 25°C e há diminuição da umidade relativa do ar. Podem ocorrer Instabilidades Tropicais ou calhas induzidas na massa de ar dominante, que pode ser mPv ou mPa.

(2) Frontal: Passagem da FTA pelo Rio Grande do Sul, impondo um tipo de tempo característico, com a pressão atmosférica mínima, ventos variáveis em direção e velocidade. O céu fica encoberto, podendo ocorrer precipitações de maior ou menor intensidade.

(3) Domínio Polar: Domínio de mPa, no Rio Grande Sul quando as temperaturas máximas e mínimas caem, havendo elevação da pressão, ventos do quadrante sul e céu limpo.

(4) Transicional: Fase de transição entre o domínio polar típico e nova fase pré-frontal. Caracteriza-se por ventos leves de leste e nordeste, céu limpo, pressões mais ou menos altas.

A sucessão dos tipos de tempo também pode seguir outros dois modelos que, embora comuns, não são suficientes para sanar e/ou suprir as necessidades hídricas, térmicas e de insolação no Estado. O primeiro modelo apresenta seis fases: Pré-Frontal, Frontal para Pós Frontal, Frontal de Nordeste para Pré-Frontal,

Frontal Estacionária ou Semi-Estacionária, Domínio Polar e Transicional. O segundo modelo ocorre quando os sistemas polares apresentam-se mal definidos e possui três fases: Pré-Frontal, Frontal e Domínio Polar Transicional (SARTORI, 1993).

Sartori (2003) definiu, de acordo com a gênese dos sistemas atmosféricos atuantes no RS, quinze tipos de tempo que podem ocorrer em qualquer época do ano. Os tempos associados a anticiclones polares são: Tempo Anticiclônico Polar Típico, Tempo Anticiclônico Polar Marítimo, Tempo Anticiclônico Polar Continental, Tempo Anticiclônico Polar Pós-Frontal, Tempo Anticiclônico Polar em Tropicalização e Tempo Anticiclônico Aquecido. Já os tempos derivados do domínio de sistemas intertropicais são o Tempo Anticiclônico Tropical Marítimo, Tempo Anticiclônico Tropical Continentalizado e o Tempo Depressionário Continental. Por fim, os tempos associados às Correntes Perturbadas são o Tempo Frontal de Sudoeste de Atuação Moderada, Tempo Frontal de Sudoeste de Fraca Atuação, Tempo Frontal Estacionário, Tempo Frontal de Nordeste, Tempo Frontal Ciclônico de Atuação Direta e Tempo Frontal de Atuação Indireta.

1.3. Escalas climáticas

O clima, de acordo com Ometto (1981), é regido por um conjunto integrado de fenômenos que se fundem no tempo e no espaço, revelando uma unidade ou tipo passíveis de serem medidos em seu tamanho (extensão) e em seu ritmo (duração). O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes.

A escala, segundo Ribeiro (1993), pode ser considerada uma referência de valor aleatório de acordo com critérios que interessam para a compreensão do fenômeno. Os estudos dos fenômenos relacionados com a variabilidade da atmosfera são orientados no sentido da compreensão de sua extensão (espaço) e de sua duração (tempo). De acordo com Pereira; Angelocci; Sentelhas, (2001):

A definição da intensidade, frequência e, finalmente, de uma tipologia climática dependerá, basicamente, da adequação da abordagem espaço-temporal com o conjunto de técnicas analíticas empregadas no processo da

pesquisa e comunicação dos seus resultados. (PEREIRA, ANGELOCCI, SENTELHAS, 2001, P.33)

A variabilidade do tempo, nas várias escalas climáticas, interfere diretamente na vida dos seres humanos, influenciando, como afirma Conti (2002, p.11), “(...) em inúmeros aspectos de nossa vida, seja na economia, seja no dia -a- dia, seja até no perfil psicológico e cultural”.

As condições gerais do clima e do tempo que atuam em uma região estão atreladas aos mecanismos de escala global, os quais têm sua origem na circulação geral da atmosfera. Dessa forma, qualquer tentativa de entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma determinada área, nesse caso do município de Ibirubá, deve iniciar com uma visão geral, da área em estudo (OLIVEIRA, 2011).

Tais pesquisas climáticas vão necessitar de um referencial de escalas para fornecer suporte metodológico, ou seja, uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica. A cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, no sentido de fornecer um suporte entre extensão e duração do fenômeno climático com as técnicas analíticas. Sua abrangência vai desde a obtenção dos dados, passando pelo seu tratamento estatístico - matemático, até a sua apresentação gráfica e cartográfica (PINTO; NETTO, 2008; OLIVEIRA, 2011).

Na climatologia existem diversas propostas de sistematização dos estudos climáticos. Entretanto, apresentam diferenças tanto nos termos como nos conceitos (AYOADE, 2007; RIBEIRO, 1993). Apesar disso, considerando-se a relação entre os fluxos de matéria/energia e os elementos condicionantes da definição dos estudos climáticos, podem-se distinguir três níveis de abordagem: macroclimático, mesoclimático e microclimático.

O nível macroclimático trata da interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e seus respectivos movimentos, gerando os aspectos climáticos referentes ao planeta como um todo, como os movimentos atmosféricos de grande escala, tais como a circulação geral da atmosfera. Já o nível mesoclimático preocupa-se com a interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e geração dos campos de pressão atmosférica) e as feições da superfície, constituindo-se objeto de estudo, nesse nível, os climas locais.

Com relação ao nível microclimático, existe muita controvérsia com relação aos seus limites, entretanto, os autores que estudam o microclima são unânimes em reconhecer a existência de um nível escalar mais próximo dos indivíduos (MONTEIRO, 1999).

Ayoade (2007) diz que é muito variável a extensão horizontal do fenômeno mesoclimático, uma vez que a inserção individualizada ou combinada de fatores fisiográficos e antrópicos no clima regional também não possui um tamanho padrão ou pré-determinado. A maioria dos estudiosos considerariam entre 15 e 150 quilômetros como uma escala espacial apropriada para a mesoclimatologia, embora o conceito já tenha sido usado para cobrir um intervalo entre 1,5 e 800 quilômetros de extensão horizontal.

O clima regional pode apresentar significativas variações em seu interior devido à ação de determinadas feições fisiográficas ou antrópicas que interferem no fluxo energético ou no transporte de massa da circulação regional, diferenciando subsistemas de circulação secundária. Mota (1983) indicam que:

(...) na mesoclimatologia a configuração do terreno, o tipo de solo e sua cobertura vegetal. São considerados como feições da localidade, sujeitos apenas a pequenas mudanças no tempo, determinando o clima que predomina em determinado lugar, da ordem de centenas de quilômetros quadrados, e pode ser chamado de clima local (MOTA, 1983 p.43).

Na escala mesoclimático considera-se a interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e de geração de campos de pressão) e as feições do meio terrestre. A mesoclimatologia está preocupada com o estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 e 100 quilômetros de largura, por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos tais como tomados e temporais (AYOADE, 2007). Os estudos que abordam a produção agrícola de um município, como é o caso de Ibirubá, objetivo deste trabalho, enquadram-se na escala mesoclimática.

Das características fisiográficas (AYOADE, 2007) responsáveis pela modificação da circulação regional, destaca-se o papel do relevo, que cria situações de barlavento e sotavento, o que influencia o fluxo da circulação de superfície e, ao mesmo tempo, gera condições para a condensação a barlavento (chuvas orográficas = vertente úmida) e ressecamento a sotavento (vertente seca = sombra

de chuva). Por outro lado, as diferenciações altimétricas apresentam, em mesoescala, papel destacado na distribuição da radiação líquida, na retenção do vapor de água e armazenamento de calor sensível. A atuação conjunta desses parâmetros é suficiente para provocar variações no clima regional, gerando as feições dos climas locais.

1.4. Variabilidade climática na produtividade agrícola da soja.

Na atualidade cresce a certeza da necessidade de entender e priorizar as condições climáticas para que, dessa forma, a produtividade seja cada vez maior em área agricultável cada vez mais reduzida. Diante disso o conhecimento sobre variabilidade climática e de sua influência na agricultura vem sendo a cada dia mais valorizado, com intuito de obter mais e melhorar os conhecimentos científicos e tecnológicos fundamentais a uma produção agrária sustentável.

Isso ocorre porque, ao se objetivar uma produtividade compensadora, deve-se levar em conta que cada cultura necessita de condições favoráveis durante todo o seu ciclo vegetativo, exigindo determinados limites de temperatura nos vários estádios do ciclo, uma quantidade mínima de água e um período seco no estágio de maturação e colheita (DOORENBOS; KASSAN, 1994).

Como se sabe, os tipos climáticos, juntamente com os controles geográficos, determinam o desenvolvimento das espécies vegetais ou das culturas agrícolas, principalmente no que diz respeito a sua produtividade (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Para alcançar significativas metas de produtividade, uma das primeiras exigências é o conhecimento sistematizado das condições climáticas (juntamente com os fenômenos que as influenciam, como é o caso do ENOS, que pode alterar o padrão geral da circulação atmosférica) e agroclimatológicas (DOMINGUES, 2010).

O conhecimento sobre a variabilidade climática, ainda segundo Domingues (2010, p.22), "(...) deve ser cada vez mais aplicado em economias que visam a um futuro promissor para a maioria das culturas, sejam elas comerciais ou de subsistência". Na maior parte dos casos, as culturas como soja, milho, cana-de-

açúcar, entre outras se encaixam como cultivos comerciais e, diante disso possuem em grande parte abrangência em macroescala o que tendência uma maior prioridade quando se trata de pesquisa científica.

Dentre as culturas mais cultivadas na atualidade, e em grande expansão em área e em produtividade, tem-se a soja objeto deste estudo. Essa cultura tem várias finalidades, destinando-se tanto à alimentação humana (por exemplo, óleo de soja) e pecuária (ração animal) quanto à geração de energia como o etanol (BERLATO, 1999).

Juntas a soja e o milho são as duas maiores culturas do Rio Grande do Sul, representando cerca de 70% da área cultivada e 60% da produção total de grãos. Praticamente em sua totalidade essas culturas são produzidas sem irrigação (sequeiro). Diante disso, a variabilidade interanual da precipitação pluvial é a principal causa da variabilidade na produção agrícola do Estado (BERLATO; CORDEIRO, 2005).

Cunha et al. (2001); Farias, Nepomoceno; Neumaier, (2007) destacam que o nível de tecnologia adotado e a variabilidade climática explicam grande parte das flutuações no rendimento de grãos das culturas, que ocorrem em diferentes anos e entre locais. No caso de soja no Rio Grande do Sul, esse efeito é evidenciado por safras como a de 1990/1991, quando o rendimento médio do estado foi de 712 kg/ha (BERLATO; FONTANA, 2001) e pela de 2000/2001, com rendimento médio estimado, conforme Bisotto, Farias (2001), em 2.339 kg/ha.

Ao encontro das ideias anteriores, Almeida (2005), afirmou que o estado do Rio Grande do Sul apresentou, inicialmente, as condicionantes climáticas (baixa variabilidade pluviométrica) necessárias para implementação do cultivo da soja. Posteriormente, incrementado pela organização agrícola e pela demanda do mercado formou-se um complexo agroindustrial o qual ainda era incipiente no Brasil.

Para confirmar as condicionantes climáticas favoráveis para o cultivo da soja, Nimer (1989, 1990) argumenta que a Região Sul possui baixos índices de variabilidade pluviométrica. Conforme afirmativa deste autor:

a Região Sul possui os menores desvios anuais do Brasil, somente comparáveis aos que se verificam na Amazônia. ...é, também, uma das mais favorecidas quanto à variabilidade ou regularidade dos seus totais anuais e estacionais, uma vez que seus desvios figuram dentre os menores do Brasil (NIMER, 1989, 1990, p.73).

Diante disso, verifica-se que o regime de distribuição das chuvas durante o ano no Rio Grande do Sul é homogêneo. Tal regularidade na distribuição anual de chuvas implica em reflexos positivos para atividade agrícola no estado. Todavia, Almeida (2005) e Berlato; Cordeiro, (2005), salientaram que existem significativas perdas agrícolas quando há ocorrência de desvios negativos (deficiência hídrica) para o do Rio Grande do Sul.

Através da utilização dos critérios da escala temporal dos 30 anos-safra, escala espacial média (entre 1:50.000 a 1:1.000.000) a qual está inserido o município de Ibirubá juntamente com a fonte de dados meteorológicos da estação climatológica do INMET, adotou-se a escala Sub-regional. Destaca-se que a principal referência espacial geográfica, foi o município de Ibirubá e seu entorno, contemplando especificamente a pluviosidade, a qual foi identificada como sendo um dos principais atributos climatológicos, que influencia a produtividade de soja (SERAFINI, et al 2008).

Para finalizar, afirma-se que as flutuações anuais na produção da soja estão principalmente ligadas à variabilidade climática, em especial a precipitação pluvial, embora se deve confirmar também os atributos dos solos e a tecnologia adotada. Diante disso, faz-se necessário um conhecimento mais detalhado das condições climáticas, que exercem influência em cada estágio de desenvolvimento fenológico da cultura da soja e conseqüentemente no seu rendimento.

1.4.1 Histórico do cultivo da soja no Brasil e no Rio Grande do Sul

A soja tem sua origem na China. Tem uso milenar na Ásia e foi disseminada para o ocidente a partir do século XVIII por meio das migrações em direção a Europa e, posteriormente introduzida no continente americano. É uma leguminosa rica em óleo e com grande concentração de proteínas (POTAFOS, 1997).

A imigração de asiáticos que conservaram seus costumes e introduziram novas opções de fonte alimentar (soja) entre outros povos ocidentais contribuiu de forma significativa para disseminação e assimilação de novos hábitos alimentares tendo a soja como base nutricional. Com o passar do tempo, à industrialização transformou e criou

novos produtos e subprodutos oriundos da Soja o quais foram mais facilmente assimiláveis, ou pelo consumo indireto por meio do consumo de proteína animal.

Na atualidade, a cultura da soja ocupa papel importante na economia mundial, sendo cultivada em quase todas as partes do mundo. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, sendo o maior produtor da América Latina. Dentro das culturas produtoras de grãos, a da soja destaca-se no cenário nacional sendo a primeira colocada em área plantada.

Ao encontro disso, podemos afirmar que a agricultura no Brasil era e ainda é uma das principais atividades econômicas. Santos (2005); Franco; Assunção (2010) afirmam que é por meio dela que ocorrem algumas das inúmeras mudanças na paisagem com a incorporação de novas áreas para plantio e introdução de novas culturas, além da criação de novos centros urbanos e o estabelecimento de novas redes de circulação de capitais, produtos e pessoas.

Superado o impedimento climático, através das variedades híbridas e, mais tarde as transgênicas, o cultivo de soja expandiu-se para outras regiões. Destaca-se a expansão para a região Centro-Oeste onde extensas áreas do Bioma do Cerrado deram lugar a grandes lavouras comerciais. A expansão continuou em direção a regiões que, anteriormente eram consideradas inaptas ao cultivo de soja como é o caso dos estados de Roraima e do Pará na região Norte os quais se localizam junto à latitude próxima a zero. A região Nordeste é outra região onde o cultivo da soja avançou com destaque para o oeste da Bahia e sul do Maranhão e do Piauí.

Todavia, destaca-se que parte do mérito pelo sucesso desse empreendimento, deve-se à pesquisa agropecuária nacional no desenvolvimento e domínio de tecnologias para o mundo tropical. Particularmente para o caso da soja, havia um problema a ser superado inerente à fisiologia da planta, que era o desenvolvimento de cultivares adaptadas às regiões de baixa latitude (EMBRAPA, 2001)

O progresso técnico e científico alcançado pelo homem, também propiciou à agricultura a exploração das mais distintas regiões edáficas, como é o caso da introdução do cultivo da soja na região Centro-Oeste a partir da expansão de fronteira agrícola. Entretanto o homem ainda não é totalmente capaz de reduzir de modo significativo à relação de dependência com os elementos atmosféricos, que diferenciam as regiões com maior ou menor grau de ampliação das atividades agrícolas (ALMEIDA, 2005; MARIANO, 2010).

Um dos motivos para tal expansão da área da lavoura de soja foi devido às suas características nutricionais. Mariano (2010), destaca que a soja é mais completa como alimento e prestou-se de modo mais adequado à difusão do modo capitalista de produção no campo, como agente potencializador de diversos segmentos do setor agropecuário e industrial.

Desse modo, no conjunto dos produtos agrícolas, a soja lidera a pauta de exportações e geração de dividendos para os estados e o país. Dentre os principais produtores destacam-se os estados do Mato Grosso, do Paraná e do Rio Grande do Sul. Todavia, nas últimas décadas ocorre um deslocamento da produção da Região Sul para a Região Centro-Oeste, fato este que tem provocado crescimento da produção da cultura da soja no país (ALMEIDA, 2005).

Na Região Sul as limitações de ordem espacial, dada pela ocupação completa do território, conduzem a outros problemas ligados à competitividade e escala de produção, sujeitos a uma variabilidade climática mais acentuada e frequente. Contudo, a questão ambiental também é um fator presente ao se considerar o aumento da incorporação de áreas com baixa aptidão para culturas anuais (ALMEIDA, 2005 e BERLATO; CORDEIRO, 2005).

A partir da década de 1960 o estado do Rio Grande do Sul apresentou as condicionantes iniciais necessárias à implementação de um complexo agroindustrial. Tal complexo formou-se junto às comunidades de agricultores que apresentavam um progresso técnico suficiente para fazer parte da cadeia produtiva, bem como nas regiões naturais similares às de origem da cultura ou de adaptação de novos cultivares do grão.

Inicialmente no Rio Grande do Sul a cultura da soja teve importância secundária, ou seja, foi cultivada como complemento em práticas de conservação de solos, fonte de alimento de pequenas criações de suínos e aves. Na sequência a soja aparece associada à cultura do trigo porém, ainda como cultura secundária (BONATO; BONATO, 1987).

Outro condicionante, ainda segundo os mesmos autores, que justifica o pioneirismo do estado do Rio Grande do Sul, foi à adaptação das características fisiológicas naturais da cultura da Soja ao tipo climático. Dessa forma, corrobora-se que a planta já estava parcialmente ajustada a um ambiente subtropical.

Na atualidade a soja é a cultura produtora de grãos que ocupa a maior área cultivada no Rio Grande do Sul (RS), ocorrendo, com frequência, reduções nas

safras desta cultura. Segundo Lima; Cabral; Miguez, (2001), as oscilações de rendimento da cultura da soja entre locais e anos, são devido à variabilidade na distribuição das chuvas durante o período de primavera-verão, principal causa da limitação na expressão do potencial de rendimento da cultura no sul do Brasil.

1.4.2. A Fenologia da soja

A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Segundo Farias; Nepomuceno; Neumaier; (2007) a disponibilidade de água é importante, principalmente em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos.

Fenologia refere-se à parte da botânica que estuda as diferentes fases do desenvolvimento das plantas, tais como germinação, crescimento e desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação e maturação, marcando-lhes as épocas de ocorrência e as respectivas características (CÂMARA, 1998).

O conhecimento fenológico, segundo Câmara (op. cit.), gera maior eficiência no manejo de determinada espécie. Possibilita através da observação dos caracteres morfológicos da planta, como é o caso da soja, um maior conhecimento sobre as necessidades de um vegetal e por consequência, bons rendimentos.

A variabilidade interanual das condições hídricas do solo determinada pela variabilidade das chuvas, é o fator que exerce maior peso na oscilação dos rendimentos das culturas de primavera-verão no Rio Grande do Sul. Resultados de pesquisa demonstram que de cada vinte anos, em nove, destes as safras de soja são reduzidas por deficiências hídricas, causadas pela baixa quantidade ou pela distribuição irregular das chuvas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Em suas pesquisas, utilizando dados mensais de precipitação pluvial e evapotranspiração potencial, Pereira; Angelocci; Sentelhas, (2002), concluíram que a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial no Rio Grande do Sul, no período de dezembro a fevereiro, é inferior a 60% em praticamente todo o Estado, o que determina elevada frequência de ocorrência de deficiências hídricas.

Durante a fase de germinação-emergência, tanto o excesso como a falta de água é prejudicial ao estabelecimento da cultura e à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas, sendo o excesso hídrico mais limitante do que o *déficit*. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação. Nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder 85% do total máximo disponível e nem ser inferior a 50%.

