



MIRIAN SEI KOGUISHI

**PRECIPITAÇÃO MÍNIMA PARA A SEMEADURA DE SOJA E  
FEIJÃO DAS ÁGUAS EM LONDRINA, PARANÁ**

LONDRINA  
2007

---

MIRIAN SEI KOGUISHI

**PRECIPITAÇÃO MÍNIMA PARA A SEMEADURA DE SOJA E  
FEIJÃO DAS ÁGUAS EM LONDRINA, PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia, da  
Universidade Estadual de Londrina.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Maria de Arruda  
Ribeiro

Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique  
Caramori

LONDRINA  
2007

MIRIAN SEI KOGUISHI

**PRECIPITAÇÃO MÍNIMA PARA A SEMEADURA DE SOJA E FEIJÃO  
DAS ÁGUAS EM LONDRINA, PARANÁ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, da Universidade  
Estadual de Londrina.

Aprovada em: 12 /06/2007

COMISSÃO EXAMINADORA

Dr. Paulo Henrique Caramori	IAPAR
Dr. Leocádio Grodzki	IAPAR
Dr. Sergio Luiz Gonçalves	EMBRAPA
Dr. Sérgio José Alves	IAPAR
Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenaghi Prete	UEL

---

Prof. Dra. Ana Maria de Arruda Ribeiro  
Orientadora  
Universidade Estadual de Londrina

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu pai, Jurio Koguishi,  
Por mostrar que os caminhos da vida são  
cheios de espinhos, mas que é possível  
atravessá-los e alcançar a vitória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por sua sabedoria.

Agradeço a meus pais e irmãos pela paciência e por aceitarem as minhas escolhas nesta vida.

Agradeço ao Dr. Paulo Henrique Caramori, por ser meu co-orientador, pelo apoio, sabedoria e amizade e não só pela constante orientação neste trabalho, mas também por ser um exemplo de ser humano de muitas virtudes.

À Dra. Ana Maria de Arruda Ribeiro, pela orientação, apoio e amizade.

À Heverly Moraes, minha colega de trabalho e amiga, pelas incansáveis palavras de sabedoria, pelo apoio e auxílio acadêmico.

Aos meus colegas da área de Agrometeorologia do IAPAR, pelo conhecimento técnico e amizade.

Aos colegas da área de Biometria, Inês Fumiko U. Yada, José Carlos Gomes e Maria Elizabeth C. Vasconcelos pela paciência, dedicação e esforço em transmitir os conhecimentos estatísticos, contribuindo diretamente no desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria de agradecer também algumas pessoas que contribuíram para a conclusão deste estudo: Elcio Carvalhal Moreno, José Carlos Gomes e ao pessoal de campo do IAPAR, pois sem eles jamais teria concluído a parte experimental desta dissertação.

Ao IAPAR pelo apoio na condução dos experimentos de campo e por ceder os dados necessários à realização desta dissertação.

Aos professores e funcionários do Departamento de Agronomia da UEL, em especial à Weda pela orientação aos trâmites burocráticos referentes à pós-graduação e à Universidade pela oportunidade ao conhecimento.

*“A fé dissipa a dúvida e a hesitação,  
Liberta-nos do sofrimento e nos  
Conduz à terra da paz e da felicidade”*

Dalai Lama

KOGUISHI, Mirian Sei. **Precipitação mínima para a semeadura de soja e feijão das águas em Londrina, Paraná.** 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos avaliar a precipitação mínima necessária para viabilizar a emergência das culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em Londrina, e verificar o risco envolvido dentro das épocas de semeadura recomendadas oficialmente. Inicialmente analisou-se o comportamento das chuvas durante o ano, por meio da Distribuição Gama Incompleta, com dados coletados no período de 1961 a 2003. Estimou-se a precipitação provável em períodos de 10 dias para os níveis de 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95% de probabilidade. Foram considerados apenas os meses de agosto a dezembro como período estudado, quando se pratica a semeadura das culturas analisadas na região. O teste qui-quadrado foi utilizado para verificar o ajuste dos dados. Verificou-se que durante o mês de agosto não há condições favoráveis para o estabelecimento do feijão das águas. Para determinar a altura pluviométrica necessária para emergência realizou-se a semeadura em condições de campo, com a umidade do solo abaixo do ponto de murcha permanente e em seguida foram aplicadas lâminas de água de 10, 20 30 e 40 mm para o feijão das águas e 10, 20, 30, 40 e 50 mm para a soja, mantendo-se uma testemunha sem irrigação. Os resultados mostraram que para o sucesso das culturas é necessária uma altura pluviométrica de 30 mm para a soja e 40 mm para o feijão.

**Palavras-chave:** Emergência, Deficiência hídrica, Probabilidade, Distribuição Gama, Altura pluviométrica.

KOGUISHI, Mirian Sei. Minimum precipitation for sowing soybeans and beans in Londrina, Paraná state. 2007. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR.

### ABSTRACT

The present work had as objectives to evaluate the minimum precipitation for emergency of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] in Londrina, state of Paraná, Brazil, and to verify the risk involved within the officially recommended sowing period for these crops. Initially an analysis of the rainfall pattern during the year was carried out, through the Incomplete Gamma Distribution, with data collected from 1961 to 2003. The likely precipitation for ten-day periods was estimated at the probability levels of 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 and 95%. Only the months of August to December were analyzed, because this is the period when sowing of summer crops are practiced in the region. The qui-square test was used to verify the adjustment of the data to the gamma distribution. It was concluded that during the month of August the amount of precipitation is not favorable for the establishment of the beans crop. To determine the pluviometric height necessary to promote crop emergency, two experiments were carried in field conditions, which consisted of sowing and application of water tables of 10, 20, 30 and 40mm for beans and 10, 20, 30, 40 and 50mm for soybeans, with a test without irrigation in each case. The results showed that to obtain success in the establishment of these crops it is necessary to have a precipitation of 30mm for soybeans and 40mm for beans.

**Key-words:** Emergency, rainfall, water deficit, Probability, Gama Distribution.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 Caracterização climática de Londrina.....	4
2.2 Condições climáticas e agricultura .....	5
2.3 Fisiologia da germinação.....	7
2.4 Os solos. ....	10
2.5 O clima e a época de semeadura.....	13
2.6 Ajuste de precipitação com a Distribuição Gama.....	13
Referências.....	16
<b>3. Artigo A: Estimativa da precipitação pluvial decendial por meio da distribuição gama incompleta em Londrina, PR</b>	
3.1 Resumo e Abstract.....	21
3.2 Introdução.....	23
3.3 Material e Métodos .....	25
3.4 Resultados e Discussão .....	28
3.5 Conclusões.....	31
Referências Bibliográficas.....	32
<b>4. Artigo B: Precipitação mínima para o estabelecimento das culturas de feijão das águas e soja em Londrina, PR.</b>	
4.1 Resumo e Abstract.....	34
4.2 Introdução.....	35
4.3 Material e Métodos .....	37
4.4 Resultados e Discussão .....	38
4.5 Conclusões.....	45
Referências Bibliográficas.....	45
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

O clima é um dos principais fatores que caracterizam a região fisiográfica no norte do estado do Paraná. Por ser uma área de transição, com características diferentes do estado de São Paulo e também do sul do estado do Paraná, a região Norte, especificamente o município de Londrina, localizado na latitude de 23° 22'S e longitude de 51° 10'W, tem o clima do tipo Cfa, na faixa de transição climática entre os climas tropicais e subtropicais. Nesta região há grande variabilidade dos elementos do clima, com impactos severos na produtividade das culturas. O solo é classificado como Latossolo Roxo Distroférico, bem drenado e apresentando um relevo ondulado.

Nas regiões de transição para climas temperados, como é o caso de Londrina, a temperatura do solo é fator importante para o período de semeadura. Da mesma forma a disponibilidade hídrica também é fundamental para o sucesso no estabelecimento das culturas, atuando nos processos de intumescimento e germinação dos grãos.

O estabelecimento da população ideal de plantas é fundamental para garantir uma boa produtividade. A semeadura com umidade deficiente reduz o “stand” e com isso ocorrem quebras de rendimento, ocasionando prejuízos aos produtores.

Frustrações de safra por causa de deficiência hídrica são freqüentes quando se faz um histórico do desenvolvimento da soja no Brasil, com conseqüências na economia brasileira.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], originária da China, encontrou no Brasil condições ambientais que satisfizeram às suas exigências ecológicas, em princípio por meio de adaptações a zonas favoráveis ao cultivo e em seguida através do melhoramento genético.

Sua produção exige a disponibilidade de água principalmente durante dois períodos de desenvolvimento: - a germinação – emergência e floração e enchimento de grãos. A falta de água na germinação prejudica a uniformidade da população de plantas, pois as sementes são diretamente dependentes da umidade do solo, necessitando absorver no mínimo 50% do seu peso em água (Queiroz,

1975), para assegurar uma boa germinação. Em geral admite-se que a capacidade de armazenamento de água no solo seja equivalente a pelo menos 85% e de no mínimo 50% de CAD para garantir um bom estabelecimento da cultura.

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em todos os continentes, nos mais variados sistemas de cultivo e disso resulta produtividades de 500 kg/ha a 5000 kg/ha (Del Peloso, 2005). O Brasil é o maior produtor mundial, sendo seu cultivo disseminado para todo o território brasileiro, com predominância de cultivo de subsistência em pequenas propriedades. Nos últimos anos houve interesse crescente no cultivo do feijoeiro que, dependendo da região, é realizado em 3 épocas: cultivos das águas, da seca e de outono-inverno.

Neste trabalho as análises serão concentradas na cultura do feijão das águas, cuja época de semeadura abrange o período de agosto a dezembro no Paraná. Neste caso, frustrações de safras geralmente são decorrentes da deficiência hídrica, com obtenção de baixos rendimentos. Uma forma direta de solução deste problema seria a irrigação, todavia esta prática exige análise criteriosa em função de seu alto custo. Outras opções como consorciação de culturas, variedades mais resistentes à seca e plantio direto podem contribuir para minimizar o problema.

Na região de estudo podem ocorrer períodos de veranicos, que são estiagens de curta duração durante as estações chuvosas. Estes veranicos, quando ocorrem durante os ciclos das culturas, podem ocasionar grandes prejuízos à produção agrícola.

As vantagens no uso de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão, aproveitando as áreas de trigo, bem como investimento em maquinário para o plantio e colheita, variedades e técnicas de cultivo, capitalização do produtor, mecanização total da cultura, mercado favorável, carência de óleos vegetais comestíveis, participação de cooperativas e geração de novas tecnologias são os novos focos de desenvolvimento, a fim de incrementar cada vez mais a produção e minimizar os custos.

A adoção de medidas e práticas de manejo pode viabilizar e minimizar os efeitos provocados pelas anomalias climáticas. O plantio em épocas adequadas é uma das principais formas de manejo da cultura, com o objetivo de harmonizar as exigências bioclimáticas com as disponibilidades climáticas de cada região, visando o rendimento máximo da cultura.

A hipótese básica deste trabalho é de que, considerando-se o solo com umidade abaixo do ponto de murcha permanente, existe uma precipitação mínima para viabilizar o intumescimento da semente, emergência da plântula e o estabelecimento das culturas de soja e feijão.

Uma vez definido o total de precipitação necessário para garantir a emergência, o conhecimento da distribuição da precipitação possibilitará verificar se há condições de atender a demanda de cada uma das culturas na época de semeadura recomendada.

Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar a precipitação mínima provável, durante o período de estabelecimento das culturas da soja e feijão das águas e definir a precipitação necessária para o estabelecimento ideal das culturas. Com isto se pode estimar o risco envolvido e viabilizar o monitoramento para orientar produtores a tomarem decisões sobre práticas de manejo como condição ideal para semeadura, necessidades de investimentos em irrigação e melhoria do sistema de plantio direto.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE LONDRINA – PR

Os sistemas atmosféricos são formados basicamente por três elementos fundamentais do clima: a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica (Mendonça, 1996). No clima da região Norte do Paraná a característica principal constitui-se por ser uma área de contato entre as massas de ar tropical-atlântica e equatorial-continental (Grimm, 2000).

A participação desses sistemas atmosféricos é base para caracterizar uma área de transição, com características diferentes do estado de São Paulo, mais quente e, também, do sul do estado do Paraná, mais frio. A região Norte, especificamente o município de Londrina, localizada na latitudes de 23° 22'S e longitude de 51° 10'W, tem o clima do tipo Cfa, na faixa de transição climática entre os climas tropicais e subtropicais está exposta a grande variabilidade dos elementos do clima, com impactos severos na produtividade das culturas.

