

41711

**JOÃO BOSCO DE LIMA**

**QUEDA DE FLORES DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) SUBMETIDO  
A DIFERENTES TAMANHOS DE GOTAS PRODUZIDAS PELA  
ASPERÇÃO CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso de Mestrado em  
Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e  
Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

Faria

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1996**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Lima, João Bosco de  
Queda de flores do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*  
L.) submetido a diferentes tamanhos de gotas produ-  
zidas pela aspersão convencional / Joao Bosco de  
Lima. -- Lavras : UFLA, 1996.  
63 p. : il.

Orientador: Manoel Alves de Faria.  
Dissertação (Mestrado) - UFLA.  
Bibliografia.

1. Feijao - Irrigação por aspersão. 2. Gota. 3.  
Flor - Queda. I. Universidade Federal de Lavras.  
II. Título.

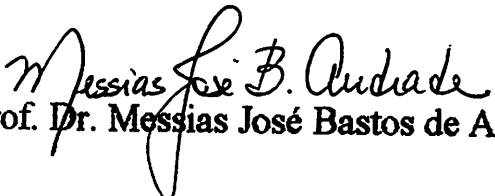
CDD-635.56287

**JOÃO BOSCO DE LIMA**

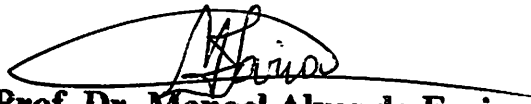
**QUEDA DE FLORES DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) SUBMETIDO  
A DIFERENTES TAMANHOS DE GOTAS PRODUZIDAS PELA  
ASPERSÃO CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso de Mestrado em  
Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e  
Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

**APROVADA** em 01 de agosto de 1996

  
Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade

  
Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira

  
Prof. Dr. Manoel Alves de Faria  
(Presidente / Orientador)

A Deus todo poderoso, pai do Senhor  
Jesus Cristo, o único salvador da humanidade,  
a única razão da minha existência.

**OFEREÇO**

À minha esposa Iaci, mãe Benta,  
meus filhos Elisângela, Obede  
**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida para a realização do curso de pós-graduação.

À Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência Técnica, Extensão Rural S/A.  
Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida.

Aos amigos, colegas de curso e funcionários do Departamento de Engenharia: Marcos Metri, Nestor, Édio, Palhares, Fátima, Geraldo, Tânia, Lindemberg, Osvaldo.

Ao Orientador Prof. Manoel Alves Faria.

Ao Co-orientador Prof. Magno Antônio Patto Ramalho.

Aos Professores: Luiz Antônio Lima, Antônio Marciano da Silva, Alberto Colombo.

Aos colegas do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola.

A todos quanto ajudaram-me nesta etapa da vida e principalmente os irmãos na fé.

## **BIOGRAFIA**

**JOÃO BOSCO DE LIMA**, filho de José Maria de Lima e Benta de Souza Lima, nasceu em Poxoréu- MT, em 18 de maio de 1953.

Em 1971, concluiu o 1º grau no Colégio São Gonçalo, e 1974, concluiu o 2º grau na Escola de I e II grau “José de Mesquita”, em Cuiabá MT.

Em 1978, iniciou o Curso de Agronomia na Fundação da Universidade Federal de Mato Grosso, diplomou-se em 1982.

De 1978 a dezembro de 1982, trabalhou como prof. de educação física na Escola Municipal Orlando Nigro (78/79), Coordenador da Formação Especial da DREC-1 (79/80), prof. da disciplina práticas agrícolas na Escola Estadia João Briene de Camargo (80/82), em Cuiabá procurador da Prefeitura Municipal de Paranatinga-MT (80/82).

De fevereiro de 1982 a dezembro de 1986, trabalhou com extencionista rural na Emater-MT, pertencendo a equipe do Provárzeas.

Em janeiro de 1987, iniciou o Curso de Especialização em Irrigação e Drenagem na Escola Superior da Agricultura de Lavras-MG, concluindo-o em dezembro de 1987.

De janeiro de 1988 a dezembro de 1993, foi supervisor local da Empaer-MT, atuando na elaboração de projetos de irrigação e drenagem em Paranatinga-MT.

Em 28 de janeiro de 1994, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem na Universidade Federal de Lavras-MG.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
2.1 Importância e Característica do Feijoeiro	3
2.2 Características e Efeitos das Gotas Sobre a Superfície do Solo e a Planta	10
2.3 Caracterização das Gotas quanto ao Tamanho e a Sensibilidade dos Plantios	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>28</b>
3.1 Aspectos Gerais	28
3.2 Fase 1: Avaliação das características operacionais do aspersor e teste para determinar o tamanho e distribuição de gotas	29
3.3. Fase 2: Efeito do tamanho da gota no vingamento floral do feijoeiro	32
3.3.1 Caracterização, Instalação e Condução do Experimento	32
3.3.2 Tratamentos utilizados no experimento	33
3.3.3 Dados coletados	37

3.4. Análise dos dados	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>39</b>
4.1 Características Químicas e Físico-hídricas do solo	39
4.2 Resultados obtidos do diâmetro de gotas e energia cinética	40
4.3 Efeito do diâmetro de gota no vingamento floral do feijoeiro	41
4.3.1 Florescimento e frutificação	46
4.3.2 Produtividade de grãos e seus componentes primários	52
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE</b>	<b>62</b>

## LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Número de dias da semeadura ao início do florescimento e deste até atingir a maturação, obtidos da avaliação de cultivares de feijão no período de outono-inverno de 1992 e seca/1993. Lavras/MG.	10
2 Classificação das gotas em função do índice de pulverização e tipos de culturas e de solos recomendados para cada situação.	21
3 Classificação da sensibilidade de algumas culturas quanto ao tipo de chuva caracterizada pelo grau de pulverização (GP).	22
4 Resumo das determinações do diâmetro médio de gotas (mm), velocidade de impacto das gotas (m/s), energia cinética (MJoule/mm.ha) e percentual do total da energia cinética do respectivo raio em relação ao diâmetro médio de gotas	41
5 Resumo da análise de variância da produção e o efeito de posição	43
6 Resumo das análises de variâncias para a produção de grãos (PG), número de flores abortada (NFA), número de vagens por planta (NVP), número de flor total (NFT), percentagem de abortamento (%A) e peso de 100 sementes (P)	44
7 Valores médios do número de flores abortadas por planta, número de flores por planta e percentagem de flores abortadas	47
8 Resultado do número de flores do feijoeiro abortadas em função dos	

tratamentos e da época de avaliação	48
9 Resultados de todas as variáveis avaliadas para os respectivos tratamentos e suas repetições	49
10 Valores médios do número de vagens por planta, peso de 100 sementes, número de grãos por vagens e produtividade, em função dos tratamentos	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Trajectoria balística de uma gota de água emitida por um aspersor.	25
2	Perfil de distribuição da precipitação do aspersor ZE-30D com bocais de 8,5 x 6,0 mm sob pressão de serviço de 200 kPa	30
3	Croquis da área, mostrando as disposições das tubulações e dos aspersores antes do início da floração	33
4	Representação esquemática do receptáculo de isolamento da parcela para retenção das flores e frutos caídos	35
5	Croquis da área, mostrando as disposições das tubulações, dos aspersores e das parcelas experimentais	36
6	Representação da curva de retenção de umidade no solo do experimento	40
7	Temperaturas média do ar ocorridas nos meses de julho e agosto de 1995 em Lavras-MG.	45
8	Vingamento de flores do feijoeiro em função dos diversos tratamentos	51
9	Representação Gráfica da equação de produção do feijoeiro em função do diâmetro de gotas	52

## RESUMO

LIMA, João Bosco de. **Queda de flores do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a diferentes tamanhos de gotas produzidas pela aspersão convencional.** Lavras: UFLA, 1996. 63p. (Dissertação - Mestrado em Irrigação e Drenagem).\*

Sabendo-se que a produtividade do feijoeiro é função do número de flores que a planta produz e da sua percentagem de vingamento, considerando-se também que alguns autores relacionam como desvantagens da aspersão os prejuízos causados à polinização e fixação de botões florais, devido ao impacto das gotas que caem sobre a vegetação e considerando-se ainda que os trabalhos realizados nesta área têm visado principalmente os efeitos desse impacto sobre a superfície do solo, é que se propôs o presente trabalho. O objetivo foi avaliar o efeito do impacto das gotas sobre a flor e fruto do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), irrigado por aspersão convencional. Para isto, conduziu-se um experimento na Universidade Federal de Lavras-UFLA, utilizando-se o aspersor ZE - 30D com bocais de 6,0 x 8,5 mm e pressão de serviço de 200 kPa, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram estabelecidos em função da energia cinética das gotas que atingiram parcelas

---

\* Orientador: Prof. Dr. Manoel Alves de Faria. Membros da banca: Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira, Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade

distribuídas nos raios de alcance de 5m, 7m, 9m, 13m e 15m, além das parcelas testemunhas que foram conduzidas mantendo-se a mesma variação de umidade, porém irrigadas por gotejamento. O delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, proporcionando uma análise de variância do tipo entre e dentro do tratamento. Dentro do raio de alcance dos aspersores foram alocados aleatoriamente 04 parcelas de dimensões de 1x0,5x0,7 m, protegidas lateralmente com telas e irrigadas sempre que a tensão da água no solo atingia 0,05 MPa. A contagem da queda de flores e / ou frutos foi realizada diariamente a partir do início do florescimento até 15 dias antes da colheita. Após a colheita, avaliou-se também os componentes primários de produção (peso de 100 sementes, % de vingamento de flores e vagens, produtividade, número de sementes por vagens e número de vagens por planta). Embora o diâmetro médio e a energia cinética das gotas tenham sido crescentes ao longo do raio do aspersor, não foram observados efeitos significativos dessas características sobre a queda de flores e nem sobre os componentes primários do rendimento de grãos do feijoeiro.

## **SUMMARY**

### **FALL OF THE BEAN PLANT ( *Phaseolus vulgaris* L.) FLOWERS SUBMITTED TO DIFFERENT SIZES OF DROPS PRODUCED BY CONVENTIONAL SPRINKLE**

Knowing that the yield of the bean plant is function of the flower number that the plant produces and of its percentagem of development, taking into account that some authors regard as drawbacks of sprinkling, the damages caused to pollination and fixation of flower buds, due to the impact of the drops which fall upon vegetation and considering still that works conducted in this area have aimed mainly the effects of this impact on the soil surface, this work was proposed. The objective was to evaluate the effect of the impact of drops on both flower and fruit of the bean ( *Phaseolus vulgaris* L.), irrigated by conventional sprinkling, an experiment was conducted at the Universidade Federal de Lavras - UFLA, using ZE - 30D sprinkler with nozzles of 6,0 x 8,5 mm and operating pressure of 200 kPa and the six treatments with four replications were established in terms of the kinetical energy of the drops which reached plots allocated in the range of 5m, 7m, 9m, 13m and 15m, in addition to the checks which, were conducted by keeping the same range of humidity, but sprinkler - irrigated. The completely randomized

design was utilized, providing an analysis with variance of the type among and within treatment. Within the range of the sprinklers, 04 plots of sizes of 1m by 0,5m and 0,7m of control depth, protected laterally with screens and irrigated whenever the water tension reached 0,05 MPa were allocated randomly count of the fall of flowers and/ or fruits was performed daily from the beginning of flowering till 15 days before harvest, obtaining also the primary components of production: (weight of 100 seeds, the % of flower and pod development and yield, number of seeds per pod and number of pods per plant). Although, the average diameter and kinetical energy of drops have been growing along the range of the sprinkler, no significant effects for these characteristics on the flower fall and or on the primary components of the yield or bean plant grains.

## 1 - INTRODUÇÃO

O cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) irrigado, tem adquirido maior importância na agricultura nacional, permitindo ampliação da área cultivada, principalmente no plantio de inverno. Isto, além de favorecer a exploração mais intensiva da área, permite produzir em época de maior demanda do produto e de baixa incidência de doenças e pragas específicas desta cultura; permitindo assim, maior retorno econômico aos agricultores.

Cinco países se destacam na produção dessa leguminosa: Índia, Brasil, China, Estados Unidos e México. O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor de feijão do mundo, sendo suplantado apenas pela Índia, tanto em produção, quanto em área cultivada. Entretanto, em termos de produtividade, o Brasil ocupa o quarto lugar, com média inferior a média mundial (Moura, Paiva e Resende, 1994).

Em geral, o volume de produção colocado à disposição do consumo interno não tem sido regular, principalmente devido à baixa produtividade ocasionada pelo baixo uso de tecnologias modernas e devido a fatores climáticos desfavoráveis à cultura na semeadura das águas. Esta situação é mais agravante a nível de pequena

propriedade, geralmente com exploração de subsistência, onde se concentra o maior número de produtores daquela leguminosa.

Resultados apresentados pela pesquisa e até pela vivência dos agricultores, têm mostrado que a irrigação é uma técnica que, associada a outras práticas culturais tais como uso de variedades mais apropriadas para irrigação, preparo adequado de solo, calagem e adubação, densidade adequada de plantio e rotação de culturas, entre outras, tem permitido a elevação da produtividade do feijoeiro de um patamar médio de 0,505 t/ha para 2,5 t/ha (Moura, Paiva e Resende, 1994).

Segundo Caixeta, Vieira e Bartholo (1981) e Chagas (1994), rendimentos da ordem de 1,5 a 2,5 t/ha são facilmente obtidos no plantio de inverno. Também Teixeira et al. (1978) e Almeida et al. (1990) afirmam que este plantio é economicamente viável quando irrigado por aspersão.

Sabendo-se que a produtividade do feijoeiro é função do número de flores que a planta produz e da sua percentagem de vingamento e considerando-se também que alguns autores relacionam como desvantagens da aspersão os prejuízos causados à polinização e fixação de botões florais, pelo impacto das gotas que caem sobre a vegetação e considerando-se ainda que os trabalhos realizados nesta área têm visado principalmente os efeitos desse impacto sobre a superfície do solo, é que se propôs o presente trabalho. O objetivo foi avaliar o efeito da energia cinética das gotas produzidas por aspersores de média pressão sobre a flor e fruto do feijoeiro, visto que, segundo a literatura revisada, o tamanho das gotas produzidas por estes aspersores é maior que o das gotas das precipitações naturais.

## **2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - Importância e Características do Feijoeiro**

Segundo diversos autores o feijão é originário da América do Sul, onde os indígenas efetuavam o seu cultivo ao lado do milho e da mandioca. A produção nacional do feijão, em 1991, atingiu 2,75 milhões de toneladas, sendo superior ao montante obtido nos dois anos anteriores. O mesmo ocorreu em termos da área colhida e do rendimento médio obtido, tendo a área crescida em 5% e rendimento médio em 13,5%.