Uma das consequências mais importantes da sensibilidade do alongamento celular ao déficit hídrico é a redução da área foliar. A redução da área foliar causa decréscimo da taxa de crescimento da planta, especialmente durante os estágios iniciais de crescimento e, como consequência, uma menor interceptação da radiação solar (MOTA, 1983).

Tais variações estão de acordo com Barrios; Sant'Anna Neto (1993, p.255), os quais afirmaram que "o calendário agrícola planejado a partir de condições apropriadas de água e temperatura para as diferentes fases do ciclo vegetativo das culturas, visando sempre alcançar a maior produção e produtividade".

O déficit hídrico afeta praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas, reduzindo a área folia, diminuindo a fotossíntese e afetando vários outros processos, além de alterar o ambiente físico das culturas por modificar o balanço de energia do sistema (PINTO; NETTO, 2008).

Para a soja apresentar um bom desempenho deverá absorver o máximo de radiação solar. Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007) detectaram diferença na capacidade de absorção da radiação solar na cultura da soja quando era colocada sobre complementações diferentes de água.

Os fatores que influenciam a época de fechamento do dossel da soja são a densidade de plantas, espaçamento entre linhas, fertilidade do solo, disponibilidade de água para o soja durante o período vegetativo, temperatura, condições do solo, potencial da cultivar, arquitetura de planta (OLIVEIRA, 2011).

A metodologia de descrição do ciclo fenológico, ou seja, dos estádios de desenvolvimento proposta por Fehr; Caviness (1977), pois identifica precisamente o estágio de desenvolvimento em que se encontra uma planta ou uma lavoura de soja.

O ciclo fenológico da soja (Figura 6) foi detalhadamente estudado por Fehr, Caviness (1977 apud CÂMARA, 1998) os quais elaboraram uma escala fenológica para a soja que hoje é utilizada internacionalmente. Na sequência, foram executadas

duas grandes subdivisões em: vegetativa (VE - Vn)¹ (Tabela 1) e reprodutiva (R1 - R8) (Tabela 2).

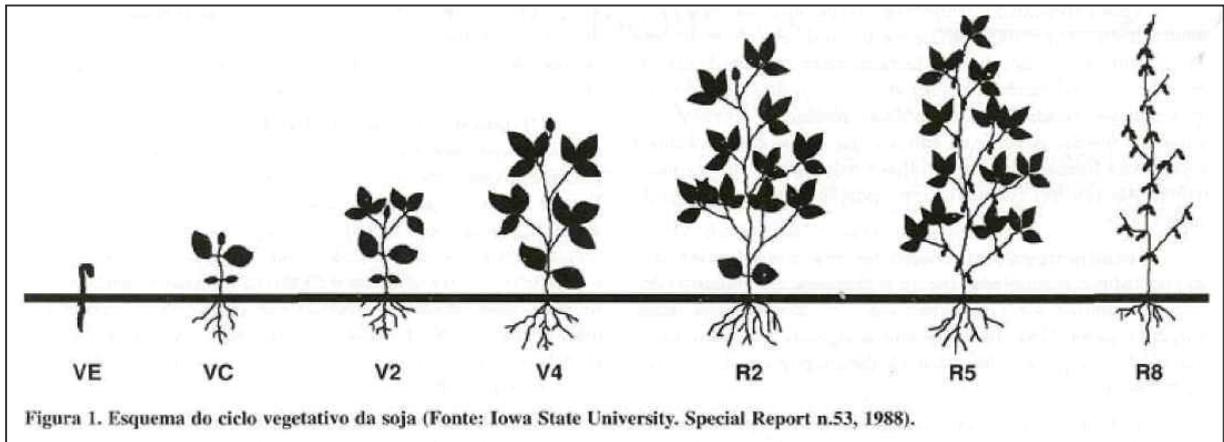


Figura 6. Esquema do ciclo fenológico da soja.

Fonte: Câmara, 1998

Org. Silva, R.R (2013)

1.4.2.1. Estágio Vegetativo (VE a Vn) da soja

Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando está totalmente aberta e os bordos dos folíolos da folha do nó imediatamente acima não mais se tocam (Figura 7A). A folha apical está completamente desenvolvida quando seus folíolos já se encontram abertos e se assemelham aos das folhas abaixo dela (Neumaier et al, 2000).

Símbolo	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo
VC	Cotilédone desenvolvido	Os cotilédones apresentam-se bem abertos e as folhas unifoliadas estão suficientemente abertas, de tal modo que os bordos de cada unifólio não estão se tocando.
V ₁	Primeiro nó maduro	As folhas unifoliadas esta estendidas e a primeira folha trifoliada esta suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada fólio não estão se tocando.
V ₂	Segundo nó maduro	A primeira folha trifoliada está estendida, isto é, com os três fólhos expandidos e a segunda folha trifoliada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não esta se tocando.
V ₃	Terceiro nó maduro	A segunda folha trifoliada está estendida, isto é, com os três fólhos expandidos e a terceira folha trifoliada esta suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não esta se tocando.
V _(n)	"Enésimo" nó maduro	A "enésima" folha trifoliada está estendida, isto é, com os três fólhos expandidos e a folha trifoliada "n+1" está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não esta se tocando.

¹Subdivisões da fase vegetativa são designadas numericamente como V₁, V₂, V₃, até V_n, menos os dois primeiros estádios que são designados como VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone). O último estágio vegetativo é designado como V_n, onde "n" representa o número do último nó vegetativo formado por um cultivar específico. O valor de "n" varia em função das diferenças varietais e ambientais.

Tabela 1. Descrição dos estágios vegetativos da soja

Fonte: Câmara, 1998

Org. Silva, R.R (2013)

Símbolo	Denominação	Descrição
R ₁	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R ₂	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos nós da haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R ₃	Início da frutificação	Vagem com 5 cm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas.
R ₄	Vagem formada	Vagem com 20 cm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas ("canivete")
R ₅	Início da formação da semente ou granação	Semente com 3 cm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas ("canivete")
R ₆	Granação plena ou semente desenvolvida	Vagem verde, contendo semente verde que preencha a cavidade da vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R ₇	Início da maturação ou maturação fisiológica	Uma vagem normal sobre haste principal que tenha atingido a cor de vagem madura.
R ₈	Maturação plena ou maturação a campo	95% de vagens que tenham atingido a cor da vagem madura.

Tabela 2. Descrição dos estágios reprodutivos da soja

Fonte: Câmara, 1998

Org. Silva, R.R (2013)

O estágio vegetativo denominado VE representa a emergência dos cotilédones, isto é, uma plântula recém emergida é considerada em VE. Uma planta pode ser considerada emergida quando encontra-se com os cotilédones acima da superfície do solo e os mesmos formam um ângulo de 90, ou maior, com seus respectivos hipocótilos conforme figura 7B (CÂMARA, 1998).

O estágio vegetativo denominado VC representa o estágio em que os cotilédones se encontram completamente abertos e expandidos. Uma planta é considerada em VC quando as bordas de suas folhas unifolioladas não mais se tocam (Figura 7C). Conforme descrito por Farias, Nepomuceno; Neumaier (2007) a partir do VC, as subdivisões dos estádios vegetativos são numeradas sequencialmente (V1, V2, V3, V4, V5, V6,...Vn, onde n é o número de nós, acima do nó cotiledonar, com folha completamente desenvolvida).

De modo semelhante, uma planta atinge o estágio V2 quando a primeira folha trifoliolada estiver completamente desenvolvida, ou seja, quando os bordos dos folíolos da segunda folha trifoliolada não mais se tocarem (Figura 7D). E assim, sucessivamente, para V3, V4, V5, V6,... Vn, conforme apresentado na Tabela 1.

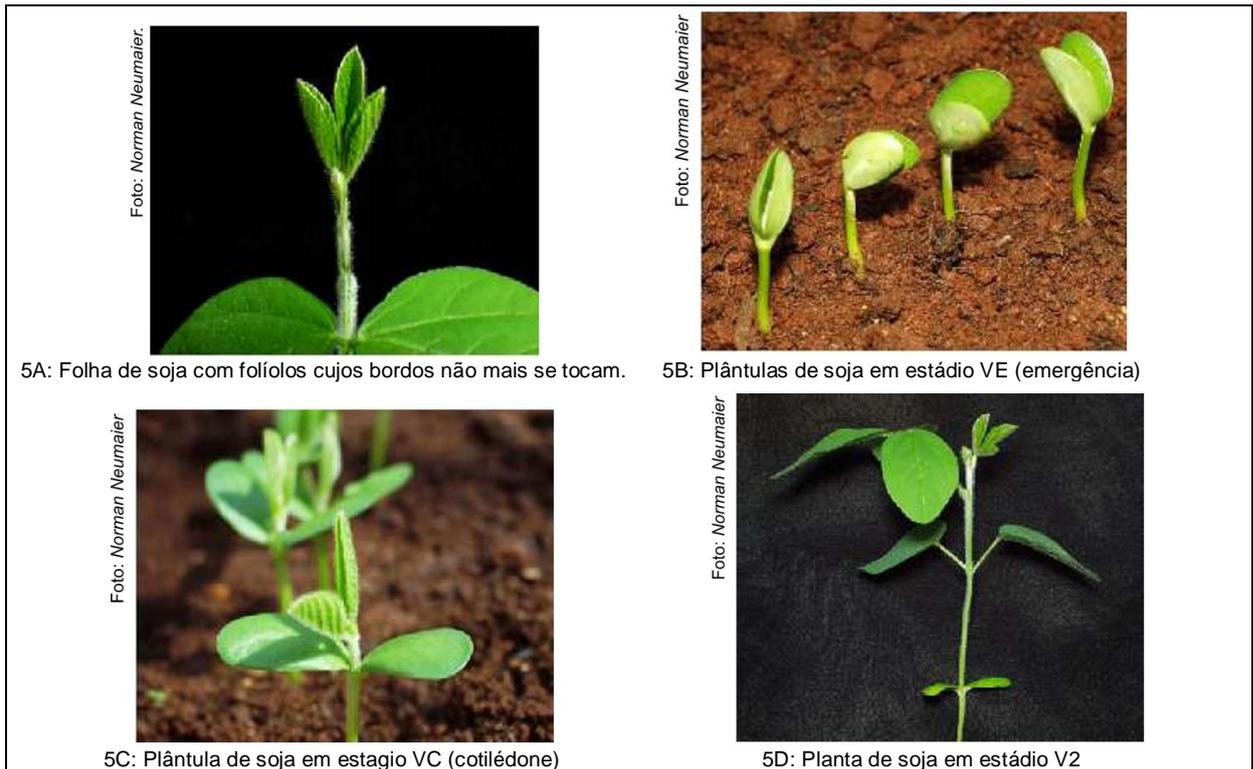


Figura 7: Fenologia da soja – estágios vegetativos A, B,C e D

Fonte: Farias; Nepomuceno; Neumaier, (2007)

Org: SILVA, R.R.

Os estádios reprodutivos são denominados pela letra R seguida dos números um até oito e descrevem detalhadamente o período florescimento-maturação. Os estádios reprodutivos abrangem quatro distintas fases do desenvolvimento reprodutivo da planta, ou seja, florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8). Na Tabela 2 são apresentados sumariamente os estádios reprodutivos da soja (CÂMARA, 1998).

1.4.2.2. Estágio Reprodutivo (R1 a R8) da soja

Silva; Souza, (2012) vão ao encontro do que foi descrito pelos autores anteriores. Segundo estes, o ciclo de vida da soja é dividido em duas fases: vegetativa (V) e reprodutiva (R). A fase vegetativa compreende a emergência da plântula e o crescimento da planta com o conseqüente aumento da fitomassa. A fase

reprodutiva compreende a emissão de flores, a formação de vagens (legumes), o enchimento dos grãos e a maturação, conforme apresentado na figura 6.

O tempo de duração em todos subperíodos de desenvolvimento pode variar mais ou menos entre genótipos com ciclos diferentes. Na mesma cultivar de soja esse tempo pode variar conforme as condições de estresse provocadas pelo ambiente (variação na precipitação, temperatura, radiação solar, entre outros), quando semeada em épocas muito distintas do período recomendado ou em faixas de latitude porque apresentam diferenças na duração do fotoperíodo, na soma térmica e por excesso ou deficiência hídrica (ALMEIDA, 2005; SILVA; SOUZA, 2012).

De acordo com Câmara (1998); o déficit hídrico é mais prejudicial no estágio reprodutivo (estágios R1 ao R6- Tabela 2 e Figura 6). Tal estágio é atingido cerca de 50 a 90 dias após o plantio. Entretanto, Câmara (1998, p.04) salienta "(...) que as durações dos diversos estágios vegetativos e reprodutivos da soja podem variar de acordo com o cultivar, temperatura, fotoperíodo, umidade da época de semeadura, condições nutricionais, além de outras".

Em trabalho semelhante realizado por Farias, Nepomuceno e Neumaier; (2007) o volume de água ideal para atender as necessidades da cultura da soja durante a fase crítica (R1-R6) situou-se entre 120 a 300 mm, bem distribuídos ao longo deste período (variando de 30 a 60 dias, a partir do início da floração, em função da cultivar e das condições climáticas durante a estação de crescimento).

Desta forma, ficou evidente que, para garantir máximo rendimento de grãos, o volume de água necessário deve ser disponibilizado ao longo de todo o ciclo (distribuição regular), a fim de atender as exigências da cultura, podendo ser suprido através da chuva, da irrigação e/ou do armazenamento de água pelo solo.

Embora o regime pluviométrico da região de Ibirubá seja considerado suficiente para a maioria das culturas, segundo Franco, Assunção (2010 p.05) "(...) a distribuição irregular das chuvas (no tempo e no espaço) é inevitável e torna-se um dos possíveis fatores limitantes para a produção/productividade". Dessa forma, a deficiência hídrica, principalmente na fase crítica das culturas, que vai da floração ao enchimento de grãos pode acarretar em prejuízos para o produção/productividade".

Além das deficiências hídricas causarem danos na fisiologia da cultura da soja e, conseqüentemente, nos rendimentos esperados, os excedentes hídricos

também contribuem para as perdas. O excedente hídrico no período vegetativo retarda o crescimento e, na colheita, prejudica a qualidade dos grãos. Outro fator importante salientado por Bergamaschi (1999) é a qualidade ou a capacidade dos solos cultivados, em reter água para manter o bom desenvolvimento e rendimento da cultura.

Nesse contexto Doorembo; Kassam (1979, *apud* FRANCO; ASSUNÇÃO 2010) apontam que:

(...) para a cultura da soja, na fase de enchimento normal das vagens e produção elevada, a água do solo não deve exceder o nível de 50% da capacidade de campo. Também na germinação, o teor de água do solo não deve exceder 85% ou ficar abaixo de 50% da água disponível, pois provoca perdas significativas no rendimento (DOOREMBOS; KASSAM, 1979, *apud* FRANCO, ASSUNÇÃO 2010, P.04)

Bergamaschi (1999), ratifica as ideias expostas anteriormente ao explicar que as exigências hídricas das culturas e a sensibilidade ao déficit hídrico variam acentuadamente ao longo do ciclo da soja; nos estádios de desenvolvimento vegetativo (V1 - Vn) e no final do ciclo (R7-R8) são mais tolerantes. Já nas fases de germinação-emergência (VE e VC), no florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 – R4), e início de formação de grãos (R5 – R6) são caracterizados como períodos sensíveis, ou seja, críticos. Diante disso a precipitação torna-se de grande importância nestes estágios sendo que sua falta ou excesso acarreta em perdas.

Farias; Nepomuceno e Neumaier, (2007) afirmam também que a distribuição desuniforme da precipitação pluviométrica é limitante à obtenção de altos rendimentos, principalmente durante as fases de maior demanda de água (floração – R1 – R2) e mais críticas à ocorrência de déficits hídricos (desenvolvimento da vagem e enchimento de grãos R3 – R6). A cultura da soja, para apresentar um bom desempenho, necessita, além de um volume de água adequado, uma boa distribuição das chuvas ao longo do ciclo, satisfazendo suas necessidades, principalmente, durante as fases mais críticas.

Além das deficiências hídricas causarem danos na fisiologia das culturas e, conseqüentemente, nos rendimentos esperados, os excedentes hídricos também contribuem com essas perdas. O excedente hídrico no período vegetativo retarda o crescimento e, na colheita, prejudica a qualidade dos grãos (FRANCO, ASSUNÇÃO 2010).

1.4.3. O Calendário Agrícola da Soja para o Rio Grande do Sul

O calendário agrícola depende de um conjunto de variáveis. A decisão do agricultor em iniciar a instalação das suas lavouras depende de planejamento prévio, e em outros casos, de uma oportunidade de condições ideais as quais nem sempre previsíveis. (ALMEIDA, 2005; OLIVEIRA, 2011).

Almeida (2005), define que o agricultor é o profissional que trabalha com uma atividade essencialmente sob riscos, sejam eles econômicos, estruturais e ambientais, tais como: observação do melhor intervalo entre colheita e semeadura através do conhecimento da sucessão de culturas; disponibilidade de máquinas, mão de obra e área a ser semeada; período de maior potencial produtivo de uma cultura (maior ganho econômico); disponibilidade de insumos e sementes; oferta de crédito para custeio, investimentos e comercialização; as opções de comercialização e armazenamento; condições de ambiente para a germinação, desenvolvimentos e colheita.

As condições de ambiente são, são importantes para garantir a instalação das lavouras, com a germinação das sementes, desenvolvimento, floração, frutificação e maturação das plantas, dado pelas condições de umidade disponível no solo segundo sua capacidade de armazenamento, que basicamente são provenientes das chuvas (OLIVEIRA, 2011).

A soja cultivada (*Glycine max*) é uma planta herbácea anual classificada em grupos de maturação, determinados pelo ciclo de vida que pode variar de 70 a 180 dias, contados da emergência até a maturação. Esses grupos geralmente são denominados como precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio.

No entanto, em número de dias, esses grupos não são concordantes entre cultivares e entre as diversas regiões de adaptação, ou seja, uma mesma cultivar pode atingir diferentes ciclos conforme as condições de manejo e, principalmente, das condições edáficas e climáticas entre regiões distintas (MARIANO, 2010).

Câmara (1998), alerta para a importância na observação dos prazos do calendário agrícola da soja, para que as plantas apresentem um comportamento padrão de desenvolvimento. As temperaturas mais elevadas e deficiência hídrica podem acelerar o desenvolvimento da planta em todas as fases fenológicas. Já as temperaturas amenas e períodos chuvosos podem manter a planta em estado

vegetativo mesmo em fase de maturação completa. Cultivares sensíveis ao fotoperíodo, quando cultivadas fora de suas áreas de adaptação, apresentam menor tempo de desenvolvimento vegetativo, com a conseqüente redução no tamanho das plantas e da produtividade.

Segundo as cultivares inscritas no Registro Nacional de Cultivares (TECNOLOGIAS, 2002), em linhas gerais pode-se atribuir aos grupos precoce e semiprecoce o limite de até 120 dias, e aos grupos semitardio e tardio os ciclos superiores a 130 dias, e ao grupo médio o intervalo entre esses dois grupos.

Segundo Fontana et al. (2001), o calendário agrícola médio para a cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, compreende o período de outubro/novembro para a semeadura, dezembro/janeiro/fevereiro para o desenvolvimento e, a colheita inicia a partir de março estendendo-se até o mês de maio.

Desse modo, o mês de novembro apresenta, para a maior parte do estado do Rio Grande do Sul, as condições ideais termofotoperiódicas combinadas com a precipitação, que permitem o melhor aproveitamento genético da cultura da soja (TECNOLOGIAS, 2002). Apesar de existir uma distribuição do percentual de área semeada entre os meses de outubro a dezembro, geralmente mais de 90% da semeadura se concentra até o mês de novembro no estado do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2001).

De acordo com Berlato; Cordeiro (2005), a tendência de semeadura antecipada, e a preferência por cultivares de ciclo precoce, justificam-se pelo aproveitamento das áreas para cultivo do milho safrinha logo após a colheita da soja. Com isso esta segunda cultura possui menos riscos de chegar ao seu término antes do período de frio mais intenso, bem como da possibilidade de ocorrência de geadas.

Cultivos mais tardios no mês de dezembro também têm sido evitados, pois estas lavouras ficam mais sujeitas ao ataque de populações de insetos (percevejos) que se multiplicaram desde o início da safra que, ao ser colhida, migram para as lavouras ainda em desenvolvimento, gerando acréscimo significativo dos custos através da aplicação de inseticidas (ALMEIDA, 2005).