A temperatura média do mês mais quente é superior a 24° C e a do mês mais frio é inferior a 15°C. As temperaturas máximas podem atingir 40°C, enquanto o período mais frio tem média de 18°C e abrange os meses de julho a agosto (Caviglione et al., 2000).

Londrina apresenta verão quente e inverno ameno. Os meses de dezembro e janeiro são os mais chuvosos, atingindo médias de 215 mm e agosto é o mês mais seco, com média de 55 mm. Os índices de umidade relativa do ar em torno de 73% no verão e 67% no inverno. A precipitação média anual está em torno de 1500 a 1600 mm (Caviglione et al., 2000). O regime pluvial apresenta uma quase regular distribuição pluvial anual, com tendência ao regime tropical na porção norte e nordeste do Estado, pois se concentra entre os meses de setembro a abril (Mendonça, 1995).

## 2.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E AGRICULTURA

Cerca de 80% da instabilidade produtiva agrícola se deve à variabilidade das condições meteorológicas durante a estação de cultivo. Estima-se que as condições do tempo são responsáveis direta ou indiretamente por 75% das perdas anuais das propriedades agrícolas (Baethgen, 2007).

Caramori e Faria (1987), obtiveram resultados que indicam que os totais de precipitação no estado do Paraná são suficientes para suprir as perdas por evapotranspiração, todavia, a distribuição das chuvas é perceptivelmente irregular ao longo do ano, sendo comum a ocorrência de curtos períodos secos (veranicos) que podem ocasionar severos danos à produção agrícola.

Segundo Caramori et al. (2001), apesar de um excedente hídrico no balanço anual no estado do Paraná, de modo geral, a maioria das regiões, especialmente o norte, noroeste e oeste possuem uma variação na distribuição espacial e temporal da precipitação, elevando os riscos de deficiência em determinadas localidades.

Um estudo avaliando o risco climático por déficit hídrico foi calculado por Caramori e Faria (1987) para Londrina e Ponta Grossa. O estudo apontou uma tendência dos meses agosto, setembro e outubro sofrerem maior frequência de déficits hídricos durante todo o ano. Tal fato coincide com o período favorável ao início da semeadura de grãos para a cultura de verão. Esta condição também é desfavorável para a cultura de feijão das águas, cuja época de semeadura (agosto e setembro) ocorre no período de maior déficit hídrico.

A baixa previsibilidade das variações climáticas confere à ocorrência de adversidades climáticas o principal fator de risco e de insucesso na cultura de grãos no Estado. De acordo com Farias et al. (2001), o relatório de securidade agrícola elaborado pelo Ministério da Agricultura, apontou em 1993 a ocorrência de seca como principal fator sinistrante (71% dos casos), seguida de chuva excessiva (22% dos casos), granizo e geada (7% dos casos).

Os prejuízos causados na produção de grãos no Brasil por extremos climáticos, principalmente secas, foram consideráveis nas décadas de 70 e 80

(Baldo e Nery, 1999), e também retratados nos prejuízos provocados no início deste século, na estiagem que atingiu os estados do sul nos anos de 2004 a 2006.

De acordo com Lourenço (2006), nos últimos anos duas secas consecutivas (2004 e 2005) ocorridas no centro-sul do Brasil, afetaram drasticamente a quantidade colhida e a produtividade na lavoura de grãos, causando prejuízos a toda cadeia produtiva. No Paraná, estado responsável por aproximadamente um quarto da produção nacional de grãos, a estiagem provocou diminuição de 17,4% na safra.

No estado do Paraná, os meses de julho e agosto são considerados os mais secos. Bernardes et al. (1988), analisando a frequência da ocorrência de veranicos no Estado concluiu que períodos de 7 dias de veranicos ocorrem com menor frequência no litoral. Já a região Norte pode apresentar veranicos com duração média de até 20 a 30 dias.

Frustrações de safra, devido à deficiência hídrica, com obtenção de rendimentos baixos para a cultura de soja no Estado do Rio Grande do Sul, foram registradas nas safras de 1977/78, 1978/79, 1981/82, 1985/86, 1987/88, 1990/91, 1995/96 e 1996/97 (Cunha et al., 1998).

A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial. Se considerar os efeitos extremos, esta limitação é responsável por 60 a 70 % da variabilidade final da produção. Na agricultura de sequeiro é prioritária a associação das épocas de semeadura ao período mais adequado de disponibilidade de água às plantas, principalmente em regiões de baixa latitude (Santos e Cardoso, 1998).

Portanto, a variabilidade na distribuição de chuvas, durante o período de primavera-verão, é a principal limitação à expressão do potencial de rendimento da cultura de soja no Sul do Brasil (Cunha et al., 1998).

Para que se obtenha o máximo aproveitamento das disponibilidades climáticas, é necessário que a semeadura seja realizada em data que proporcione a coincidência dos períodos críticos com os de máxima disponibilidade hídrica (Queiroz et al., 1996).

Como a água é um dos fatores que mais influenciam no rendimento das culturas, o sucesso da produção agrícola depende prioritariamente do regime pluviométrico local. O conhecimento sobre duração, quantidade e distribuição das

chuvas, é fundamental para o planejamento das atividades agrícolas e para definição das datas mais apropriadas ao preparo do solo e plantio (Carvalho, 2000).

A previsão de ocorrência de veranicos é para uma dada região e aliada às conseqüentes perdas que este veranico pode acarretar, torna-se ferramenta importante para o desenvolvimento da agricultura com menor risco para o produtor (Carvalho, 2000).

O estudo da forma de ocorrência da distribuição pluviométrica é relevante no planejamento racional de várias atividades agrícolas, pois se conhecendo a lâmina mínima necessária na região, pode-se realizar um planejamento eficiente na otimização da água disponível, ou mesmo realizar um planejamento eficiente de irrigação suplementar, permitindo ao agricultor tomar decisões mais confiáveis (Morais et al., 2001; Raes et al., 2004).

Diante de incertos cenários climáticos, a ciência vem propondo que se implementem medidas adaptativas que minimizem ou anulem os impactos negativos do clima. No caso de sistemas agrícolas, podem ser citadas a adoção de melhor manejo e a observância das recomendações dos zoneamentos agroclimáticos (Machado e Marengo, 2006).

## **2.3 FISILOGIA DA GERMINAÇÃO**

“Germinação é o reinício do crescimento do embrião paralisado nas fases finais da maturação da semente” (Popinigis, 1977). O desenvolvimento reiniciará a partir de condições ambientais favoráveis, originando uma plântula normal.

Portanto, os processos fisiológicos de crescimento exigem atividades metabólicas aceleradas na fase inicial da germinação, pelo aumento do teor de umidade e aumento da atividade respiratória da semente. O embrião, então envolvido por uma cobertura protetora organizada por várias camadas de tecidos vivos e mortos, é constituído de reservas alimentares suficientes para atender a esse eventual aumento das atividades metabólicas.

Segundo Popinigis (1977), do ponto de vista fisiológico a germinação compreende 4 fases:

- a) Embebição de água
- b) Alongamento das células
- c) Divisão celular
- d) Diferenciação das células em tecidos

Sob o ângulo físico-químico a germinação compreende os seguintes estágios:

- a) reidratação
- b) Aumento da respiração
- c) Formação de enzimas
- d) Digestão enzimática das reservas
- e) Mobilização e transporte das reservas
- f) Assimilação metabólica
- g) Crescimento e diferenciação dos tecidos

E por fim, para que ocorra a germinação, as seguintes condições devem ser satisfeitas:

- a) Viabilidade das sementes
- b) Condições internas das sementes favoráveis à germinação
- c) Condições ambientais externas favoráveis (ar, água, temperatura, oxigênio, luz, etc.)
- d) Condições sanitárias (ausência de agentes patológicos)

Enquanto as sementes absorvem água, o seu potencial de água se eleva, diminuindo o gradiente existente com o do solo até o equilíbrio entre ambos. A água, além de ser necessária ao crescimento das células é elemento essencial para a manutenção da turgescência, uma vez que a hidratação é fator limitante dos processos metabólicos.

Segundo Shioga e Silva (1998), a redução progressiva do potencial hídrico gerou tendências na velocidade e na percentagem de germinação das sementes de feijão. Portanto, houve um decréscimo no teor mínimo de água das sementes, exigido para a emergência da raiz primária indicadora do início da germinação visível, situado no intervalo entre 48 e 50 %. O decréscimo do potencial

hídrico externo causa maiores prejuízos ao crescimento das plântulas do que ao processo de emissão de raízes primárias.

De acordo com Hunter e Erickson (1952) e Rosseto et al. (1997), em estudos com diversos tipos de solos, as sementes de soja germinam após terem alcançado determinados teores mínimos de água, independentemente do solo estudado. Além disso, as sementes de soja germinam em diferentes solos que apresentam tensão de até -0,66 MPa, sendo que a germinação é mais satisfatória à medida que diminui a tensão.

Nas sementes de feijão existe grande sensibilidade à falta de água logo após a sementeira. Valores abaixo de -0,35 MPa podem reduzir drasticamente a germinação e o alongamento das células, contudo em condições de deficiência hídrica de até -1,50 MPa houve germinação após passados 6 dias da sementeira (Machado Neto et al., 2006).

O processo de hidratação em condições de campo, sofre interferência de fluxos e água, tais como precipitação, evapotranspiração (incluindo a semente como superfície evaporante), escoamento superficial, percolação e ascensão de água do lençol freático.

No entanto, Rosseto et al. (1997) citando Heatherly e Russell (1979), relata que a velocidade de emergência da plântula de soja, em relação aos potenciais hídricos, varia com o tipo do solo, sendo que nos de textura argilosa ocorre melhor germinação quando a tensão de água é de -0,10 a -0,70 MPa e, nos solos de textura média, quando a água a ser retirada está retida por tensões de -0,40 e -0,60 MPa. Também, citando Sá (1987) observou diminuição da velocidade e da porcentagem de emergência de plântulas a partir do potencial hídrico de -0,20 MPa. (Rosseto, 1995).

De uma maneira geral estão diretamente envolvidos na disponibilidade e velocidade do fluxo de água para as sementes, o potencial mátrico do solo ou substrato, a textura do solo, o gradiente de potencial de água entre o solo e a semente, a condutividade hidráulica do solo, o tamanho da estrutura do tegumento das sementes e a temperatura (Peske e Delouche, 1985).

Assim, é recomendado que a soja não seja semeada em solos com baixo teor de umidade, pois durante a germinação necessita de uma provisão de água com tensão máxima de -0,66 Mpa, como já foi citado anteriormente (Hunter e Erickson, 1952).

Popinigis (1977) citou vários autores para explicar que há um conteúdo mínimo de umidade que a semente deve atingir para que tenha início a germinação. A soja germina ao atingir 50% de umidade e, em função das relações água-semente no solo, a velocidade de emergência decresce progressivamente com o decréscimo da umidade do solo (Nóbrega et al. 1998).

Rocha et al. (1984), em estudos sobre a relação entre absorção de água e a qualidade das sementes de soja, observaram que sementes de pior qualidade absorvem maior volume de água e apresentam menor índice de resistência ao enrugamento. Segundo Rosseto et al. (1997) resultados semelhantes foram obtidos por Vieira (1980) que, apoiou em dados de Abdul-Baki e Anderson (1972), atribuindo a diminuição do índice de resistência ao enrugamento das sementes de soja ao fato de que a permeabilidade do tegumento também aumenta com a deterioração.

Por conseqüência, o microambiente determinará as respostas a médio e longo prazo, muitas das quais serão sintomas visuais de estresse hídrico conseqüentes de alterações nas respostas fisiológicas da planta, que podem ser detectáveis com antecedência.

## **2.4 OS SOLOS**

As características físicas e biológicas do solo têm influência direta na quantidade de água no solo disponível às plantas. Assim, se houve qualquer restrição física, química ou biológica, em alguma camada do perfil do solo que altere o sistema radicular, a disponibilidade será afetada, porque essa água armazenada não pode ser extraída pelas plantas (Santos e Cardoso, 1998).

Por outro lado, na determinação tradicional somente as características físicas do solo são utilizadas na avaliação do armazenamento de água no solo, considerando-se que somente o potencial de água no solo influencia o desenvolvimento radicular e absorção de água, isto é, a quantidade de água armazenada no perfil do solo é conservadoramente a mesma, independente da cultura ou da existência de restrições ao desenvolvimento da planta (Santos e Carlesso, 2007).