No Brasil, o crescente plantio do feijão de terceira safra, o denominado feijão de outono-inverno, com o uso da irrigação por aspersão, tanto nas áreas tradicionalmente produtoras, como em outras potencialmente aptas, têm contribuído para incrementar a cultura, principalmente em termos de produtividade e minimizando os riscos climáticos (Moura, Paiva e Resende, 1994). A produtividade necessária da cultura do feijão, para o aproveitamento econômico da irrigação por aspersão, é segundo Teixeira et al (1978), de 1,5 t/ha. Outras estimativas foram apresentadas por Almeida et al. (1990), que calcularam em 1,039 t/ha a produtividade mínima necessária para cobrir os custos de produção do feijoeiro irrigado.

Além disso, o feijão é um dos produtos agrícolas de maior expressão econômica e social, constituindo-se juntamente com o arroz, a base da alimentação do povo brasileiro. Este fato coloca a cultura do feijão entre as prioritárias a serem pesquisadas, na busca de alternativas que resultem na melhoria da produtividade e redução do custo de produção.

O sistema radicular do feijão é classificado como pivotante, com grande concentração próxima a superfície. Estima-se que 75 a 87 % das raízes estão na profundidade de até 20 cm do solo, tornando o feijoeiro muito sensível a umidades extremas. Quando falta umidade, fica difícil a retirada de água das camadas mais profundas do solo, enquanto que o excesso de umidade reduz o crescimento pela baixa aeração do solo e contribui para o desenvolvimento de fungos, causadores de doenças (Ramalho e Andrade, 1995).

O plantio de inverno do feijoeiro o coloca em condições climáticas e microclimáticas diferentes, em relação aos plantios nas épocas tradicionais. A adoção de práticas que estimulem o desenvolvimento radicular, como a aração profunda, adubação em profundidade abaixo das sementes, calagem periódica e controle de plantas daninhas, é necessária, principalmente quando se busca melhores rendimentos.

Esta leguminosa apresenta crescimento determinado e indeterminado. Quando o crescimento é determinado, a haste principal termina em uma inflorescência, após cinco a oito entrenós. Neste tipo de planta, o crescimento cessa quando se inicia o florescimento, e as plantas são mais arbustivas, com folhagens e grãos grandes. O florescimento inicia-se de cima para baixo. Já as plantas de crescimento indeterminado apresentam maior crescimento, que não cessa por ocasião do início do florescimento. Ao contrário das de crescimento determinado, o floresci-

mento inicia-se de baixo para cima. A maioria das cultivares de feijão possui esse tipo de crescimento.

Quanto ao hábito de crescimento, as cultivares de feijão são classificadas em quatro tipos:

- Tipo I. crescimento determinado, precoce, ramos eretos e inflorescência terminal;

- Tipo II. crescimento indeterminado, entrenós curtos e guias curtas, com pequena capacidade de soltar cipós;

- Tipo III. crescimento indeterminado, entrenós mais longos que o anterior, guias longas com capacidade simitrepadora e prostrado;

- Tipo IV. crescimento indeterminado, mais tardios que os anteriores, entrenós longos, muito ramificado e volúvel, o que torna necessário a utilização de suporte para sustentação da planta.

Segundo Ramalho e Andrade (1995), no feijoeiro são encontrados dois tipos de folhas: as primárias e as trifolioladas. As primárias inserem-se no segundo nó do caule, logo após o nó cotiledonar e são opostas. As trifolioladas são constituídas de um folíolo central e dois laterais, com formas bem diferenciadas entre cultivares. Afirmam também que as folhagens estão acima das necessidades da planta, implicando em baixa eficiência fisiológica, pois inúmeras folhas não realizam fotossíntese durante grande parte da vida da planta; por estarem sombreadas.

A disponibilidade de água à planta do feijoeiro constitui um dos fatores preponderantes, na produção final da planta. Os estudos de Kattan e Fleming (1956), mostraram que o efeito da irrigação em estágios específicos de desenvolvimento e o consumo de água na cultura de feijão aumentam com a idade das plantas. Na fase de floração, a necessidade era bem maior e as maiores produções sempre foram

obtidas quando a umidade do solo era mantida na capacidade de campo. O efeito dos déficit de água em diferentes estádios do desenvolvimento e do crescimento das culturas, geralmente tem sido estudado empiricamente (até nesta data 1965). Os trabalhos nesta área específica, observaram resposta diferencial para água em vários estádios do desenvolvimento das mesmas, embora não acontecendo o mesmo para a maioria das plantas cultivadas.

Existe considerável evidência de que muitos processos que determinam a produtividade das culturas, são especificamente sensíveis aos déficits de água no período de iniciação floral, durante a floração e mais raramente em menor número de espécies, durante o desenvolvimento do fruto e semente (Purcino e Lima, 1978). Segundo Finkel (1982), a deficiência de umidade é mais prejudicial durante o período de florescimento, porque favorece o aparecimento de moléstias, com reflexos na redução da produtividade.

Os estudos disponíveis na literatura, evidenciam o papel importante da água no crescimento das partes aéreas e subterrâneas da planta e indicam que tanto o excesso de água, como a escassez, podem prejudicar o desenvolvimento das plantas de feijão. Quando a água não é limitada, o crescimento das partes aéreas e subterrâneas é bem maior e a expansão foliar pode ter uma relação linear com a temperatura (Dale, 1965; Williams e Biddiscombe, 1965 e Bull, 1968).

Segundo Portes (1988), o feijoeiro tem habilidade de produzir apreciável quantidade de flores, bem superior a quantidade de vagens fixadas. A diferença entre a quantidade de flores produzidas e a quantidade final de vagens maduras, representa a percentagem de flores e vagens pequenas (menor de 2,0 cm) abortadas (f), que pode ser calculada pela equação:

$$f = ( (F-V)/ F ) \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

em que            f : percentagem de flores abortadas;  
                       F : número de flores abertas;  
                       V : número de vagens maduras.

Binkley (1932) verificou que a percentagem de flores e vagens que caíram do feijoeiro variava de 44 a 76%, mostrando assim que grande parte do potencial produtivo desta planta era perdido. Smith e Pryor (1962), verificaram que a percentagem de vingamento floral do feijoeiro variou de 27,79 a 31,85% e que as primeiras flores apresentavam maior vingamento. O aproveitamento das características fisiológicas do feijão (eficiência hídrica, nutricional, fotossintética), tem sido um desafio para a pesquisa e atualmente se busca através de cruzamentos entre variedades, ampliar a margem de vingamento de flores, visando melhoria da produtividade.

Reis (1984), buscando determinar o número de flores produzidas por planta do feijoeiro, utilizou-se da metodologia proposta por Isquardo e Horsfield (1981) que, em síntese, consiste na coleta das flores caídas através de um anteparo construído com tela de nylon. A aplicação desta metodologia mostrou-se muito menos trabalhosa e também viável no caso do feijoeiro consorciado com milho.

Esta percentagem de abortamento natural é alta, conforme Mariot (1976), Subhabrabandhu, Adms e Reicosky (1978) e Silveira, Castro e Stone (1980), tendo estes últimos autores encontrado, para as cultivares Timbó e Rio Tibagi, abortamento de 71,76%. No mesmo experimento, estes últimos pesquisadores marcaram

e contaram diariamente as flores abertas e computaram na colheita as vagens maduras, obtendo o padrão de floração e de retenção de vagens.

Observa-se maior percentagem de vingamento de vagens nos primeiros dias de florescimento, onde o número de flores que vingam é maior do que o número abortado. Esta percentagem vai gradualmente diminuindo, e por volta da metade do período de floração para o final, o número de flores abortadas é superior ao número que vingam, sendo as últimas abortadas na quase totalidade, raramente produzindo algumas vagens.

Segundo Ramalho e Ferreira (1979), o rendimento em sementes de uma planta de feijão, em condições normais de produção, é determinado basicamente pelo número de flores que a planta produz, pela percentagem daquelas que vingam em vagens e pelo tamanho das sementes. Dentre os componentes da produção do feijoeiro, o que assume maior importância é o número de vagens por planta, o qual está diretamente relacionado ao número de flores produzidas e à percentagem do vingamento de flores e frutos, que são caracteres intrínsecos do genótipo e das condições de cultivo.

Vários fatores têm sido atribuído ao pequeno vingamento de flores e de frutos no feijoeiro, tais como condições de umidade do solo abaixo da capacidade de campo, temperaturas muito extremas, baixa umidade relativa do ar, deficiência nutricional e condições fotoperiódicas (Cordner, 1933; Wolf, 1942 e Davis, 1945; Dale, 1964).

Altas temperaturas por ocasião do florescimento podem provocar redução do vingamento de flores, além de reduzir sensivelmente o tamanho do fruto e causar sérios prejuízos à produção (Mack e Singh, 1969).

Gage (1978), estudando o comportamento floral do feijoeiro verificou que o período de florescimento pode ser dividido em duas fases, em relação a produção de flores. Na primeira fase, o florescimento não depende do desenvolvimento dos frutos, ao passo que na segunda, o desenvolvimento dos frutos exerce interferência na produção de flores. Esta suposição parece lógica, admitindo-se que na primeira fase do florescimento, os frutos exibem menor desenvolvimento e conseqüentemente menor assimilação de metabólitos. Já na segunda fase, praticamente todo metabolismo da planta é carregado para os frutos em desenvolvimento, em detrimento da produção de flores.

Segundo Ramalho e Ferreira (1979), o período floral é inferior a 30 dias, sendo a provável razão da grande oscilação da produção de feijão. A subministração de qualquer dos fatores neste período, afetará diretamente o vingamento floral e, em conseqüência, à produção. O início do florescimento ocorre com 35 a 50 dias da sementeira e varia principalmente em função da temperatura. A sua duração é curta, e o pleno florescimento normalmente ocorre em um período de 7 dias, quando 90% das flores são emitidas. O número de flores é muito maior que o número de vagens (estima-se que apenas 30% das flores vingam e se transformam em vagens). É importante salientar ainda que as primeiras flores são as que mais contribuem para a produtividade (Ramalho e Andrade, 1995). A percentagem de vingamento floral nas cultivares Carioca, Jalo, Rico-23 e ESAI-1, foi estudada por Ramalho e Ferreira (1979), foi muito pequena, cerca de 28% em média, mostrando que apenas uma pequena parte do potencial produtivo de uma planta de feijão é aproveitada. Para aquelas cultivares, mais de 90% das flores ocorreram num período de 10 dias e o vingamento floral foi muito maior no início do florescimento.

Martins et. al. (1994), obtiveram dados relacionados no florescimento de algumas cultivares de feijão em Lavras, em duas época de semeadura conforme mostrado no Quadro 1. Observa-se que o início do florescimento variou com a cultivar e a época de semeadura, e que na semeadura do outono-inverno ela foi muito mais demorada.

QUADRO 1: Número de dias da semeadura ao início do florescimento e deste até atingir a maturação, obtidos da avaliação de cultivares de feijão no período de outono-inverno/ 1992 e seca/1993. Lavras/MG. <sup>1</sup>

Cultivares	Nº dias para o florescimento			Nº dias após o florescimento para atingir a maturação		
	Outono inverno (julho)	...Seca .. (fevereiro)	Média	Outono - inverno	Seca	Média
Preto	49	33	41	48	43	45,5
ESAL 683	63	44	53	43	56	49.5
Cai-folha	56	36	46	48	47	47.0
Ouro	60	42	51	54	45	49.5
Milionário	61	42	51	47	51	50.0
Carioca-MG.	60	44	52	49	47	47.1
ESAL-684	63	44	53	45	52	48.4
Carioca	64	44	44	41	48	44.4
ESAL-850	56	40	48	39	45	41.8
<b>Média</b>	<b>59</b>	<b>41</b>	<b>50</b>	<b>46</b>	<b>48</b>	<b>47</b>

<sup>1</sup>Martins et. al. (1994).

## 2.2 - Características e Efeitos das Gotas Sobre a Superfície do Solo e a Planta

Segundo Tucci (1993), as gotas de chuvas naturais têm diâmetros médios de 0,5 a 2,0 mm, com valores máximo de 5,0 a 5,5 mm. Quando uma gota cresce até atingir um diâmetro de 7,0 mm, sua velocidade de queda alcança 9,0 m/s. A uma

velocidade tão alta, a gota se deforma e subdivide-se em gotas menores, devido à resistência do ar. Para as gotas de água se precipitarem, é necessário que tenham um volume tal que seu peso seja superior às forças que as mantêm em suspensão, adquirindo então, uma velocidade de queda superior às dos componentes verticais ascendentes dos movimentos atmosféricos.

O mesmo autor afirma que a origem das precipitações está intimamente ligada ao crescimento das gotículas das nuvens. Na formação do núcleo de condensação estão presentes partículas minúsculas (diâmetro de 0,01 a 1 micron) de várias origens, quais sejam argilosa, orgânicas (polém), químicas e sais marinhos. Sobre essas partículas se realiza com facilidade a condensação do vapor atmosférico, formando o núcleo de condensação. Observa-se que o ar úmido sobe e atinge o nível de saturação, as gotículas de água que se formam não têm tendência de se unirem entre si, sem a presença dos núcleos de condensação.

Segundo Schwab et al. (1966), a precipitação de gotas d'água pode ser classificada como chuvisco de chuva. O chuvisco, também conhecido como garoa, consiste na precipitação uniforme, com gotas menores que 0,5 mm de diâmetro. A chuva é geralmente constituída de gotas maiores, não necessariamente esféricas. Durante a queda, a forma esférica das gotas é deformada graças à resistência do ar. Esses mesmos autores mencionam que as características das gotas são importantes, já que afetam diretamente a erosão do solo.

Por sua vez, Alfani, citado por Garcia (1986), argumenta que nas precipitações naturais as gotas produzidas variam de 0,5 a 1,0 mm de diâmetro, e que somente nas tempestades é que são observadas gotas com diâmetro superiores a 3,0 mm.

Russel, citado por Almeida (1981), apresentou dados que mostram que aumentando 4,5 vezes o diâmetro da gota de chuva, a velocidade final aumenta 2,4 vezes, enquanto a energia cinética aumenta cerca de 500 vezes.