Através de pesquisas Cunha et. al (2001) obteve como resultado a definição de um calendário agrícola de semeadura para a soja no Rio Grande do Sul entre 11 de outubro e 31 de dezembro conforme o tipo de solo e o tipo de cultivar (Quadro 1)

Tal indicação para a semeadura, foi baseada, exclusivamente, no critério disponibilidade hídrica para a cultura, o que não implicou em que todos os municípios do estado incluídos nesse zoneamento apresentaram o mesmo nível de potencial de rendimento de soja, em decorrência de diferenças associadas com outras variáveis de solo e de clima.

Semeadura	Ciclo					
	Precoce		Médio		Semitardio/Tardio	
	EME-FLO*	EME-MAT*	EME-FLO	EME-MAT	EME-FLO	EME-MAT
	----- (dias) -----					
Outubro	64	156	63	162	72	170
Novembro	57	134	57	140	66	147
Dezembro	52	117	52	120	58	126

Quadro 1. Ciclos característicos das cultivares de soja indicadas para o Rio Grande do Sul (determinados a partir dos trabalhos de Bonato & Ignaczak (1992) e Bonato et al. 1993 e 1994)

* Obs.: EME = emergência; FLO = floração (estádio R2) e MAT = maturação (estádio R8).

Fonte: Cunha et. al, (2001) **Org.** SILVA, R.R. (2013)

Desse modo, segundo definição de Almeida (2005), a Figura 8 ilustra o período mais crítico a deficiência hídrica pela cultura da soja, considerando o desenvolvimento normal de cultivares pertencentes ao grupo de maturação de 116 a 125 dias, que dão início a floração, em média, a partir de 50 dias após a semeadura. Mesmo com a sobreposição de fases, devido à realização da semeadura em datas diferentes, praticamente entre janeiro e fevereiro se define uma janela temporal que orienta a identificação de impactos que possam atingir a produtividade e os componentes do rendimento (SILVA; SOUZA, 2012).

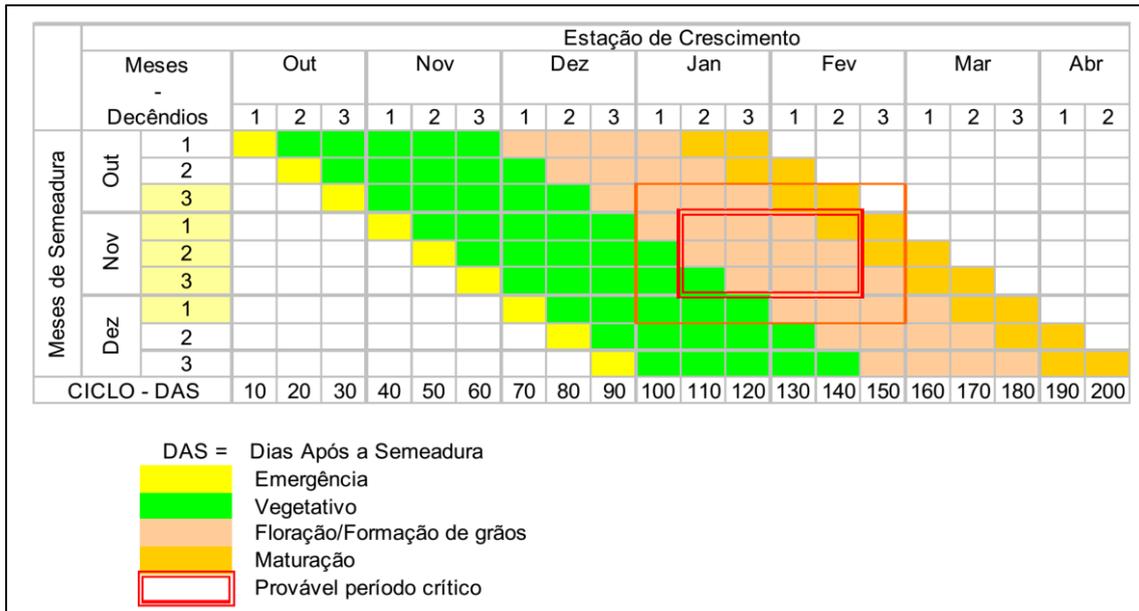


Figura 8: Calendário agrícola médio para cultura da soja

Fonte: Almeida, 2005

Org. Silva, R.R. (2013)

Assim, apesar da dimensão do território brasileiro e da diversidade climática e edáfica, o calendário agrícola para a soja se caracteriza como uma cultura de verão, com a concentração da sementeira no mês de novembro e início da colheita a partir de meados de março, não só para o Rio Grande do Sul, mas também para todo o Brasil (EMBRAPA, 2001).

1.4.4. O plantio direto

O Sistema de Plantio Direto, no qual está baseado o cultivo do soja, foi desenvolvido com o objetivo inicial de reduzir a erosão do solo agrícola através de técnicas que removem o mínimo possível do solo, com redução do consumo de combustível e menor uso de insumos agrícolas, ou seja, incorpora ganhos através da redução dos custos de produção (LINO, 2010).

Tal sistema agrícola foi introduzido no Brasil nos anos 1970 e largamente ampliado e melhorado ao longo das décadas. Pesquisas para aperfeiçoar a técnica

do plantio direto foram executadas com grande destaque pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), assim como o melhoramento genético (hibridismo) de vários cultivares de soja a fim de que seu plantio pudesse ocorrer em outras regiões do Brasil. No Rio Grande do Sul a técnica agrícola do plantio direto foi introduzida já na década de 1980 e, ampliada na década de 1990, onde se mostrou muito eficiente ao elevar os ganhos de produtividade por área (MARCHIO, 2004).

1.5. Influência da oscilação sul (ENOS) El Niño e La Niña na produtividade agrícola.

No Rio Grande do Sul, as variações interanuais na produtividade da cultura da soja são função, principalmente, das oscilações no regime pluviométrico. Este, por sua vez, é fortemente influenciado pela ocorrência de fenômenos climáticos globais, como *El Niño* e *La Niña* (CONTI, 2007).

A precipitação pluvial (chuva) determina o fracasso ou o sucesso de atividades como: agricultura, gerenciamento de recursos hídricos, obras urbanas de saneamento básico e defesa civil. Nesses casos, é essencial o conhecimento das tendências pluviais de cada localidade. A ocorrência de menor ou maior quantidade de chuva no Sul do Brasil pode variar com a sucessão dos eventos *El Niño* e *La Niña* (CONTI; FURLAN, 2005), embora a variabilidade nem sempre esteja associada apenas a esses fenômenos. As chuvas no Rio Grande do Sul são predominantemente frontais e dependentes da circulação regional (SARTORI, 2003).

O fenômeno *El-Niño* de acordo Pinto; Neto (2008) é caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical (TSM positiva) e pelo Índice de Oscilação do Sul negativo. Já, o fenômeno *La Niña* é identificado pelo esfriamento das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical (TSM negativa) e pelo Índice de Oscilação do Sul positivo.

O *El Niño-Oscilação do Sul* (ENOS) é constituído por um componente de natureza oceânica, no caso o *El Niño/La Niña*, e outro de natureza atmosférica, representado pela *Oscilação do Sul*. Muitos índices tem sido utilizados para medir a intensidade do ENOS. Entre esses, o Índice de Oscilação do Sul (IOS), que reflete a

diferença da pressão atmosférica de Darwin (Austrália) e Taiti (Pacífico Central) e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), em uma região chamada Niño 3 (5°N-5°S e 90°-150°W); por exemplo. O IOS indica a intensidade da Oscilação do Sul (componente atmosférico) e a TSM da região Niño 3, por sua vez, a intensidade do El Niño (componente oceânico).

Na Região Sul do Brasil, observa-se excesso de chuvas nos anos de El Niño e estiagem em anos de La Niña (Figura 9). Apesar da influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do ENOS. São elas: primavera e começo do verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento, e final do outono e começo do inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento. Assim, nessas épocas, as chances de chuvas acima do normal são maiores, em anos de El Niño, e chuvas abaixo do normal, em anos de La Niña (AYOADE, 2007).

A seca ou excesso de chuva afeta diretamente a vida do homem do campo e o mercado agrícola. O fenômeno El Niño é favorável para as culturas de verão (soja, milho, feijão etc.) e desfavorável para as culturas de inverno (trigo, cevada, aveia e triticale, por exemplo). Já, o fenômeno La Niña é favorável para as culturas de inverno e desfavorável para as culturas de verão.

Ocorrência de El Niño		Ocorrência do La Niña	
1877 - 1878	1888 - 1889	1886	1903 - 1904
1896 - 1897	1899	1906 - 1908	1909 - 1910
1902 - 1903	1905 - 1906	1916 - 1918	1924 - 1925
1911 - 1912	1913 - 1914	1928 - 1929	1938 - 1939
1918 - 1919	1923	1949 - 1951	1954 - 1956
1925 - 1926	1932	1964 - 1965	1970 - 1971
1939 - 1941	1946 - 1947	1973 - 1976	1983 - 1984
1951	1953	1984 - 1985	1988 - 1989
1957 - 1959	1963	1995 - 1996	1998 - 2001
1965 - 1966	1968 - 1970	2007 - 2008	-
1972 - 1973	1976 - 1977		
1977 - 1978	1979 - 1980		
1982 - 1983	1986 - 1988		
1990 - 1993	1994 - 1995		
1997 - 1998	2002 - 2003		
2004 - 2005	2006 - 2007		
2009 - 2010	-		

Legenda:	Forte	Moderada	Fraco	Legenda:	Forte	Moderada	Fraco
----------	---	--	---	----------	---	--	---

Figura 9: Registros dos fenômenos EL Niño e La Niña

Fonte: <http://enos.cptec.inpe.br/>

Org.: SILVA, R.R. (2013)

Berlato (1999) determinou que nos anos agrícolas de 1977/1978, 1978/1979, 1981/1982, 1985/1986, 1987/1988, 1990/1991, devido às severas estiagens, ocorreram quedas nos rendimentos da soja no Estado do Rio Grande do Sul. Em seu trabalho sobre o comportamento das precipitações no RS nos anos de El Niño e La Niña, Nunes *et al.*, (2012) corrobora que as precipitações no Rio Grande do Sul sofrem oscilações as quais interferiram produção agrícola da soja e, além disso, causaram transtornos urbanos como enchentes e problemas no abastecimento.

2. METODOLOGIA

Primeiramente, foi elaborado um embasamento teórico geral do tema e objetivos do trabalho, bem como da justificativa para sua escolha. Em seguida, partiu-se para a fundamentação teórico metodológico referente à temática, onde a discussão está centrada no clima e produção agrícola, com ênfase na produção de soja.

Para estabelecer a relação entre pluviometria e produção/produktividade (rendimentos) de soja foi feita a coleta dos dados mensais e anuais de precipitação junto a Estação Meteorológica Auxiliar do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Ibirubá/RS (latitude 28° 37' sul e longitude 53° 70' oeste e altitude 349,7 metros) para o período de 1982 a 2012, e dados da produção/produktividade de soja na Cooperativa Mista General Osório – COTRIBÁ e da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - Emater (Anexos A, B) para mesmo período.

Como as técnicas agrícolas evoluíram muito ao longo dos últimos anos no planeta e com reflexos no Brasil, bem como, no estado do Rio Grande do Sul, foi analisado um histórico a respeito das técnicas agrícolas tradicionais e modernas aplicadas no município a fim de comparar a produção não só com a precipitação, mas também com o manejo utilizado.

Diante disso optou-se por avaliar através do balanço hídrico os anos-safras, sempre os mais recentes e representativos, com rendimentos altos, médios e baixos de cada período pluviométrico, ou seja, de acordo com o padrão habitual, habitual muito chuvoso e habitual pouco chuvoso. Além disso, os anos-safra selecionados para análise através do balanço hídrico, foram a partir de 1990, para que a técnica do plantio direto influenciasse de forma menos significativa nos rendimentos finais, bem como, aqueles que tenham registro de ENOS (El Niño e La Niña).

Nos estudos de Climatologia Geográfica, tem sido utilizado o ano padrão civil, ou seja, os doze meses do ano (janeiro à dezembro). No entanto, para os estudos de bioclimatologia vegetal o uso desse segmento temporal não parece ser o mais indicado, uma vez que a maioria das culturas têm o ciclo vegetativo sazonal, principalmente nas regiões onde o clima se caracteriza por alternância entre

estações secas e chuvosas (centro-oeste) ou de estações com maiores ou menores temperaturas médias mensais (sudeste e sul), caso do soja, milho, trigo, uva. Estas culturas têm um período vegetativo que não abrange os doze meses do ano, e que pode ser caracterizado como ano-safra.

Na identificação e análise das variações mensais e anuais que ocorreram na distribuição da precipitação ao longo de 30 anos (1982-2012), no município de Ibirubá, levou-se em consideração o período de setembro a maio e da produção de soja para o mesmo período. Apesar do início do plantio de soja ocorrer em média nos meses de outubro a dezembro, o mês de setembro foi incluído dentro dos Anos-safra para verificar a possibilidade da influência da precipitação acumulada, ou seja, que a capacidade de água acumulada no solo possa influenciar no início do ciclo fenológico da soja (emergência - VE).

Ao encontro disso, justifica-se a escolha do mês de maio dentro dos Anos-safra da soja, porque apresenta os últimos registros colheita. Soma-se a isto o registro de que as cultivares de ciclo mais longo (180 dias) semeadas em dezembro entram no período de colheita (maturação R7 – R8) no mês de maio. Ainda em relação à escolha dos meses de Setembro e Maio, segundo dados da cooperativa do município, a Cotribá, os produtores utilizam cultivares de soja com ciclos curtos, médios e longos (precoce, semiprecoce e tardio). Tal fato decorre da necessidade de minimizar possíveis perdas por oscilações na precipitação durante a safra, pois os estágios mais prejudicados quanto às oscilações na precipitação, dos diferentes cultivares, não irão coincidir.

A partir dos dados de precipitação e rendimentos (Anexos A e B) elaboraram-se tabelas relativas aos valores médios mensais e anuais de pluviometria e os totais de rendimento em cada ano-safra que resultaram em gráficos, estes gerados no programa Microsoft Excel 2007 (Anexo C).

Através do uso da planilha com dados da produção de soja, foram plotados gráficos gerados no programa Microsoft Excel 2007, correspondentes aos anos padrões-safra estudados a fim de estabelecer a relação do total colhido e da produtividade média das lavouras no Município com os valores e distribuição mensal das chuvas. Nesta fase foi importante identificar em que fase do ciclo vegetativo da planta ocorreram os excessos e a escassez de chuvas nos anos padrões mais chuvosos e menos chuvosos, respectivamente, capazes de comprometer os valores de produção no município de Ibirubá.

Após a elaboração da planilha, procurou-se definir os anos padrões-safra chuvosos, os menos chuvosos e os habituais, utilizando-se o critério de Monteiro (1973 *apud* TAVARES 1976) para os estudos climatológicos do ponto de vista geográfico, para a análise da variabilidade dos elementos meteorológicos. Adotou-se a metodologia para definição dos anos padrões adaptada por Monteiro (1973), que possibilita, qualitativamente, a identificação da variabilidade que ocorre na distribuição e totais de precipitação, levando-se em consideração os dados normais de chuvas (médias de 30 anos) do período entre 1982-2012, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Em um primeiro momento foi calculada a Normal Climatológica anual para o período considerado como ano-safra (setembro a maio), que corresponde a apenas nove meses entre dois civis. Em um segundo momento, foi necessário calcular a média para cada mês do período analisado a fim de obter a distribuição das chuvas ao longo dos considerados anos padrão habitual, mais chuvoso e menos chuvoso (Anexo C).

A partir da montagem da planilha foram colocados os dados de precipitação total e médias dos anos-safras juntamente com o rendimento médio (kg/ha por ano-safra) da produção de soja do município de Ibirubá. Na sequência, foram selecionados os valores mínimos e máximos de precipitação de cada mês e valores médios correspondentes ao período de 30 anos (1982/83-2011/12). Dessa forma, para cada mês obtiveram-se nove valores mínimos e nove máximos de pluviometria correspondentes aos anos-safra.

Por fim, ocorreu o cálculo do desvio padrão, proposto por Gerardi; Silva (1981), da precipitação de cada mês dos anos-safra juntamente com o desvio padrão das médias e totais dos anos-safra com objetivo de demonstrar os padrões chuvoso habitual (normal), chuvoso abaixo do habitual (normal) e chuvoso acima do habitual (normal) a fim de verificar a relação da pluviometria com os valores de rendimentos. (Anexo C).

Concomitantemente também foram selecionados para análise os totais da produção de soja no município no período 1982/83-2011/12, levando em conta a área plantada (ha), quantidade produzida (t) e rendimento médio da produção (kg/ha) (Anexos B).

Junto à tabela de precipitação foram plotados os rendimentos médios para a safra de soja de acordo com os anos-safra. Em seguida foi calculada a média destes

30 rendimentos correspondentes aos anos-safra em análise obtendo-se o valor médio de 2080 kg/ha. Em seguida foi calculado o desvio padrão proposto por Gerardi; Silva (1981), dos 30 rendimentos médios a fim de estabelecer os índices de produção/produktividade alto (acima de 2680,4kg/ha), médio (entre 1468,9kg/ha e 2680,4kg/ha) e baixo (menor que 1468,9kg/ha). Na sequência foi elaborada análise da possível relação entre precipitação (totais e distribuição) e os rendimentos da cultura da soja.

Após a análise dos dados das planilhas e dos gráficos de precipitação e rendimentos dos anos safra de 1982/83 até 2011/12 obteve-se quadros com rendimentos baixos, médios e altos de soja de acordo com a precipitação dos anos-padrões-safra abaixo da habitual, habitual e acima da habitual. Analisou-se também a importância da distribuição da precipitação ao longo do ciclo fenológico da soja.

Na planilha, após a aplicação do desvio padrão, foram destacados os com tons em verde a precipitação (normal) e rendimentos habituais dentro do padrão habitual, os tons de azul foram usados para destacar os anos padrões pluviométricos (muito chuvoso) e de rendimentos acima do padrão e, por fim os tons de vermelhos foram utilizados para representar os anos padrões com menores rendimentos e de menores precipitações (menos chuvosos).

Utilizando o critério de precipitação, padrão habitual, acima do padrão habitual e abaixo do padrão habitual, foram distribuídos os 30 anos-safra com rendimentos altos, médios e baixos dentro de cada índice pluviométrico.

Posteriormente, foram selecionados para análise mais aprofundada um ano-safra de cada dos 3 grupos pluviométrico (acima, abaixo e habitual), ou seja, um ano safra com rendimento alto, médio e baixo dentro de grupo de precipitação. Foi utilizado também, na escolha dos anos-safra, os registros de ENOS El Niño e La Niña a fim de verificar sua influência nos rendimentos finais. Em todos estes anos-safra selecionados foram gerados gráficos de cada ano-safra com a precipitação mensal

Diante disso, os anos-safra selecionados dentro do grupo da precipitação abaixo da habitual foram: com rendimento baixo o ano-safra 2011/12 (registro de La Niña) e com rendimento médio o ano-safra 1996/97 (1996 - El Niño e 1997 - La Niña) já que não se encontrou registros de altos rendimentos neste grupo. No grupo da precipitação habitual foram selecionados os seguintes anos-safra: com rendimento baixo o ano-safra 2004/05 (registro de El Niño), com rendimento médio o

ano-safra 2010/11 e com rendimento alto o ano-safra 2007/08 (registro de La Niña). Por fim, no grupo com precipitação acima da habitual foram selecionados os seguintes anos-safra: com rendimento alto o ano-safra 2009/10 (registro de El Niño) e com rendimento médio o ano-safra 1997/98 (registro de El Niño). Não houve registros de baixos rendimentos neste grupo.

Para elucidar algumas dúvidas em relação aos resultados obtidos foi elaborado o cálculo do Balanço Hídrico, proposto por Thornthwaite; Mather (1955), considerando os ciclos característicos (fenologia) de desenvolvimento dos cultivares ao longo de anos padrões escolhidos posteriormente (abaixo da habitual, habitual e acima da habitual) com o objetivo de entender mais claramente em quais fases do ciclo vegetativo (fenologia) se definem os excessos e carência de chuva e que podem influenciar mais no rendimento da lavoura.

Esses dados foram utilizados na elaboração do balanço hídrico climatológico, empregando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955), através do programa “BHnorm” elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Tal programa possibilita ao usuário, facilidades no uso e grande versatilidade no manuseio dos dados e na confecção de gráficos, além de possibilitar a alteração dos valores da CAD (PEREIRA et. al 2002).