Os Latossolos são normalmente argilosos, mas muitos deles possuem fortes micro agregados que lhes conferem um comportamento distinto. Nesse

sentido, a água retida dentro de micro agregados pode ser extraída do solo apenas com tensões muito elevadas, devido ao diminuto diâmetro dos poros, o que torna praticamente indisponível para as plantas. No entanto, trata-se de um teor de água sempre presente no solo, conferindo-lhe uma umidade permanente mesmo sendo reduzida. Essa umidade tem papel importante na condutividade hidráulica e térmica do solo.

A água disponível para as plantas é definida como aquela contida no solo entre a capacidade de campo (quando o excesso tenha drenado) e o ponto de murcha permanente (1,50 MPa) (Klein e Linbardi, 2000).

Segundo Popinigis (1977), nos estudos de Doneen e MacGilliwray (1943), houve redução na percentagem de emergência no solo para algumas espécies e não houve redução no percentual de emergência a teores de umidade do solo acima do ponto de murchamento permanente, porém a velocidade de emergência decresce à medida que o teor de umidade do solo diminui, estudando os efeitos da tensão de água no solo sobre a porcentagem de emergência de algodão, conclui que esta não foi afetada por tensões de 0,05 a 0,30 MPa. Porém o número de plântulas emergidas decresceu progressivamente à medida que as tensões aumentaram a partir de 0,40 MPa, até que não ocorreu nenhuma emergência a tensões superiores a 1,21 MPa. A velocidade de emergência decresceu progressivamente com o aumento da tensão de água a partir de 0,20 MPa.

Segundo Guimarães et al. (1996), a intensidade dos danos provocados pelo estresse depende da duração, intensidade, frequência e época de sua ocorrência. Em sementes, a deficiência hídrica provoca redução da germinação; no período vegetativo, ocorre, além de outros efeitos, a redução de área foliar; durante a floração provoca abscisão de flores, com conseqüente redução do número de vagens por planta e, no enchimento de grãos, reduz o número de grãos e peso de vagens (Oliveira et al., 2005).

Potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição das sementes, promovem redução drástica na absorção de água, podendo inviabilizar a seqüência de eventos do processo germinativo (Torres et al. 1999).

O estresse hídrico diminuirá a velocidade e porcentagem de germinação, pois para cada espécie existe um potencial hídrico abaixo do qual o processo não se desenvolverá. Segundo as observações realizadas por McGinnies, (1960) e citadas

por Torres et al. (1999), espécies que germinam sob abaixo do potencial hídrico, não são necessariamente aquelas que sobreviverão sob severas condições de estresse hídrico, pois o alongamento celular e o subsequente crescimento das plantas são governados de maneira independentes.

Da absorção da água, o processo de germinação resultará na reidratação dos tecidos, com a conseqüente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas que culminam com o fornecimento de energia e de nutrientes necessários a retomadas do crescimento por parte do eixo embrião (Torres et al, 1999).

O Potencial mátrico da água varia com a textura do solo. Quanto mais fina, mais água será retida no solo, devido ao maior conteúdo de colóides, maior espaço poroso e maior superfície de absorção. Quando o solo é saturado de água, o excesso é drenado pela força da gravidade. Após 2 a 3 dias, quando toda a água gravitacional foi drenada e o potencial de tensão estiver situado entre 0,01 a 0,05 MPa, o solo manterá a sua capacidade de campo, ou seja, o máximo de água que o solo puder reter. A partir desse ponto, com o passar do tempo, o potencial de água do solo diminuirá progressivamente, a uma velocidade variável com os fatores ambientais, tais como textura e temperatura do solo, umidade relativa e movimento do ar.

O suprimento de água para uma cultura resulta em interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, e à medida que o solo seca torna-se difícil absorver a água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo para as plantas. Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo no sistema solo-planta-atmosfera (Santos e Carlesso, 2007).

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade dependerá do genótipo da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta.

A quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas, varia de acordo com a textura e as características físicas do solo, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicos.

Portanto, é importante a ênfase na qualidade fisiológica da semente cuja caracterização se dá pela sua capacidade de germinação, seu vigor e longevidade.

Assim, quanto maior for o teor de reservas da semente maior será o seu vigor (Fiegenbaum et al., 1991).

## **2.5 O CLIMA E A ÉPOCA DE SEMEADURA**

A época de semeadura é fundamental para garantir o potencial produtivo das cultivares. No caso da cultura do feijão das águas na região de Londrina, a semeadura não pode ser retardada por longo período, devido à elevação das temperaturas nos meses subseqüentes que provocam o abortamento das flores, com redução drástica na produtividade (Gonçalves et al., 1997). Existe um risco razoável de deficiência hídrica na fase de estabelecimento da cultura que se dá nos meses de julho, agosto e setembro (Caramori et al., 2001). Assim, a disponibilidade hídrica na fase de semeadura e estabelecimento desta cultura deve ser cuidadosamente analisada, pois no período julho-agosto-setembro ocorrem menores precipitações.

A época de semeadura da soja é uma das práticas que podem alterar significativamente a produtividade dessa cultura, uma vez que a mesma é sensível ao fotoperíodo (Rezende et al., 2003). Geralmente, essa prática depende da presença de umidade no solo proveniente de precipitações pluviométricas, sendo que a maior parte das áreas cultivadas com soja no Brasil não possui auxílio de irrigação.

Aguardando o solo atingir o teor adequado de umidade, muitas vezes o agricultor atrasa a semeadura. Ou então realiza a semeadura em solo com baixo teor de umidade, ficando a germinação das sementes dependente de chuvas subseqüentes. No caso da cultura do feijão, que é semeada mais cedo do que a soja existe o risco maior da irregularidade no início da estação chuvosa, que precisa ser conhecido.

Nesta condição, um problema grave a ser enfrentado pelas sementes é a temperatura e o período de permanência das sementes no solo, o que poderia se agravar para sementes de soja, dado seu alto teor de óleo (Rezende et al., 2003).

## 2.6 AJUSTE DE PRECIPITAÇÃO COM A DISTRIBUIÇÃO GAMA

Os dados de chuvas podem ser analisados quanto a sua quantidade ou ocorrência pela obtenção do índice de freqüência observada nos registros históricos ou através da elaboração de um modelo teórico.

Um modelo teórico para descrever a variabilidade da chuva diária, ou em outros períodos, pode ser desenvolvido em duas etapas em que a primeira reproduz a condição de ocorrência e a segunda representa a quantidade de chuvas, geralmente expressa por uma função de distribuição cumulativa de probabilidade (Assis, 1991).

A distribuição gama foi usada, pela primeira vez, por Barger & Thom (1949), em Iowa (USA), como modelo probabilístico mais adequado para descrever a distribuição de totais pluviométricos, com o objetivo de calcular a estimativa da precipitação semanal esperada durante o ciclo vegetativo do milho.

Posteriormente vários trabalhos mostraram que a distribuição de freqüência da precipitação pluvial se ajusta à distribuição gama para os períodos mensais e decendiais (Oliveira et al., 2000; Morais et al., 2001).

O conhecimento da distribuição da precipitação para períodos mensais e decendiais pode fornecer subsídios para determinar períodos críticos predominantes numa determinada região, auxiliando na redução dos problemas causados pelas flutuações da chuva.

A precipitação pluviométrica é considerada como elemento regulador na agricultura. A pluviometria de uma localidade determina o tipo de atividade agrícola a ser desenvolvida. Assim, estimar as precipitações prováveis em períodos mensais ou menores pode fornecer ao agricultor, informações que o auxiliem na tomada de decisões para o sucesso da lavoura.

O conhecimento de como a precipitação ocorre durante meses ou anos, juntamente com os avanços tecnológicos como a mecanização, com uso de técnicas sofisticadas do plantio à colheita é de suma importância para a minimização dos gastos, eliminação de riscos de perdas e uma maior probabilidade no rendimento.

Dentre as preocupações com as precipitações está a freqüência e a intensidade de suas ocorrência, pois os efeitos são potencialmente danosos seja pelo excesso ou pela escassez. O conhecimento das probabilidades de ocorrência

de chuva torna-se de suma importância no planejamento agrícola, possibilitando o plantio em época adequada (Murta, 2005).

De acordo com Ribeiro e Lunardi (1997), citando Silva (1987), muitos modelos de distribuição de frequência têm sido usados para interpretação de dados de chuva, o que os torna uma ferramenta eficiente na descrição e análise da amostra de uma série climatológica.

Santos e Yada (2004), estudando as precipitações pluviométricas de Londrina, PR, no período de 1976 a 2002 para dados acumulados em quinzenas, fizeram uso da distribuição gama. Estimaram os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  constatando que para algumas quinzenas os valores de  $\alpha$ , o parâmetro da forma, excederam o valor de 100. Os autores acreditam que a série de dados de 27 anos é muito curta e que com um número maior de anos poderiam obter resultados melhores. Assim, existe um consenso que deve ser levado em conta o período de uma série de dados, cuja duração mínima deve ser de 30 a 40 anos.

Estudos de ajustes de função da distribuição de probabilidade, ou estimativas de probabilidade usando funções de distribuição de probabilidade teóricas em relação a um conjunto de elementos climáticos têm sido desenvolvidos, enfatizando os benefícios no planejamento de atividades que minimizem riscos climáticos (Murta, 2005). Segundo Silva (2007), muitos autores têm afirmado que o emprego da distribuição gama incompleta fornece subsídios mais confiáveis ao gerenciamento de recursos hídricos, quer na fase de execução, quer na de planejamento.

De acordo com Silva (2007), a função gama tem sido a mais comum no estudo da distribuição dos valores diferentes de zero de precipitação pluvial para vários autores (Saad, 1990; Assis, 1991; Castro, 1994; Ribeiro e Lunardi, 1997; Wilks, 1999 e Castellví et al., 2004).

Catalunha et al. (2002), testando as funções de distribuição de probabilidades exponencial, gama, log-normal, normal e Weibull, para descrever a distribuição dos dados de chuva no estado de Minas Gerais, verificaram predominância das funções Weibull, gama e exponencial. Quando foram considerados totais decendiais e totais mensais, a função mais significativa foi a exponencial e nas estimativas para dados diários decendiais e diários mensais a função Weibull apresentou melhor ajuste.

Oliveira et al. (2000) estimou a probabilidade decendial de chuvas e em

seguida verificou o ajuste dos dados ao modelo de distribuição Gama, expresso pela seguinte equação, para estimar as probabilidades de ocorrência de chuvas decendiais acima de 1, 10, 30, 40, 50, 100 e 150 mm:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

Para  $x, \alpha, \beta > 0$

Em que  $f(x)$  é a função de densidade de probabilidade de chuva “ $x$ ”;  $\alpha$  o parâmetro de forma;  $\beta$  o parâmetro de escala; e  $\Gamma(\alpha)$  a função gama avaliada para  $\alpha$ .

O objetivo desta dissertação foi verificar a precipitação mínima necessária para a emergência e estabelecimento das culturas de soja e feijão no município de Londrina, PR, por meio de experimentação em condições de campo. Com base no ajuste de distribuições estatísticas dos dados históricos de precipitação, verificou-se a probabilidade de sucesso no estabelecimento dessas culturas quando semeadas nas épocas recomendadas pelo zoneamento agrícola oficial. Este procedimento possibilitará estabelecer o nível de risco envolvido, fornecendo subsídios para a tomada de decisão de implantação sob chuva natural ou com o uso de irrigação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, F. N. Modelagem da ocorrência e da quantidade de chuva e de dias secos em Piracicaba – SP e Pelotas RS. **Tese**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo. Piracicaba. Nov. 1991.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações estatísticas à Climatologia. Teoria e prática**. Pelotas. Editora Universitária. 1996. 161 p.

BAETHGEN, W. E. **A mudança climática na tomada de decisão**. Projeto Uso de cenários de mudanças climáticas regionais em estudo de vulnerabilidades e adaptação no Brasil e América do Sul (GOF-UK-CPTEC). News Letter. Ano 1/2,

mar/2006, Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/mudancasclimaticas/gofukcptec.shtml>> Acesso em 08 abr. 2007.

BALDO, M. C.; NERY, J. T. Análise da estrutura e variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na região Sul do Brasil: Revisão bibliográfica. **Boletim de Geografia**, Maringá, n. 17, p. 115-124, 1999.

BERNARDES, L. R. M.; AGUIAR, A. P.; ABE, S. Freqüência de ocorrência de veranicos no estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 83-108, 1988.