No sistema de irrigação por aspersão, a água é aplicada sobre a cultura na forma de chuva artificial. Neste sistema o jato líquido, ao passar sob pressão pelo bocal do aspersor, adquire grande velocidade e quando choca-se com o ar pulveriza-se, formando gotas (Faria e Vieira, 1986). De acordo com Alfani, citado por Garcia (1986), nestas precipitações artificiais, observa-se que no terço final do raio de alcance dos aspersores, os diâmetros de gotas facilmente superam 4,0 mm e que, quanto maior for a altura e a distância percorrida pelo jato de água, maiores serão os danos causados ao solo. Observações idênticas foram verificadas por Keller (1984), constatando que as gotas provenientes de aspersores variaram de 0,5 a 5,0 mm de diâmetro, com velocidades terminais para o maior diâmetro de 22,0 m/s e altura de queda variando de 3,0 a 6,0 m, respectivamente.

A evidência da influência das gotas, quer sejam provenientes de precipitações naturais (chuva) ou de irrigações por aspersão, sobre as condições superficiais do solo e plantas nos diversos estádios do desenvolvimento, tem sido observada, com efeitos adversos, podendo causar danos significativos (Scaloppi, 1986).

A comparação de gotas precipitadas naturalmente ou artificialmente como miniatura de bombas, é defendida por Bertoni e Lombardi (1990), pois ao caírem no solo rompem grânulos e torrões, reduzindo-os a partículas menores que, com a continuidade da precipitação, se desprendem; finalmente, imprimem energia, em forma de turbulência à água superficial, resultando no transporte por salpicamento para local que será definido principalmente pela topografia do solo e de acordo com a cobertura vegetal, a qual está sujeito o mesmo, constituindo a principal causa do

processo erosivo do solo. Logicamente, em solo com cobertura vegetal, há transferência de parte do efeito prejudicial ao solo para a cultura, principalmente nas fases iniciais do ciclo.

Vories e von Bernuth (1984), afirmam que a partir do momento da formação da gota, ela pode ser tratada como projétil individual lançado, estando sujeita a uma força de arrastamento aerodinâmica que atua ao longo do vetor velocidade, porém em sentido oposto.

Keller (1984), determinou velocidades finais de gota de diversos diâmetros, caindo em trajetória vertical. Entretanto, as gotas emitidas pelo bocal do aspersor, possuem uma trajetória complexa e dependente de diversos fatores (pressão de serviço, ângulo e altura do aspersor). Há também a interferência do mecanismo que imprime o movimento giratório no aspersor, que poderá resultar na formação de gotas com trajetórias diferentes das produzidas pelos bocais.

O impacto no solo das gotas maiores provenientes dos aspersores, provoca a compactação da crosta superficial, com conseqüente redução da velocidade de infiltração e ampliação do risco de erosão e encharcamento. Este fenômeno se produz de forma mais intensa em solos argilosos, nos quais, há o surgimento de uma crosta compacta. Em sentido oposto, uma pulverização demasiadamente fina, resulta em pequenas perdas por evaporação da água precipitada, sendo as gotas arrastadas pelo vento, reduzindo assim, a uniformidade de distribuição de água.

O dano produzido pelo impacto das gotas é tanto temível quanto maior o seu tamanho. De acordo com Finkel (1982), a combinação de pressão e diâmetro de bocal, determina a formação do tamanho de gotas ideal e sua distribuição sobre a área molhada. Fixando-se o diâmetro do bocal, o aumento da pressão provoca acréscimo da velocidade do jato e maior velocidade relativa entre a água e o ar, re-

sultando em número maior de gotas pequenas. Por outro lado, fixando-se a pressão, um aumento do diâmetro do bocal reduz a velocidade, ocasionando gotas maiores. Na ausência do vento, as gotas grandes caem mais distantes, enquanto as gotas pequenas, possuindo maior área específica, sofrem maior resistência do ar e, por isso, caem próximo do aspersor.

Khol (1974), estudando o efeito do tamanho do bocal na formação da gota, verificou que ele foi menor que o efeito da pressão, considerando um aspersor de média pressão. Segundo o autor, um decréscimo no diâmetro do bocal reduz o tamanho médio das gotas, mas um acréscimo na pressão tem muito mais influência na redução do tamanho das gotas cujo diâmetro médio decresce de forma aproximadamente linear à medida que a pressão aumenta.

Na formação de gotas provenientes dos aspersores, o processo é de natureza complexa e ainda não totalmente entendido. O jato de água que sai dos bocais entra em contato com atmosfera, divide-se em gotas devido à ocorrência de uma perturbação na forma inicial desse jato, onde três fatores atuam de forma mútua: a resistência oferecida pelo ar ao movimento do jato de água, a não limitação pela parede do bocal de pequenos turbilhonamentos (“eddies”) formado próximo a esta parede e a própria turbulência do movimento da água

Rouse et al., citados por Khol (1974), afirmam que os pequenos turbilhonamentos (“eddies”) são responsáveis pela expansão lateral da seção transversal do jato d’água, após sua saída pelo bocal, formando na periferia do jato, uma mistura de ar com gotas de água dispersas. Estas gotas, sujeitas à resistência do ar, perdem velocidade e caem sobre o solo. A parte central do jato d’água é continuamente desintegrada até que se formem as últimas gotas. Desta maneira, o jato parece desaparecer no ar. A água que desvia do jato principal para a periferia, está sujeita a

um diferencial de velocidade relativo ao ar circundante, crescente na mesma direção.

Merrigtons e Richardson, citados por Khol (1974), mostraram que o diâmetro de gotas formadas pela desintegração do jato é inversamente proporcional à velocidade relativa do ar circundante ao jato. Desta forma, a água próxima à periferia do jato resultará em gotas pequenas, enquanto a água mais ao centro do jato, com menor velocidade relativa do ar circundante, produzirá gotas maiores.

Pela ação da resistência do ar, gotas pequenas perdem velocidade mais facilmente que as maiores e tendem a cair mais próximas do bocal. Assim, o tamanho médio de gotas aumenta do aspersor para a periferia do raio molhado por este.

Bernouth e Gilley (1984) consideram, além da desintegração do jato, a ação do braço defletor como mais uma forma de produção de gotas nos aspersores de impacto. Segundo os autores, as gotas podem se originar tanto no momento em que o jato toca o braço, quanto após o seu retorno, devido a ação de pesos ou molas. Matura (1983), cita que Bernouth constatou a ocorrência de gotas grandes próximas ao aspersor, produzidas pela interferência do braço defletor.

Segundo Salmon, Kincaid e Bezedek (1985), os tamanhos de gotas de água provenientes de aspersores atuam sobre importantes fatores no estudo da irrigação por aspersão, incluindo perdas por evaporação durante a irrigação, deriva de água e distorção do plano de distribuição pelo vento e redução da taxa de infiltração de água no solo.

O potencial de ocorrência de perdas por evaporação durante a irrigação e deriva de água pelo vento, é maior em precipitações formadas por gotas de menor tamanho. Ollita (1977) ressalta que a combinação ideal entre a pressão de serviço e o diâmetro de bocal, resultará na distribuição correta da água ao longo do raio de

alcance do aspersor, tendo as gotas tamanhos adequados, em relação ao tipo de solo, planta, e alcance do jato. Quando as gotas são maiores de 4,0 mm de diâmetro, tendem a prejudicar as folhas delicadas das plantas e formar incrustações na superfície do solo argiloso, enquanto gotas de diâmetro abaixo de 1,0 mm são levadas pelo vento.

Christiansen (1942) também argumenta que é importante estabelecer a pressão ideal de funcionamento do aspersor, para possibilitar melhor distribuição de água pois caindo a pressão, a velocidade de saída da água diminui e a resistência do ar não é suficiente para dividi-la em pequenas gotas, na forma de chuva. O jato pode ficar com alcance ligeiramente maior do que o calculado e cair pesadamente no solo, ficando a parte intermediária do terreno mal irrigado. Esse defeito é de certa forma comum em equipamento mal utilizado, quando o conjunto moto-bomba pode não fornecer a potência necessária à pressão de serviço exigida. Elevando a pressão acima do calculado, ocorre o inverso: o jato adquire alta velocidade, encontra grande resistência do ar e cai em forma de chuva finíssima, mais nas proximidades do aspersor, ficando o extremo do círculo mal irrigado.

Garcia (1986) afirma que a impermeabilização da camada superficial, causada pelo impacto de gotas, além de impedir a infiltração da água no solo, reduz a aeração do solo, que refletirá negativamente no desenvolvimento da planta.

Bubenzer e Jones (1971), trabalhando com simuladores de chuva, relataram que uma única chuva pode desprender mais de 200 toneladas de solo por ha e que as partículas do solo podem ser deslocadas a uma altura de 1,0 m e cobrir um raio de 1,5 m, principalmente quando a chuva for intensa, em terreno recém cultivado.

Informações mais recentes demonstram que o teor de argila dispersa em água de amostras retiradas de uma camada superficial, com espessura de 5 mm,

aumentou em aproximadamente 70% do início para o final do raio molhado pelo aspersor, conseqüentemente facilitando o transporte através do gradiente do solo (Vilela 1995). O mesmo autor constatou no comportamento do salpicamento em três irrigações, o aumento crescente do salpicamento quando se repetia a operação. Este fato provavelmente está relacionado com a pulverização das partículas maiores e superficiais do solo pela ação das gotas de água, transformando-as em partículas de menor tamanho, com menor peso e, desta maneira, facilitando seu deslocamento por gotas subsequentes durante a mesma, ou nas próximas irrigações.

Scaloppi (1986) argumenta que entre as desvantagens da irrigação por aspersão estão os prejuízos causados à polinização e fixação de botões florais e até mesmo frutos em início de desenvolvimento, em função do impacto das gotas que caem sobre a vegetação.

### **2.3 - Caracterização das Gotas quanto ao Tamanho e a Sensibilidade dos Plantios**

Uma das maneiras de analisar o poder erosivo de chuvas naturais ou artificiais, bem como a influência do vento na deriva de água em sistema de irrigação por aspersão, é por meio do estudo da distribuição de gotas por tamanho, obtida da chuva considerada, e posterior determinação do diâmetro médio das gotas. Existem várias metodologias de aferição do tamanho de gotas, sendo o método da farinha o mais utilizado, devido as vantagens de execução e custo baixo. Segundo Carter et. al. (1974) esse método foi introduzido por Bently em 1904 e tem sido utilizado de forma ampla, com modificações por pesquisadores como Eigel e Moore

(1983). O método é simples e prático, não necessitando de equipamentos sofisticados, razão pela qual é muito utilizado. Consiste basicamente em expor à precipitação, bandejas de áreas conhecidas, contendo uma camada de farinha de trigo, peneirada, seca e não compacta. As gotas em contato com a farinha produzirão grânulos que em seguida serão secos ao ar e, posteriormente secos em estufa a uma temperatura de 105 - 110°, por um período de 24 horas. Com uma curva de calibração, determinada previamente sob mesmas condições e para vários tamanhos de gotas produzidas em laboratório, determina-se o diâmetro da gota, considerando-as estas com forma esférica, em função da massa do grânulo (Vilela, 1995).

Carvalho (1991) e Mergulhão (1992) utilizaram técnicas semelhantes: as bandejas, após exposição à precipitação, eram colocadas para secar ao ar livre por um período de 5 horas, separando-se posteriormente os grânulos formados com uma peneira de número 50 da classificação "U. S. Standard". Na etapa seguinte, os grânulos eram submetidos a uma secagem em estufa a 105 - 110° C, por um período de 24 horas. Após secagem, os grânulos eram separados e classificados de acordo com o tamanho médio, utilizando-se um conjunto de 11 peneiras "U. S. Standard" de números 4, 5, 7, 10, 12, 16, 18, 20, 30, 35 e 40. Os grânulos retidos em cada peneira eram pesados e contados. O diâmetro das gotas relativo a cada peneira foi obtido com a seguinte equação, determinada previamente em laboratório por Oliveira (1991), valendo para gotas de diâmetro de 0.5 a 7.2 mm:

$$D = 1,257 \cdot M^{0,353} \dots\dots\dots (2)$$

em que:

D : diâmetro de gotas (mm);

M : massa do grânulo (mg).

O volume de água precipitado em cada posição foi calculado a partir do número de gotas e seus respectivos volumes.

Carter et al. (1974) utilizaram tubos de vidro para a formação de gotas grandes. Verificaram também que uma fina camada de parafina sobre as pontas de agulhas era suficiente para reduzir a adesão da água a estas, facilitando a formação de gotas pequenas. Com a utilização de técnicas de vibração, foi alcançado a formação de gotas dentro da faixa que vai de 6,0 mm de diâmetro, para as gotas grande e abaixo de 0,4 mm de diâmetro para as gotas menores. No mesmo trabalho, os autores verificaram que a velocidade da queda, teve pequena influência na curva de calibração.

Através do procedimento de regressão não linear do SAS (PROCNLIN), Vilela (1995) ajustou uma equação potencial correlacionando peso unitário de grânulo e diâmetro de gota. A equação obtida para diâmetros de gotas variando de 1,19 a 7,17 mm foi a seguinte:

$$D = 1,140333 * P^{0,349642} \quad (r^2 = 99,74) \quad \dots \quad (3)$$

em que:

D : diâmetro de gota (mm);

P : peso unitário de grânulo (mg).

Durante o teste de distribuição de gotas, Vilela (1995) verificou que o aspersor testado produzia gotas com menor diâmetro do que aquelas produzidas em laboratório, e que as gotas maiores não ultrapassavam 5,5 mm. Buscando um ajuste

mais perfeito da equação, principalmente para os menores diâmetros de gotas, fez uma nova regressão utilizando-se 1,19 e 5,5 mm de diâmetro como limites inferior e superior, respectivamente. A nova equação ajustada, foi a seguinte:

$$D = 1,087486 * P^{0,364412} \quad (r^2 = 99,86 \%) \quad \dots\dots\dots (4)$$

em que D e P possuem as mesmas unidades e denominações da equação 3.

O impacto das gotas grandes pode produzir, em alguns cultivos delicados, certos danos por efeito do próprio choque. Desta maneira, culturas com a mesma sensibilidade a tamanhos de gotas são agrupadas e estabelecidos valores mínimos de índice de pulverização e ou grau de pulverização, a que podem ser submetidas.

Segundo Garcia (1986), existem diversos índices que são utilizados para avaliar o grau de pulverização do jato de água proveniente da irrigação. Em termos de utilização, o mais conveniente tem sido o índice de pulverização Tanda, expresso pela Equação 5, que proporciona critérios de aplicação mais concretos, conforme apresentado no Quadro 2.

$$I_p = ( D/p ) \dots\dots\dots (5)$$

em que

$I_p$  : índice de pulverização Tanda;

D : diâmetro do bocal em mm;

p : pressão de serviço em m.c.a.