No sítio <<http://ce.esalq.usp.br/bhbrasil>> encontra-se disponível o balanço hídrico para 500 localidades do Brasil, sendo que deste total 268 localidades são do municípios do Estado de São Paulo. Se for necessário obter o balanço hídrico climatológico para uma localidade fora do sítio é preciso substituir os valores de temperatura, precipitação e latitude do local que será automaticamente realizado todos os cálculos e gráficos, possibilitando a análise dos períodos *secos e úmidos* (GALVANI, 2005).

Por fim, os anos-safra de 1996/97; 1997/98; 2004/05; 2007/08; 2009/10 e 2011/12; foram selecionados para a elaboração do balanço hídrico climatológico com o objetivo de compreender melhor de que forma a distribuição da precipitação durante o ciclo fenológico da soja, pode influenciar nos rendimentos finais.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a coleta e análise dos dados confirmou-se, de acordo com Cunha et. al (2001); Almeida, (2005); Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007), a hipótese que existiria relação entre pluviometria e produção/produtividade (rendimentos) de soja no município de Ibirubá. Os resultados foram organizados conforme a proposta metodológica deste trabalho (anexo C), ou seja, com base no critério de precipitação, a qual foi subdividida em: precipitação abaixo da habitual (normal – quadro 2); precipitação habitual (normal – quadro 3) e precipitação acima da habitual (normal – quadro 4).

3.1. Precipitação abaixo da habitual (normal).

Dos 30 anos-safra analisados (1982/1983 a 2011/2012), foram registrados 3 anos-safra com precipitação abaixo da habitual (quadro 2 e 3). Notou-se a inexistência de rendimento alto, ou seja, acima dos valores médios (entre 1468,9 kg/ha – 2680,4 kg/ha). Os rendimentos médios totalizaram 33,3% (ano-safra 1996/97) do total de registros. Por fim, os rendimentos abaixo dos valores médios, anos safra de 1985/86 e 2011/12 totalizaram 66,7% dos registros de precipitação abaixo da habitual.

Rendimento	Ano-safra	Total de registros
Alto	-	0
Médio	safra 1996/97;	1 (33,3%)
Baixo	safra 1985/86; safra 2011/12	2 (66,7%)

Quadro 2: Precipitação abaixo da habitual (normal) – 3 registros
Org.: SILVA, R.R. (2013)

Salienta-se que ao analisar os dados, precipitação média dos anos-safra e rendimento da soja, verificou-se, conforme Santos; Ribeiro (2002); Almeida (2005);

Berlato; Cordeiro (2005) que a precipitação abaixo da habitual foi relevante na queda da produção/produtividade da soja. Esses rendimentos abaixo da média (menor 1468,9 kg/ha) ocorreram nas safras de 1985/86 e 2011/12 os quais registraram valores de 1300kg/ha e 1380kg/ha respectivamente.

Dados anos-safra com precipitação abaixo da habitual no município de Ibirubá-RS

Ano-safra	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	Precip. média	Precip. total	Rendimento médio (kg/ha)
Meses												
1985/86	176,0	35,7	7,3	127,0	47,6	103,0	151,9	224,9	205,1	119,8	1078,5	1.300 kg/ha
1996/97	84,4	186,7	166,1	79,7	73,7	116,1	35,8	87,0	99,8	103,3	929,3	1.680 kg/ha
2011/12	54,0	160,3	56,7	42,8	129,6	136,5	131,4	57,7	34,2	89,2	803,2	1.380 kg/ha
Média mensal hist.	186,4	217,7	169,9	141,6	167,5	157,7	121,5	172,3	141,8	164,0	1476,4	2080 kg/ha
Mín. precip.	54,0	35,7	7,3	42,8	46,5	19,3	23,2	14,6	12,4	89,2	803,2	600 kg/ha
Desvio padrão	106,7	120,2	132,3	90,3	97,7	116,0	64,7	91,3	90,4	41,9	377,0	611,5 kg/ha
Máx. precip.	438,1	595,7	477,4	408,1	390,8	507,5	288,1	455,6	366,1	261,1	2350,3	3300 kg/ha
Classificação dos padrões de precipitação em mm												Classif. dos rendim. kg/ha
Muito chuvoso	293,1	337,8	302,2	231,9	265,1	273,7	186,2	263,6	232,2	205,9	1853,4	2680,4 kg/ha
Total de dias	5	5	5	4	7	4	5	4	4	5	5	6
Habitual	293,1 - 79,6	337,8 - 97,5	302,2 - 37,7	231,9 - 51,3	265,14 - 69,8	273,73 - 41,8	186,2 - 56,8	263,6 - 81,0	232,2 - 51,4	205,9 - 122,2	1853,4 - 1099,4	entre 1468,9kg/ha e 2680,4kg/ha
Total de dias	23	21	23	24	20	23	20	23	19	22	22	19
Menos chuvoso	79,6	97,5	37,7	51,3	69,8	41,8	56,8	81,0	51,4	122,2	1099,4	1468,9 kg/ha
Total de dias	2	4	2	2	3	3	5	3	7	3	3	5

Quadro 3: anos-safra abaixo da precipitação habitual (normal)

Org.: SILVA, R.R. (2013)

Segundo Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007) a necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção de máximo rendimento, varia entre 450 a 800mm/ciclo fenológico. Ao considerar o ciclo vegetativo médio de 120 dias para a cultura da soja e o período recomendado para semeadura novembro, bem como, colheita em março de acordo com as recomendações da Embrapa Soja (2001), constatou-se que os totais de precipitação, dos meses referidos, do ano-safra 1985/86 foi de 436,8mm de chuva; ano-safra 1996/97 foi de 471,4mm de chuva e ano-safra 2011/12 foi de 497,0mm de chuva ficaram abaixo e próximos dos valores totais mínimos exigidos (450mm/ciclo fenológico) para alto rendimento do grão como mostram respectivamente as figuras 9, 10 e 11.

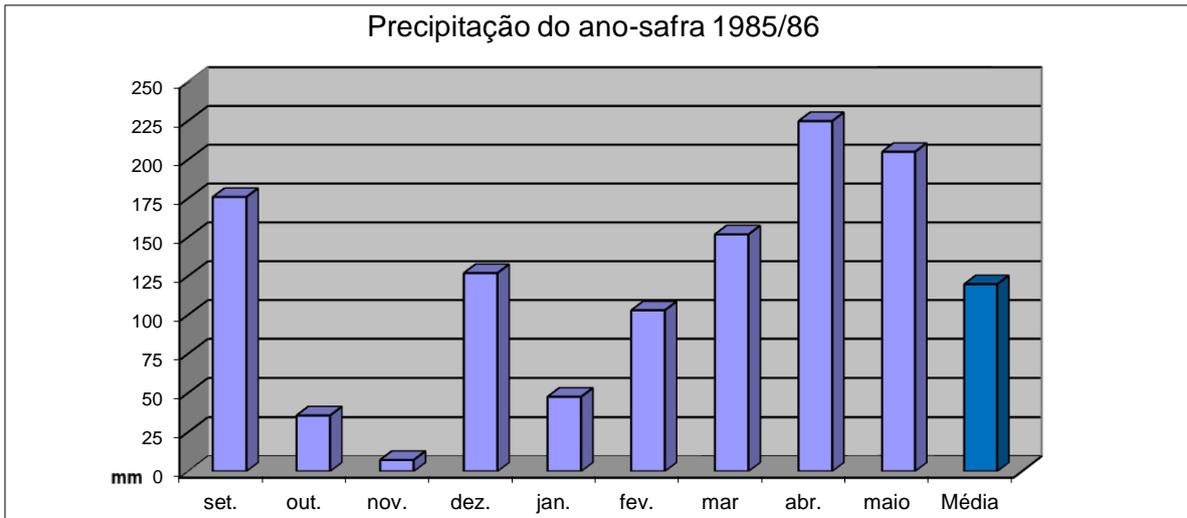


Figura 10: Ano-safra 1985/86 com precipitação abaixo da habitual (normal)
Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá
Org.: SILVA, R.R. (2013)

Além dos totais médios estarem próximos ou abaixo do considerado ideal para obtenção dos máximos rendimentos da soja, a distribuição da precipitação, também auxilia na compreensão da queda dos rendimentos nos anos-safra 1985/86, e 2011/12. Tal fato vai ao encontro dos estudos de Almeida (2000); Berlato; Cordeiro (2005); Souza; Silva, (2012) os quais comprovaram que as maiores variações dos rendimentos da soja coincidem com a maior variabilidade de precipitação pluvial.

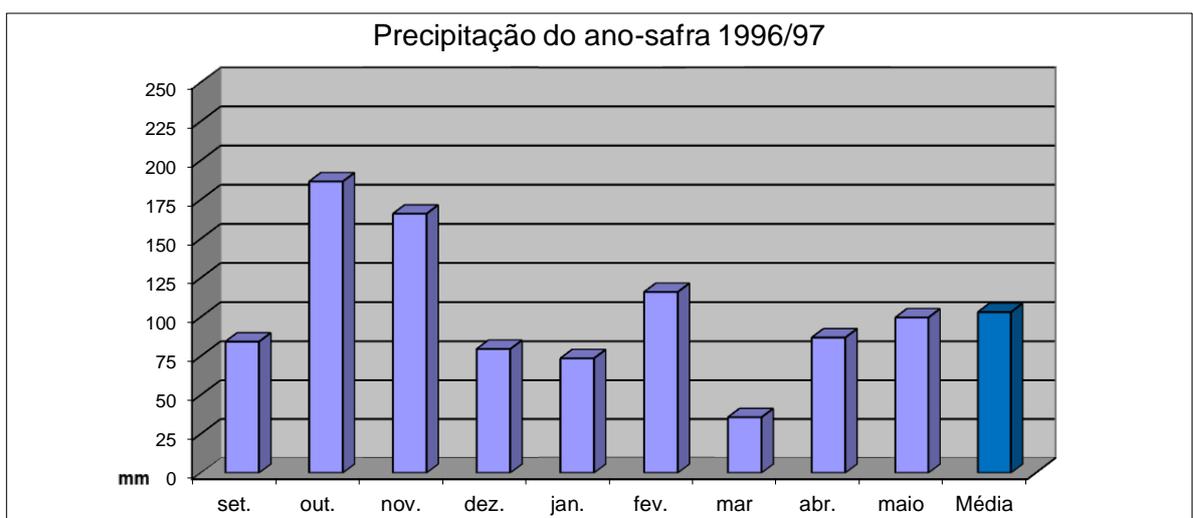


Figura 11: Ano-safra 1996/97 com precipitação abaixo da habitual (normal)
Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá
Org.: SILVA, R.R. (. 2013)

Os registros de precipitação deficitária durante os períodos mais críticos do ciclo fenológico (período vegetativo e floração/formação do grão) foram determinantes para queda nos rendimentos. Os meses de outubro, novembro e janeiro do ano-safra de 1985/86 registraram precipitação abaixo do padrão habitual mensal. Já no ano-safra de 2011/12 a precipitação abaixo do padrão habitual mensal ocorreu nos meses de setembro, dezembro, abril e maio. Confirma-se, então que o déficit hídrico nos períodos fenológicos de maior exigência hídrica contribuíram para queda na produtividade destes anos-safra.

Observou-se também, que a média mensal histórica (quadro 3) para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, nota-se que em quase a totalidade dos anos-safra analisados a precipitação esteve abaixo da média mensal histórica. Os meses em questão correspondem aos períodos de emergência (VE), vegetativo (VC), floração (R1-R2), desenvolvimento da vagem (R3-R4) e formação do grão (R5-R6), conforme a figura 7 (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

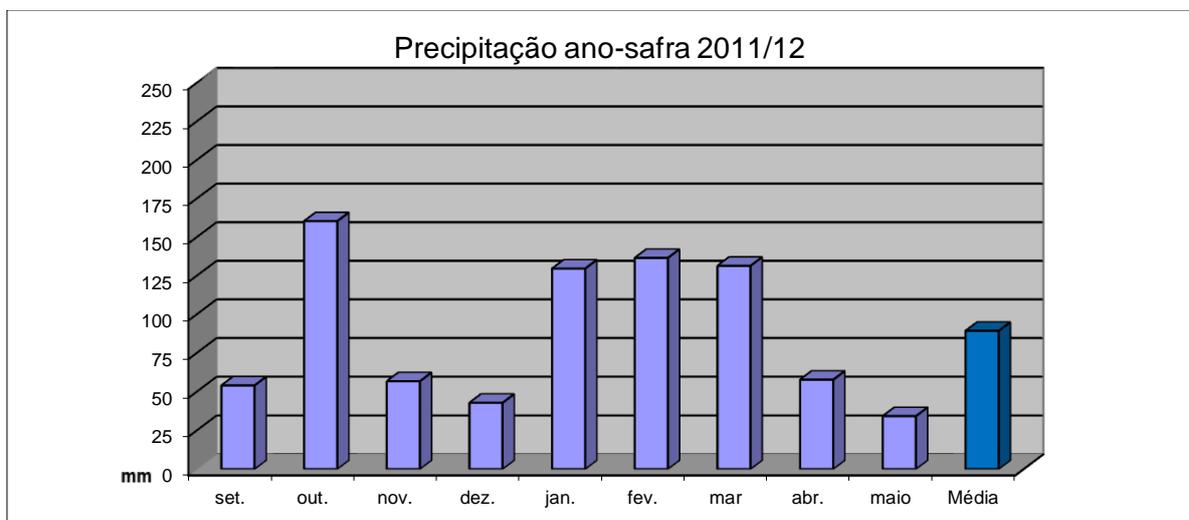


Figura 12: Ano-safra 2011/12 com precipitação abaixo da habitual (normal)

Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá

Org.: SILVA, R.R. (2013)

Através da utilização do balanço hídrico, elaborado por Thornthwaite; Mather, (1955) e aplicado para anos-safra de 1996/97 e 2011/12 (figura 12), auxiliou na confirmação de que não só a precipitação abaixo do padrão médio, mas também, sua distribuição durante os principais períodos do ciclo fenológico da soja, foram determinantes para justificar a queda nos rendimentos na cultura no município de

Ibirubá (SENTELHAS et al. 2003; GALVANI, 2004; MARIANO; SANTOS, 2006).

Anos-safra 1996/97 e 2011/12

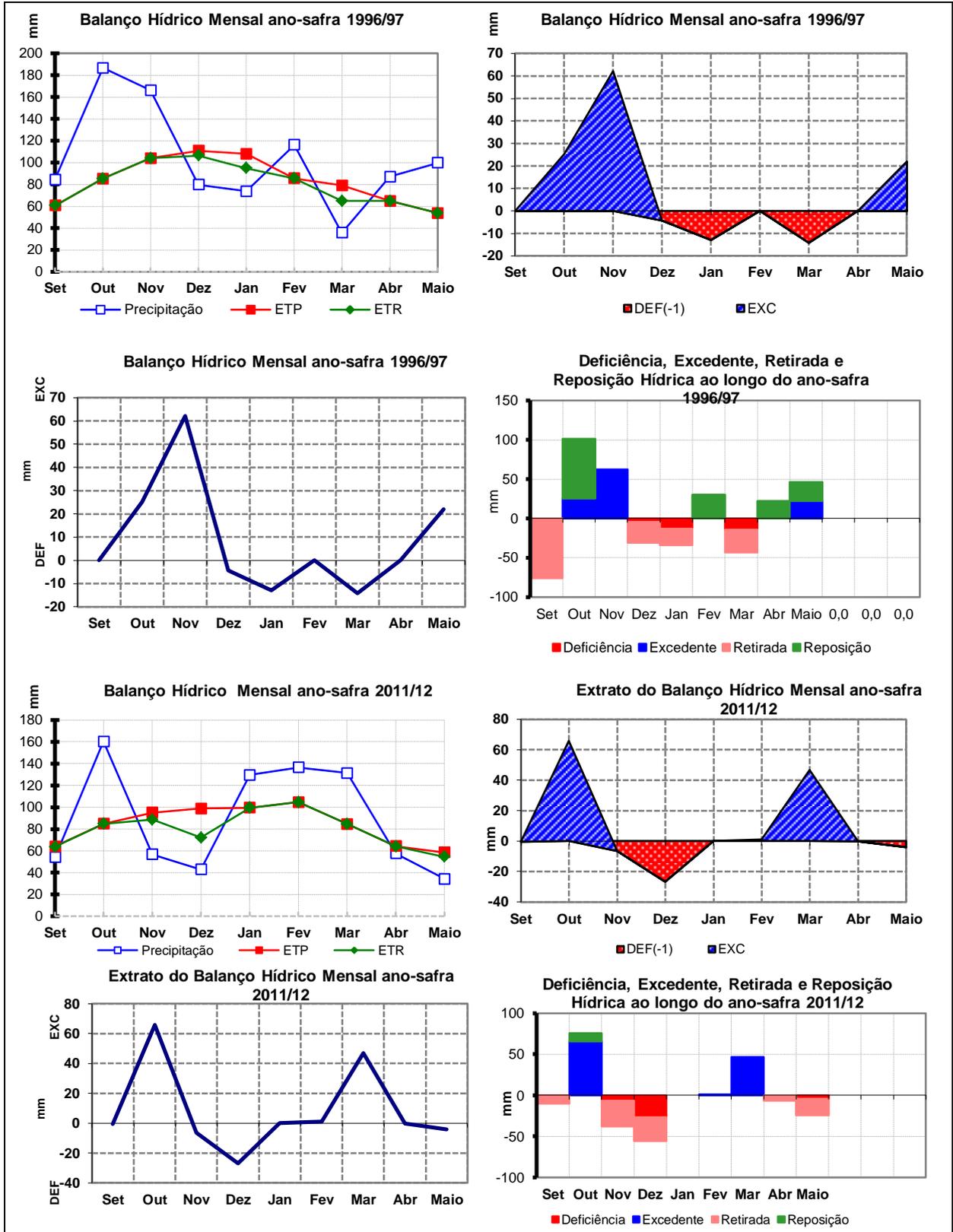


Figura 13: Balanco Hídrico do ano-safra 1996/97 e ano-safra 2011/12
Org.: SILVA, R.R. (2013)

O ano safra de 1996/97 registrou precipitação total de 471,4mm entre os meses de novembro e março, valor considerado próximo do mínimo exigido, (450 a 800mm/ciclo fenológico) de acordo com Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007), para obtenção de máximos rendimentos. Porém, este ano-safra registrou rendimento final de 1680kg/ha, ou seja, entre os valores de 1468,9 kg/ha e 2680,4kg/ha considerados de produtividade média.

A distribuição mais regular da precipitação no ano-safra de 1996/97, em relação aos dois outros anos-safra (1985/86 e 2011/12), durante o ciclo fenológico da planta pode ter levado a obtenção de rendimentos médios, mesmo que este ano-safra seja classificado como abaixo do padrão habitual pluviométrico. Nota-se que o mês de março apresentou valor de precipitação de 35,8mm. Este valor ficou abaixo do padrão habitual mensal durante o ciclo reprodutivo de maturação (R7-R8) da soja, momento em que, segundo Cunha et al. (2001); confirmado também por Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007), a deficiência hídrica não comprometeu de forma significativa o rendimento final do grão. Os meses, novembro, janeiro e fevereiro, registraram totais pluviométricos dentro do padrão habitual mensal e, dessa forma, garantiram as necessidades hídricas mínimas durante o período vegetativo (VE-Vn) e período reprodutivo (R1-R6) da soja, os mais significativos para os rendimentos finais.

É importante destacar, conforme mostra o balanço hídrico, que o excedente de precipitação em outubro e novembro, juntamente com a reposição hídrica no mês de fevereiro, podem ter sido suficientes para garantir rendimentos dentro do padrão médio. Dessa forma, segundo o calendário médio para a cultura da soja o mês de dezembro corresponderia ao período vegetativo de emergência (VE-VC). A precipitação acumulada dos meses de outubro e novembro podem ter auxiliado na germinação em dezembro devido à capacidade de armazenamento de água no solo. Já a reposição hídrica do mês de fevereiro pode ter auxiliado aos períodos de floração/formação do grão (R1 – R6) minimizando assim possíveis perdas nos rendimentos finais.

3.2. Precipitação habitual (normal).

Dos 30 anos-safra analisados (1982/1983 a 2011/2012), foram registrados 22 anos-safra com precipitação habitual (normal) conforme mostra o anexo C e quadro 4. Apesar da precipitação dentro do padrão habitual os rendimentos foram variáveis e uma das possíveis explicações pode ser a elevada variabilidade pluviométrica durante o ciclo fenológico da soja dos anos-safra analisados.