CARAMORI, P. H.; FARIA, R. T. Freqüência de períodos de 10 dias consecutivos com deficiência hídrica (veranicos) para Londrina e Ponta Grossa. **Boletim técnico**, Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, n. 20, 24 p., dez. 1987.

CARAMORI, P. H.; GONÇALVES, S. L.; WREGGE, M. S.; CAVIGLIONE, J. H.; OLIVEIRA, D.; FARIA, R. T.; LOLLATO, M. A.; MARIOT, E. J.; KRANZ, W. M.; PARRA, M. S.; BIANCHINI, A. Zoneamento de riscos climáticos e definição de datas de semeadura para o feijão no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, n<sup>o</sup> especial: Zoneamento Agrícola, p. 477-485, 2001.

CARVALHO, D. F. de; FARIA, R. A. de; SOUSA, S. A. V.de; BORGES, H. Q. Espacialização do período de veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na Bacia do Rio Verde Grande, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 172-176, 2000.

CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; SOARES, B. G.; RIBEIRO, A. Aplicação de 5 funções de densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, p. 153-162, 2002.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. M.; CARAMORI, P. H. Cartas Climáticas do Paraná – edição 2000, versão 1.0, **Instituto Agrônômico do Paraná**, Londrina, 2000, (versão em CD-ROM).

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A.; PASINATO, A.. 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.

FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. Precipitação mínima para semeadura do trigo no Norte do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 119-126, 1996.

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

FIEGENBAUM, V.; SANTOS, D.S.B.; MELLO, V.D.C.; SANTOS FILHO, B.G.; TILLMANN, M.A.A.; SILVA, J.B. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de

feijoeiro submetidas a déficit hídrico durante floração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1885-1892, nov./dez, 1991.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* L.) à seca: Produtividade e componentes agronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481-488, jul., 1996.

GONÇALVES, S. L., WREGE, M. S., CARAMORI, P H, MARIOT, E. J., ABUCARUB NETO, M. Probabilidade de ocorrência de temperaturas Superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.99 - 107, 1997.

GRIMM, A. M. Influência das fases extremas da oscilação sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no sul do Brasil. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. CD-ROM, Rio de Janeiro, out. 2000.

HUNTER, J. R., ERICKSON, A. E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Stanford, v. 44, n. 3, p. 107-109, 1952.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e sua relação com a densidade do solo ao longo do perfil de um latossolo roxo. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 30, n. 6, nov./dec., 2000.

LOURENÇO, G. M. Determinantes da crise do agronegócio. **Análise Conjuntural**, v. 28, n. 1-2, p. 13-14, jan./fev., 2006. Disponível em [www.ipardes.gov.br/pdf/bol\\_ana\\_conjuntural/bol\\_28\\_1e.pdd](http://www.ipardes.gov.br/pdf/bol_ana_conjuntural/bol_28_1e.pdd), acesso em 08 abr. 2007

MACHADO, M.A.M.; MARENGO, J. **Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a agricultura**. Projeto Uso de cenários de mudanças climáticas regionais em estudo de vulnerabilidades e adaptação no Brasil e América do Sul ( GOF-UK-CPTEC) News Letter. Ano 1/2, mar/2006, Disponível em <<http://www.cptec.inpe.br/mudancasclimaticas/gofukcptec.shtml>> Acesso em 08 abr. 2007.

MACHADO NETO, N.B.; CUSTÓDIO, C.C.; COSTA, P.R.; DONÁ, F.L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n.1, p. 142-148, 2006.

MENDONÇA, F. A., O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina / PR, São Paulo, 1995, **Tese** (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de São Paulo.

MORAIS, A.R.; BOTELHO, V.A.V.; CARVALHO, L.G.; MUNIZ, J.A; LAGE, G. Estimativa de precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição Gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 305-310, 2001.

MURTA, R. M.; TEODORO, S. M.; BONOMO, P.; CHAVES, M. A. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidades pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p.988-994, set./out., 2005.

NÓBREGA, L. H. R.; RODRIGUES, T. J. D.; MALHEIROS, E. B. Deficiência hídrica na germinação de semente de soja. **Revista Brasileira de sementes**, Pelotas, v. 20, n. 1, p. 126-133, 1998.

OLIVEIRA, A. D.; COSTA, J. M. N.; LEITE, R. A.; SOARES, P. C.; SOARES, A. A. Probabilidade de chuvas e estimativas de épocas de semeadura para cultivares de arroz de sequeiro, em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 295-309, 2000.

OLIVEIRA, A.D.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v. 25, n. 1, p. 86-95, jan./abr., 2005.

PESKE, S.T.; DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 1, p. 69-85, jan. 1985.

POPINIGIS, Flávio. **Fisiologia da semente**. Brasília. Agiplan, 1977, 289 p.

QUEIROZ, E. F.; MOLION, L. C. B; MINOR, H. C.; NEUMAIER, N. Um modelo matemático de quantificação do efeito da disponibilidade hídrica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 10, p. 683-690, out., 1996.

RAES, D.; SITHOLE, A.; MAKARAU, A.; MILFORD, J.. Evaluation of first planting dates recommendaed by criteria currently used in Zimbabwe. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 125, p. 177-185, 2004.

REZENDE, P.M.; MACHADO, J.C.; GRIS, C.F.; GOMES, L.L.; BOTREL, E.P. Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 76-83, jan./fev., 2003.

RIBEIRO, A.M. de A.; LUNARDI, C. A precipitação mensal provável para Londrina, PR, através da função gama. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, p.37-44, 1997.

ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F., SEDIYAMA, C.S.; THIEBAUT, J.T.L. Embebição de água e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**. Pelotas, v. 6, n. 2, p. 51-66, 1984.

ROSSETO, C. A. V. Estudos sobre a absorção de água e o desempenho das sementes de soja. **Tese**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, out. 1995.

ROSSETO, C. A. V., NOVENBRE, I. c. da, MARCOS FILHO, J., SILVA, W. R. da, NAKAGAWA, J. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato, da qualidade

fisiológica e do teor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n 1 e 2, p. 97-105, 1997.

SANTOS, R. F.; CARDOSO, R.. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e procesos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p. 287-294, jan./fev., 2007.

SANTOS, J.R.V.; YADA, I.F.U. A análise de regressão na pesquisa agropecuária. In: **Seminário do PIBIC/CNPq**, n.11, Resumos... Londrina: IAPAR, p. 5, 2004.

SHIOGA, P.S.; SILVA, W.R. Controle da hidratação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas do feijoeiro. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 55, n. 1, jan./Abr., 1998.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, jan./fev., 2007.

TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS FILHO, J. Efeito do estresse hídrico na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**. Pelotas, v. 21, n. 2, p. 59-63, 1999.

### **3 ARTIGO A: ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DECENDIAL POR MEIO DA DISTRIBUIÇÃO GAMA INCOMPLETA EM LONDRINA, PR**

#### **3.1 – Resumo**

O objetivo deste trabalho foi estimar a precipitação pluviométrica esperada nos níveis de probabilidade de 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95%, com a finalidade de verificar a disponibilidade hídrica para o início da semeadura de feijão das águas e soja no município de Londrina, PR. Dados diários de chuva de 1961 a 2003 foram agrupados em períodos de 10 dias e ajustados à distribuição Gama Incompleta. Os parâmetros da distribuição foram estimados pelo método da máxima verossimilhança e a aderência foi verificada pelo teste qui-quadrado. Os dados decendiais se ajustaram adequadamente à distribuição. Verificou-se que no mês de agosto a precipitação provável não é suficiente para garantir o sucesso no estabelecimento do feijão das águas. Já para a cultura da soja a oferta hídrica é satisfatória para garantir o estabelecimento.

**Palavras-chave:** probabilidade, chuva, necessidades hídricas, semeadura, germinação, emergência.

## **Precipitation estimates for ten-day periods through the incomplete gamma distribution in Londrina, PR, Brazil**

### **Abstract**

The objective of this work was to estimate the pluviometric precipitation expected at the probability levels of 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 and 95%, aiming at verifying water available to sow beans and soybeans in the municipality of Londrina, state of Paraná, Brazil. Daily precipitation data from 1961 to 2003 were grouped in 10-day periods and adjusted to the Incomplete Gamma Distribution. The parameters of the distribution were estimated with the method of maximum likelihood and the adherence was verified with the Qui-Square test. Data for 10-day periods were properly adjusted to the gamma distribution. In the month of August the likely precipitation is not enough to guarantee the establishment of the beans crop. On the other hand, the amount of precipitation during the sowing period of soybeans is satisfactory to ensure crop establishment.

**Key words:** probability, rainfall, water needs, sowing, germination, emergency

### 3.2 INTRODUÇÃO

Na agricultura, tanto a escassez como o excesso de precipitação são responsáveis por uma porção significativa da alternância de rendimento agrícola, causando prejuízos constantes aos agricultores.

O conhecimento das características do regime de chuvas é de grande utilidade no planejamento de atividades agronômicas, pois por meio da variação do regime pluviométrico podem-se elaborar projetos voltados à irrigação, conservação de solos, construção de reservatórios de água e orientar a tomada de decisão sobre a melhor época de semeadura (Oliveira et al., 2000; Dourado Neto et al., 2005).

No planejamento da agricultura, no que se refere ao melhor aproveitamento do clima, é necessário conhecimento das condições médias, a quantificação da variabilidade, bem como a frequência de ocorrência de determinados níveis das variáveis climáticas de interesse agrícola com base em séries de dados históricos de longo período (Berlato et al., 1992; Araújo et al., 2001)

Segundo Castro Neto e Silveira (1983), Bernardo (1975) definiu a precipitação provável como aquela precipitação mínima que tem probabilidade específica de ocorrência, baseada numa análise de uma longa série de dados.

Três características principais da precipitação são frequentemente consideradas: altura, frequência e intensidade das chuvas, cujos valores variam no tempo e no espaço.

A precipitação é o parâmetro mais variável dos modelos de estimativa da exigência de água, sendo fundamental o estudo da distribuição de frequência de seus valores num determinado intervalo de tempo (Marques Jr. et al., 1994). A determinação pluvial de um determinado local pode ser estimada dentre outras formas, em termos probabilísticos, mediante modelos teóricos de distribuição ajustados a uma série de dados. Os modelos gerados, após a comprovação de aderência dos dados a uma distribuição teórica, podem fornecer informações úteis para o planejamento de muitas atividades (Murta et al., 2005).

A maneira de caracterizar a variabilidade da precipitação pluvial é analisar a distribuição dessa variável. Portanto, é necessária uma análise de

distribuição e testes estatísticos para determinar qual função de distribuição de probabilidades é mais adequada para caracterizar determinado fenômeno, visto que conforme Cargnelutti Filho et al. (2005), a simples visualização dos dados da amostra de uma variável em um histograma de frequência é insuficiente para inferir, entre as diversas funções de distribuição de probabilidades conhecidas, a que melhor se ajusta aos dados em estudo (Silva et al., 2007).

A utilização ou não de uma distribuição reside na capacidade da mesma em estimar os dados observados com base em seus parâmetros e essa capacidade é medida com aplicação de testes de aderência (Almeida, 1995 apud Dourado Neto, 2005). Vários modelos de distribuição de frequência têm sido utilizados, visando a estimativa da precipitação provável para diferentes localidades e períodos de ocorrência (Araújo et al., 2001). Segundo Cunha et al. (1997), um modelo bastante utilizado é a Distribuição Gama. Seu uso prioriza as precipitações do ponto de vista estatístico, onde os valores de chuva não são distribuídos uniformemente em torno do valor médio.

A Distribuição Gama aplicada aos dados diários de chuva tem sido utilizada por muitos pesquisadores (Castro Neto e Silveira, 1983; Frizzone et al. 1985; Soares Neto e Silva, 1996; Ribeiro e Lunardi, 1997; Botelho e Moraes, 1999; Moraes et al. 2001; Catalunha et al., 2002; Cargnelutti Filho et al., 2005; Dourado Neto, 2005; Silva et al., 2007).

Dois situações distintas podem ocorrer, quando utiliza a distribuição gama: a) a série de dados não contém valores nulos; neste caso, a estimativa da frequência de ocorrência é obtida através da Distribuição Cumulativa Gama, sendo possível a estimativa dos parâmetros e da distribuição ( $\alpha$  e  $\beta$ ), pelo método da máxima verossimilhança; b) a série contém valores nulos, caso em que se utiliza a Distribuição Cumulativa Gama Mista, a qual é determinada em duas partes (Araújo et al., 2001).