**QUADRO 2:** Classificação das gotas em função do índice de pulverização e tipos de culturas e de solos recomendados para cada situação.<sup>1</sup>

IP	Tipos de gotas	Culturas	Solos
< 0,3	Finas	Hortaliças, fumo, flor	Argilosos
0,3 a 0,5	Médias	Frutíferas, herbáceas extensivas	Francos
> 0,5	Grossas	Pastagem, capineiras	Arenosos

<sup>1</sup>Gomes (1994).

Um outro índice apresentado na literatura é o grau de pulverização d'água lançada pelo aspersor (GP), sendo o inverso do índice de pulverização, expresso pela equação 6, que é a relação entre a pressão de serviço do emissor (em m.c.a.) e o diâmetro de saída da água (em mm) :

$$GP = ( PS/DB ) \dots\dots\dots (6)$$

em que

GP : grau de pulverização do aspersor;

PS : pressão de serviço do aspersor em m.c.a;

DB : diâmetro do bocal do aspersor, em mm.

A recomendação do grau de pulverização do aspersor para algumas culturas é apresentada no Quadro 3.

**QUADRO 3** : Classificação da sensibilidade de algumas culturas quanto ao tipo de chuva caracterizada pelo grau de pulverização (GP).<sup>1</sup>

Culturas	Classificação	Tipo de chuva	Grado de pulverização
Pastagens	Insensíveis	Grossa	< 3.0
Forrageiras, cana etc.	Pouco sensíveis	Semi-grossa	3.1-5.0
Pomares	Moderadamente sensíveis	Semi fina	4.1-5.5
Feijão, flores, etc.	Sensíveis	Fina	5.1-6.0
Hortaliças delicadas	Muito sensíveis	Finíssima	>6,0

<sup>1</sup> Boletim de Produtos TIGRE (199-).

Uma proposta apresentada por Seginer (1965), para definição da força de resistência do ar às gotas é mostrada na equação 7:

$$Fr = m \cdot f \dots \dots \dots (7)$$

em que:

Fr = força de resistência do ar (N);

m : massa da gota (kg);

f : aceleração de arrastamento (m/s<sup>2</sup>).

O mesmo autor citado também propõe que a aceleração de arrastamento deva ser aproximada por:

[REDACTED]

$$f = C_n \cdot V^n \dots\dots\dots (8)$$

em que:

- n = expoente da velocidade;
- C<sub>n</sub> : coeficiente de arrastamento cuja dimensão depende do valor de n;
- V : velocidade de deslocamento da gota (m/s).

Green (1952) por sua vez avaliando a resistência oferecida pelo ar às gotas caindo em trajetória vertical, sugeriu que o valor de n fosse igual a unidade. Entretanto, Seginer (1965) observou que o valor de n igual a 2 apresentou melhor resultado que o valor unitário. Desta forma:

$$f = C_2 \cdot V^2 \dots\dots\dots (9)$$

em que:

C<sub>2</sub> = coeficiente de arrastamento ou de Seginer (m<sup>-1</sup>)

O autor propos ainda que o valor de C<sub>2</sub> deve ser estabelecido em função do coeficiente de arraste, assim:

$$C_2 = \frac{C_d \cdot \rho \cdot A}{2 \cdot m} \dots\dots\dots (10)$$

em que:

C<sub>d</sub> : coeficiente de arraste (adimensional);

$\rho$  : massa específica do ar ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$A$  : área de projeção da gota ( $\text{m}^2$ );

$m$  : massa da gota (kg).

Roberson e Crowe, citados por Stillmunkes e James (1982), propõem uma simplificação da equação 10, obedecendo as condições normais de temperatura e pressão (temperatura do ar  $20^\circ\text{C}$ , e pressão atmosférica 101 kPa), ou seja:

$$C_2 = \frac{C_d}{1,109.D} \dots\dots\dots (11)$$

em que

$D$  representa o diâmetro da gota em milímetro.

Hills, citado por Vilela (1995), obteve a seguinte equação para  $C_2$ :

$$C_2 = \frac{0,804 - 0,264.D + 0,066.D^2 - 0,004.D^3}{1,109.D} \dots\dots (12)$$

Baseado na teoria balística de uma gota d'água emitida por um aspersor, a trajetória das gotas pode ser dividida em dois tipos de movimento: ascendente e descendente. Além disso, a velocidade das gotas pode ser decomposta nas coordenadas cartesianas, conforme Figura 1.

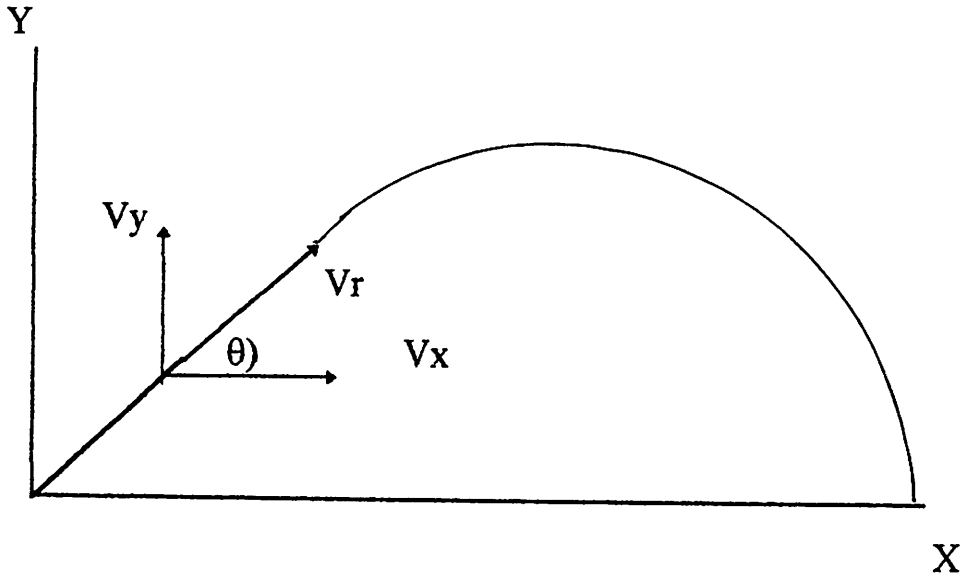


FIGURA 1. Trajetória balística de uma gota de água emitida por um aspersor.

Na decomposição das forças atuantes na trajetória de gotas emitidas por um aspersor,  $F_x$  corresponde à força na direção X, e é definido como a equação 13.

$$F_x = - C_2 \cdot V_r^2 \cdot \cos \theta \cdot m \quad \dots \dots \dots (13)$$

em que:  
no horizontal

$\theta$  : ângulo formado entre a trajetória da gota e o plano horizontal

$V_r$  : força na direção resultante

No entanto:

$$V_x = V_r \cdot \cos \theta \quad \dots \dots \dots (14)$$

então,

$$F_x = - C_2 \cdot V_r \cdot V_x \cdot m \dots\dots\dots (15)$$

A força na direção "X" pode ser escrita como:

$$F_x = m \frac{dV_x}{dt} \dots\dots\dots (16)$$

Desta maneira:

$$\frac{dV_x}{dt} = - C_2 \cdot V_r \cdot V_x \dots\dots\dots (17)$$

Na direção "Y", Hills, (citado por Vilela, 1995) considera que as forças atuantes sobre a gota são a resistência oferecida pelo ar e a gravidade. Assim,

$$F_y = - C_2 \cdot V_r^2 \cdot \text{sen } \theta \cdot m - m \cdot g \dots\dots\dots (18)$$

Semelhantemente ao que foi desenvolvido em relação à direção "X", tem-se:

$$\frac{dV_y}{dt} = - C_2 \cdot V_r \cdot V_y - g \dots\dots\dots (19)$$

No caso de movimento descendente, a equação 17 permanece a mesma e a equação 19, devido ao peso da gota estar atuando no sentido do movimento, se altera para :

$$\frac{dV_y}{dt} = -C_2 \cdot V_r \cdot V_y + g \quad \dots\dots\dots (20)$$

Para a obtenção da direção resultante, Bernuth e Gilley (1984), sugeriram a soma algébrica entre as componentes X e Y da velocidade:

$$\frac{dV_r}{dt} = -C_2 \cdot V_r \cdot (V_x + V_y) + g \quad \dots\dots\dots (21)$$

No caso de movimento ascendente, basta inverter a influência da aceleração da gravidade.

Em se tratando de soma vetorial, Lima, citado por Vilela (1995), propôs uma nova equação para a velocidade resultante:

$$\frac{dV_R}{dt} = \sqrt{C_2^2 \cdot V_r^4 \pm 2 \cdot C_2 \cdot V_r^2 \cdot \text{sen}\theta \cdot g + g^2} \quad \dots\dots\dots (22)$$

## **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 - Aspectos Gerais**

O presente trabalho foi realizado em duas fases distintas. A primeira foi executada no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, onde foi realizada a avaliação das características operacionais do aspersor e a determinação do tamanho e a distribuição de gotas. A segunda fase constou da execução do experimento de campo, em área localizada no Campus da Universidade Federal de Lavras, situada a uma altitude de 930 m, 21<sup>o</sup>14' latitude sul e 45<sup>o</sup>00' longitude oeste.

### **3.2 - Fase 1: Avaliação das características operacionais do aspersor e teste para determinação do tamanho e distribuição de gotas**

Para determinação das características operacionais do aspersor ZE-30D, realizou-se um teste com duração de 60 minutos, seguindo as recomendações da ABNT (NBR 8988/1985). Os resultados deste teste, usando bocais de 8,5 x 6,0 mm operando à pressão de serviço de 200 kPa, foram os seguintes:

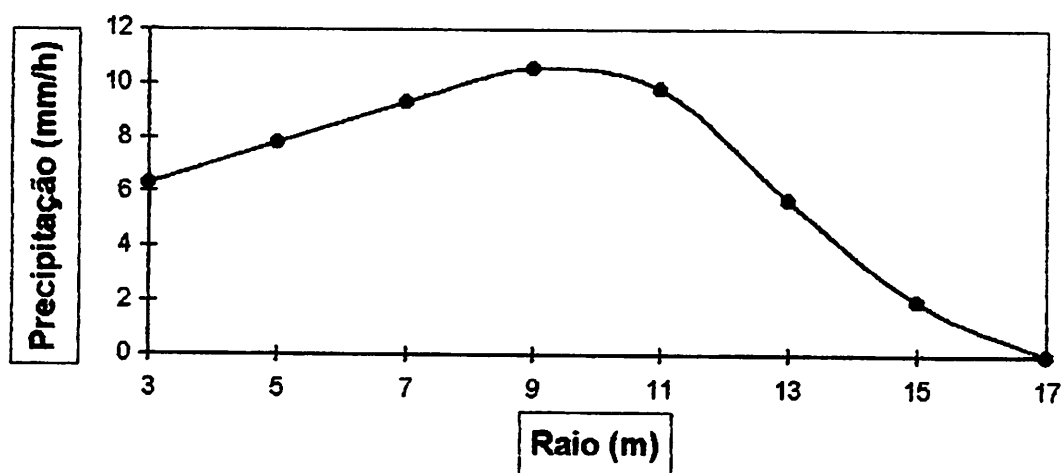
- a) vazão: 1,42 l/s;
- b) raio de alcance: 15,6 m;
- c) intensidade de aplicação:
  - raio de 3,0 m: 6,3 mm/h;
  - raio de 5,0 m: 7,8 mm/h;
  - raio de 7,0 m: 9,3 mm/h;
  - raio de 9,0 m: 10,56 mm/h;
  - raio de 11,0 m: 9,8 mm/h;
  - raio de 13,0 m: 5,7 mm/h;
  - raio de 15,0 m: 2,0 mm/h;
- d) velocidade de rotação: 0,75 rpm;

As intensidades de precipitação, em função do raio molhado do aspersor, foram obtidas a partir da média das duas linhas transversais sobrepostas e os dados são apresentados também na Figura 2. Com base em análise efetuada com o software "Catch 3D" para simulação do espaçamento entre aspersores e do respectivo coeficiente de uniformidade de distribuição, optou-se pelo espaçamento 12x18 m utilizado da semeadura até o início do florescimento, que resultou no Coeficiente de Uniformidade de Christiansen de 80,3%.

A estrutura montada para avaliação das características operacionais do aspersor foi também utilizada na determinação do tamanho e distribuição das gotas, através do método da farinha.

A farinha de trigo utilizada no teste, permaneceu 3 horas em estufa com temperatura de 105 - 110<sup>0</sup>C, para secagem. O material seco foi peneirado em peneira de 50 “mesh” e condicionada em embalagem plástica.

Os recipientes usados para colocar a farinha foram 7 bandejas, com diâmetro de 25.5 cm e 4 cm de espessura. As bandejas foram preenchidas com a farinha de trigo e dispostas no campo sobre os raios estabelecidos, com o aspersor ao centro.



**FIGURA 2:** Perfil de distribuição da precipitação do aspersor ZE-30D com bocais de 8,5 x 6,0 mm sob pressão de serviço de 200 kPa.

A disposição das bandejas obedeceu aos raios de: 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15 m, sendo apoiadas sobre baldes plásticos com altura de 30 cm, para a realização do teste.

Durante o teste as bandejas ficaram sujeitas à precipitação do aspersor pelo período correspondente a uma única passagem. Em seguida, o aspersor foi paralisado manualmente no sentido oposto, para o recolhimento das bandejas, as quais receberam nova camada fina de farinha peneirada, para evitar perdas por evaporação e contribuir para a formação dos grânulos.

Para secagem natural dos grânulos, as bandejas foram colocadas em local sombreado e livre da interferência de ventos, durante 5 horas, sendo em seguida colocadas em estufa ( $105^{\circ}$  -  $110^{\circ}\text{C}$ ), onde permaneceram por um período de 24 horas. Uma vez secos, os grânulos foram separados e classificados de acordo com o tamanho, com a utilização de um conjunto de 11 peneiras U.S. "Standard", de números 4, 5, 7, 10, 12, 16, 18, 20, 30, 35 e 40. Os grânulos retidos em cada peneira, foram contados e pesados em balança apropriada. E com o uso da equação 4 obtida por Vilela (1995), obteve-se o diâmetro médio das gotas correspondentes.

Para a determinação da energia cinética das gotas, determinou-se os diâmetros médio de gotas (pontos médios das diversas classes de tamanho de gotas) e, a partir destes valores, obteve-se as velocidades de impacto (velocidade com que as gotas chegam na superfície do solo) através de um software baseado na teoria balística para trajetória de gotas. Determinou-se também as massas das gotas ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ), correspondentes aos diâmetros médios de cada classe.