Assim como anterior, os resultados foram organizados conforme a proposta metodológica deste trabalho, ou seja, com base no critério de precipitação e rendimentos (alto, médio e baixo) da soja. Os anos-safra com rendimentos altos, acima de 2680,4kg/ha, totalizaram 22,7% (5 anos-safra) dos registros. Os rendimentos médios, entre 1468,9 kg/ha e 2680,4kg/ha totalizaram 66,6% (14 anos-safra) do total de registros. Por fim, os rendimentos baixos, menores que 1468,9kg/ha totalizaram 10,7% (3 anos-safra) dos registros de precipitação habitual.

Rendimento	Ano-safra	Total de registros
Alto	safra 2000/01; safra 2002/03; safra 2006/07; safra 2007/08; safra 2008/09;	5 (22,7%)
Médio	safra 1983/84; safra 1984/85; safra 1988/89; safra 1989/90; safra 1991/92; safra 1992/93; safra 1994/95; safra 1995/96; safra 1998/99; safra 1999/00; safra 2001/02; safra 2003/04; safra 2005/06; safra 2010/11;	14 (66,6%)
Baixo	safra 1987/88; safra 1990/91; safra 2004/05;	3 (10,7%)

Quadro 4: Precipitação habitual (normal) – 22 registros e rendimentos

Org: SILVA, R.R. (2013)

Conforme a proposta metodológica foram selecionados os anos-safra de: 2004/05 (baixo rendimento com registro de fenômeno El Niño); 2007/08 (alto rendimento com registro de fenômeno de La Niña); e 2010/11 (rendimento médio sem registro de ENOS) para uma análise mais criteriosa conforme quadro 5.

Segundo Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007) a necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção de máximo rendimento, varia entre 450 a

800mm/ciclo fenológico. Ao considerar o ciclo vegetativo médio de 120 dias para a cultura da soja e o período recomendado para semeadura novembro, bem como, colheita em março de acordo com as recomendações da Embrapa Soja (2001), constatou-se que os totais de precipitação, dos meses referidos, do ano-safra 2004/05 foi de 497,5mm de chuva; ano-safra 2007/08 foi de 632,0mm de chuva e ano-safra 2010/11 foi de 1065,2mm de chuva. Estes valores pluviométricos dos anos-safra ficaram próximos do total mínimo, ano-safra 2004/05 (450mm/ciclo fenológico), acima dos totais máximos, ano-safra 2010/11, (800mm/ciclo fenológico), e valor intermediário, ano-safra 2007/08, entre os mínimos e máximos recomendados para obtenção de altos rendimentos.

Dados anos-safra selecionados com precipitação habitual no município de Ibirubá-RS

Meses	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar	abr.	maio	Precipitação		Rendimento médio (kg/ha)
										Média	Total	
2004/05	158,0	140,2	181,3	84,2	118,3	19,3	93,9	213,5	204,8	134,8	1213,5	600 kg/ha
2007/08	403,1	218,5	132,7	141,5	192,2	112	53,6	146,8	104,6	167,2	1505,0	2.900 kg/ha
2010/11	271,1	103,4	98,8	131,1	73,8	473,4	288,1	213,1	101,2	194,9	1754,0	2.520 kg/ha
Média mensal	186,4	217,7	169,9	141,6	167,5	157,7	121,5	172,3	141,8	164,0	1476,4	2080 kg/ha
Mín. precip.	54,0	35,7	7,3	42,8	46,5	19,3	23,2	14,6	12,4	89,2	803,2	600 kg/ha
Desvio padrão	106,7	120,2	132,3	90,3	97,7	116,0	64,7	91,3	90,4	41,9	377,0	611,5 kg/ha
Máx. precip.	438,1	595,7	477,4	408,1	390,8	507,5	288,1	455,6	366,1	261,1	2350,3	3300 kg/ha
Classificação dos anos-padrões de precipitação em mm												Classif. dos rendim. kg/ha
Muito chuvoso	293,1	337,8	302,2	231,9	265,1	273,7	186,2	263,6	232,2	205,9	1853,4	2680,4 kg/ha
Total de dias	5	5	5	4	7	4	5	4	4	5	5	6
Habitual	293,1 - 79,6	337,8 - 97,5	302,2 - 37,7	231,9 - 51,3	265,14 - 69,8	273,73 - 41,8	186,2 - 56,8	263,6 - 81,0	232,2 - 51,4	205,9 - 122,2	1853,4 - 1099,4	entre 1468,9kg/ha e 2680,4kg/ha
Total de dias	23	21	23	24	20	23	20	23	19	22	22	19
Menos chuvoso	79,6	97,5	37,7	51,3	69,8	41,8	56,8	81,0	51,4	122,2	1099,4	1468,9 kg/ha
Total de dias	2	4	2	2	3	3	5	3	7	3	3	5

Quadro 5: anos-safra selecionados com precipitação habitual (normal)

Org: SILVA, R.R.(2013)

3.2.1. Ano-safra de 2004/05

O ano-safra de 2004/05 apresentou rendimento médio de 600kg/ha, sendo o menor dentre todos os 30 anos-safra analisados. Apesar da média (134,83mm) e o total pluviométrico (1213,5mm) do ano-safra estarem dentro do padrão habitual, o rendimento foi abaixo do padrão médio que varia de 1468,9 kg/ha a 2680,4kg/ha (figura 13 e anexo C).

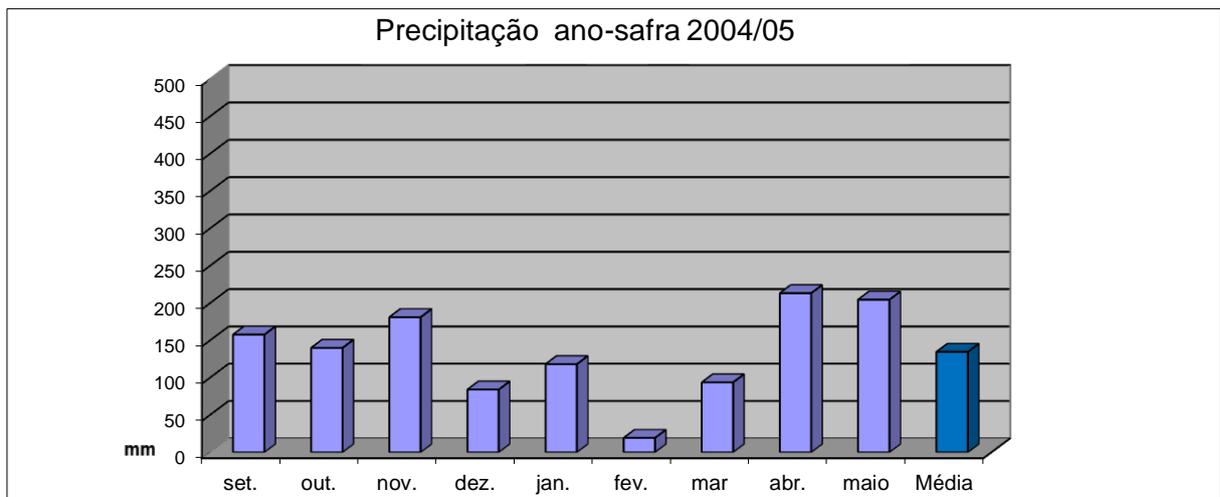


Figura 14: Ano-safra 2004/05 com precipitação habitual (normal)

Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá

Org.: SILVA, R.R. (2013)

De acordo com os estágios de desenvolvimento da cultura da soja proposta por Fehr; Caviness (1977) e ao calendário agrícola médio da cultura da soja proposto por Almeida (2005), esse déficit hídrico, abaixo do padrão habitual mensal, do mês de fevereiro atingiu boa parte do ciclo reprodutivo (R1 – R6) da cultura o qual corresponde aos períodos de florescimento (R1-R2), desenvolvimento da vagem (R3-R4) e formação do grão (R5-R6) da planta (CUNHA et al., 2001; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

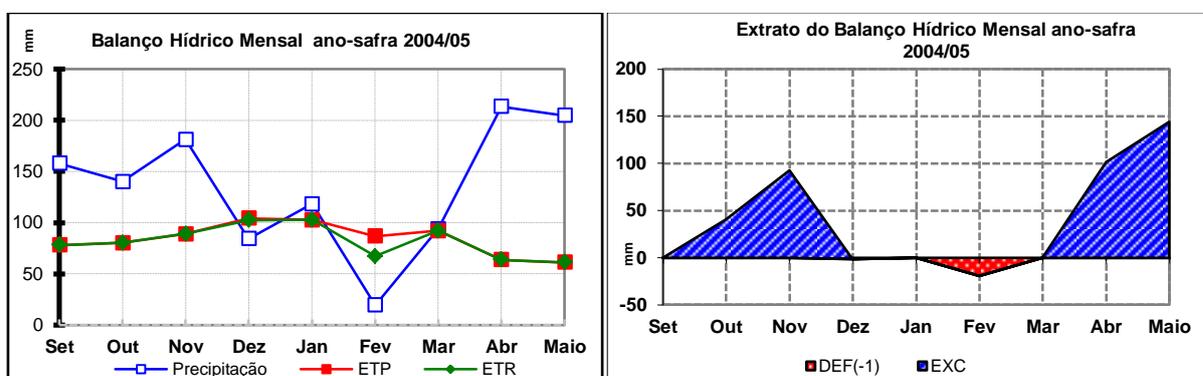
Segundo Mota (1983), as secas no período reprodutivo (pós-florescimento) causam reduções drásticas no rendimento do grãos, devido crescimento menor da planta, ao maior abortamento de flores e legumes, a redução do período de florescimento, redução da atividade fotossintética e, por influir no metabolismo geral da planta.

Para confirmar os prejuízos do déficit hídrico, Cunha et al. (2001), afirma que a soja pode ser considerada uma cultura tolerante à deficiência hídrica, por possuir período de florescimento longo, permitindo que escape de secas de curta duração, compensando a perda de flores ou legumes com o aparecimento de flores tardias por ocasião de condições mais adequadas de umidade no solo.

Diante disso, a quebra significativa na produtividade do ano-safra de 2004/05 pode ser em parte, compreendida devido ao período de deficiência hídrica registrada no mês de fevereiro, (19,3mm) o qual ficou abaixo do padrão habitual mensal de 41,8mm, menos chuvoso, e da média mensal histórica que era de 157,7mm (quadro 5). Junto a isso, somou-se também a precipitação abaixo da média mensal histórica para os meses de dezembro, janeiro e março.

Dessa forma, destaca-se que os meses de dezembro, janeiro e março apresentaram precipitação abaixo da média mensal histórica, tornando a estiagem de longa duração. Diante disso, precipitação destes meses antecedentes e precedente a fevereiro, considerado menos chuvoso, não foi suficiente para repor a carência hídrica elevada deste mês ao menos para minimizar as perdas.

Através da utilização do balanço hídrico, elaborado por Thornthwaite; Mather, (1955) e aplicado para anos-safra de 2004/05 (figura 14), auxiliou na confirmação de que apesar de estar dentro do padrão ano-safra total e médio de precipitação os rendimentos finais foram abaixo do padrão médio (quadro 5). Diante disso, confirmou-se, mais uma vez de que a distribuição pluviométrica irregular durante os principais períodos do ciclo fenológico da soja foram determinantes para justificar a queda nos rendimentos na cultura da soja no município de Ibirubá (SENTELHAS et al. 2003; GALVANI, 2004; MARIANO; SANTOS, 2006)



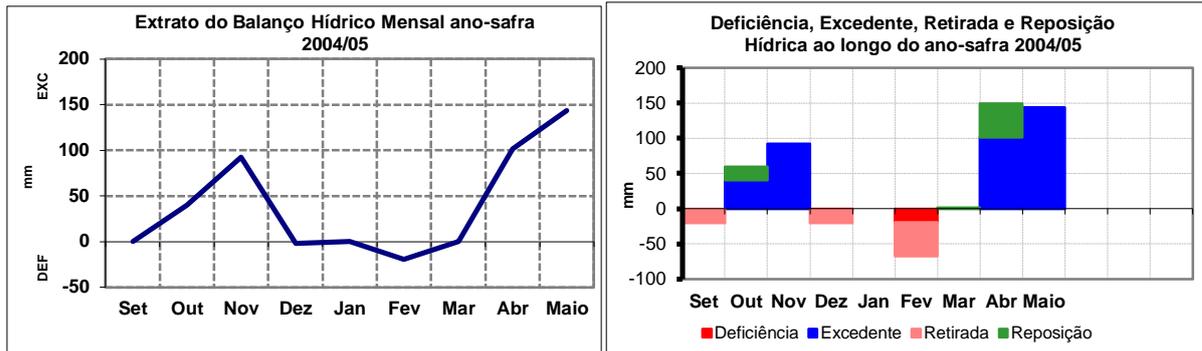


Figura 15: Balanço Hídrico do ano-safra 2004/05
Org.: SILVA, R.R. (2013)

Por fim, apesar dos valores totais de precipitação para o ano-safra 2004/05 dentro do padrão habitual, a queda nos rendimentos pode ser em parte explicada pela irregularidade pluviométrica durante o ciclo fenológico da soja. Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro, e março apresentaram deficiência hídrica abaixo da média mensal histórica. Já os meses de setembro, novembro, abril e maio apresentaram registros de precipitação acima da média mensal histórica. O fenômeno de El Niño fraco pode justificar, em parte, a oscilação pluviométrica durante este ano-safra e, assim auxiliar na compreensão dos motivos pela queda nos rendimentos da cultura da soja (AYOADE, 2007).

3.2.2. Ano-safra de 2007/08

O ano-safra de 2007/08, assim como o ano-safra 2004/05, apresentou precipitação dentro do padrão habitual, porém quando comparados, seus rendimentos foram muito distintos. Enquanto os rendimentos do ano-safra 2004/05 foi o menor dentre todos os analisados (600kg/ha), o ano-safra de 2007/08 apresentou alta produtividade de 2900kg/ha, valor considerado acima do ano padrão de rendimentos que varia entre 1468,9kg/ha a 2680,4kg/ha.

O ano-safra de 2007/08 registrou precipitação total de 1505,0mm e média de 167,22mm valores que estão dentro do padrão habitual histórico (quadro 5 e figura 15). Já os valores referentes à precipitação total e média do ano-safra de 2004/05 foram respectivamente de 1213,5mm e 134,83mm, também ficaram dentro do

padrão habitual, porém a grande diferença entre seus rendimentos ocorreu por consequência da distribuição da precipitação ao longo dos anos-safra.

De acordo com Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007) a necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção de máximo rendimento, varia entre 450 a 800mm/ciclo fenológico. Ao considerar o ciclo vegetativo médio de 120 dias para a cultura da soja e o período recomendado para semeadura novembro, bem como, colheita em março de acordo com as recomendações da Embrapa Soja (2001), constatou-se que os totais de precipitação, dos meses referidos, do ano-safra 2007/08 foram de 632,0mm, ou seja, valor dentro da faixa de precipitação para obtenção dos rendimentos máximos do grão de soja.

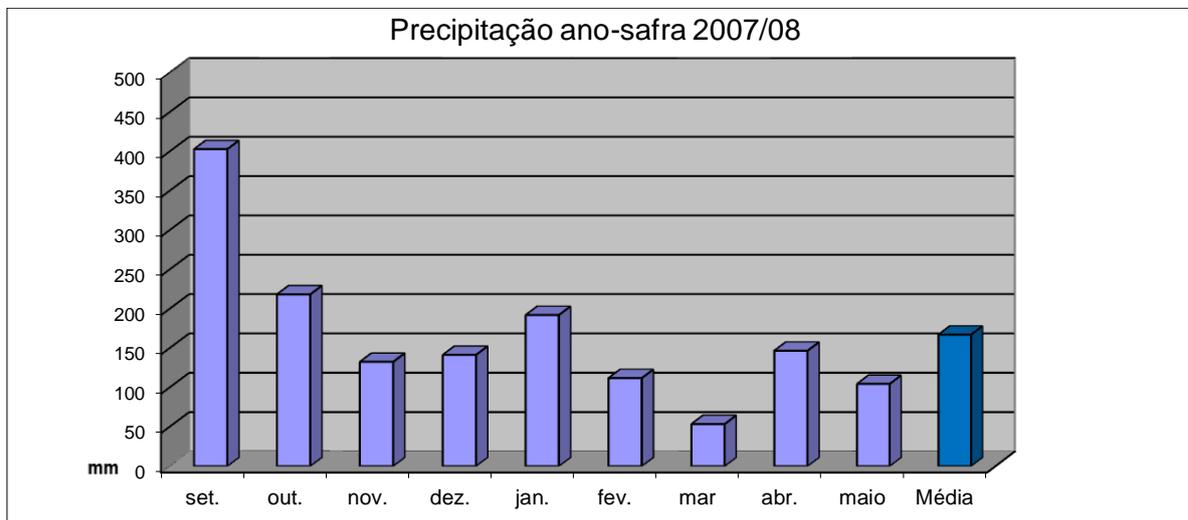


Figura 16: Ano-safra 2007/08 com precipitação habitual (normal)
Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá
Org.: SILVA, R.R. (2013)

O ano-safra de 2007/08 teve precipitação total maior e mais regular, em relação ao ano-safra de 2004/05, principalmente nos períodos fenológicos da cultura da soja considerados mais críticos Cunha et. al (1998; 1999; 2001). Os meses de setembro e outubro registraram excedentes hídricos em relação às médias mensais históricas. Destaca-se ainda que o mês de setembro registrou precipitação acima do padrão habitual mensal. Tais excedentes podem ter contribuído para um maior acúmulo de água no solo e, por consequência, ter auxiliado no período de germinação do grão no mês de novembro.

Além disso, a proximidade dos valores totais mensais, combinado com as médias históricas para os meses dezembro, janeiro e fevereiro, juntamente com a

pequena variabilidade das precipitações foram determinantes para os rendimentos finais elevados para o ano safra 2007/08. Este ano-safra foi ano de registro de La Niña, fato que pode ter sido gerador da baixa pluviosidade no mês de março. Este mês foi considerado (menos chuvoso), pois registrou precipitação de 53,6mm, valor abaixo do padrão habitual mensal que varia entre 56,8mm a 186,24mm. Porém, o déficit hídrico do mês de março não foi suficiente para acarretar em quebra da produtividade já que corresponde ao ciclo reprodutivo no período de maturação (R7-R8) que, segundo Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007) não acarreta grandes perdas, pois as exigências hídricas tentem a cair a partir do período R6.

A utilização do balanço hídrico, elaborado por Thornthwaite; Mather (1955) e aplicado para anos-safra de 2007/08 (figura 16), auxiliou na confirmação de que a regularidade no regime pluviométrico, principalmente durante períodos hídricos mais sensíveis do ciclo fenológico da soja, foram determinantes para justificar os rendimentos na cultura da soja acima do padrão médio no município de Ibirubá. (SENTELHAS et al. 2003; GALVANI, 2004; MARIANO; SANTOS 2006).