Camargo et al. (1985) caracterizou o atendimento hídrico indicando as melhores épocas de semeadura de trigo no estado de São Paulo, utilizando o cálculo de Distribuição Gama, ajustando os valores pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Este ajuste também foi adotado no trabalho de Ribeiro e Lunardi (1997) no estudo do comportamento da chuva em Londrina, quando foram estimados dados diários de 1961 a 1994.

Oliveira et al. (2000), determinaram a probabilidade de ocorrência de chuva decendial acima de 10, 20, 30, 40, 50, 100 e 150 mm, simulando a semeadura de arroz nos períodos recomendados na localidade de Araçuaí, Lavras, Patos de Minas, Uberaba e Viçosa, em Minas Gerais.

Este trabalho teve o objetivo de determinar a probabilidade de ocorrência de chuva decendial utilizando a função de distribuição Gama, visando quantificar a oferta de água pluvial nas épocas de semeadura de feijão das águas e soja no município de Londrina, Paraná.

### **3.3 MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos da Estação Agrometeorológica do Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, sediada em Londrina-PR. A estação está situada à latitude  $23^{\circ} 23'S$ , à longitude  $51^{\circ} 11'W$  e altitude de 566 m.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é Cfa, clima subtropical úmido com chuvas distribuídas em todas as estações, podendo ocorrer secas no período de inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a  $24^{\circ}C$  e a do mês mais frio é inferior a  $15^{\circ}C$ . Londrina apresenta verão quente e inverno ameno, com índices de umidade relativa do ar em torno de 73% no verão e 67% no inverno. A precipitação média anual está em torno de 1600 mm.

Nos dados de precipitação pluviométrica utilizados neste trabalho, consideraram-se os períodos de 1 de agosto a 31 de dezembro para cada ano observado na série histórica de 1960 a 2003, com precipitações pluviométricas acumuladas a cada 10 dias.

Primeiramente, utilizou-se a programação na linguagem Visual Basic do Excel para organização dos dados e posteriormente utilizou-se o software SAS (Statistical Analysis System) para os cálculos estatísticos.

Foi aplicado o modelo de Distribuição Gama de Probabilidade e para constatar o ajuste deste modelo, utilizou-se o teste de Qui-quadrado ao nível de 1% de significância.

A função Gama é representada por:

$$A \quad \Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{(\alpha-1)} e^{-x} dx$$

$$P(\alpha, x) = \int_0^x x^{(\alpha-1)} e^{-x} dx$$

e

$$Q(\alpha, x) = \int_x^{\infty} x^{(\alpha-1)} e^{-x} dx$$

Essas funções são denominadas funções Gama Incompletas.

A variável aleatória contínua  $x$  segue a Distribuição de Probabilidade Gama com os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  se a sua função de densidade for dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

Para  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ ,  $0 < x < \infty$  e  $f(x) = 0$  para outros intervalos.

Essa função de densidade descreve uma família de curvas que dependem dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ .

Sendo  $f(x)$  a probabilidade de ocorrência de um evento menor ou igual a  $x$ , pode-se escrever:

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x (\alpha-1) e^{-x/\beta} dx$$

Em que:

$X$  = valor do evento

$\Gamma(\alpha)$  = função Gama Completa

$\alpha$  e  $\beta$  = parâmetros da Distribuição de Probabilidade Gama

$e$  = base do logaritmo neperiano

$\alpha$  = origem da curva

A distribuição Gama tem assimetria positiva com parâmetro  $\beta$  diminuindo e o parâmetro  $\alpha$  aumentando. Variando-se  $\beta$ , com  $\alpha$  constante, muda-se

a escala da distribuição, enquanto variando-se  $\alpha$ , com  $\beta$  constante, muda-se a sua forma.

Thom (1966) apresentou uma fórmula de estimar os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , os quais definem a Distribuição de Probabilidade estimada. O parâmetro  $\alpha$  é estimado pela equação:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \frac{4A}{3} \right)$$

Em que:

$$A = \ln x - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Sendo:

$N$  = número de anos com dados de precipitação

$X_i$  = altura de chuva no período

$\bar{x}$  = altura média de chuva no período

A estimativa do parâmetro  $\beta$  é dada por:

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha}$$

O teste de ajuste da Distribuição Gama é dado por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - E_i)^2}{m - p - 1}$$

Em que:

$O_i$  = porcentagem observada

$E_i$  = Porcentagem esperada

$m$  = número de intervalos do histograma

$p$  = número de parâmetros estimados

Os graus de liberdade para o teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ) é dado por  $m-p-1$ .

A partir da função Gama Incompleta ajustada, foram calculadas as alturas pluviométricas para o período de 10 dias a partir do dia 1º de agosto até o

dia 31 de dezembro, determinando os níveis de probabilidade para 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95%. Utilizou-se o software SAS (Statistical Analysis System) para os cálculos.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a série climatológica observou-se que em Londrina, a precipitação média anual é de 1500 a 1600 mm, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos com médias acima de 200 mm e o mês de agosto o de menor precipitação, com média em torno de 50 mm (Caviglione et al., 2000).

Na Tabela 01 estão relacionados os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  estimados pelo método da máxima verossimilhança. O parâmetro  $\alpha$  não excedeu o valor de 100 em nenhum dos períodos analisados. O parâmetro  $\alpha$  variou de 0,3203 no período de 11 a 20 de agosto a 2,0408 no período de 11 a 20 de dezembro. O parâmetro  $\beta$  variou de 28,6492 no período de 1 a 10 de novembro a 71,5115 no período de 11 a 20 de setembro.

**Tabela 01.** Estimativa dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  para as precipitações pluviométricas decendiais no período de agosto a dezembro em Londrina – PR.

<b>Períodos</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\beta</math></b>
1a10/ago	0,3388	44,8476
11a20/ago	0,3203	54,9902
21a31/ago	0,3724	57,9632
1a10/set	0,4443	65,1483
11a20/set	0,4948	71,5115
21a30/set	0,8104	55,6206
1a10/out	1,0032	51,8468
11a20/out	1,099	46,5593
21a31/out	1,0044	48,9144
1a10/nov	1,7312	28,6492
11a20/nov	1,261	47,901
21a30/nov	0,8197	55,2465
1a10/dec	1,7732	35,736
11a20/dec	2,0408	35,0317
21a31/dec	1,2561	65,1791

Nenhum dos períodos foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, mostrando um bom ajuste para a Distribuição Gama pelo teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

Observou-se na tabela 1 que os períodos mais chuvosos estão concentrados nos primeiros decêndios de novembro (períodos 10 e 11) e nos decêndios de dezembro (períodos 13, 14 e 15). Comparando-se os valores do parâmetro  $\alpha$  percebe-se o crescimento dos valores observados do período 2 de 0,3203 até o período 10 para 1,7312 indicando a variabilidade de chuva em função do início da estação chuvosa a partir do período 7 (1 a 10 de setembro).

Tomando-se como referência o nível de probabilidade de 75%, (Tabela 02) normalmente utilizado como parâmetro para dimensionamento de projetos de irrigação (Doorenbos e Pruitt, 1976 apud Marques Jr. et al., 1994), espera-se que ocorra para o primeiro decêndio de agosto, por exemplo, uma precipitação igual ou maior que a definida em 18,2 mm, ou seja, de cada 4 anos durante esses decêndios espera-se que em 3 anos ocorra uma precipitação igual ou superior a 18,2 mm, assim estima-se que haverá possibilidade de ocorrer uma precipitação inferior a este valor 1 vez a cada 4 anos, representando um risco médio de 25%.

Tabela 02. Altura pluviométrica provável (mm) estimada pela Distribuição Gama em períodos decendiais para Londrina – PR, em 13 níveis de probabilidade.

Períodos	PROBABILIDADE (%)												
	95	90	80	75	70	60	50	40	30	25	20	10	5
01-10/08	66,8	44,1	23,9	18,2	14,0	8,1	4,5	2,2	0,9	0,5	0,3	0,0	0,0
11-20/08	78,9	51,5	27,4	20,7	15,7	8,9	4,8	2,3	0,9	0,5	0,3	0,0	0,0
21-31/08	91,9	61,7	34,5	26,7	20,8	12,5	7,2	3,8	1,7	1,0	0,6	0,1	0,0
01-10/09	115,9	80,2	47,2	37,5	29,9	19,1	11,8	6,8	3,4	2,2	1,3	0,3	0,1
11-20/09	136,4	95,9	58,1	46,7	37,9	24,9	15,9	9,6	5,2	3,5	2,2	0,5	0,1
21-30/09	145,5	109,3	73,6	62,3	53,2	39,1	28,4	20,0	13,1	10,2	7,6	3,1	1,3
01-10/10	155,6	119,7	83,7	72,1	62,6	47,7	36,1	26,6	18,6	15,0	11,7	5,5	2,7
11-20/10	148,3	115,1	81,7	70,9	62,0	47,8	36,8	27,6	19,7	16,1	12,7	6,4	3,3
21-31/10	147,0	113,0	79,0	68,1	59,2	45,1	34,1	25,2	17,6	14,2	11,0	5,2	2,5
01-10/11	123,2	99,8	75,5	67,4	60,6	49,5	40,4	32,6	25,4	22,0	18,6	11,4	7,3
11-20/11	166,9	131,3	95,2	83,3	73,6	57,9	45,4	34,9	25,7	21,5	17,3	9,3	5,2
21-30/10	145,6	109,5	73,9	62,6	53,5	39,4	28,7	20,3	13,4	10,4	7,7	3,2	1,3
01-10/12	156,2	126,8	96,2	86,0	77,4	63,4	51,9	42,0	32,9	28,5	24,1	14,9	9,6
11-20/12	168,5	138,4	106,8	96,1	87,2	72,4	60,2	49,5	39,6	34,7	29,8	19,4	13,0
21-31/12	226,5	178,2	129,1	113,0	99,7	78,4	61,5	47,2	34,8	29,0	23,4	12,6	7,0

Conhecendo-se a precipitação mínima necessária para realizar a semeadura com sucesso, pode-se verificar a probabilidade desse valor ocorrer. Por exemplo, admitindo-se que 30mm seriam suficientes, a probabilidade de ocorrer chuvas de pelo menos este valor entre 1 e 10 de setembro é de aproximadamente 70%, ou seja, existe uma probabilidade de 30% de que o mesmo não seja atingido no decêndio (Tabela 02). Considerando que o zoneamento agrícola oficial admite um risco máximo de 20% para o cultivo em condições de sequeiro, este decêndio ainda apresenta risco demasiadamente elevado para o cultivo do feijão das águas.

A semeadura de feijão das águas em Londrina inicia-se a partir de agosto. Na tabela 02, tomando como base o nível de 75% de probabilidade, nos três decêndios de agosto são esperados 18,2 mm, 20,7 mm e 26,7 mm, respectivamente. Resultados experimentais com a cultura do trigo indicaram que uma precipitação de pelo menos 30 mm após um longo período de déficit foi suficiente para garantir a emergência (Faria e Caramori, 1996). Admitindo-se que este valor seja suficiente para o feijão, no mês de agosto não há condições suficientes para semeadura com baixo nível de risco. A partir do segundo decêndio de setembro as possibilidades de chuva são maiores e a precipitação mínima estimada atinge valores superiores a 30 mm por decêndio, com nível de risco inferior a 20%.

Já de acordo com as recomendações de semeadura de soja para Londrina, esta ocorre a partir do segundo decêndio de outubro, período com maior probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial. Ao nível de 75% de probabilidade, as precipitações esperadas são sempre superiores a 65 mm, o que representa garantia de sucesso nos processos de germinação e emergência. É perceptível a diminuição na quantidade de chuvas no final de novembro, época onde é comum a ocorrência de veranico que podem acarretar prejuízos a agricultura dependendo da fase fenológica da cultura de verão.

### **3.5 CONCLUSÕES**

Os dados de precipitação pluvial decendial ajustam-se à distribuição Gama Incompleta e podem auxiliar no planejamento da melhor época de semeadura para diversas culturas em Londrina.

Para dados agrupados em períodos decendiais, as estimativas de parâmetro de forma ( $\alpha$ ) são menores nos períodos menos chuvosos e maiores nos períodos mais chuvosos.

Com exceção dos decêndios do mês de agosto e início de setembro, nos demais a oferta hídrica é suficiente para atender os processos de germinação e emergência das culturas de feijão e soja no município de Londrina.