Desta maneira, conhecendo-se o número de gotas de cada classe, determinou-se a energia cinética. O somatório das energias cinéticas representativa (correspondendo ao percentual acima de 91% do total das energias cinéticas do raio

estudado), foi tomado como sendo a energia cinética total para cada posição ao longo do raio de alcance do aspersor. No Quadro 2A, apresentado no apêndice, pode ser observada a forma de cálculo utilizada para o raio de 15 metros.

### **3.3 - Fase 2: Efeito do tamanho da gota no vingamento floral do feijoeiro**

#### **3.3.1 - Caracterização, Instalação e Condução do Experimento**

A área para a implantação da cultura de feijão constituiu-se de um latossolo roxo distrófico, relevo suave ondulado e vegetação fase de transição de cerrado para floresta (Andrade, 1979). A amostragem do solo visando a análise química foi anterior ao preparo, com retirada do solo em diversos pontos da área, na profundidade de 20 cm. O preparo do solo foi composto de uma gradagem aradora e uma gradagem niveladora, sendo a primeira realizada 30 dias antes do plantio e a segunda, imediatamente antes do plantio.

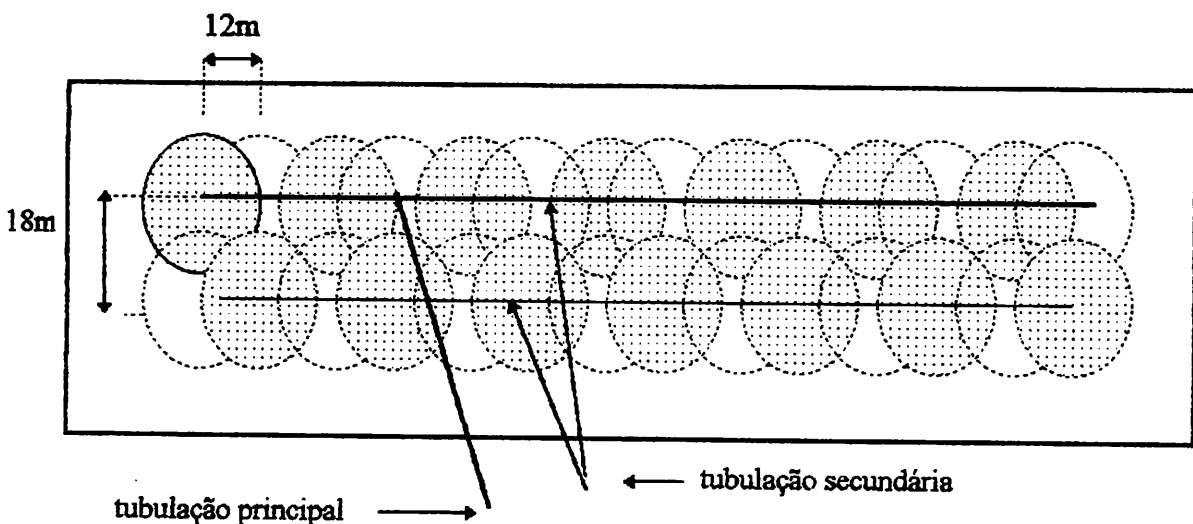
A adubação de manutenção foi definida mediante a análise química do solo, e a recomendação apresentada na tabela de recomendação oficial para o Estado de Minas Gerais (EMBRAPA 1994). Sendo utilizado o equivalente a 600 kg/ha da formulação 4-14-8+0.3 % de zinco. Adicionalmente, foi aplicado o equivalente a 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, aos 30 dias da semeadura.

A semeadura (18/07/95) foi mecanizada, utilizando uma semeadora Jumil de três linhas, no espaçamento de 0,5 m entre linhas, sendo distribuídas 12 sementes por metro linear. Na semeadura foi utilizado o inseticida forate, na base de 10 kg/ha, misturado ao fertilizante.

A cultivar de feijão utilizada foi a Carioca-MG, que é recomendada para a região e possui as seguintes características: hábito de crescimento tipo II (indeterminado com guia curta), arbusto porte ereto, ciclo vegetativo de 100 dias, cor de hipocotilo verde, floração aos 40-50 dias, flores brancas e vagens maduras amarelo-palha.

### 3.3.2 - Tratamentos utilizados no experimento

A área cultivada com feijão foi de 6.720 m<sup>2</sup>, com duas linhas de aspersores espaçadas de 18 m, cada uma com 14 aspersores no espaçamento de 12 m. As primeiras irrigações foram realizadas a partir de 21/07/95, visando garantir a germinação e o completo estabelecimento da cultura, com funcionamento alternado das linhas (Figura 3).

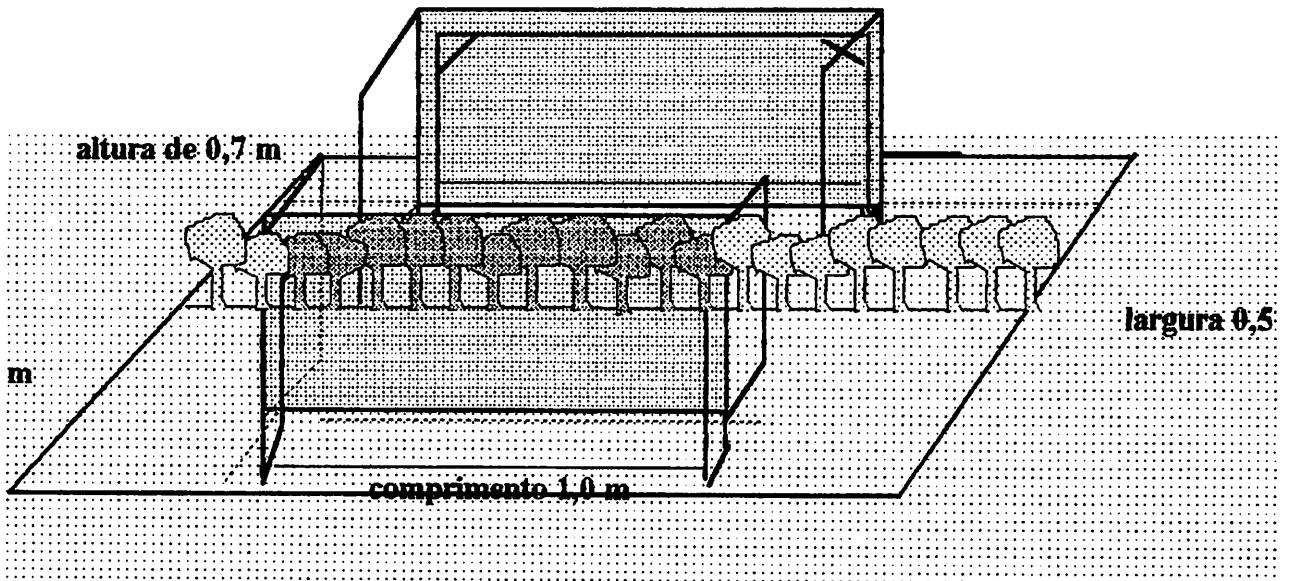


**FIGURA 3.** Croquis da área, mostrando as disposições das tubulações e dos aspersores antes do início da floração.

Todas as irrigações foram realizadas em horários apropriados, evitando a interferência de ventos na distribuição da lâmina, sendo realizada nas primeiras horas do período matutino ou nas últimas horas do período vespertino. As precipitações na irrigação proporcionaram o índice de pulverização da gota ( $I_p$ ) de 0,425, sendo esse valor característico de gotas médias ( $I_p$  0,3 a 0,5 ); já o grau de pulverização (GP) da gota foi de 2,35, expressando chuva grossa, e não recomendada para a cultura do feijão.

Após cada irrigação, com aplicação de uma lâmina previamente definida pela curva de retenção de água no solo, eram retiradas diariamente amostras do solo em diversos pontos da área à três profundidades (5 cm, 10 cm e 15 cm), com o objetivo de verificar a umidade nos perfis estudados, irrigando sempre que a umidade média dos perfis estudados se aproximasse a 0,05 MPa.

Foram comparados seis tratamentos, correspondentes aos raios de 5, 7, 11, 13 e 15 metros, mais uma testemunha com irrigação por gotejamento. Os raios utilizados correspondem respectivamente a energia cinética de 0,178, 0,193, 0,205, 0,218 e 0,289 MJoule/mm.ha. Os tratamentos foram alocados na área de forma que não houvesse interferência das precipitações entre eles, porém, as irrigações ocorreram de forma simultânea. Ao término do tempo de irrigação de cada tratamento, o aspensor correspondente era desligado e uma nova regulagem da pressão era feita, de forma que as lâminas precipitadas pudessem ser idênticas para todos os tratamentos, condição essencial para o manejo do experimento.

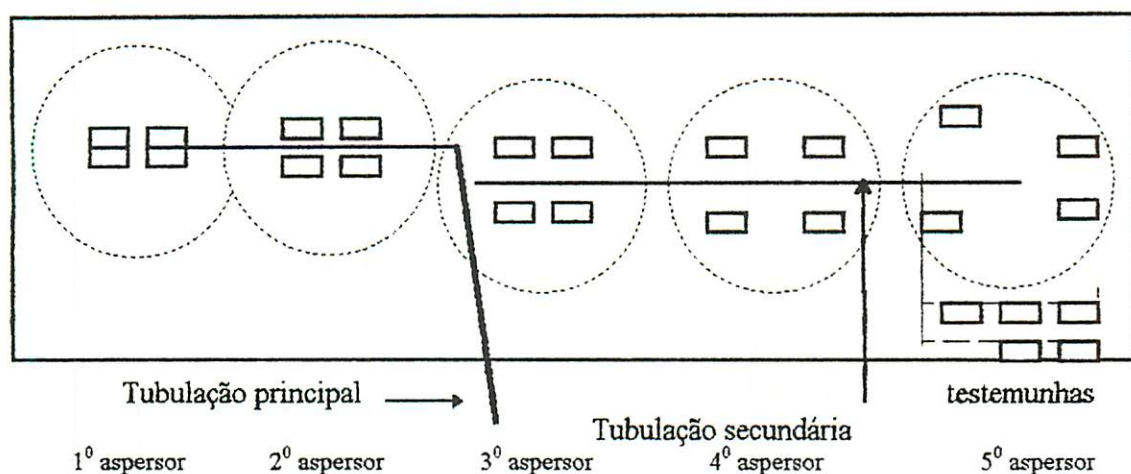


**FIGURA 4:** Representação esquemática do receptáculo de isolamento da parcela para retenção das flores e frutos caídos.

Dentro do raio de alcance dos aspersores foram alocados aleatoriamente quatro receptáculos por tratamento, com dimensões de 0,5 x 1,0 x 0,7 m (Figura 4).

Esses receptáculos foram confeccionados com tela de nylon, visando não constituir obstáculo à lâmina d'água (Isquierdo e Horsfield, 1981; Reis, 1984) e de modo a possibilitar que flores e frutos caídos pudessem ser coletados, com o conhecimento das plantas que originaram.

A partir de 07/09/95, a tubulação foi modificada para atender aos tratamentos, ficando a distribuição conforme a Figura 5.



**FIGURA 5.** Croquis da área, mostrando as disposições das tubulações, dos aspersores e das parcelas experimentais.

Com o perfil de precipitação do aspersores mostrado na Figura 2, definiu-se os tempos de funcionamento para cada um deles, visando aplicar a lâmina desejada.

Por ocasião das irrigações foram colocados coletores de água em todas as parcelas. Os dados coletados das precipitações primeiramente foram utilizados para verificar a distribuição da lâmina na área do tratamento e, posteriormente, na comparação dos valores encontrados no ensaio do aspersor, ajustando-se o tempo de funcionamento sempre que necessário.

Para medir a pressão de operação foram utilizados dois manômetros “bourdon”, previamente calibrados, sendo um colocado no início da linha de irrigação para controle da pressão através de um registro de gaveta e outro, acoplado a um tubo de Pitot., com medição da pressão na “vena-contracta” do bocal de maior diâmetro, prevalecendo, para efeito do tratamento, a pressão requerida no bocal do aspersor. Esta regulagem se repetia, sempre que desativado um dos aspersores, até o término da irrigação de todas as parcelas.

Para irrigar as parcelas testemunhas, foi feita uma derivação a partir do intervalo de espaço entre o 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> aspersor.

Do florescimento à maturação do feijão, 15 irrigações foram realizadas, perfazendo uma lâmina total aplicada de 127 mm. A cultura esteve também sujeita às precipitações naturais, tendo ocorrido seis chuvas com um total precipitado de 50,5 mm. Deste total precipitado naturalmente, 50% ocorreu quando o feijão já estava próximo à maturação.

### **3.3.3 - Dados coletados**

A partir dos 42 dias após a semeadura (09/09/95), quando se deu o início do florescimento, foi feita a contagem diária de flores e frutos caídos por receptáculo, em horário único (7:00 às 9:00 horas), e independente da irrigação. Este procedimento repetiu-se até 15 dias antes da colheita.

Por ocasião da colheita, as plantas dentro de cada receptáculo foram colhidas e transportadas para um galpão visando completar a secagem. A partir de uma amostra de 10 plantas por receptáculo, foram estimados o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e o peso médio de 100 sementes. O restante foi trilhado para se obter a produção total da parcela.

Para verificar um possível efeito do receptáculo no desempenho das plantas ou mesmo no tratamento aplicado, foram também coletadas as plantas contíguas ao receptáculo em ambos os lados, em áreas correspondentes a 0,5 m<sup>2</sup>, ou seja, idênticas a do receptáculo.