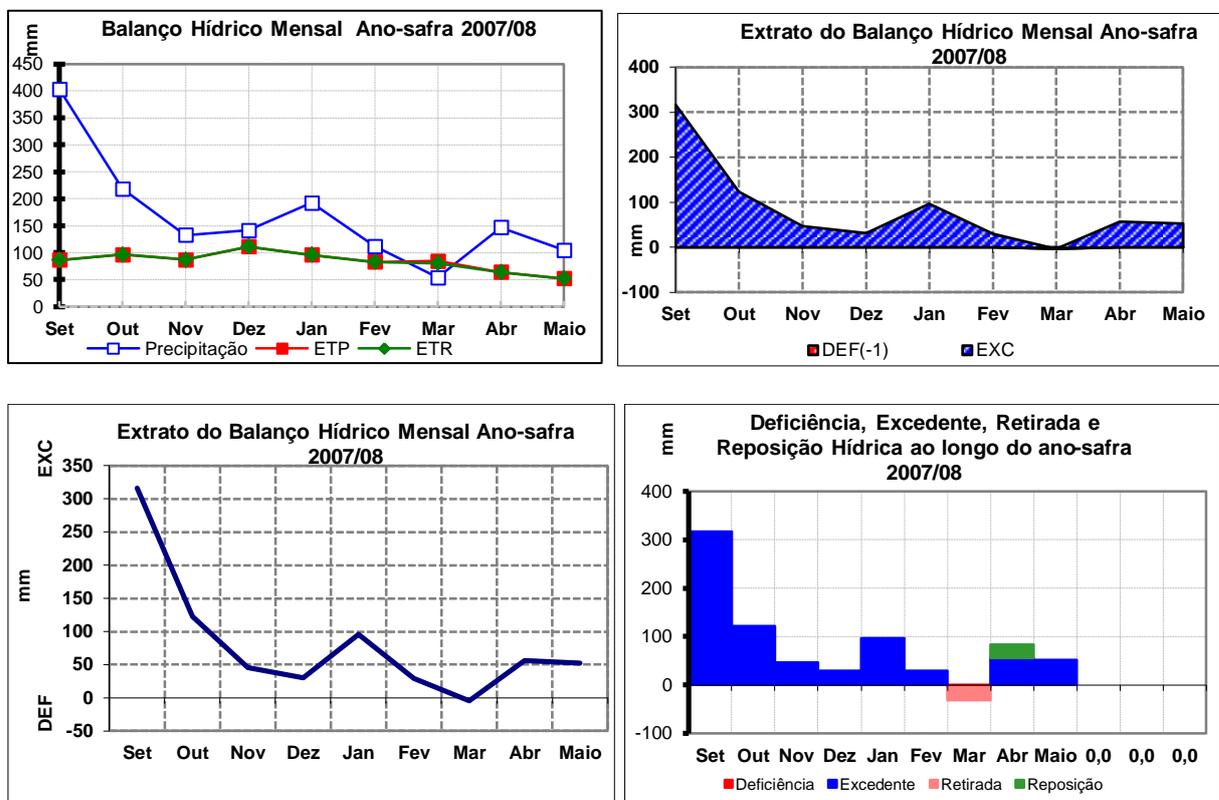


Figura 17: Balanço Hídrico do ano-safra 2007/08

Org.: SILVA, R.R. (2013)

3.2.3. Ano-safra de 2010/11

O ano-safra de 2010/11 apresentou rendimento médio de 2520kg/ha, com total de 1754,0mm e média de 194,89mm de precipitação, valores considerados dentro do padrão habitual dos anos-safra. Salienta-se que apesar dos rendimentos finais estarem dentro do padrão de produtividade, pode-se considerar que o ano-safra 2010/11 foi de menor rendimento, caso seja comparado com os anos-safra anteriores onde, sob mesmas condições de padrão hídrico habitual, obtiveram rendimentos acima do padrão médio.

A precipitação dos meses de novembro e dezembro ficou abaixo das suas médias históricas, porém tal fato não alterou de forma significativa o período de emergência. Em janeiro a precipitação foi de 73,8mm, valor que corresponde a menos da metade da média histórica mensal que é de 167,5mm. Em contrapartida os meses de fevereiro, março e abril apresentaram valores pluviométricos de 473,4mm; 288,1mm; e 213,1mm valorem respectivamente acima das médias mensais históricas, de 157,7mm; 121,5mm e 172,3mm de chuva, para os referidos meses. Os meses de fevereiro e março registraram precipitação acima do padrão habitual mensal conforme mostra o quadro 5.

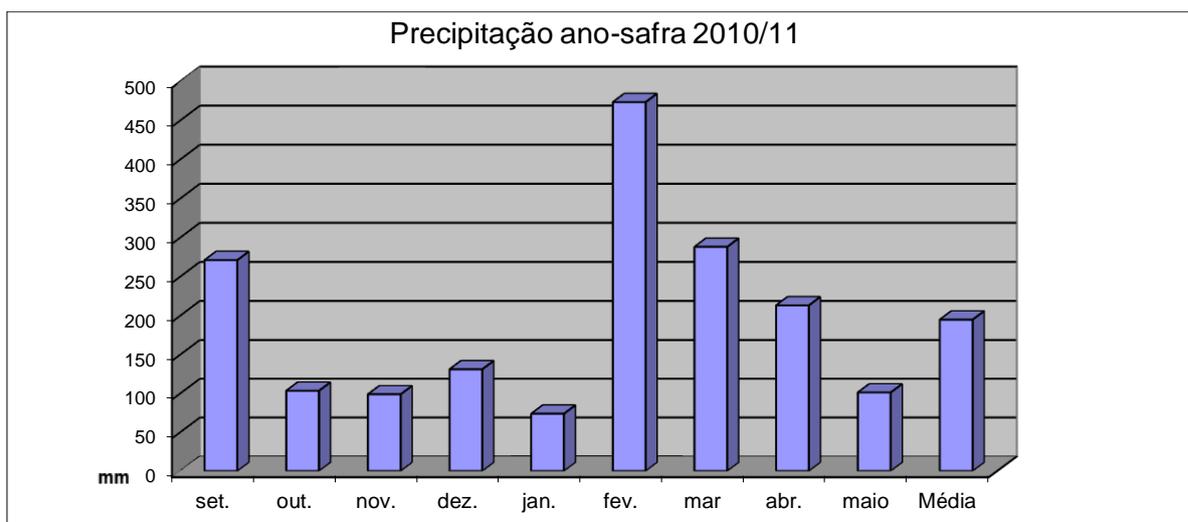


Figura 18: Ano-safra 2010/11 com precipitação habitual (normal)
Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá
Org.: SILVA, R.R. (2013)

Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007) sugeriram que a necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção de máximo rendimento, varia entre 450 a 800mm/ciclo fenológico. Ao considerar o ciclo vegetativo médio de 120 dias para a cultura da soja e o período recomendado para semeadura novembro, bem como, colheita em março de acordo com as recomendações da Embrapa Soja (2001), constatou-se que as precipitações acima do padrão habitual mensal nos meses de e março (288,1mm), considerado muito chuvoso (quadro 5), pode ter gerado algum prejuízo, para a obtenção de rendimentos acima do padrão médio (2680,4kg/ha).

Bergamaschi, (1999); e Berlatto; Cordeiro (2005) destacaram que as oscilações hídricas são prejudiciais nos rendimentos da soja, porém salientaram que as deficiências hídricas são mais determinantes na queda dos rendimentos do que os excessos. Segundo o calendário médio agrícola da cultura da soja, o mês de fevereiro corresponde a fase reprodutiva da soja no período de floração/formação do grão (R1-R6) onde, segundo Cunha et. al (2001); Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007); Oliveira (2011); o consumo de água pela planta chega a valores de 7 a 8mm/dia conforme ilustra a figura 4. Diante disso afirma-se que a precipitação excedente do mês de fevereiro, provavelmente, não prejudicou os rendimentos finais de forma significativa.

Todavia, as precipitações elevadas, acima do padrão habitual para o mês de março, segundo calendário médio agrícola coincidiu com o período de maturação/colheita (R7-R8). De acordo com Cunha et. al (2001) e Mariano (2010) o excesso de chuva no período da colheita pode provocar inchaço no grão e, dessa forma alterar o peso final do grão, bem como, dificuldade no uso das máquinas agrícolas em alguns terrenos com maior capacidade de retenção de água, adiando o início da colheita.

3.3. Precipitação acima da habitual (normal).

Dos 30 anos-safra analisados (1982/1983 a 2011/2012), foram registrados 5 anos-safra com precipitação acima da habitual. Notou-se a inexistência de baixos

rendimentos, ou seja, menor que 1468,9kg/ha. Os rendimentos médios, entre 1468,9 g/ha até 2680,4kg/ha, totalizaram 80% dos registros do total de registros. Por fim, os altos rendimentos, acima de 2680,4kg/ha, totalizaram 20% dos registros de precipitação abaixo da habitual (anexo C e quadro 6 e 7).

Rendimento	Ano-safra	Total de registros
Alto	safra 2009/10	1 (20%)
Médio	safra 1982/83; safra 1986/87; safra 1993/94; safra 1997/98;	4 (80%)
Baixo	-	0 (0%)

Quadro 6: Precipitação acima do habitual (normal) – 5 registros
Org.: SILVA, R.R. (2013)

Dados anos-safra selecionados com precipitação acima do habitual no município de Ibirubá-RS

Meses											Precip. média	Precip. total	Rendimento médio (kg/ha)
	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar	abr.	maio				
1982/83	238,2	239,5	466,2	151,7	88,7	319,8	125,3	342,2	276,7	249,8	2248,3	2040 kg/ha	
1986/87	106,6	169,2	384,3	142,0	164,3	145,0	74,1	455,6	227,9	207,6	1869,0	1800 kg/ha	
1993/94	95,8	93,5	351,1	408,1	76,8	295,8	102,7	270,1	159,6	205,9	1853,5	1.900 kg/ha	
1997/98	82,3	595,7	477,4	164,4	136,6	507,5	104,4	216,0	66,0	261,1	2350,3	2.400 kg/ha	
2009/10	438,1	146,9	449,6	119,6	334,5	194,3	48,7	188,3	127,2	227,5	2047,2	2.880 kg/ha	
Média mensal	186,4	217,7	169,9	141,6	167,5	157,7	121,5	172,3	141,8	164,0	1476,4	2080 kg/ha	
Mín. precip.	54,0	35,7	7,3	42,8	46,5	19,3	23,2	14,6	12,4	89,2	803,2	600 kg/ha	
Desvio padrão	106,7	120,2	132,3	90,3	97,7	116,0	64,7	91,3	90,4	41,9	377,0	611,5 kg/ha	
Máx. precip.	438,1	595,7	477,4	408,1	390,8	507,5	288,1	455,6	366,1	261,1	2350,3	3300 kg/ha	
Classificação dos anos-padrões de precipitação em mm												Classif. dos rendim. kg/ha	
Muito chuvoso	293,1	337,8	302,2	231,9	265,1	273,7	186,2	263,6	232,2	205,9	1853,4	2680,4 kg/ha	
Total de dias	5	5	5	4	7	4	5	4	4	5	5	6	
Habitual	293,1 - 79,6	337,8 - 97,5	302,2 - 37,7	231,9 - 51,3	265,14 - 69,8	273,73 - 41,8	186,2 - 56,8	263,6 - 81,0	232,2 - 51,4	205,9 - 122,2	1853,4 - 1099,4	entre 1468,9kg/ha e 2680,4kg/ha	
Total de dias	23	21	23	24	20	23	20	23	19	22	22	19	
Menos chuvoso	79,6	97,5	37,7	51,3	69,8	41,8	56,8	81,0	51,4	122,2	1099,4	1468,9 kg/ha	
Total de dias	2	4	2	2	3	3	5	3	7	3	3	5	

Quadro 7: anos-safra com precipitação acima do habitual (normal)
Org.: SILVA, R.R. (2013)

Segundo Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007) a necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção de máximo rendimento, varia entre 450 a 800mm/ciclo fenológico. Ao considerar o ciclo vegetativo médio de 120 dias para a

cultura da soja e o período recomendado para semeadura novembro, bem como, colheita em março de acordo com as recomendações da Embrapa Soja (2001), constatou-se que os totais de precipitação, dos meses referidos, do ano-safra 1982/83 foi de 1151,7mm de chuva; ano-safra 1986/87 foi de 909,7mm de chuva; ano-safra 1993/94 foi de 1234,5mm de chuva; ano-safra 1997/98 foi de 1390,3mm de chuva; e ano-safra 2009/10 foi de 1146,7mm de chuva ficaram acima dos valores totais máximos exigidos (800mm/ciclo fenológico) para alto rendimento do grão. Conforme proposta metodológica foi selecionado para análise mais criteriosa os anos-safra de 1997/98 e 2009/2010 como mostram respectivamente as figuras 18 e 19.

3.3.1. Ano-safra de 1997/98

O ano-safra de 1997/98 apresentou rendimento médio de 2400kg/ha, com total de 2350,3mm e média de 261,14mm de precipitação. Os rendimentos ficaram dentro do padrão habitual, porém as precipitações foram as mais elevadas dentre todos os 30 anos-safra analisados (anexo C e figura 18).

Apesar dos rendimentos finais estarem dentro do padrão de produtividade, pode-se considerar que a precipitação acima do padrão habitual não impediu a obtenção de rendimentos abaixo dos padrões médios. Destaca-se ainda que, os meses de outubro, novembro e fevereiro registraram precipitação acima do padrão habitual mensal.

De acordo com os estágios de desenvolvimento da cultura da soja proposta por Fehr; Caviness (1977) e ao calendário agrícola médio da cultura da soja proposto por Almeida (2005), a precipitação acumulada dos meses de outubro e novembro contribuíram para o início do ciclo vegetativo do grão (VE-VC).

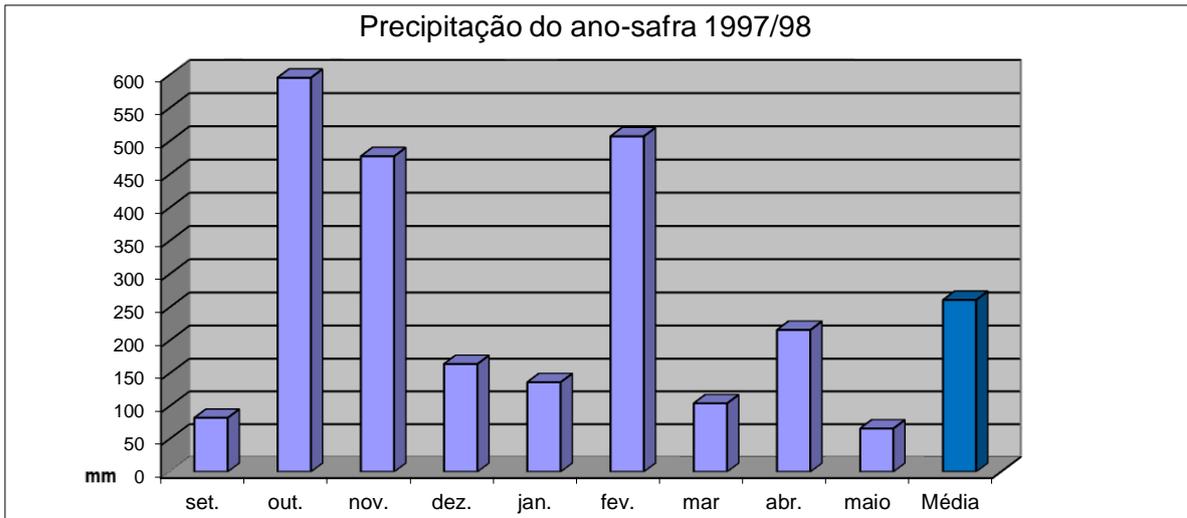


Figura 19: Ano-safra 1997/98 precipitação acima da habitual (normal)

Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá

Org.: SILVA, R.R. (2013)

Os excessos de chuvas no mês de fevereiro atingiu boa parte do ciclo reprodutivo (R1 – R6) da cultura o qual corresponde aos períodos de florescimento (R1-R2), desenvolvimento da vagem (R3-R4) e formação do grão (R5-R6) da planta. Contudo segundo Cunha et al., (2001), tal ciclo é o mais exigente quanto a necessidade de água, onde os valores podem chegar entre 7 a 8mm/dia. Destaca-se ainda que o ano-safra de 1997/98 registrou ocorrência de El Niño forte. Fato que pode ajudar na explicações do registro dos 3 episódios outubro, novembro e fevereiro acima do padrão habitual mensal, bem como, pelo registro dos maiores índices de precipitação média e total dentre todos os 30 anos-safra selecionados (anexo C).

Através da utilização do balanço hídrico, elaborado por Thornthwaite; Mather (1955) e aplicado para anos-safra de 1997/98 (figura 19), auxiliou na confirmação de que a regularidade no regime pluviométrico e, em alguns meses do ano-safra acima do padrão habitual, principalmente durante os principais períodos de ciclo fenológico com maior exigência hídrica, foram determinantes para justificar os rendimentos na cultura da soja dentro do padrão médio no município de Ibirubá. (SENTELHAS et al. 2003; GALVANI, 2004; MARIANO; SANTOS 2006).

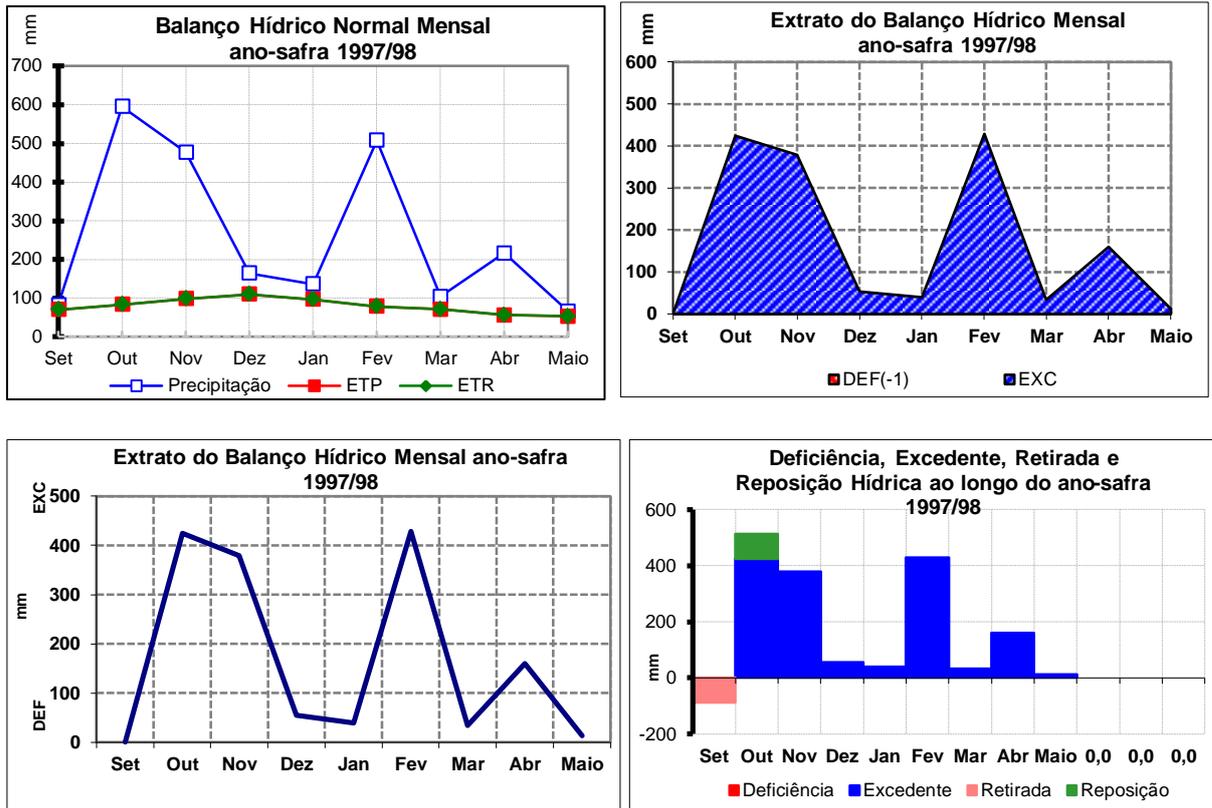


Figura 20: Balço Hídrico do ano-safra 1997/98
Org.: SILVA, R.R. (2013)

3.3.2. Ano-safra de 2009/10

O ano-safra de 2009/10 apresentou rendimento médio de 2880kg/ha, com total de 2047,2mm e média de 227,47mm de precipitação. Porém, diferentemente do ano-safra de 1997/98, seus rendimentos ficaram acima do padrão habitual conforme mostra o anexo C e figura 20.

Semelhante ao ano-safra de 1997/98, o ano-safra de 2009/10 também registrou precipitação 3 episódios (setembro, novembro e janeiro) de precipitação acima do padrão habitual mensal porém o único que coincidiu foi o mês de novembro. A pluviosidade acumulada acima do padrão habitual médio histórico mensal registrado no mês de novembro pode ter auxiliado no início do ciclo fenológico da soja. A grande precipitação registrada em novembro pode ter atrasado o início do plantio para o mês de dezembro. Diante disso a capacidade de água armazenada no solo durante o mês novembro pode ter auxiliado no período de emergência (VE-VC), pois segundo Mariano (2010), é considerado, um dos mais

críticos para a obtenção de rendimento soja já que a semente de soja necessita, absorver, no mínimo 50% do seu peso para assegurar boa germinação.