O Zoneamento agrícola da cultura do feijão das águas para o município de Londrina abrange as regiões II e V, de acordo com as épocas de semeadura indicadas. Como este trabalho determinou enfoque na região II, com semeadura iniciando-se a partir de 11 de agosto a 10 de setembro, a semeadura de agosto mostrou-se área de grande risco pelo teste de probabilidade, ficando apenas os 10 dias de setembro para semeadura dentro da época recomendada.

Uma vez que a semeadura tardia do feijão das águas não é indicada devido às altas temperaturas que podem ocorrer no florescimento, recomenda-se estudos sobre irrigação desta cultura no município de Londrina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, W.F.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; MEDEIROS, R. D. de; SAMPAIO, R.A. Precipitação provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 5, p. 695-702, 1992.

BOTELHO, V. A. V. A.; MORAIS, A. R. de Estimativas dos parâmetros da distribuição Gama de dados pluviométricos do município de Lavras, estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 697-706, jul./set., 1999.

CAMARGO, M. B. P. de; ARRUDA, H. V. de; PEDRO Jr., M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R. Melhores épocas de plantio do trigo no estado de São Paulo baseadas na probabilidade de atendimento hídrico. **Bragantia**. Campinas, v. 44, n. 1, p. 255-261, 1985.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; ANJOS, C. S. dos; SAMPAIO, M. dos R. Probabilidade de ocorrer precipitação pluvial decendial igual ou superior à evapotranspiração de referência no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 219-224, 2005.

CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J. V. precipitação provável para Lavras – MG, baseada na função de distribuição de probabilidade Gama. III. Período de 10 dias. **Revista Ciência e Prática**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 58-65, jan./jun. 1983.

CATALUNHA, M.J.; SEDIYAMA, G.C.; BRAULIRO, G.L.; SOARES, C.P.B.; RIBEIRO, A. Aplicação de cinco funções de densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A.; PASINATO, A.. 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.

IAPAR. **Monitoramento Agroclimático do Paraná**. Disponível em: [www.iapar.br/sma](http://www.iapar.br/sma). Acesso em 10/05/2007.

FARIA, R.T. e CARAMORI, P.H. FARIA, R. T., CARAMORI, P. H. Precipitação Mínima Para Semeadura de Trigo No Norte do Paraná.. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.119 - 126, 1996.

FRIZZONE, J. A.; RETTORE, P. R.; PEREIRA, G. T. Estudo da distribuição e frequência das precipitações quinzenais e mensais, na região de Pereira Barreto (SP) pela distribuição Gama Incompleta. **Revista Ciência e Prática**, Lavras, v. 9, n. 1, p.118-135, jun./jul. 1985.

MARQUES JUNIOR, S.; PAZ, V. P. S.; COSTA, R. N. T.; FRIZZONE, J. A. modelo computacional para estimativa das precipitações mensais prováveis utilizando a distribuição Gama Incompleta. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 20-30, julho 1994.

MORAIS, A. R. de; BOTELHO, V. A. V. A.; CARVALHO, L. G. de; MUNIZ, A.; LAGE, G. Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 305-310, 2001.

MURTA, R. M.; TEODORO, S. M.; BONOMO, P.; CHAVES, M. A. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidades pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29. n. 5. p.988-994. set./out. 2005.

OLIVEIRA, A. D.; COSTA, J. M. N.; LEITE, R. A.; SOARES, P. C.; SOARES, A. A. Probabilidade de chuvas e estimativas de épocas de semeadura para cultivares de arroz de sequeiro, em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 8, n. 2 ,p. 295-309, 2000.

RIBEIRO, A.M. de A.; LUNARDI, C. A precipitação mensal provável para Londrina, PR, através da função gama. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, p.37-44. 1997.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, jan./fev., 2007.

SOARES NETO, J. P.; SILVA, M. A. V. Probabilidade s mensais de chuva para a região de Barreiras-BA. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 4, n. 2 ,p. 91-94, 1996.

## **4 ARTIGO B: PRECIPITAÇÃO MÍNIMA PARA O ESTABELECIMENTO DAS CULTURAS DE FEIJÃO DAS ÁGUAS E SOJA EM LONDRINA, PR.**

### **4.1 - Resumo**

O objetivo deste trabalho foi estimar a precipitação pluviométrica mínima necessária para o atendimento hídrico na fase de estabelecimento das culturas de feijão das águas e soja em Londrina, PR. Foram conduzidos dois experimentos de campo, com tratamentos constituídos de diversas lâminas de irrigação (0, 10, 20, 30, 40 e 50 mm), partindo do solo com umidade abaixo do ponto de murcha permanente. Utilizou-se o delineamento experimental blocos ao acaso, com quatro repetições. A emergência das plântulas foi avaliada por meio de contagens diárias entre o quinto e décimo dia. Os resultados indicaram que a precipitação mínima para garantir plena emergência deve estar em torno de 40 mm para o feijão das águas e 30 mm para a cultura da soja.

**Palavras-chave:** probabilidade, chuva, atendimento hídrico, simulação de chuvas, déficit hídrico

### **Abstract**

The objective of this work was to estimate the minimum precipitation necessary for the establishment of beans and soybeans in Londrina, Parana state, Brazil. Two field experiments were carried out, with treatments made of several irrigation tables (0, 10, 20, 30, 40 and 50mm), starting with soil moisture below permanent wilting point. A randomized blocks design was used, with four replications. Plantlet emergency was evaluated through daily counting between 5<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> day after sowing. The results indicated that the minimum precipitation to guaranty full emergency was around 40mm for beans and 30mm for soybeans.

**Keywords:** probability, rain, hídrico attendance, rain simulation and hídrico deficit .

## 4.2 - INTRODUÇÃO

O investimento cada vez mais acentuado em ciclos anuais de culturas aproveitando as áreas de trigo e milho safrinha, possibilidade de uma safra extra como a de feijão das águas no intervalo entre os ciclos de cultivo inverno e verão, bem como seu maquinário para o plantio e colheita, fizeram que houvesse uma rápida expansão das culturas. Variedades e técnicas de cultivo, capitalização do produtor, mecanização total da cultura, mercado favorável, participação de cooperativas e geração de novas tecnologias são os novos focos de desenvolvimento, a fim de incrementar cada vez mais a produção e minimizar os custos em busca de maior rendimento econômico dentro da atual conjuntura agrícola.

Nas regiões de transição para climas temperados, como é o caso de Londrina, a temperatura do solo é fator importante para o período de semeadura. Mais importante que este fator é a disponibilidade hídrica em função da quantidade de água no solo ser fundamental para o intumescimento e germinação das sementes.

O plantio em época adequada é uma das principais práticas de manejo de cultura utilizadas com objetivo de se harmonizar as exigências bioclimáticas de cada cultivar com a disponibilidade climática de uma região, visando o rendimento máximo (Queiroz et al., 1996).

Segundo Santos e Carlesso (1998) a freqüência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial, respondendo por 60 a 70% da variabilidade final da produção. Por esta razão, ao se planejar uma atividade agrícola é fundamental o conhecimento das condições meteorológicas durante o período de desenvolvimento das plantas, principalmente durante o período de baixa precipitação.

Frustrações de safra por causa de deficiência hídrica com obtenção de baixos rendimentos são freqüentes (Cunha, 1998). Uma forma direta da solução deste problema seria a irrigação, todavia esta prática exige análise criteriosa em função de seu alto custo. Outras opções como consorciação de culturas, variedades mais resistentes à seca, plantio direto e cobertura de solo poderiam minimizar o problema, apesar de não solucionarem totalmente (Tommaselli, 1994).

O conhecimento da distribuição da precipitação pode ser uma opção para determinar períodos críticos dominantes, numa forma de minimizar os problemas causados pela flutuação das chuvas (Morais, 2001). Definir um perfeito planejamento com a data de plantio e a frequência de chuvas mensais e históricos pode ser a chave para minimizar efeitos na redução da produtividade (Raes, 2004).

Segundo Tommaselli e Villa Nova (1994) um planejamento que minimize a ação das épocas de deficiência hídrica pode representar melhoria no rendimento. A preocupação com déficit hídrico inicia-se antes mesmo da semeadura, pois semeaduras em condições hídricas inadequadas no solo podem comprometer de forma decisiva no rendimento.

De acordo com Faria e Caramori (1986), se a condição do solo não for adequada à semeadura, um curto período sem precipitação, que normalmente ocorrem associados com evapotranspiração relativamente elevada, ocasiona rápido secamento da superfície do solo, resultando em condições insuficientes de umidade na profundidade da semeadura resultando em baixa emergência de plantas.

Semeaduras nas regiões norte nordeste e oeste do Paraná, só devem ser realizados quando o solo estiver com sua reserva hídrica plenamente restabelecida (Caramori et al., 2001).

Segundo Shioga e Silva (1998), a redução progressiva de umidade do solo compromete a velocidade e a percentagem de germinação. Estudos em diversos tipos de solos com sementes de soja indicaram que a germinação ocorreu após as sementes terem alcançado determinados teores mínimos de água, independentemente do solo estudado (Hunter e Erickson, 1952; Rosseto et al., 1997).

De acordo com Faria e Caramori (1996), em condições hídricas adequadas a emergência final não é afetada até que o solo atinja um nível crítico que limita a transmissão de água para a semente. Para o sucesso na emergência, um dos fatores é o condicionamento da semente para atingir de 40 a 50% de intumescimento.

Na cultura de soja a prática de semeadura em solo seco (“semeadura no pó”) é amplamente utilizada entre os agricultores, pois a semente suporta um período de 7 a 10 dias sem entrar no processo de germinação. A expectativa nesses casos é que ocorra uma precipitação abundante que garanta a

germinação das sementes e a emergência. Entretanto há o risco de ocorrerem precipitações insuficientes para completar os processos de germinação e emergência, causando drásticas reduções no estande (Rezende et al., 2003).

Portanto a semeadura em época adequada, que reduza o risco de deficiência hídrica mais acentuada, é uma forma de controle para propiciar condições mais favoráveis à produção. Partindo desse princípio, o objetivo deste trabalho foi verificar a precipitação mínima necessária para o estabelecimento da cultura da soja e do feijão das águas em Londrina. Confrontando a necessidade das culturas com a oferta hídrica, é possível verificar o risco envolvido nessa fase crítica e sugerir estratégias de manejo.

#### **4.3 - MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos de campo na Estação Experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) em Londrina, PR, em latossolo vermelho distroférico. O primeiro foi realizado com a cultura da soja, durante o período de 28 de outubro a 25 de novembro de 2005. O outro foi conduzido com a cultura do feijão, entre 25 de agosto e 15 de setembro de 2006.

Nesses experimentos foram realizadas simulações de chuvas em parcelas experimentais, para verificar a partir de que altura de precipitação ocorre sucesso no estabelecimento da cultura. A cultivar de soja avaliada foi a Coodetec, a mais plantada na região, e a de feijão foi a Iapar 81. Os tratamentos foram correspondentes a lâminas de irrigação referentes às precipitações de 0,10, 20, 30, 40 e 50 mm para o feijão das águas e de 0,10, 20, 30 e 40 mm para a soja.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 4 repetições em parcelas de 4m x 4m. A soja teve 6 linhas de semeadura, avaliando-se as 2 linhas centrais, enquanto que para o feijão foram semeadas 5 linhas e avaliou-se a linha central.

A semeadura foi realizada em solo seco, utilizando-se o método de plantio direto. Os tratamentos constituíram-se de diferentes lâminas de precipitação aplicadas manualmente, logo após a semeadura. Em dias de chuva,

anterior e posterior à implantação do experimento, as parcelas foram cobertas com lonas plásticas enquanto houvesse precipitação, sendo descobertas imediatamente após.

A determinação do “stand” foi realizada por meio da contagem de plântulas emergidas entre o quarto e o décimo quinto dia e os dados foram submetidos aos cálculos de probabilidade utilizando o software Statistical Analysis System (SAS).

#### 4.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento foi iniciado com a semeadura em solo seco, uma vez que a última precipitação pluvial significativa ocorreu cerca de 45 dias antes da semeadura para o feijão das águas, e no caso da soja foi realizada cobertura com lona para simular período longo de estiagem (Figura 1).