### 3.3.4 - Análise dos dados

Todos os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância do tipo entre e dentro, segundo procedimento apresentado por Stell e Torrie (1980). Adicionalmente foi realizado uma análise de variância para verificar o efeito do receptáculo, considerando o delineamento mencionado anteriormente com parcela subdividida, onde o efeito de posição era considerado como tratamento das subparcelas e a energia cinética o das parcelas. O modelo estatístico utilizado neste caso foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = m + T_i + (Rt)_{ij} + P_k + (PT)_{jk} + e_{ijk}$$

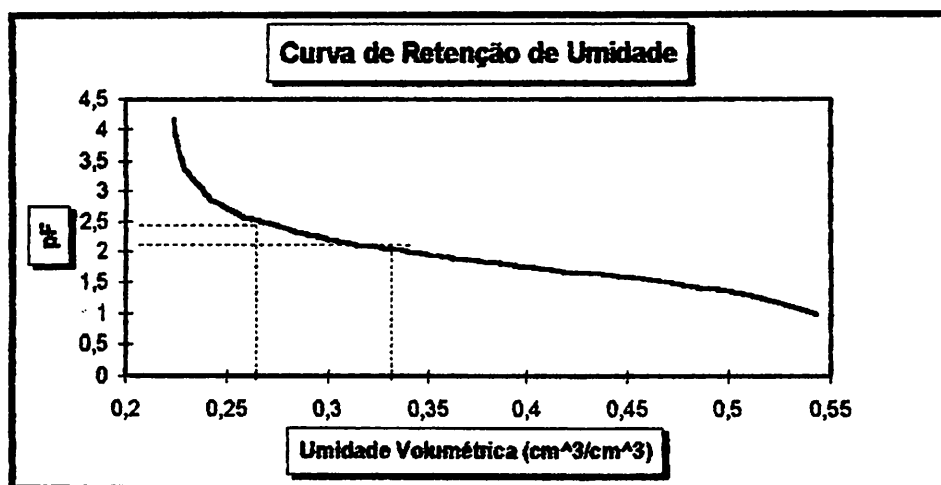
em que  $Y_{ijk}$  é a observação do tratamento  $i$ , na parcela  $j$  e na posição  $k$ ;  
 $m$  é a média geral;  
 $T_i$  é o efeito do tratamento  $i$ ;  
 $(RT)_{ij}$  é o erro a;  
 $P_k$  é o efeito da posição  $k$ ;  
 $(PT)_{jk}$  é a interação do tratamento  $i$  e a posição  $k$ ;  
 $e_{ijk}$  é o erro b.

## **4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 - Características Químicas e Físico - Hídricas do Solo**

Os resultados da análise química do solo são apresentados no Quadro 1A do apêndice e a representação da curva de retenção de água no solo na Figura 6.

Na identificação dos valores dos eixos da Figura 6, o eixo Y é definido como o logaritmo da tensão com que a água é retida no solo em cm e o eixo X a umidade correspondente. Portanto, o valor da umidade do solo correspondente à capacidade de campo (0,01 MPa ou 100 cm) e ao momento das irrigações (0,05 MPa) foram de 34% e 26%, respectivamente.



**FIGURA 6.** Representação da curva de retenção de umidade no solo do experimento.

#### 4.2 - Resultados obtidos do diâmetro de gotas e energia cinética

No Quadro 2A do apêndice consta exemplo dos cálculos envolvidos para obtenção do valor da energia cinética correspondente ao raio de 15 metros e no Quadro 4 é apresentado um resumo dos valores médios do diâmetro, energia cinética e velocidade de impacto das gotas, determinados em cada tratamento. Pode ser verificado que o diâmetro médio de gotas, no intervalo de raio de ação estudado, entre 5 a 15 metros, variou de 1,56 a 4,61 mm, enquanto a energia cinética foi de 0,178 a 0,298 MJoule/mm.ha, valores estes que concentram de 91 a 97% da energia cinética do total dos respectivos raios.

**QUADRO 4:** Resumo das determinações do diâmetro médio de gotas (mm), velocidade de impacto das gotas (m/s), energia cinética (MJoule/mm.ha) e percentual do total da energia cinética do respectivo raio em relação ao diâmetro médio de gotas.

Características das Gotas					
Tratamentos		Diâmetro	Velocidade	Energia cinética	
Nº	raio(m)	médio (mm)	terminal (m/s)	(Mjoule/mm.ha)	(% do total)
1	5	1,56	5,87	0,178	96,90
2	7	2,09	6,37	0,193	93,55
3	11	2,99	6,49	0,205	90,60
4	13	3,69	6,60	0,218	91,27
5	15	4,61	6,88	0,298	92,61

### 4.3 - Efeito do diâmetro da gota no vingamento floral do feijoeiro

O objetivo principal do trabalho foi verificar se a energia cinética, proveniente do impacto de gotas de variados tamanhos, pode causar a queda de flores do feijoeiro, reduzindo o vingamento floral e, como consequência, a produtividade de grãos. A principal dificuldade para se realizar um trabalho dessa natureza, a nível de campo, é quantificar a queda das flores. A metodologia empregada no trabalho, envolveu a utilização de um receptáculo, construído com

tela de nylon que possibilitou a coleta das flores e frutos, caídos durante as fases de florescimento e maturação fisiológica. O receptáculo foi anteriormente utilizado, com a mesma finalidade, por Isquierdo e Horsfield (1981) e Reis (1984) com sucesso.

Na utilização deste receptáculo, a principal indagação é se ele afetaria o desempenho dos tratamentos. Por essa razão, foram coletados dados das plantas contíguas ao receptáculo, isto é, submetidas às mesmas condições ambientais, exceto à presença da estrutura mencionada.

A análise de variância efetuada (Quadro 5) mostrou efeito significativo ( $P \leq 0,01$ ) para a posição da coleta das plantas. Isso implica que o desempenho das plantas, avaliado através da produção de grãos, dentro e fora do receptáculo, foi diferente. Constatou-se que a produção média fora do receptáculo dos tratamentos (146,5 g) foi 17% superior à obtida dentro (125,1 g). Dessa forma, infere-se que o receptáculo afetou o desempenho das plantas do feijoeiro. Contudo, é preciso salientar que a interação tratamento x posição não foi significativa. Desse modo o efeito detectado do receptáculo independeu do tratamento empregado e, portanto, não irá afetar nenhuma das inferências a serem obtidas a respeito dos tratamentos aplicados. Poderia ser argumentado que a tela de nylon alterou os resultados obtidos.

Ressalta-se que mesmo no tratamento testemunha, irrigado por gotejamento, o efeito do receptáculo foi o mesmo, como comprova o fato de não ter havido efeito significativo da interação. Além do mais, se ele tivesse funcionado como anteparo, a produtividade dentro teria sido maior do que fora (se o tamanho das gotas tivessem efeito na queda das flores) e não o contrário, como ocorreu. É provável

que o constante manuseio das plantas, dentro do receptáculo, para a coleta dos dados tenha sido a principal causa na redução de sua produtividade.

**QUADRO 5:** Resumo da análise de variância da produção e o efeito de posição

F.V.	GL	Quadrados Médios
Parcelas (A)	3	1721.200
Tratamentos (B)	4	4959.917
Erro (a)	12	4860.894
Posição (C)	2	3723.267**
Interação ( B x C)	8	472.642
Erro (b)	30	653.789
C.V. %	-	18.35

\*\* Teste F significativo a nível de 1% de probabilidade

Nos experimentos que envolvem irrigações por aspersão, uma limitação é a área experimental requerida, sobretudo devido à necessidade de se colocar uma grande área como bordadura, para evitar a influência de um tratamento sobre o outro. Com o emprego de um razoável número de repetições, isto é, três ou quatro, torna-se difícil, na maioria dos casos, encontrar uma área que possibilite conduzir o experimento. Por essa razão, no trabalho foram tomadas amostras dentro das 4 parcelas de cada tratamento, e procedeu-se à análise dos dados considerando um delineamento do tipo entre e dentro (Steel e Torrie, 1980).

Constata-se pelo Quadro 6 que a precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação, variou de 24,29% para o número de vagens por planta a 7,44% para o peso de 100 grãos. No caso da produção de grãos (CV= 21,75%) valor é de magnitude semelhante ao que é normalmente relatado com a cultura do

feijoeiro. Abreu; Ramalho e Righeto (1993), encontraram para esse caracter, um CV médio de 24,6% em 78 experimentos de avaliação de cultivares de feijão conduzidos em diferentes localidades de Minas Gerais. Esse resultado possibilita inferir que o delineamento experimental utilizado no presente trabalho, possibilitou comparar os tratamentos com precisão semelhantes à que é normalmente obtida em experimentos com a cultura do feijoeiro, utilizando outros delineamentos com várias repetições.

**QUADRO 6:** Resumo das análises de variância para a produção de grãos (PG), número de flores abortadas (NFA), número de vagens por planta (NVP), número de flor total (NFT), percentagem de abortamento (%A) e peso de 100 sementes (P).

FV	GL	QM					
		PG	NFA	NVP	NFT	% A	P
Entre tratamentos	5	2414,067*	552.067	6.655	21.867	24.342	4.467
Dentro do tratamento	18	770,722	293.972	6.870	13.556	51.625	2.194
Média	-	127,667	92.917	10.792	19.167	43.708	19.917
C.V %	-	21,75	18.45	24.29	19.21	16.44	7.44

\* Teste F significativo a nível de 5% de probabilidade

Durante o ciclo da cultura foram colhidas informações adicionais quanto às etapas do desenvolvimento do feijoeiro dentro das condições climáticas às quais esteve sujeito, tais como: germinação, florescimento, maturação e colheita. Da sementeira à emergência das plântulas, decorreram 8 dias. A emergência do feijoeiro, existindo umidade, depende da temperatura. Sob condições de

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

temperatura baixa, ela é mais demorada. Contudo, é preciso enfatizar que logo após a sementeira, mesmo estando no mês de julho, as temperaturas médias do ar não foram inferiores a 20<sup>o</sup> C; daí, a razão pela qual a emergência foi relativamente rápida e não condizente a observada por Cruz (1992), em trabalhos conduzidos na região nesse período. A temperatura mais baixa também afeta a duração do período compreendido entre a emergência e o início do florescimento. Nesse experimento ela foi de 42 dias, valor inferior ao encontrado por Cruz (1992) com a cultivar Carioca, também semeada em julho em Lavras. Novamente, é necessário salientar que nesse ano agrícola as temperaturas não foram muito baixas (Figura 7), o que deve ter acelerado o início do florescimento.

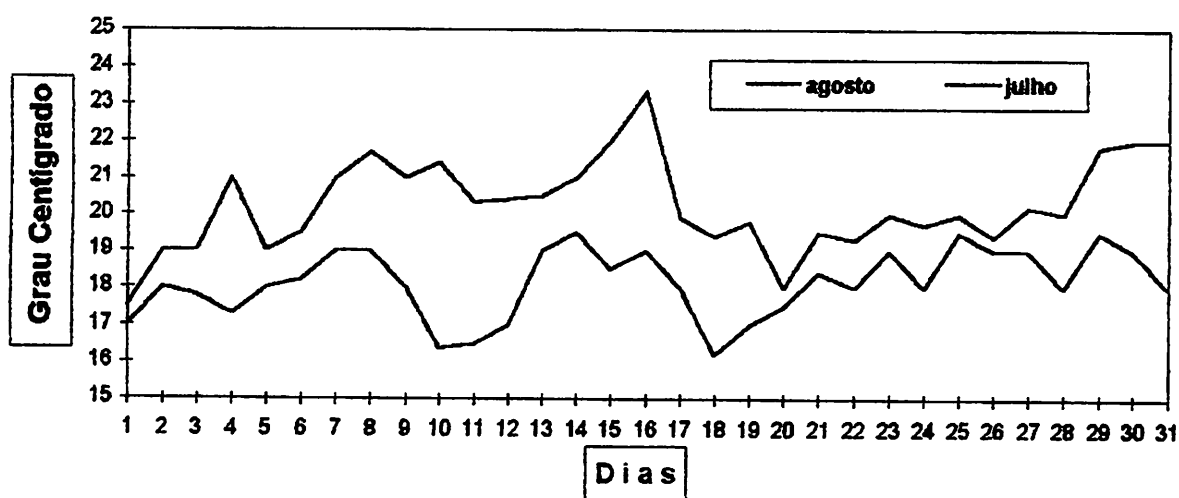


FIGURA 7. Temperaturas média do ar ocorridas nos meses de julho e agosto de 1995 em Lavras-MG.

### 4.3.1 - Florescimento e frutificação

O florescimento se concentrou de forma plena nos primeiros 10 dias, a partir dos quais a emissão de novas flores sofreu uma redução acentuada. Ramalho e Ferreira (1979), em trabalho conduzido em Lavras, observaram que o pleno florescimento, quando 90% das flores são emitidas, ocorreu em um período de 7 dias, e que as primeiras flores são as que mais contribuem para a produtividade. A formação de vagens se estendeu até o final do ciclo, sendo aquelas oriundas dos 10 primeiros dias do florescimento as que se fixaram. As vagens oriundas das últimas flores tiveram sua formação diferenciada, com redução do número de grãos por vagens e, ou, não granação dos frutos. Do florescimento à maturação, quando foram suspensas as irrigações, ocorreram em média 50 dias, valor próximo dos 47 dias encontrados por Martins et al. (1994).

A análise de variância para os caracteres número de flores totais por planta, flores abortadas e percentagem de abortamento de flores não mostrou diferença significativa entre os tratamentos para nenhum desses caracteres (Quadro 6).

O número médio de flores por planta, independente dos tratamentos, foi de 19,16 (Quadro 7). Esse caráter varia com a cultivar e condições ambientais, o que torna difícil a sua comparação com outros resultados apresentados na literatura. Verifica-se no Quadro 7, que o número médio de flores por planta variou de 16,25 na testemunha a 21,75 no tratamento com raio de 13 metros; contudo, como já foi mencionado, essa diferença não foi significativa. Desse modo, pode-se inferir que o número de flores por planta não foi afetado pelos tratamentos empregados.

**QUADRO 7:** Valores médios do número de flores abortadas por planta, número de flores por planta e percentagem de flores abortadas.

Tratamento		Nº de flores abortadas		
Nº	raio (m)	por planta	Nº de flores por planta	% de flores abortada
1	5	7.20	16.50	42.25
2	7	8.40	19.25	46.50
3	11	8.80	21.25	41.75
4	13	10.20	21.75	46.75
5	15	8.15	20.00	41.00
6	Testemunha	6.70	16.25	44.00
Média		8.24	19.16	43.71

No Quadro 8 é apresentado o número médio de flores e frutos caídos durante as seis semanas de avaliações e, no Quadro 9 os resultados médios de todos os parâmetros envolvidos. Verifica-se que nas duas primeiras semanas de coleta a queda de flores foi pequena, crescendo durante a 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> semanas. Esse comportamento foi semelhante para todos os tratamentos. Esses resultados estão de acordo com Ramalho e Ferreira (1979), que constataram ser a queda das flores mais pronunciada com o decorrer do florescimento. O número médio de flores abortadas por planta foi de 8,24, o correspondente a um percentual de flores abortadas de 43,71% (Quadro 7). Na literatura há inúmeros relatos da percentagem de aborto no feijoeiro ( Subhabrabandhu, Adms e Ricosky, 1978; Silveira, Castro e Stone, 1980; Ramalho e Ferreira, 1979; Binkley, 1932; Smith e Pryor, 1962). Normalmente os valores encontrados são superiores aos observados no presente trabalho.