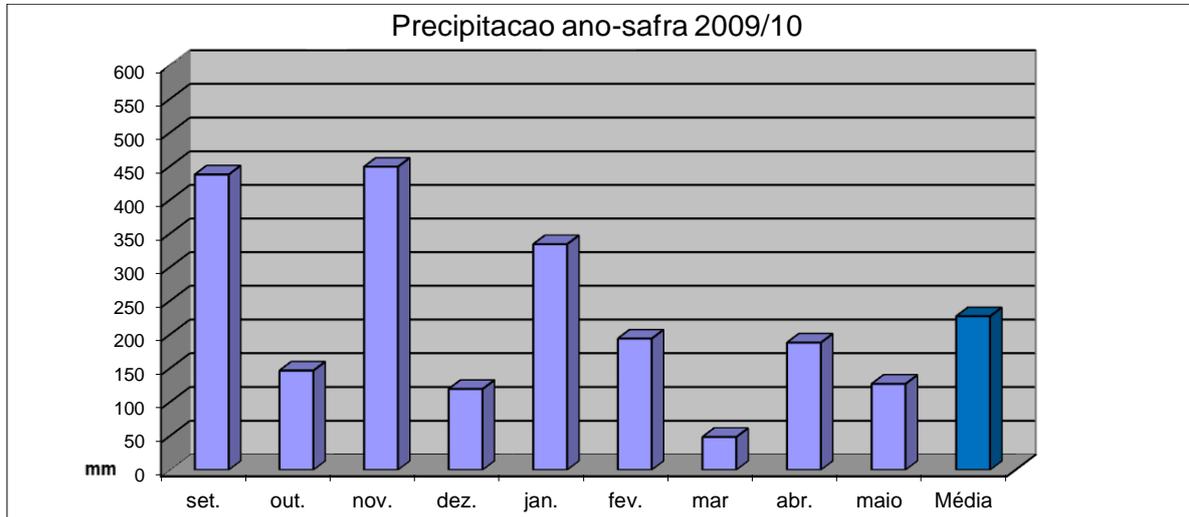


Figura 21: Ano-safra 2009/10 precipitação acima da habitual (normal)

Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá

Org.: SILVA, R.R. (2013)

De acordo com os estágios de desenvolvimento da cultura da soja proposta por Fehr; Caviness (1977) e ao calendário agrícola médio da cultura da soja proposto por Almeida (2005), precipitação excedente no mês de janeiro, acima do padrão habitual mensal, atingiu o período que, segundo Cunha et al., (2001), é o mais exigente quanto a necessidade da cultura, onde os valores podem chegar entre 7 a 8mm/dia. O período reprodutivo em questão é o florescimento (R1-R2), desenvolvimento da vagem (R3-R4) e formação do grão (R5-R6) da planta.

Em contrapartida, o mês de março registrou índices pluviométricos abaixo do padrão habitual médio histórico mensal. Tal falta pode ter sido benéfico para os rendimentos finais da soja, pois de acordo com o calendário agrícola médio da cultura proposto por Almeida (2005), corresponde ao período reprodutivo da maturação (R7-R8), ou seja, o início da colheita.

Por fim, o balanço hídrico, elaborado por Thornthwaite; Mather (1955) e aplicado para anos-safra de 2009/10 (figura 21), auxiliou na confirmação de que os excedentes pluviométricos, registrados nos meses de novembro (449,6mm) e janeiro de 2010 (334,5mm), durante determinados períodos do ciclo fenológico da soja com

maior exigência hídrica (R1-R6), foram determinantes para justificar os elevados rendimentos do grão neste ano-safra no município de Ibirubá. (SENTELHAS et al. 2003; GALVANI, 2004; MARIANO; SANTOS 2006).

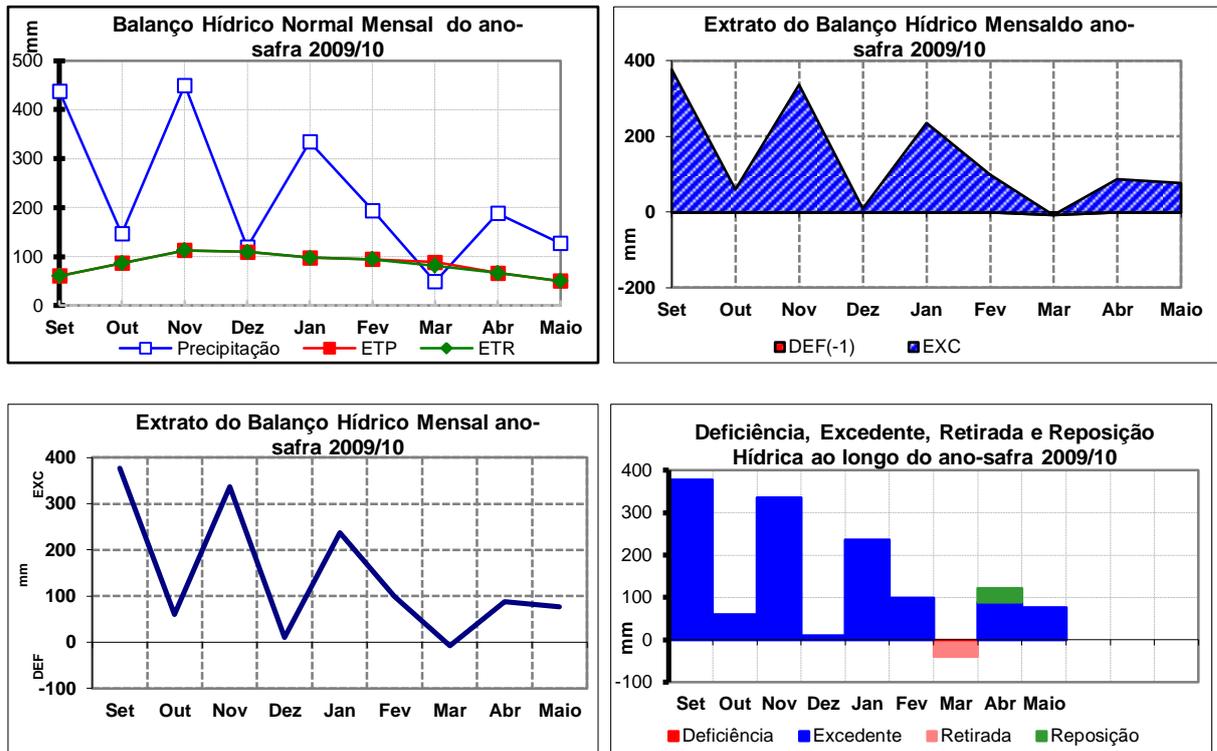


Figura 22: Balanco Hídrico do ano-safra 2009/10

Fonte: INMET – Estação Meteorológica do município de Ibirubá

Org.: SILVA, R.R. (2013)

Destaca-se ainda, que a soma da precipitação de novembro a março totalizou 1146,7mm, valor bem acima, segundo Farias; Nepomuceno; Neumaier (2007), da necessidade total (entre 450 a 800mm/ciclo) de água na cultura da soja, para obtenção de máximo rendimento como mostra a figura 21.

4. CONCLUSÃO

A classificação climática mais utilizada, e ainda hoje a mais empregada, é a de Köppen (1948), que se baseia na temperatura e precipitação, sendo a área de estudo, o município de Ibirubá, insere-se no tipo *Cfa*: C- clima temperado chuvoso e quente, *f*- nenhuma estação seca; *a*- verão quente, mês mais quente com temperatura média maior do que 22°C e mês mais frio com temperatura média superior a 3°C. Tais características climáticas auxiliam no cultivo de soja durante os meses mais quentes (entre novembro e março), pois as temperaturas chegam próximas dos valores considerados ideais, ou seja, entre 20°C e 30°C assim como as precipitações ficam entre 1800mm a 2000mm de chuva anuais.

Diante disso, ao avaliar a distribuição anual e a relação da precipitação com as fases do ciclo fenológico da soja durante os anos-safra do cultivo, notou-se que a variabilidade de precipitação pluviométrica durante o ano-safra foi determinante nos diferentes rendimentos do grão. A distribuição anual de precipitação durante os 30 anos-safra analisados confirmou a hipótese inicial de relação entre produtividade e precipitação pluviométrica.

De acordo com o anexo C, foram registrados 3 anos-safra com precipitação abaixo do habitual (quadro 3). Os anos-safra de 1985/86 e 2011/12 tiveram rendimentos baixos (menor que 1468,9kg/ha). A precipitação de 47,6mm abaixo da normal (69,8mm) no mês de janeiro, do ano-safra de 1985/86, que corresponde a fase reprodutiva (R1-R6) foi determinante para a queda nos rendimentos.

Já o ano-safra de 2011/12 registrou para o mês de novembro 56,7mm e 42,8mm em dezembro, ambas abaixo ou bem próximas das normais, (respectivamente de 37,7mm e 51,3mm) também foi determinante para a queda nos rendimentos pois correspondem a períodos críticos do ciclo vegetativo de emergência (VE e Vn) e tal deficiência hídrica não foi resposta nos meses seguintes conforme mostra ao Balanço Hídrico Climatológico do período (figura 13). O ano safra de 1996/97 apresentou precipitação abaixo do habitual somente no mês de março que corresponde ao período de maturação (R7-R8).

Verificou-se através do balanço hídrico climatológico (figura 13) que os meses de dezembro e janeiro apresentaram deficiência hídrica. A reposição hídrica do mês de fevereiro pode ter sido suficiente para auxiliar na obtenção de rendimentos médios.

Por fim, observa-se que os anos-safra de 1985/86 e 2011/12 estão separados não só pelos mais de quinze anos, mas também por grandes diferenças de tecnologia e técnicas agrícolas aplicadas na soja ao longo das últimas décadas. Todavia, os dois anos-safra obtiveram valores de rendimento abaixo do padrão normal e, tal informação reforça que, não só os totais, mas principalmente a distribuição pluviométrica durante o ciclo fenológico do grão é determinante para a produtividade.

Em relação à precipitação habitual (normal), foram registrados 22 anos-safra (quadro 4) dos 30 anos-safra analisados, como mostra o anexo C, sendo que 5 com rendimento alto, 14 com rendimento médio e 3 com rendimento baixo. Os anos-safra mais representativos para uma análise mais criteriosa foram: ano-safra de 2004/05, ano-safra 2007/08 e ano-safra de 2010/11.

O ano-safra de 2004/05 obteve rendimento baixo (600kg/ha), conforme mostra o anexo C, (rendimento considerado mínimo que é de 1468,9kg/ha) apesar da média de 134,8mm, (padrão habitual de 122,2mm a 205,9mm) e os totais de 1213,5mm (padrão habitual de 1099,4mm a 1853,4mm) de precipitação do ano-safra estarem dentro do padrão habitual. O ano-safra de 2004/05 foi ano de El Niño moderado (figura 9) onde a precipitação de 19,3mm (valores médios de 41,8mm a 273,7mm) no mês de fevereiro foi determinante para a queda no rendimento, pois corresponde a fase de desenvolvimento da vagem e do grão (R4-R6). O Balanço Hídrico Climatológico (figura 15) confirma que a deficiência hídrica no mês de fevereiro foi determinante para a queda nos rendimentos finais do grão.

Já o ano-safra de 2007/08 obteve rendimentos de 2900kg/ha, valor considerado alto (padrão habitual de 1468,9kg/ha a 2680,4kg/ha), conforme mostra o anexo C. A precipitação pluviométrica abaixo de 53,6mm (padrão 56,8mm) registrada no mês de março caracterizou-se retirada hídrica e não deficiência (figura 17) e, até mesmo, pode ter auxiliado na produtividade pois corresponde ao período

da colheita onde o grão precisa de menor umidade assim como o solo para facilitar a entrada das máquinas. O Balanço Hídrico Climatológico também auxilia, pois confirma o registro excedente hídrico durante o ciclo fenológico da soja, fato este, que combinado a evolução tecnológica aplicado ao grão determinou os altos rendimentos deste ano safra de 2007/08. O excedente pluviométrico esteve relacionado ao registro de La Niña forte conforme mostra a figura 9.

O ano-safra de 2010/11 caracterizou-se por precipitação do padrão habitual e rendimentos médios. O excedente hídrico dos meses de fevereiro e março, conforme o anexo C mostra que pode ter existido uma queda nos rendimentos, limitando assim a produtividade dentro do padrão habitual.

Por fim, foram registrados 5 episódios de precipitação acima da habitual com altos rendimentos no ano-safra de 2009/10 e médios rendimentos nos anos-safra de 1982/83, 1986/87, 1993/94 e 1997/98. Não foram registrados baixos rendimentos durante os episódios de precipitação acima da habitual como mostra o anexo C.

O ano-safra de 2009/10 apresentou 2880kg/ha de rendimento, valor este considerado acima do padrão médio de rendimentos de 2680,4kg/ha conforme o anexo C. A precipitação acima do padrão habitual pode se explicada, em parte, pelo registro de El Niño fraco (figura 9). Conforme o Balanço Hídrico Climatológico, figura 22, os excedentes hídricos que poderiam ter influenciado no ciclo fenológico da soja, foram registrados nos meses de novembro, 449,6mm, e janeiro, 334,5mm, (quadro 7). Estes valores estão acima do padrão médio habitual para os respectivos meses de novembro 302,2mm e janeiro 265,1mm.

Os excedentes hídricos foram importantes para o alto rendimento porque ocorreram durante os ciclos fenológicos da soja de maior exigência hídrica, ou seja, novembro corresponde ao período de emergência (VE-Vn) e o mês de janeiro ao florescimento, crescimento da vagem e surgimento do grão (R1-R6). Combinado com estes fatores, a retirada hídrica do mês de março auxiliou na maturação e colheita do grão ao reduzir a umidade do mesmo, reduzindo o ataque de fungos, bem como na maior facilidade da presença da mecanização na colheita.

O ano-safra de 1997/98 apresentou médios rendimentos (2400kg/ha), conforme anexo C e quadro 7, e registro de El Niño forte (figura 9) o que,

possivelmente, auxilia na justificativa da precipitação acima da habitual. Os meses de outubro, com 595,7mm; novembro com 477,4mm; fevereiro 507,5mm foram os que registraram precipitação acima do padrão habitual que, respectivamente, eram de 337,8mm, 302,2mm e 273,7mm (anexo C). Através da análise do Balanço Hídrico Climatológico ficou evidente que o excedente hídrico (figura 20) foi registrado durante todo o ciclo fenológico da soja e que, em especial, o mês de fevereiro com 507,5mm pode ter limitado os rendimentos para valores médios. Tal afirmação é possível porque o ano-safra de 2009/10 também foi de precipitação acima da habitual, porém com altos rendimentos, todavia os excedentes hídricos foram registrados no mês de novembro e janeiro.

Diante da análise dos dados e dos resultados, conclui-se que os anos de El Niño potencializam os altos rendimentos da soja, assim como os anos de La Niña potencializam os baixos rendimentos do grão. Destaca-se ainda que o fator que mais influencia os rendimentos é a distribuição da precipitação durante o ciclo fenológico da soja. A precipitação interfere nos rendimentos durante as fases de emergência (VE-Vn) que corresponde ao último decênio de novembro e aos dois primeiros decênios de dezembro, segundo o calendário médio agrícola para a cultura da soja no Rio Grande do Sul, e a fase reprodutiva (R1-R6) a qual corresponde aos meses de janeiro e fevereiro. A precipitação abaixo e dentro dos padrões médios (normal) no mês de março mostrou-se benéfica porque auxilia na secagem do grão e na entrada das máquinas para a colheita.

Dessa forma, os totais de precipitação pluviométricas influenciam nos rendimentos da soja, mas verificou-se que a distribuição hídrica durante o ciclo fenológico, em destaque os momentos com maior exigência hídrica, fase vegetativa de emergência (VE-Vn) e reprodutiva de enchimento do grão, tornaram-se fundamentais para os rendimentos finais. Mesmo com a introdução de novas tecnologias nos cultivares, como a soja de crescimento indeterminado, a variabilidade da precipitação pluviométrica ainda é influente na produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, I. R. de. **Variabilidade pluviométrica interanual e produção de soja no Estado do Paraná.** 2000. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2000.
- _____. **Clima como um dos fatores de expansão da cultura da soja no RS, PR e MT** 2005. 200f. Tese. (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2000.
- ARAÚJO, L.C.de. **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro: Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1930.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** São Paulo: Difel, 2007.
- BARNI, N.A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptadas aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.2, p.189-203, 2000.
- BARRIOS, N.A.Z. SANT'ANNA NETO, J.L. Variabilidade pluviométrica e atividades agrícolas na região de Presidente Prudente-SP. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5., 1993, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: 1993.
- BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas IN: BERGAMASCHI, H. (Coord). **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** 2º ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 25-32.
- BERLATO, M. A. As condições de precipitação anual e estacional no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. IN: BERGAMASCHI, H. (Coord). **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 11-23.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.
- BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. **Variabilidade Climática e Agricultura do Rio Grande do Sul.** In: **FEDERACITE** "As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevisibilidade"? Esteio/ RS-EXPOINTER, cap. 13, 2005
- BISOTTO, V.; FARIAS, A.D. Algumas considerações sobre a cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. 29, 2001. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2001/2002.** Porto Alegre: FEPAGRO, 2001. p.7-17.
- BONATO, E.R.; BONATO, A.L.V. **A soja no Brasil: história e estatística.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 61p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 21).
- CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção.** Piracicaba: ESALQ/LPV. p.450. 1998.

_____. Ecofisiologia da cultura da soja. In: **SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA**. Piracicaba. 1991. Anais. Piracicaba. 1992- p. 29-142.

CAMARGO, A.P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1971. 28p. (Boletim Técnico, 116).

CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; PEDRO JR., M.J.; et al. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: **São Paulo, Secretaria da Agricultura. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo, v.1, p.109-149, 1974.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**, Campinas, v.52, p.169-172, 1993.

CAMARGO, A.P; PEREIRA, A.R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Fundação Cargill, 1990. 27p.

CEEE-GT; COMPANHIA ESTADUAL DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório salto da UHE-bugres**. Porto Alegre: Profill. 2009.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2002.

CONTI, J.B.; FURLAN. S.A. "**Geoecologia. O clima, os solos e a biota**". ROSS, J. (Org). Geografia do Brasil. São Paulo: Edusp, 2005. p.47-59.

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A. et al. **Cartas de perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 52p. (Boletim de pesquisa, 1).

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A. et al. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.111-119, 1998.

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

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. **Tese** (Programa de Pós-graduação em Geografia Física). Universidade Federal de São Paulo Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2010.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de H. R. GHEYI, et. al. Campina Grande: UFPB, 1979. 306p.

_____. Efeito da água no rendimento das culturas. **Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33**. Tradução Gheyi, H.R. et al., UFPB, Campina Grande. FAO. 1994. 306p.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja-região central do Brasil – 2007**. Londrina: Embrapa Soja; Brasília: Embrapa Cerrados; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225p.

FARIAS, J.R.B. NEPOMUCENO, A.E. NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10p (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48)

FERIGOLO, E. F.; VALMERATE, M.M.S.; SARTORI, M.G.B. As chuvas no Rio Grande do Sul e a explicação genética dos episódios de secas e enchentes no período de junho de 1979 a maio de 1985. **Geografia - Ensino e Pesquisa**. Santa Maria, n. 1, dez. 1987. p.39-68.

FEHR, W. R. e CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, Cooperative Extension Service, 1977. 11p. (Special Report.80).

FONTANA, Denise C.; DUCATI, Jorge.; WEBER, Eliseu.; BERLATO, Moacir A.; BERGAMASCHI, Homero; FIGUEIREDO, Divino C. **Monitoramento e previsão da safra de soja 1999/2000 no Brasil**. Porto Alegre: CEPARM/UFRGS, 2001. 121 f. (Série D. Relatório Técnico, 005/01).

FRANCO, I. O.; ASSUNÇÃO, H F. da Relação da produtividade de grãos com a capacidade hídrica dos solos goianos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9. 2010, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: UFCE, 2010. 1 CD-ROM.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, v.5, 1977.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Ibirubá - RS: informações estatísticas**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em 16 maio. 2012.

GERARDI, L. H. & SILVA, B. C. N. 1981. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL. 161 p.

GUADARRAMA, J. A. P. **Ritmo pluvial e produção de arroz no Estado de São Paulo no ano agrícola de 1967-1968**. São Paulo: Instituto da Geografia da USP, 1971. (Série Climatologia, 2).

GALVANI, E. Considerações acerca dos estudos bioclimáticos. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. **Geografias de São Paulo: A Metrópole do Século XXI**. 2004. p. 221-229.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Ibirubá - RS: informações estatísticas**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em 16 out.2012.

JENSEN, N.E. Water consumption by agriculture plants. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed) **Water deficits and plant growth**. New York, Academic Press, 1968. V.2, p.1-22.

KOPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948

KUINCHTNER, A. **A pluviometria no município de Passo Fundo e a Produção de soja**. 2005.66F. Monografia (Especialização em Geociências)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. São Paulo: EMBRAPA, 2001.