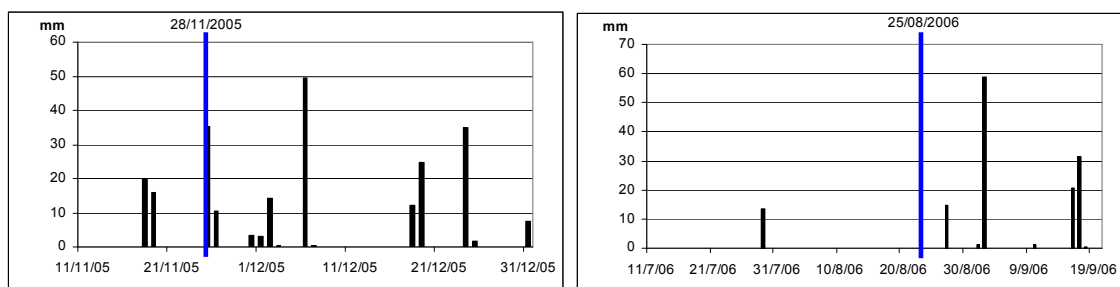


Figura 01. Precipitação observada na estação agrometeorológica do Iapar nos períodos anterior e posterior à semeadura de soja e feijão das águas.

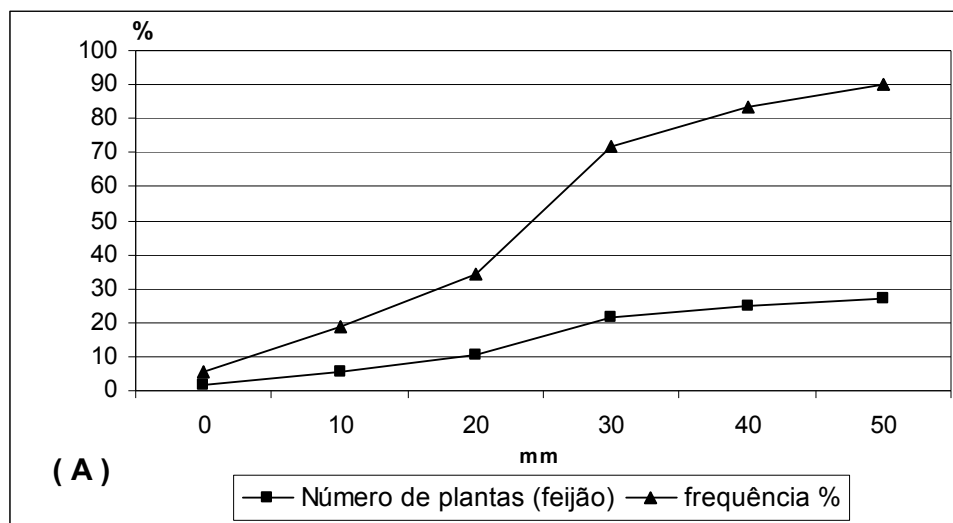
O solo foi monitorado através de avaliação da umidade por meio de amostras retiradas aleatoriamente, observando-se umidade volumétrica média de 19% antes da semeadura de soja e 18% de umidade na semeadura de feijão. De acordo com Faria e Caramori (1986) este solo atinge o ponto de murcha permanente com umidade volumétrica em torno de 28%, portanto, a umidade do solo estava bem abaixo desse valor por ocasião da semeadura (Tabela 01). Foram retiradas as

amostras de solo antes da semeadura e logo após a simulação de chuvas. No caso da soja foram retiradas uma terceira amostra, por terem ocorrido chuvas constantes.

Tabela 01 Valores de umidade do solo antes da semeadura de soja e feijão e após simulação de chuvas e emergência das sementes

feijão	0 a 10 cm		10 a 20 cm		Soja	0 a 10 cm			10 a 20 cm		
Lâminas de água	25/8/06	6/9/06	25/8/06	6/9/06	Lâmina de água	28/11/05	2/12/05	5/12/05	28/11/05	2/12/05	5/12/05
0	19,2	20,5	19,8	19,7	0	19,0	19,3	17,6	20,4	20,1	18,5
10	20,4	21,1	20,6	21,1	10	19,3	19,8	19,0	20,6	20,6	19,9
20	21,0	21,8	21,2	21,5	20	19,2	21,1	19,8	20,5	21,5	21,1
30	23,0	22,2	21,0	22,0	30	19,6	22,8	20,2	20,6	23,0	21,7
40	25,2	25,2	22,9	24,4	40	19,6	22,9	21,3	20,6	23,0	22,1
50	25,7	24,9	24,2	25,6							

Os valores do stand correspondentes à taxa de emergência são apresentados na Figura 2. Pode-se observar que houve uma redução na quantidade de sementes emergidas para as menores lâminas. Ficou evidente que uma chuva de 20 mm em solo seco não foi suficiente para completar a emergência de feijão ou de soja, não atingindo nem o percentual de 20% na emergência do feijão Figura 02(A) e 35% na emergência da soja Figura 02 (B).



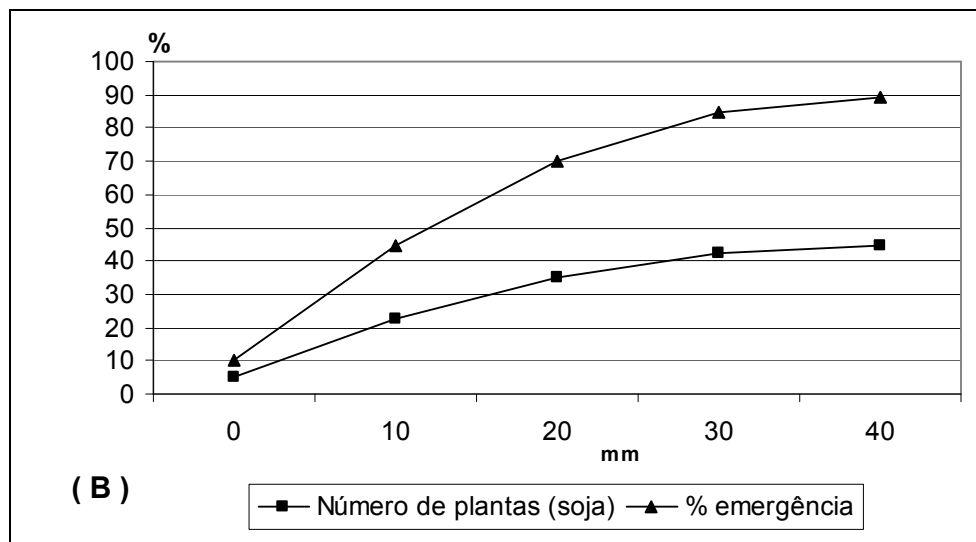


Figura 02. Número e porcentagem de plantas emergidas durante o período de 15 dias de avaliação para feijão das águas (A) e soja (B).

Segundo a Figura 02, os tratamentos que receberam lâminas de irrigação menores que 30 mm para a semeadura da soja e 40 mm para a semeadura de feijão das águas mostraram que existe um risco de haver prejuízos na emergência caso não se tenha ocorrência de chuvas posteriores à semeadura.

Os resultados da emergência são reproduzidos por dados experimentais apresentados por meio da função Logística, a fim de identificar o maior nível de emergência atingido. A curva logística apresentou alta taxa de convergência, chegando ao nível assintótico a 30 mm e 40 mm respectivamente (Figura 03). O valor estimado da precipitação apresenta-se dentro dos limites estabelecidos. Os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram de  $R^2 = 0,9922$  para a emergência de soja e  $R^2 = 0,976$  para a emergência de feijão das águas, indicando um excelente ajuste.

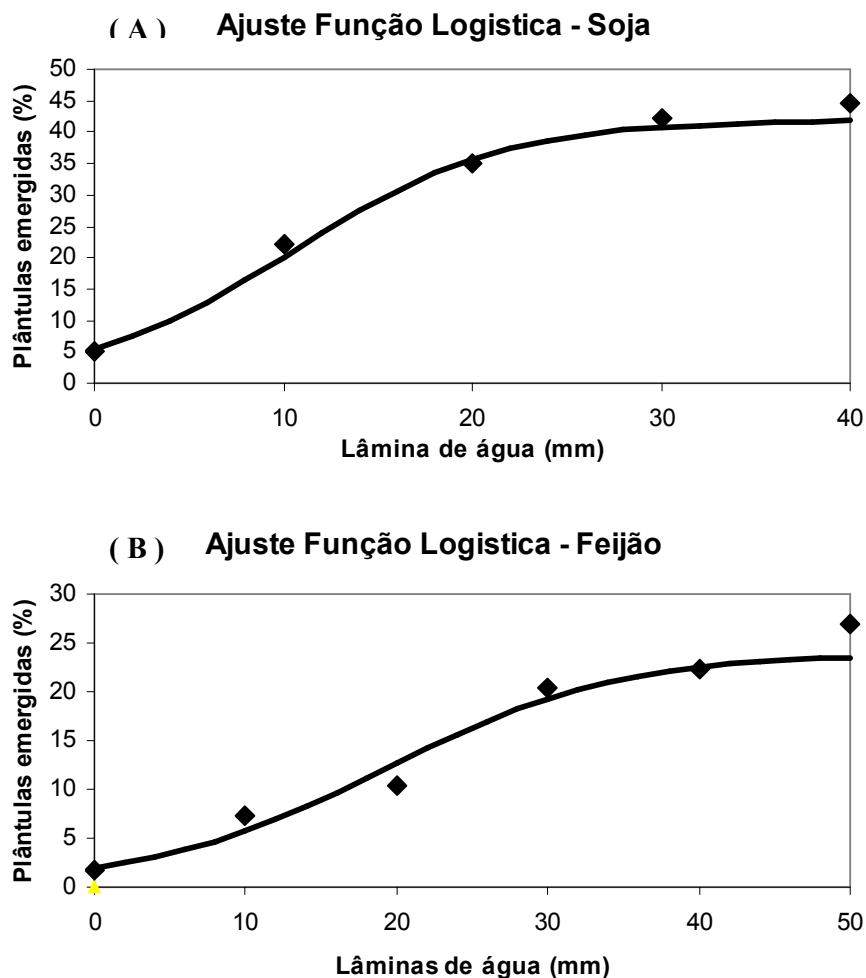


Figura 03. Curvas de emergência de soja (A) e feijão das águas (B) em função da lâmina de água ajustadas à função logística.

Para avaliar o risco de sucesso na semeadura foram realizados cálculos de probabilidade de precipitação no período determinado pela recomendação de semeadura das culturas. A probabilidade foi estimada utilizando a distribuição de freqüência Gama Incompleta.

Na tabela 02 são apresentados os valores médios por decêndio e as precipitações prováveis em diferentes níveis de probabilidade. Observa-se que a média corresponde a níveis de probabilidade entre 60 e 75%. Com base nesses valores, conclui-se que somente a partir de setembro existem condições de semeadura em condições de sequeiro com baixo risco.

Tabela 02. Precipitação provável para Londrina. Dados ajustados à distribuição gama incompleta.

Decêndio	Média (mm)	Níveis de Probabilidade (%)										
		10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90
<b>Ago 1</b>	<b>16</b>	0	0	1	1	3	5	9	15	20	25	46
<b>Ago 2</b>	<b>19</b>	0	0	0	1	2	5	10	17	22	30	57
<b>Ago 3</b>	<b>18</b>	0	0	1	1	3	5	10	16	21	28	52
<b>Set 1</b>	<b>38</b>	0	2	3	5	10	16	26	40	50	62	104
<b>Set 2</b>	<b>44</b>	2	7	9	12	18	26	37	51	60	72	108
<b>Set 3</b>	<b>44</b>	2	6	8	11	18	26	38	51	61	73	111
<b>Out 1</b>	<b>37</b>	5	10	13	15	21	28	35	45	51	59	82
<b>Out 2</b>	<b>49</b>	3	8	11	17	22	31	42	57	67	79	117
<b>Out 3</b>	<b>40</b>	4	9	11	14	20	27	36	48	55	64	92
<b>Nov 1</b>	<b>50</b>	11	18	22	25	32	41	50	61	68	77	102
<b>Nov 2</b>	<b>65</b>	9	18	22	27	36	48	61	78	89	102	142
<b>Nov 3</b>	<b>51</b>	6	12	15	19	26	36	47	61	70	81	116
<b>Dez 1</b>	<b>60</b>	13	22	26	30	39	48	59	73	81	91	121
<b>Dez 2</b>	<b>77</b>	27	39	44	48	58	68	80	93	101	111	138
<b>Dez3</b>	<b>75</b>	8	17	22	27	39	52	68	90	104	120	171

As Figuras 04 e 05 mostram as probabilidades da precipitação exceder determinados valores de agosto a dezembro. Todos os dados foram ajustados à regressão linear, cujo objetivo foi verificar se há normalidade nas precipitações. Os melhores ajustes ocorreram a partir de outubro, quando a estação chuvosa já está melhor definida. Por exemplo, para a probabilidade de 20% durante o mês de agosto a precipitação não excede 30 mm, ou seja, existe um risco de 80% de que este valor não seja atingido em cada decêndio (Tabela 02). Sendo este um mês caracterizado pela seca, o agricultor tem maiores chances de perdas caso faça a semeadura em solo seco (semeadura a seco), pois as chuvas prováveis nos decêndios são inferiores ao mínimo necessário para garantir a emergência da cultura.