**QUADRO 8:** Resultado do número de flores do feijoeiro abortadas em função dos tratamentos e da época de avaliação

T R A T A M E N T O S																										
		R A I O																				T E				
data /coleta	semanas	5 m				7 m				11 m				13 m				15 m				6.1	6.2	6.3	6.4	
		1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	5.4					
8..14/09	primeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
15..21/09	segunda	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2	5	0	2	2	2	0	0	2	0	0	1
22..28/09	terceira	13	23	6	19	9	12	5	9	22	3	38	20	12	19	11	35	22	25	13	19	12	24	21	19	19
29..05/10	quarta	17	31	13	29	47	45	39	44	35	18	26	51	32	49	25	43	29	37	33	40	17	29	27	30	30
06..12/10/	quinta	25	37	18	25	34	35	32	34	22	43	32	36	23	34	30	33	24	32	16	21	8	32	30	20	20
13..19/10	sexta	9	16	7	8	19	15	15	16	8	35	9	18	16	13	9	10	10	12	4	7	3	6	10	6	6
totais das parcelas		64	107	46	81	109	108	91	103	87	101	105	125	84	117	81	121	87	108	68	87	40	93	90	76	76
totais do trat.		298				411				418				403				350				299				

**Observação:** TE = testemunha

**QUADRO 9: Resultados de todas as variáveis avaliadas para os respectivos tratamentos e suas repetições**

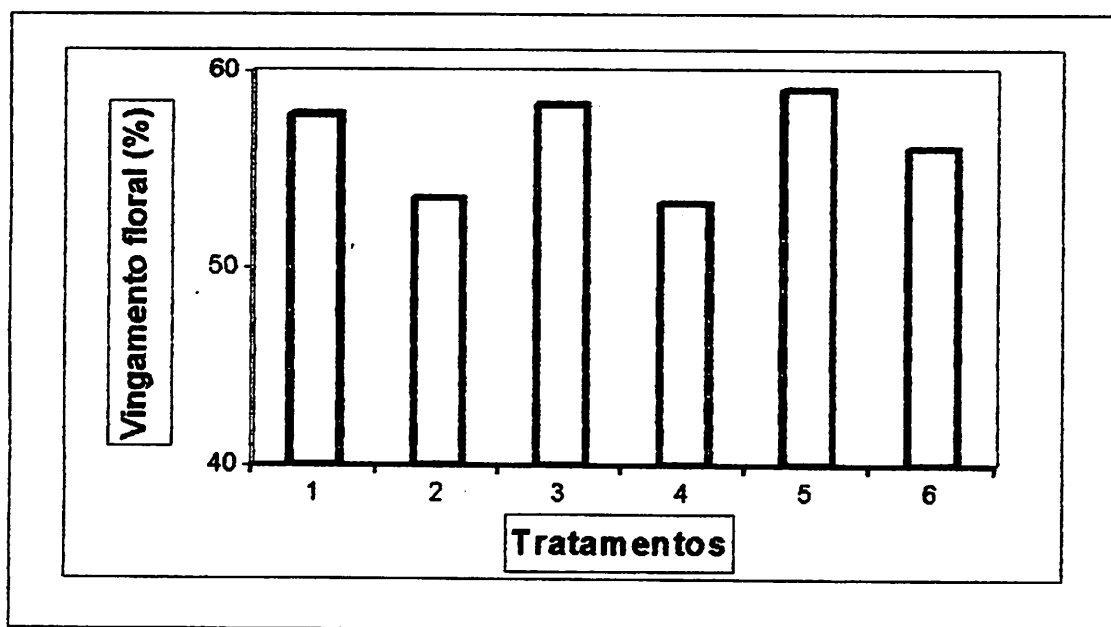
Tratamentos	1				2				3				4				5				TE			
parcelas	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4
<u>Meio</u>																								
peso 100 sem	18	17	20	19	20	20	18	21	21	17	23	19	19	20	19	20	20	21	24	22	20	20	20	20
n. plantas/m	11	12	11	8	10	17	11	13	12	10	11	15	8	12	8	12	10	12	13	9	12	13	13	12
n.vag.planta	9	9,5	9,1	10	14	8,7	16	3,8	12	14	11	12	13	10	12	12	12	14	8,3	12	8,2	10	8	11
N.grãos tot	543	527	495	428	785	764	897	212	792	730	524	1076	562	599	467	749	54	92	46	53	50	66	51	61
peso(g)parc.	98	90	99	80	161	156	162	44	165	123	118	205	107	119	87	153	2	1	2	6	9	6	9	3
N. tot. flores	15	18	13	20	25	15	25	12	20	24	20	21	23	20	22	22	8	7	1	9	1	5	4	2
flores abort/pl.	5,8	8,9	4,2	10	11	6,4	8,3	7,9	7,3	10	9,5	8,3	11	9,8	10	10	21	23	14	22	16	16	14	19
%abortadas	39	48	32	50	43	42	34	67	37	43	47	40	45	48	47	47	42	39	39	44	49	42	42	43
N. grão/vagem	6,2	5,2	5,6	5,8	5,9	5,8	5,3	5,7	5,9	5,8	4,9	6,3	5,9	5,3	5,5	5,9	4,9	5,9	4,9	5,3	5,9	6	6	6
peso (t. / há)	2	1,8	2	1,6	3,2	3,1	3,2	0,9	3,3	2,5	2,4	4,1	2,1	2,4	1,7	3,1	2,2	3,9	2,2	2,4	2	2,7	2,1	2,4
<u>Após</u>																								
peso(g)parc.	159	162	142	63	173	109	215	53	170	172	184	209	174	141	113	200	13	19	12	16				
																	1	1	4	1				
<u>Antes</u>																								
peso(g)parc.	117	162	68	83	205	150	163	56	83	203	171	204	173	151	134	176	11	16	10	12				
																	6	7	2	8				

Observação: TE = testemunha

Deve ser enfatizado que o aborto varia com a cultivar e também com as condições ambientais, especialmente temperatura noturna ( Binkley , 1932; Hostalácio, 1983). Na semeadura de outono-inverno, as condições de temperatura são mais baixas do que na semeadura “das águas” e da seca. Essa talvez seja a principal razão pela qual o vingamento floral observado (Figura 8) foi superior ao relatado na literatura. Essa observação é reforçada quando se compara a produtividade média de grãos do feijoeiro na semeadura do outono-inverno com as das demais épocas, pois nesse período a produtividade obtida é normalmente maior (Abreu, Ramalho, Righetto, 1993).

O número de flores abortadas por planta variou de 6,7 na testemunha a 10,2 no tratamento com irrigação no raio de 13 metros (Quadro 7). Entretanto, novamente a diferença não foi significativa. Depreende-se assim que os tratamentos utilizados não contribuíram diferencialmente para a queda das flores. Na literatura não foi encontrada nenhuma menção experimental da influência do tamanho de gota na queda das flores de feijoeiro. Há comentários que uma possível desvantagem do emprego da irrigação por aspersão, seria prejudicar às plantas na fase inicial e da polinização, com conseqüências na queda da flores do feijoeiro (Scaloppi, 1986), ainda mais estando fora de recomendações, quanto ao grau de pulverização da gota (2,35) no qual expressa chuva grossa e, que não é recomendada para o feijoeiro. Nesse trabalho, esse comentário não encontrou sustentação, haja visto que a testemunha que foi irrigada por gotejamento apresentou a mesma percentagem de flores abortadas que os demais tratamentos que utilizaram aspersores.

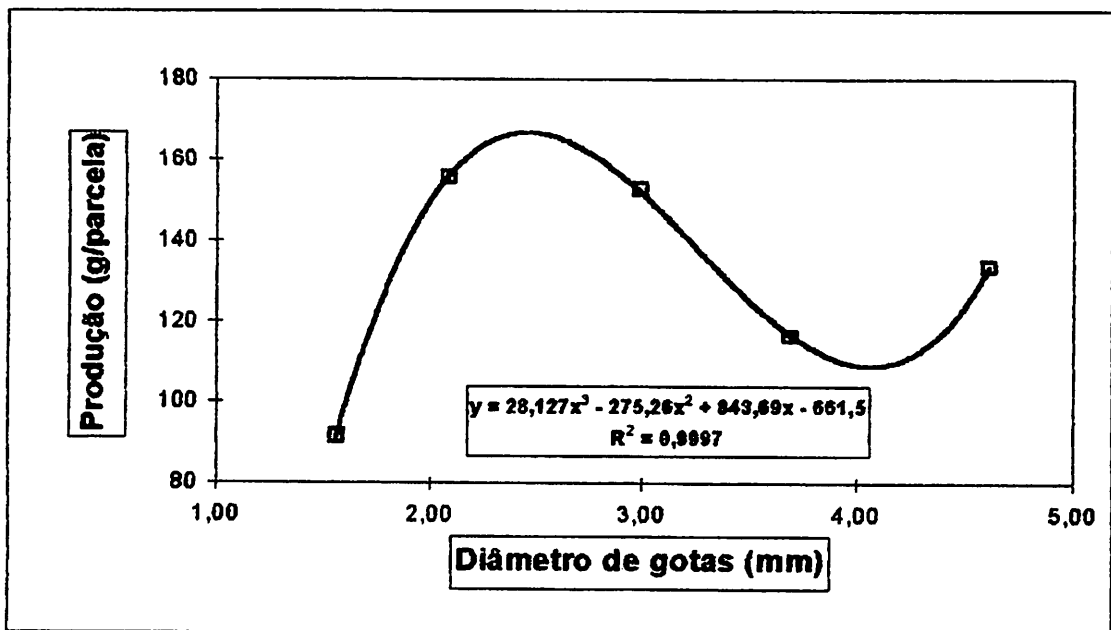
Como mencionado por Scaloppi (1986), a ação da aspersão para prejudicar as plantas nas fases iniciais, seria pelo impacto das gotas e também por afetar a polinização, resultando na redução da produtividade. Isto parece não justificar pelo fato da planta do feijoeiro ser cleistogâmica, isto é, as flores só abrem após a polinização. Os estames e estigma estão protegidos pela quilha e, portanto, dificilmente as gotas iriam afetar a polinização. Com relação ao efeito do impacto é necessário comentar que as flores que normalmente vingam em vagens são as que surgem primeiro e estão situadas na parte inferior da planta (Ramalho e Ferreira, 1979) e, portanto, protegidas pelas folhas. Assim, provavelmente, o impacto das gotas seria atenuado pelas folhas. Na figura 8 é apresentado o vingamento floral em função dos tratamentos aplicados.



**FIGURA 8.** Vingamento de flores do feijoeiro em função dos diversos tratamentos.

### 4.3.2 - Produtividade de grãos e seus componentes primários

O resumo da análise de variância para a produtividade de grãos e seus componentes primários, isto é, número de vagens por planta, de sementes por vagem e peso de 100 sementes, mostrou diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) apenas para a produtividade de grãos (Quadro 6).



**FIGURA 9.** Representação Gráfica da equação de produção do feijoeiro em função do diâmetro de gotas

Aplicando os resultados da produtividade de grãos do feijoeiro, na regressão curvilínea, obteve-se o comportamento da produção, conforme Figura 9. Provavelmente o comportamento verificado como consequência de uma variação aleatória; haja visto como já foi mencionado, a não ocorrência de diferença para

nenhuma das variáveis que afetam diretamente a produtividade de grãos, isto é, o número de flores, % de abortamento, número de vagens, de sementes por vagens e peso de 100 sementes (Quadro 6).

**QUADRO 10.** Valores médios do número de vagens por planta, peso de 100 sementes, número de grãos por vagens e produtividade, em função dos tratamentos.

Tratamentos 1 (raio m)	Nº de vagens por planta	Peso médio de 100 sementes	Nº médio de grãos por vagem	Produtividade t/ha	
1	5	9,40	18,50	5,70	1,85
2	7	10,60	19,75	5,67	2,60
3	11	12,25	20,00	5,72	3,10
4	13	11,75	19,80	5,65	2,32
5	15	11,57	21,75	5,25	2,68
6 Testemunha	9,30	20,00	5,98	2,30	
Médias	8,88	19,91	5,66	2,50	

A produtividade média de grãos, mostrada no Quadro 10, foi de 2,5 t/ha e está condizentes com os valores encontrados por diversos autores, os quais afirmam que rendimentos da ordem de 1,5 a 2,5 t/ha são facilmente obtidos em plantio de feijão de inverno em Minas Gerais e que a produtividade necessária para a viabilização econômica da irrigação por aspersão varia de 0,95 a 1,5 t/ha. (Caixeta et al., 1981; Chagas et al., 1983; Teixeira et al., 1978 e Almeida et al., 1990) e constitui uma indicação de que as condições ambientais, isto é, fatores climáticos, de fertilidade, de água e de ocorrência de pragas e doenças foram favoráveis à cultura e que, portanto, os dados obtidos refletem uma condição de alta tecnologia, que é comum a cultura do feijoeiro irrigado no Brasil.

## **5 - CONCLUSÃO**

Conforme a análise dos resultados, dentro das especificações do experimento, pode-se concluir que, embora o diâmetro médio e a energia cinética das gotas tenham sido crescentes ao longo do raio do aspersor, não foram observados os efeitos significativos dessas características sobre a queda de flores e nem sobre os componentes primário do rendimento de grãos do feijoeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; RIGHETO, G.U. Interação de cultivares de feijão por épocas de semeadura em diferentes localidades do estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.10, p.1183-1189. 1993.
- ALMEIDA, J.R. Erosão dos solos e suas conseqüências. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.17-26, ago. 1981.
- ALMEIDA, V.M de; RAMALHO, M.A.P.; REIS, A.J dos; MUNIZ, J.A. Avaliação agrônômica e econômica de sistemas de produção de feijão irrigado (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, Lavras, v.14, n.2, p.125-136, maio/ago. 1990.
- ANDRADE, H. **Caracterização genética morfológica e classificação de dois solos do município de Lavras-Mg em correlação com a geomorfologia da área.** Lavras: ESAL. 1979, 84p. (Tese Mestrado em Solos).
- BERNUTH, R.D. von; GILLEY, J.R. Sprinkler droplet size distribution estimation from single leg test data. *Transactions of ASAE*, St. Joseph, v.27, n.5, p.1435-1441, Sept./Out. 1984.
- BERTONI, J; LOMBARDI, F.N. **Conservação do solo.** São Paulo: Icn, 1990. 355p.
- BINKLEY, A.M. The amount of blossom and pod drop on six varieties for garden beans. *Proceedings of Anerucab Sicuty fir Horticultural Science*, Thaca, v.29, p.489-92, 1932.
- BUBENZER, G.D.; JONES, B.A. Drop size and impact velocity effects on the detachment of soils under simulated rainfall. *Transactions of ASAE*, St. Joseph, v.14, n.4, p.625-628, 1971.
- BULL, T. A. Expansion of area per plant in field beans (*Vicia faba* L.), as related to daily maximum temperature. *The Journal Applied Ecology*, London, v.16, n. p.61-68, 1968.