MARIANO, Z. de F. Precipitações pluviais e a cultura da soja em Goiás. **Revista Mercator**, Fortaleza, CE, v.9, n. especial 1. 2010. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/455/295>>. Acesso em 02 de maio 2012.

MARIANO, Z. de F., SANTOS, M. J. Z. dos. A importância das Chuvas para a produtividade da Soja na Microrregião do Sudoeste de Goiás (GO). IN: GERARDI, L. H. de O. , CARVALHO, P. F. de. (Org.) **Geografia: ações e reflexões**. Rio Claro: AGETEO, 2006, p. 383-398.

MENDONÇA, F.A. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teóricos-metodológicos e estudo de caso. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J.A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas-implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: ed.daUEM, 2000. p. 167-192.

MENDONÇA, F.A. (org). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: ed. Da UFPR, 2004.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (org). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

_____. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**. Florianópolis, Ano I, n.1, maio, 1999.

_____. Teoria e clima urbano. 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

_____. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico em forma de atlas. São Paulo: USP/IGEOG, 1973.

_____. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**. São Paulo, n.1, 1971.

_____. O Clima da Região Sul.In: **Geografia Regional do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, v.4, p. 117-169, 1963a.

MORENO, J.A. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: NOBEL 1983.

_____. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura/Seção de Geografia, 1961.

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

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: NOBEL, 1983.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil-Região Sul**. Rio de Janeiro: ed. IBGE, vol.5,1977.

NUNES, A.M.P; et al; Comportamento da precipitação no Rio Grande do Sul durante evento intenso de El Niño e La Niña. UFPEL 2012 Disponível em:<<http://cppmet.ufpel.edu.br/docs/nunes2012b.pdf> acesso em 31 maio 2013

OLIVEIRA, A.S. de. Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas. 2011. 162 f. **Tese** (Programa de Pós-graduação em Física Ambiental). Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: CERES, 1981.

ORTOLANI, A.A.; PINTO H.S.; PEREIRA, A.R.; ALFONSI, R.R. **Parâmetros climáticos e a cafeicultura**. Instituto Brasileiro do Café, 1970. 27p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C.. **Agrometeorologia: fundamentos a aplicações**. Guaíba: AGROPECUARIA, 2002.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p

PEREIRA, L. A. G. et al. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.1, n.3, p.77-89, 1979.

PINTO, P.H.P.; abordagem preliminar sobre a distribuição espacial das chuvas no estado do Tocantins: anos Padrão do período de 1975-2005. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.876 – 886 , 2012

PINTO, J.E.S.S.; NETTO, A.O.A. **Clima Geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. São Cristovão: Ed.UFS, 2008.

POTAFOS – **Associação Brasileira Para Pesquisa Da Potassa E Do Fosfato**. Como a planta de soja se desenvolve. Arquivo do Agrônomo – Nº 11. 1997. 21p. Traduzido do original: How a soybean Plant Develops. Special Report nº 53. Iowa. June, 1997.

RIBEIRO, A. G. A. **As escalas do clima**. Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro, n.23, 1993. pg. 288 – 294.

_____ Climatologia Geográfica e a Organização do Espaço Agrário. In: **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro: v.23, n. 45-46, p. 34-38, 1993.

ROLIM, G.S. et al. **Planilhas no ambiente excel TM para cálculos de balanços hídricos**: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002. (Versão 6.3).

ROLIM, G.S. et al. **Planilhas no ambiente excel TM para cálculos de balanços hídricos**: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1999. (Versão 6.0)

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.

ROSA J. L. **Relação entre pluviometria e o cultivo de uvas viníferas em Bento Gonçalves, principal área produtora da serra gaúcha**: 2006. 84 f. Trabalho de Graduação B (Graduação em Geografia-bacharelado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e a organização do espaço. **Boletim de Geografia, Maringá**, v. 16, n. 1, p. 119- 131, 1998.

_____. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. **Terra Livre**. São Paulo: AGB, ano 19, v.1, n.20, p.51-64, jan/jul.2003.

SANTOS, J. W. M. C. Ritmo Climático e Sustentabilidade Socioambiental da Agricultura Comercial da Soja no Sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia**, Pelotas, v. 17, [s./n.], p. 61-82. 2005.

SANTOS, M. J. Z. dos. Tendências das chuvas no nordeste paulista e problemas ligados com pesquisas em climatologia agrícola. In: **Boletim de Geografia Teorética**, v.23,p.39-45,1993.

_____. Caracterização climática e variação das disponibilidades de água nos núcleos canavieiros paulistas. Rio Claro-SP. **Revista de Geografia**, n.4,p.1-21,1985.

_____. **A importância da Variação do Regime Pluviométrico para a Produção canvieira na região de Piracocaba (SP)**. 1979.69F. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SANTOS, E. R. dos; RIBEIRO, A G. Clima e agricultura no município de Caramandel-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5. 2002, Curitiba, **Anais...** Curitiba: UFPR, 2002.

SARTORI, M.G.B. A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Terra Livre**. São Paulo, ano 19, v.1, n.20, p.27-49. jan/jul.2003.

_____. **Clima e percepção**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

_____. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período de 1912-1984. In: V SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP, 1993. p.275 -280.

_____.As variações pluviométricas e o regime das chuvas na Região Central do Rio Grande do Sul. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n.23, vol. 45-46, 1993. p.70-84.

_____.A Circulação atmosférica regional e os principais tipos de tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, n15, p.69-93, 1993.

_____.**O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano**. 1979. 166fl. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SENTELHAS, P.C; et al **BHBrasil - Balanços Hídricos Climatológicos de 500 localidades brasileiras**. ESALQ/USP 2003

SERAFINI Jr, S., GALVANI, E. LIMA, N.G.B., ALVES, R.R. Adequação da escala Climatológica para planos de manejo: O Parque Estadual de Intervales como estudo *de caso*. IN: **SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 5, SEMINÁRIO IBEROAMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA**, 2008, CR ROM... Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SILVEIRA, R.D. **Variação sazonal da sucessão dos tipos de tempo em Santa Maria e repercussões no espaço geográfico do RS**: análise de janeiro e julho de 2004. 2004. 99 f. Trabalho de Graduação A (Graduação em Geografia-Licenciatura). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SORRE, M. Adaptação ao meio climático e biossocial: geografia psicológica. (1951). In: MEGALE, J. F. (org.) **Max Sorre: geografia**. São Paulo: Ática, 1984 (Série Grandes Cientistas Sociais).

SILVA, A. A. F.; SOUZA, L. B. Análise da pluviosidade da primavera-verão 2005/2006 e influência na produtividade de soja no Tocantins. In: **revista GeoNorte** Edição Especial 2, V.2, N.5, p.898 – 909 , 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado. **Correção do solo e adubação**. 2º ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416 p.

TAVARES, A. C. **Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica**. Revista Geografia. Rio Claro. v. 1, n. 1, p. 79- 87,Abr., 1976.

TECNOLOGIAS de produção de soja – Paraná 2005. Londrina: **Embrapa Soja**: 2004. 224p.

TETILA, J. L. C.. **Ritmo pluviométrico e o cultivo da soja: uma análise geográfica aplicada ao sul do Mato Grosso do Sul**. 1983. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, N.J.: **Drexel Institute of Technology** - Laboratory of Climatology (Publications in Climatology, v. 8, n. 1). 104p. 1955.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, UFV, 1991, 449p

ZAVATTINI, J.A. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**. São Paulo: AGB, ano 19, v.1, n.20, p.65-100, jan/jul.2003.

ZAVATINI, J.A. A climatologia geográfica brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático. **Geografia**. Rio Claro, v. 23, n. 3, p.5-24, dez. 1998.

_____ O tempo e o espaço nos estudos do ritmo do clima no Brasil. **Geografia**. Rio Claro, v. 27,n. 3, p. 101-131, dez.2002.

WOLLMANN, C. A. Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (rosaceae spp.) no Rio Grande do Sul 2011. 119 f. **Tese** (Programa de Pós-graduação em Geografia Física). Universidade Federal de São Paulo Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2011.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. A percepção e cognição climática dos agricultores e pesquisadores como subsídio ao cultivo de roseiras no rio grande do sul. In: **Revista Ciência e Natura** - Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Santa Maria, v. 35 n. 1 jul. 2013, p. 071-085.

ANEXOS

Anexo A: planilha dos dados mensais 1982-2012 de precipitação (em mm) no município de Ibirubá - RS

Meses	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago	set.	out.	nov.	dez.	Precipitação (mm)	
													Média	Total
Anos														
1982	88,7	319,8	125,3	342,2	276,7	72,3	75,8	133,9	167,2	239,5	466,2	151,7	204,9	2459,3
1983	297,8	179,3	78,4	193,0	297,6	132,3	402,6	178,8	125,2	217,5	116,4	107,4	193,9	2326,3
1984	46,5	188,5	179,8	197,2	182,9	152,8	240,9	224,2	192,7	177,8	71,1	98,6	162,8	1953,0
1985	47,6	103,0	151,9	224,9	205,1	64,2	197,8	270,8	176,0	35,7	7,3	127,0	134,3	1611,3
1986	164,3	145,0	74,1	455,6	227,9	139,6	48,8	86,6	106,6	169,2	384,3	142,0	178,7	2144,0
1987	282,2	37,8	98,4	140,8	63,5	108,9	269,9	104,6	178,4	93,3	117,7	86,7	131,9	1582,2
1988	326,4	60,8	79,8	121,2	24,3	127,4	38,1	13,2	389,6	201,1	161,1	114,2	138,1	1657,2
1989	171,2	118,9	245,2	249,8	260,7	86,5	184,4	213,2	381,0	166,5	100,7	89,6	189,0	2267,7
1990	101,2	28,1	23,5	113,9	12,4	170,5	94,1	28,7	304,3	282,8	177,8	155,5	124,4	1492,8
1991	93,2	264,9	145,2	109,6	366,1	307,8	106,7	44,7	67,4	67,8	46,5	276,7	158,1	1896,6
1992	226,8	60,4	147,3	151,1	211,2	110,4	155,9	116,9	154,9	146,7	139,1	93,2	142,8	1713,9
1993	75,8	295,8	102,7	270,0	159,6	144,6	154,5	20,3	95,8	93,5	351,1	408,1	181,0	2171,8
1994	291,9	152,8	126,2	39,8	25,8	144,3	241,5	61,9	123,5	289,8	129,7	149,7	148,1	1776,9
1995	323,0	163,0	165,9	181,0	47,1	145,5	119,7	45,9	161,3	231,1	12,9	43,3	136,6	1639,7
1996	73,7	116,1	35,8	87,0	99,8	125,2	99	216,2	84,4	186,7	166,1	79,7	114,1	1369,7
1997	136,6	507,5	104,4	216,0	66,0	168	71	161	82,3	595,7	477,4	164,4	229,2	2750,3
1998	65,1	130,6	132,5	235,4	128,5	119	259	261	81,1	143,6	42,0	153,8	146,0	1751,6
1999	133,3	70,4	214,7	120,4	87,2	141	255	33	188,0	193,5	92,2	66,4	132,9	1595,1
2000	390,8	158,0	85,0	150,7	137,1	257	134	117	170,1	368,4	107,6	138,7	184,5	2214,4
2001	193,9	103,9	243,6	276,2	191,8	137	146	97	257,3	277,1	126,4	72,2	176,9	2122,4
2002	182,4	143,4	112,5	119,2	48,6	242	263	256	231,8	462,9	227,1	299,2	215,7	2588,1
2003	129,3	81,8	23,2	141,8	186,7	132	236	6,5	83,7	206,9	199,3	394,7	151,8	1821,9
2004	118,3	19,3	93,9	213,5	204,8	155	65	85,5	158,0	140,2	181,3	84,2	126,6	1519,0
2005	123,1	43,4	116,8	95,0	48,3	290	79	255	156,8	381,0	81,2	126,0	149,6	1795,6
2006	96,1	166,4	131,2	101,8	175,6	209	158	91	127,5	179,1	285,3	57,6	148,2	1778,6
2007	192,2	112	53,6	146,8	104,6	63	187	142	403,1	218,5	132,7	141,5	158,1	1897,0
2008	113,2	157,2	86,5	14,6	151,2	248	86	226	109,1	353,4	92,8	132,3	147,5	1770,3
2009	334,5	194,3	48,7	188,3	127,2	67	196	351	438,1	146,9	449,6	119,6	221,8	2661,2
2010	73,8	473,4	288,1	213,1	101,2	106	242	22	271,1	103,4	98,8	131,1	166,9	1835,9
2011	97,1	249,4	379,4	168,7	80,5	174	299	216	54	160,3	56,7	42,8	164,8	1977,9
2012	129,6	136,5	131,4	57,7	34,2	51,5	179,6	71,2	238,1	255,5	54,9	309,4	137,5	1649,6
Média mensal	165,1	160,7	124,6	172,1	139,8	148,1	170,5	133,9	185,8	218,9	169,9	141,6	160,9	1938,1

Fonte: INMET - 2012

*dados não disponíveis

Org.: SILVA, R. R. (2013)

Anexo B: planilha de dados EMATER sobre produção de soja no município de Ibirubá - RS

ANO -SAFRA	ÁREA (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg/ha)
1982/83	47760,0	97430,0	2040,0
1983/84	48000,0	96000,0	2000,0
1984/85	45000,0	81000,0	1800,0
1985/86	45000,0	58500,0	1300,0
1986/87	44500,0	80100,0	1800,0
1987/88	41500,0	57270,0	1380,0
1988/89	35500,0	94075,0	2650,0
1989/90	36000,0	79200,0	2200,0
1990/91	40000,0	36000,0	900,0
1991/92	38000,0	91200,0	2400,0
1992/93	40800,0	85680,0	2100,0
1993/94	41500,0	78850,0	1900,0
1994/95	37000,0	77700,0	2100,0
1995/96	37000,0	66600,0	1800,0
1996/97	38500,0	64680,0	1680,0
1997/98	40000,0	96000,0	2400,0
1998/99	37000,0	64380,0	1740,0
1999/00	36500,0	67890,0	1860,0
2000/01	36250,0	97875,0	2700,0
2001/02	38700,0	83592,0	2160,0
2002/03	39750,0	131175,0	3300,0
2003/04	40000,0	72000,0	1800,0
2004/05	40.000,0	86.400,0	2.160,0
2005/06	38.000,0	79.800,0	2.100,0
2006/07	39.000,0	105.300,0	2.700,0
2007/08	39.000,0	113.100,0	2.900,0
2008/09	39.000,0	114.660,0	2.940,0
2009/10	41.500,0	104.580,0	2.520,0
2010/11	39.500,0	99.540,0	2.520,0
2011/12	39.500,0	54.510,0	1.380,0

Fonte: EMATER - 2012

Org.: SILVA, R. R.

Anexo C: Planilha de dados de precipitação e rendimento dos 30 últimos anos-safra do município de Ibirubá - RS

Dados de precipitação dos últimos 30 anos no município de Ibirubá										Precipitação		Rendimento médio (kg/ha)
Meses	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar	abr.	maio	Média	Total	
1982/83	238,2	239,5	466,2	151,7	88,7	319,8	125,3	342,2	276,7	249,8	2248,3	2040
1983/84	125,2	217,5	116,4	107,4	297,8	179,3	78,4	193,0	297,6	179,2	1612,6	2000
1984/85	192,7	177,8	71,1	98,6	46,5	188,5	179,8	197,2	182,9	148,3	1335,1	1800
1985/86	176,0	35,7	7,3	127,0	47,6	103,0	151,9	224,9	205,1	119,8	1078,5	1300
1986/87	106,6	169,2	384,3	142,0	164,3	145,0	74,1	455,6	227,9	207,7	1869,0	1800
1987/88	178,4	93,3	117,7	86,7	282,2	37,8	98,4	141,8	63,5	122,2	1099,8	1380
1988/89	389,6	201,1	161,1	114,2	326,4	60,8	79,8	121,2	24,3	164,3	1478,5	2650
1989/90	381,0	166,5	100,7	89,6	171,2	118,9	245,2	249,8	260,7	198,2	1783,6	2200
1990/91	304,3	282,8	177,8	155,5	101,2	28,1	23,5	113,9	12,4	133,3	1199,5	900
1991/92	67,4	67,8	46,5	276,7	93,2	264,9	145,2	109,6	366,1	159,7	1437,4	2.400
1992/93	154,9	146,7	139,1	93,2	226,8	60,4	147,3	151,1	211,2	147,9	1330,7	2.100
1993/94	95,8	93,5	351,1	408,1	76,8	295,8	102,7	270,1	159,6	205,9	1853,5	1.900
1994/95	123,5	289,8	129,7	149,7	291,9	152,8	126,2	39,8	25,8	147,7	1329,2	2.100
1995/96	161,3	231,1	12,9	43,3	323,0	163,0	165,9	181,0	47,1	147,6	1328,6	2.062
1996/97	84,4	186,7	166,1	79,7	73,7	116,1	35,8	87,0	99,8	103,3	929,3	1.680
1997/98	82,3	595,7	477,4	164,4	136,6	507,5	104,4	216,0	66,0	261,1	2350,3	2.400
1998/99	81,1	143,6	42,0	153,8	65,1	130,6	132,5	235,4	128,5	123,6	1112,6	1.740
1999/00	188,0	193,5	92,2	66,4	133,3	70,4	214,7	120,4	87,2	129,6	1166,1	1.860
2000/01	170,1	368,4	107,6	138,7	390,8	158,0	85,0	150,7	137,1	189,6	1706,4	2.700
2001/02	257,3	277,1	126,4	72,2	193,9	103,9	243,6	276,2	191,8	193,6	1742,4	2.160
2002/03	231,8	462,9	227,1	299,2	182,4	143,4	112,5	119,2	48,6	203,0	1827,1	3.300
2003/04	83,7	206,9	199,3	394,7	129,3	81,8	23,2	141,8	186,7	160,8	1447,4	1.800
2004/05	158,0	140,2	181,3	84,2	118,3	19,3	93,9	213,5	204,8	134,8	1213,5	600
2005/06	156,8	381,0	81,2	126,0	123,1	43,4	116,8	95,0	48,3	130,2	1171,6	2.220
2006/07	127,5	179,1	285,3	57,6	96,1	166,4	131,2	101,8	175,6	146,7	1320,6	2.700
2007/08	403,1	218,5	132,7	141,5	192,2	112	53,6	146,8	104,6	167,2	1505,0	2.900
2008/09	109,1	353,4	92,8	132,3	113,2	157,2	86,5	14,6	151,2	134,5	1210,3	2.940
2009/10	438,1	146,9	449,6	119,6	334,5	194,3	48,7	188,3	127,2	227,5	2047,2	2.880
2010/11	271,1	103,4	98,8	131,1	73,8	473,4	288,1	213,1	101,2	194,9	1754,0	2.520
2011/12	54	160,3	56,7	42,8	129,6	136,5	131,4	57,7	34,2	89,2	803,2	1.380
Média mensal	186,4	217,7	169,9	141,6	167,5	157,7	121,5	172,3	141,8	164,0	1476,4	2080
Mín. precip.	54	35,7	7,3	42,8	46,5	19,3	23,2	14,6	12,4	89,2	803,2	600
DESVIO PADRÃO	106,7	120,2	132,3	90,3	97,7	116,0	64,7	91,3	90,4	41,9	377,0	611,5
Máx. precip.	438,1	595,7	477,4	408,1	390,8	507,5	288,1	455,6	366,1	261,1	2350,3	3300
Classificação dos anos-padrões de precipitação em mm												classificação dos rendim.
muito chuvoso	293,1	337,8	302,2	231,9	265,1	273,7	186,2	263,6	232,2	205,9	1853,4	
total de dias	5	5	5	4	7	4	5	4	4	5	5	6
habitual	293,1 - 79,6	337,8 - 97,5	302,2 - 37,7	231,9 - 51,3	265,14 - 69,8	273,73 - 41,8	186,2 - 56,8	263,6 - 81,0	232,2 - 51,4	205,9 - 122,2	1853,4 - 1099,4	entre 1468,9kg/ha e 2680,4kg/ha
total de dias	23	21	23	24	20	23	20	23	19	22	22	19
menos chuvoso	79,6	97,5	37,7	51,3	69,8	41,8	56,8	81,0	51,4	122,2	1099,4	1468,9
total de dias	2	4	2	2	3	3	5	3	7	3	3	5

Fonte: EMATER e INMET - 2012

Org.: SILVA, R. R. (2013)