Entretanto, caso o agricultor opte por semeadura tardia, fora do zoneamento agrícola recomendado para o feijão das águas (até o primeiro decêndio de setembro) aumenta-se a probabilidade de ocorrerem temperaturas superiores a 30°C, que causam abscisão de flores, provocando redução no número de vagens por planta e perda de rendimento.

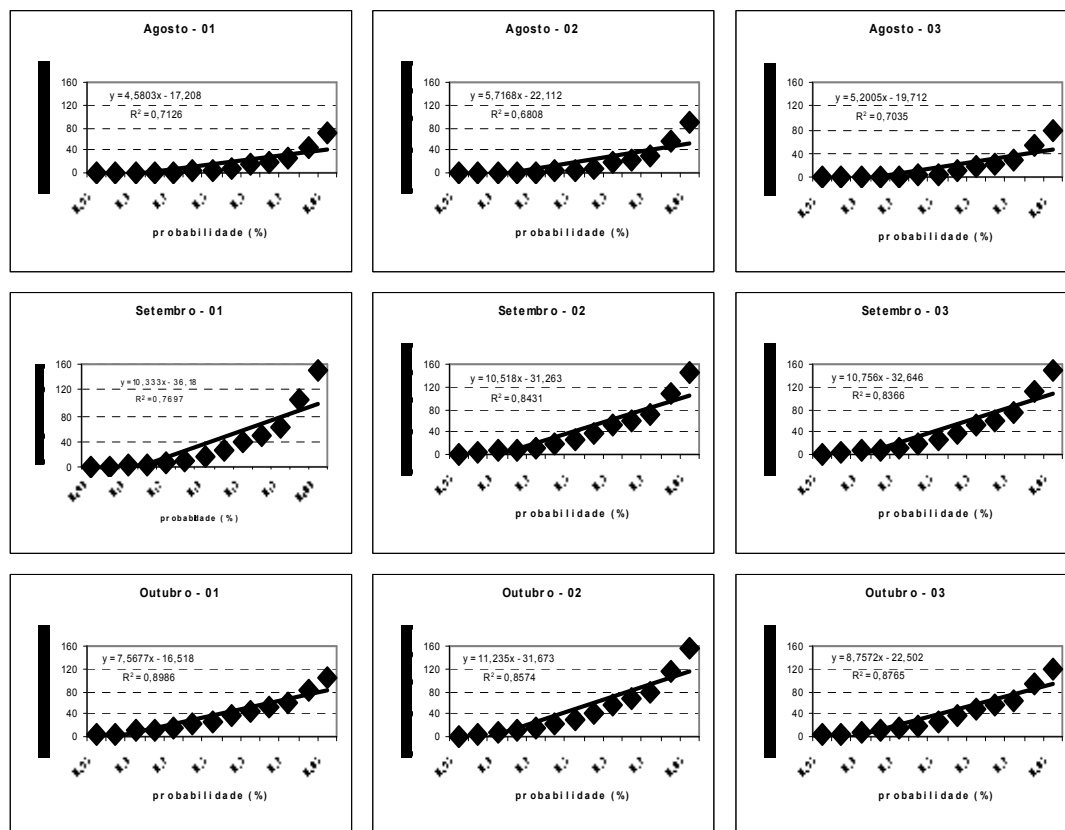


Figura 04. Precipitação provável (mm) com diferentes níveis de probabilidade no período de recomendação de semeadura de feijão das águas para Londrina, apresentadas em decêndios.

Setembro é caracterizado pelo período de transição entre a estação de seca e o início da estação chuvosa. Isto fica evidente pelos resultados mostrados na figura 04, em que são menores os riscos de perdas na emergência pela frequência nas chuvas que passam a ser mais constantes. Em outubro, já na estação de chuvas, esta perda poderá ser menor na emergência, todavia como foi referido acima, o risco torna-se maior devido à elevação das temperaturas no período de florescimento do feijão e enchimento dos grãos, pois esta cultura não tolera temperaturas superiores a 30°C, que podem ocasionar abortamento das flores (Gonçalves et al., 1997).

Quanto à cultura de soja, o risco é maior durante a primeira quinzena de outubro, embora as precipitações mínimas excedam 30 a 40 mm (Figura 05). Mesmo ocorrendo veranico, muito comum no terceiro decêndio de novembro, a precipitação média esperada é superior a 50 mm (Tabela 02, figura 05). Neste caso

os riscos serão menores, pois há maior chance de que a umidade do solo seja suficiente para garantir o sucesso na semeadura e emergência. Portanto, neste caso as condições são amplamente favoráveis ao estabelecimento da cultura.

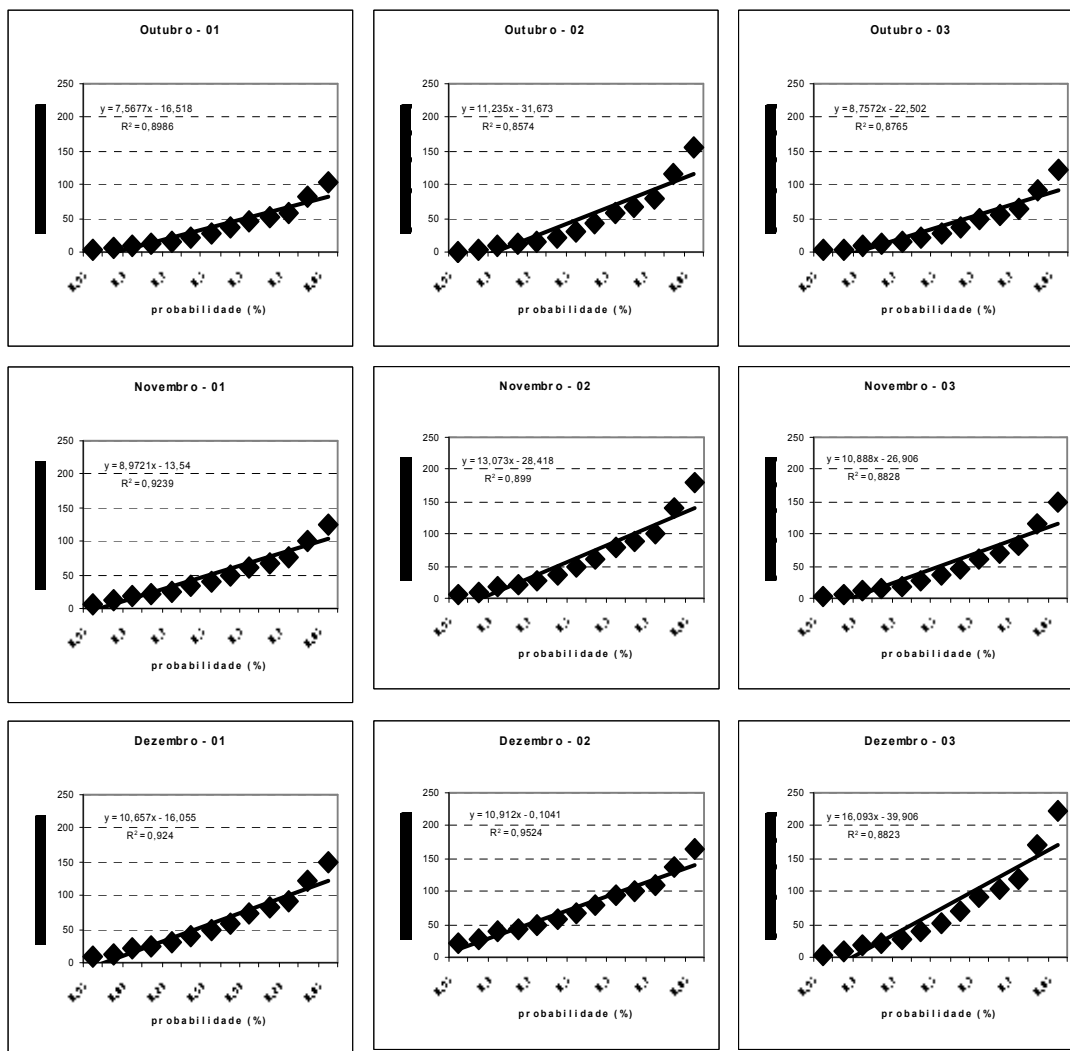


Figura 05. Precipitação provável (mm) com diferentes níveis de probabilidade no período de recomendação de semeadura de soja para Londrina, apresentadas em decêndios.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem determinar os riscos envolvidos na semeadura da soja e feijão das águas em função da disponibilidade hídrica, bem como dar suporte para se implantar um programa de monitoramento para orientar os produtores para realizarem a semeadura no momento ideal.

#### 4.5 - CONCLUSÕES

A precipitação mínima para semeadura da cultura do feijão das águas foi avaliada em 40 mm, para um solo latossolo vermelho distroférico com umidade abaixo do ponto de murcha permanente.

Na semeadura de soja, para que se obtenha um stand adequado é necessária uma precipitação de pelo menos 30 mm para garantir a emergência das plântulas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A.; PASINATO, A. 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.

FARIA, R. T., CARAMORI, P. H. Caracterização físico-hídrica de um latossol roxo distrófico do município de Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.21, n.12, p.1303 - 1311, 1986.

FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. Precipitação mínima para semeadura do trigo no Norte do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 119-126, 1996.

GONÇALVES, S. L., WREGE, M. S., CARAMORI, P. H., MARIOT, E. J., ABUCARUB NETO, M. Probabilidade de ocorrência de temperaturas Superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.99 - 107, 1997.

HUNTER, J. R., ERICKSON, A. E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Stanford, v. 44, n. 3, p. 107-109, 1952.

MORAIS, A.R.; BOTELHO, V.A.V.; CARVALHO, L.G.; MUNIZ, J.A; LAGE, G. Estimativa de precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição Gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 305-310, 2001.

QUEIROZ, E. F.; MOLION, L. C. B; MINOR, H. C.; NEUMAIER, N. Um modelo matemático de quantificação do efeito da disponibilidade hídrica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 10, p. 683-690, out. 1996.

QUEIROZ, E. F.; MOLION, L. C. B; GAUDÊNCIO, C. de A.; GARCIA, A. Um modelo matemático de previsão da data de ocorrência de estádios fenológicos de três cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 8, ago, p. 533-542, 1996.

RAES, D.; SITHOLE, A.; MAKARAU, A.; MILFORD, J.. Evaluation of first planting dates recommendaed by criteria currently used in Zimbabwe. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 125, p. 177-185, 2004.

REZENDE, P.M.; MACHADO, J.C.; GRIS, C.F.; GOMES, L.L.; BOTREL, E.P. Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max (L.) Merrill*]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 76-83. jan./fev. 2003.

ROSSETO, C. A. V., NOVENBRE, I. c. da, MARCOS FILHO, J., SILVA, W. R. da, NAKAGAWA, J. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato, da qualidade fisiológica e do teor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação, **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n 1 e 2, p. 97-105, 1997.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e procesos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p. 287-294, jan./fev. 2007.

SHIOGA, P.S.; SILVA, W.R. Controle da hidratação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, jan./Abr. 1998.

TOMMASELLI, J. T. G.; VILLA NOVA, N. A. Deficiências hídricas no solo e épocas de semeadura de milho (*zea mays*) e seus efeitos sobre a produção em londrina – PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 60-75, 1994

## **CONCLUSÕES GERAIS**

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que a distribuição gama incompleta é adequada para ajustar dados decendiais de precipitação para Londrina, estado do Paraná. Neste estudo foram utilizados 43 anos de dados, fato que pode ter contribuído para se alcançar um bom ajuste dos dados.

Os resultados experimentais mostraram que é necessária uma precipitação de 30 a 40 mm para garantir o estabelecimento das culturas de soja e feijão, respectivamente.

A oferta hídrica no período de agosto a dezembro deixou evidente que no mês de agosto, quando se recomenda oficialmente o cultivo do feijão das águas, o volume de precipitação é insuficiente para atender as necessidades da cultura. Assim, recomenda-se estudos de viabilidade de irrigação para esta cultura nas condições de Londrina.