- CAIXETA, T.J.; VIEIRA, C.; BARTHOLO, G.F. **A terceira época de plantio de feijão.** Viçosa: UFV, 1981. 4p. (UFV. Informe Técnico, 15).
- CARTER, C.E.; GREER, J.D.; BRAND, H.J.; FLOYD, J.M. Raindrop characteristics in sout central. United States. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v.17, n.6, p.1033-1037, Nov./Dec. 1974.
- CARVALHO, J.A. **Tamanho de gotas e uniformidade de distribuição de água de dois aspersores de média pressão.** Viçosa: UFV, 1991. 73p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- CHAGAS, J. M. Considerações sobre cultura do feijão no inverno em Minas Gerais. **Informe Agropecuário - Feijão de inverno**, Belo Horizonte, v. 17, n. 178, p.5-8, 1994.
- CHAGAS, J.M.; VIEIRA, C.; BARTHOLO, G.F. Comportamento da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no outono-inverno. **Revista Ceres**, Viçosa, v.30, n.169, p.224-231, maio/junho. 1983.
- CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling**, Califórnia: University of Califórnia, 1942. 124p. (Bulletin, 670).
- CORDNER, H.B. External and internal factores affeting blossom drop and set of pods in lima beans. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Michigans, v.30, p.571-576. 1933.
- CRUZ, L.J. **Padrão de acúmulo de matéria seca nos grãos de feijoeiro e sua relação com o rendimento.** Lavras: ESAL, 1992. 94p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- DALE, J.E. Leaf growth in *phaseolus vulgaris*. II. Temperature effects and the light factor. **Annais Botany**, London, v.29, p.293-308, 1965.
- DALE, J.E. Some effects of alternating temperature on the growth of french bean plants. **Annais of Botany**, London, v.28, n.109, p.127-135, 1964.

- DAVIS, J.P. The effect of some environmental factors on the set of pods and yield of white pea beans. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.70, n.7, p.237-249, Apr. 1945.
- DIKSON, M.K. e VAN BAVEL, M. A . Effect of high and low temperatures on pollen germination and seed set in snap beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v.109, n.3, p.372-374, May 1984.
- EIGEL, J.C. e MOORE, I.D. A simplifield technique for measuring raindrop size and distribution. United States. **Transactions of ASAE**, St Joseph, v.30, n3, p.729-734, 1983.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Informativo anual das comissões técnicas regionais de feijão: cultivares de feijão recomendadas para o plantio no ano agrícola 1993/94**. Goiânia, 1994, 22p.
- FARIA, M.A.; VIEIRA, J. Irrigação por aspersão - sistemas mais usados no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.27-39, jun. 1986.
- FINKEL, H.J. **CRC handbook of irrigation technology**. Boca Raton: CRC Press, Inc., 1982. v.1, 369p.
- GAGE, J.F Effect of pod removal on flower production in french bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, Brisbane, v.35, p.63-68, 1978.
- GARCIA, D.J.L. Riego por aspersion. In: PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO. Curso internacional de engenharia agrícola, Brasília:1986, v.1. 168p. (PRONL2).
- GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento**. João Pessoa: UFPB, 1994. 344p.
- GREEN, R.L. Evolution of air resistance to freely falling drops fo water. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.33, n.1, p.28, January 1952.

- HOSTALACIO, S. **Estudos de alguns aspectos físicos bioquímicos e anatômicos no crescimento e desenvolvimento do feijão em diferentes regimes de irrigação.** Campinas: UNICAMP, 1983. 144p. (Tese - Doutorado em Biologia Vegetal).
- ISQUIERDO, J. A.; HORSFILD, G. L. Receptacle for field abscission studies in common in. **Crop Science**, Madison, v.25, n.4, p.622-625, July./Aug. 1981.
- KATTAN, A.A. FLEMING, J. W. Effect of irrigation at specific of stages of development on yield, quality, growth and composition os snap beans. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Maryland, v.68, p.328-342, 1956.
- KELLER, J. **Sprinkler irrigation.** Logan: Utha State University, 1984. 621p.
- KHOL, R.A. Drop size distribution from medium sized agricultural sprinklers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph. v.17, n.4, p.690-693, 1974.
- MACK, H.J. e SINGH, J.N. Effects of high temperature on yield and carbohydrate composition of bush snap beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v.94, n.1, p.60-62, Jan.1969.
- MARIOT, E.J. **Análise de crescimento em porrillo sintético (*Phaseolus vulgaris* L.).** Cali, CIAT, 1976, 35p.
- MARTINS, L.A.; SOUSA, F.F.; RAMALHO, M.A.P. e ABREU, A.F.B. Variabilidade da taxa e da duração de acúmulo de matéria seca nos grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.2, p.165-170, abr./jun.1994.
- MATSURA, E.E. Granulometria de gotas de um aspersor tipo canhão, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 12, Ilhéus, 1983, **Anais... Ilhéus SBEA/CEPLAC**, 1983. v.5, p.2840-2846.
- MERGULHÃO, M.R. **Distribuição de gotas por tamanho em dois modelos de aspersores tipo canhão hidráulico na ausência do vento.** Viçosa: UFV, 1992. 57p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).

- MOURA, P.A.M.; PAIVA, B.M.; RESENDE, L.M.A. Aspectos econômicos da cultura do feijão. **Informe Agropecuário - Feijão de inverno**, Belo Horizonte, v.17, n.178, p.66-67, 1994.
- OLIVEIRA, R.A. **Distribuição de gotas por tamanho e perfil de precipitação de um aspersor fixo**. Viçosa: UFV, 1991. 103p. (Tese - Irrigação e Drenagem).
- OLLITA, A.F.L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1977. 267p.
- PORTES, A.T. Ecofisiologia. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Cultura do feijoeiro fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: ENGOPA, 1988. p.125-55.
- PURCINO, J.R.C. e LIMA, C. A. S. Efeito de diferentes regimes de irrigação sobre o rendimento do feijoeiro na região do norte de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Projeto feijão**. Belo Horizonte, 1978. (Relatório de pesquisa 1978).
- RAMALHO, M.A.P.; ANDRADE, M.J.B. **Cultura do feijoeiro**. Sete Lagoas-MG, (s.n), 1995. 97p (Apostila).
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, M.M. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em relação ao florescimento e vingamento de vagens. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.1, p.80-84, jan./jun. 1979.
- REIS, W. PEREIRA. **Análise de crescimento de milho e feijão em monocultura e consorciados em diferentes arranjos da semeadura destas culturas**. Lavras: ESAL, 1984. 113p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- SALMON, K.H.; KINCAID, D.C.; BEZEDEK, J.C. Drop size distributions for irrigation spray nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.6, p.1966-1974, 1985.
- SCALOPPI, E.H. Características dos principais sistemas de irrigação. **ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v.25, p.22-27, 1986.

SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; EDMUNSTER, T.W.; BARNES, K.K. **Soil and water conservation engineering**. New York: John Wiley e Sons, Inc. 1966. 683p.

SEGINER, I. Tangential velocity of sprinkler drops. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v.8, n.1, p.90-93, 1965.

SILVEIRA, P.M.; CASTRO, T.A.P.; STONE, L.F. Idade de floração e vingamento de flores em duas cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.1 p.669-716, fev. 1980.

SMITH, F.L.; PRYOR, R.H. Effects of maximum temperature and age of flowering and seed production in three bean varieties. **Hilgardia**, Berkeley, v.33, n.12, p.669-688, July/1962.

STEEL, R. G. D. e TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: with special reference to the biological sciences**. New York: Mcgraw Hil Book Company, 1980. 481p.

STILLMUNKES, R.T.; JAMES, L.G. Impact energy of water droplets from irrigation sprinklers. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v.25, n.1, p.130-133, Jan/Feb. 1982.

SUBHADRABANDHU, S.; ADMS, M.W.; REICOSKY, D.A. Abscission of flowers and fruits in *Phaseolus vulgaris* L. I. Cultivars differences in flowering pattern and abscission. **Crop. Science**, Madison, v.18, n.5, p.893-896, Sept./Oct.1978.

TEIXEIRA, H.A.; RAMALHO, M.A.P.; LIMA, L.A. de ; SANTA CECÍLIA, F.C. Viabilidade do cultivo de feijão irrigado no período de inverno em Lavras-MG. In: EPAMIG. **Projeto Feijão: relatório 73/75**. Belo Horizonte, 1978. p.39-40.

TELE - TIGRE. Serviço Exclusivo para Informações Técnica. **Tubos e conexões tigre irriga de PVC: rígido para linhas portáteis de irrigação**. (s.b.:s.n.), (199-)

- TUCCI, E.M. (org.); SILVEIRA, A.L.L.; NENETTI, A. et al. **Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre: EDUSP, 1993. 943P.
- WILLIAMS, C.N.; BIDDISCOMBE, E.F. Extension growth of grass tillers in the field. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria.. v.16, p.14-22, 1965.
- WOLF, B. Chemical factors influencing the set of Henderson Bush Lima beans. **Journal American Society. Agronomy, Madison, Wisconsin**, v.34, p.646-650, 1942.
- VILELA, L.A.A. **Avaliação do impacto de gotas sobre a superfície de um solo irrigado por aspersão**. Lavras: UFLA. 1995. 71p. (Tese - Mestrado em Engenharia Agrícola).
- VORIES, E.D.; BERNUTH, RD. von Single nozzle sprinkler performance in the wind. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v.29, n.5, p.1325-1330, July./Aug. 1984.

## APÊNDICE

**QUADRO 1A:** Resultado da análise química do solo proveniente da área experimental. Lavras, MG, 1995<sup>1</sup>.

Especificação	Unidade	Quantidade	Interpretação
ph em água	-	5,5	Acidez média
P	ppm	6	Baixo
K	ppm	97	Alto
Ca	meq/100cc	2,2	Médio
Mg	"	0,4	Baixo
Al	"	0,1	Baixo
H+Al	"	4,0	Médio
S	"	2,8	Médio
CTC efetiva	"	2,9	Médio
CTC a ph 7		6,8	Médio
Saturação de bases da CTC a Ph 7	%	42	Baixo
Saturação do Al CTC efetiva	%	3	Baixo

<sup>1</sup>Análise realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA.



**QUADRO 2A: Resultado do teste do diâmetro de gotas e da energia cinética, no raio de alcance do aspersor de 15m (método da farinha)**

							área	49,1	1x10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup>					
							lâmina	96,9	1x10 <sup>-3</sup> mm					
1 Penetra (mm)	2 Número Pellets (ud)	3 Peso total 1x10 <sup>-3</sup> (g)	4 % acumulado	5 Peso unitário (mg)	6 Diâmetro de gotas (mm)	7 Diâmetro médio (mm)	8 Volume unitário 1x10 <sup>-10</sup> (m <sup>3</sup> )	9 Massa unitária 1x10 <sup>-6</sup> (kg)	10 Vel. Impacto (m/s)	11 Volume 1x10 <sup>-4</sup> (l)	12 EC 1x10 <sup>-4</sup> Joule	13 EC 1x10 <sup>-4</sup> J/mm	14 EC MJ/mm.ha	
4,75	18	1954,8	39,60	108,60	6,00	6,00	1132,7	113,22	7,07	20,38	509,32	52,57	0,10710	
4	33	1824,1	76,54	55,28	4,69	5,35	800,63	80,06	6,98	26,42	643,62	66,43	0,13534	
2,8	24	580,5	88,30	24,19	3,47	4,08	356,27	35,63	6,89	8,55	202,96	20,95	0,042,68	
2	20	212,6	92,61	10,63	2,57	3,02	144,63	14,46	6,58	2,89	62,62	6,46	0,013,17	
1,7	21	113,7	94,91	5,41	2,01	2,29	63,12	6,31	6,27	1,33	26,06	2,69	0,005,48	
1,18	71	79,2	96,52	1,12	1,13	1,57	20,34	2,03	5,74	1,44	23,79	2,46	0,00500	
1	57	37	97,27	0,65	0,93	1,03	5,73	0,57	5,64	0,33	5,19	0,54	0,00109	
0,85	100	54	98,36	0,54	0,87	0,90	3,80	0,38	5,58	0,38	5,92	0,61	0,00124	
0,8	202	48	99,33	0,24	0,64	0,76	2,27	0,23	5,57	0,46	7,10	0,73	0,00149	
0,5	142	15,3	99,64	0,11	0,48	0,56	0,94	0,09	5,54	0,13	2,04	0,21	0,00043	
0,425	248	17,7	100,00	0,07	0,42	0,45	0,47	0,05	5,42	0,12	1,73	0,18	0,00036	
<b>Totals</b>	<b>936</b>	<b>4936,9</b>		<b>Diâmetro médio para 92,61 % = 4,61</b>						<b>62,43</b>	<b>1490,35</b>		<b>0,31313</b>	
				<b>MJ/mm.ha = 0,2982774</b>										

**OBSERVAÇÕES:** 1- Cálculo da coluna 8  $\rho =$  massa específica da água a 4°C 2- Cálculo da coluna 9  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Vol unit (m<sup>3</sup>) da gota =  $4/3 \cdot \pi \cdot \left[ \frac{D}{2} \right]^3$  onde Diâmetro em (m)      Massa =  $\rho \text{ (kg/m}^3) \cdot \text{volume unitário da gota (m}^3)$

3- Cálculo da coluna 11:

Vol total (l) = Vol unit. Número de pellets . 1000

5- Cálculo da coluna 12: Ec =  $\frac{1}{2} \cdot \text{massa} \cdot V^2 \cdot N$ . Pellets = Joule

4- Cálculo da coluna mm aplicado

mm = (Vol. aplic. na bandeja (m<sup>3</sup>) área da bandeja (m<sup>2</sup>))/1000 = mm

6- Cálculo da coluna 13: Ec/mm = Joule/mm

7- Cálculo da coluna 14: 10000 (m<sup>2</sup>) . Ec/mm (Joule/mm) /área da bandeja = Joule/mm.ha

