

RENZO GARCIA VON PINHO

TOLERÂNCIA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) A BAIXAS  
TEMPERATURAS NA FASE DE GERMINAÇÃO  
E EMERGÊNCIA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1990

[REDACTED]

[REDACTED]

TOLERANCIA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) A BAIXAS  
TEMPERATURAS NA FASE DE GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA

APROVADA EM 23/08/1990

BANCA EXAMINADORA

*Antônio Carlos Fraga*

---

Antônio Carlos Fraga

*Ramalho*

---

Magno Antônio Patto Ramalho

*Wilson Roberto Maluf*

---

Wilson Roberto Maluf

Aos meus pais,

Bismarck e Lélia.

As minhas irmãs,

Romeni e Andressa.

A memória de meu inesquecível irmão

Erich.

A minha esposa Edila,

companheira de todos os momentos,

e a minha filha Iolanda que está

para nascer,

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de vida e inspiração.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

A Cooperativa Agrícola de Cotia - Cooperativa Central, representada pelo Engenheiro Agrônomo Yoshito Shibuya por sua compreensão na fase de redação deste trabalho.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho pela amizade, estímulo, valiosa orientação e ensinamentos transmitidos.

Ao professor Antônio Carlos Fraga pela orientação e, sobretudo, pela amizade nestes anos de convivência.

Ao professor Pedro Castro Neto pela amizade e auxílio na elaboração do programa de computador para a análise dos dados.

Ao professor Wilson Roberto Maluf pelas valiosas sugestões apresentadas por ocasião da defesa deste trabalho.

A todos os professores do curso de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela amizade e ensinamentos transmitidos.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o curso.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), através dos engenheiros agrônomos Adelson Francisco de Oliveira (Fazenda Experimental de Maria da Fé) e Hugo Abelande de Mesquita (Fazenda Experimental de Lambari) pelo grande auxílio na condução dos trabalhos de campo.

Aos colegas da pós-graduação pelo convívio e amizade durante a realização deste curso e, em especial, a Takeda, Helder, Nivaldo e Manoel.

Aos colegas de infância e de profissão, Fernando e Paulinho, pela amizade e convivência durante todos estes anos.

Aos funcionários do Departamento de Biologia e Agricultura (Laboratório de Sementes) pelo auxílio na execução dos trabalhos de campo e de laboratório.

Aos funcionários da Biblioteca da ESAL pela presteza e amizade.

Aos meus pais e sogros pelo apoio, estímulo e amor transmitidos em todos os momentos.

A Edila V. de Resende Von Pinho pelo apoio, compreensão e amor em todos os momentos.

A todos aqueles que contribuíram de algum modo para o êxito deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

RENZO GARCIA VON PINHO, filho de Bismarck Von Pinho e Lélia Garcia Pinho, nasceu em Lavras-MG, no dia 16 de abril de 1966.

Realizou os cursos primário e ginásial em Lavras-MG, tendo concluído o curso ginásial em 1980 no Colégio Estadual Dr. João Batista Hermeto. Em 1983, concluiu o curso científico, no Instituto Gammon em Lavras-MG. Ingressou em 1984, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, obtendo o diploma de *Engenheiro Agrônomo* em 1987.

Durante o período de graduação, desenvolveu vários trabalhos de pesquisa, tendo sido bolsista de iniciação científica de vários órgãos.

Em março de 1988, iniciou o Curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Em novembro de 1989, foi contratado pela Cooperativa Agrícola de Cotia - Cooperativa Central, para desenvolver atividades na área de melhoramento genético de plantas nas culturas de soja e milho, em São Gotardo-MG.

## INDICE

	Página
LISTA DE TABELAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	03
2.1. Clima e a Cultura do Feijão .....	03
2.2. Estresses Causados por Baixas Temperaturas ...	05
2.3. Fatores que Afetam a Tolerância à Germinação em Baixas Temperaturas .....	08
2.4. Controle Genético da Tolerância a Baixas Tem- peraturas em Feijão .....	13
2.5. Metodologias de Avaliação da Tolerância a Baixas Temperaturas .....	18
2.5.1. Testes de Campo .....	18
2.5.2. Uso de Equipamentos de Refrigeração na Substituição do Estresse de Campo .....	19
2.5.3. Uso do Método da Condutividade Elétri- ca na Mensuração da Injúria .....	20
2.5.4. Uso de Sementes ou "Seedlings" Novos ..	21
2.5.5. Estimção da Tolerância ao Frio Sem Uso do Estresse de Frio .....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1. Materiais Utilizados .....	24
3.2. Avaliação da Tolerância à Germinação em Baixas Temperaturas .....	25
3.2.1. Experimento em Condições de Laboratório	26
3.2.2. Experimento em Condições de Campo .....	26

3.3. Análise dos Dados .....	27
3.3.1. Análise de Variância Individual .....	29
3.3.2. Análise de Variância Conjunta .....	30
3.4. Estimativa de Parâmetros Genéticos e Fenotípi- cos para as Análises de Variância Individual .	32
3.5. Estimativa de Parâmetros Genéticos e Fenotípi- cos para a Análise de Variância Conjunta .....	33
3.6. Eficiência de Seleção .....	36
3.7. Estimativa da Correlação entre o Peso Médio de Cem Sementes e o Índice de Vigor .....	37
4. RESULTADOS .....	38
5. DISCUSSÃO .....	53
6. CONCLUSÕES .....	63
7. RESUMO .....	64
8. SUMMARY .....	65
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
APÊNDICE .....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Esquema das análises de variância individual e esperanças de quadrados médios $E(QM)$ para os dados de percentagem de germinação e índice de vigor, obtidos para todos os experimentos realizados .....	30
2 Esquema da análise de variância conjunta e esperanças de quadrados médios $E(QM)$ para os dados do índice de vigor, obtidos para todos experimentos realizados em condições de campo ....	31
3 Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (radícula com mais de 5 mm), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de laboratório. ESAL - Lavras - MG, 1989. ....	40

- 4      Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo. Lambari - MG, 1988. .... 43
- 5      Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo. Maria da Fé - MG, 1989. .... 44
- 6      Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo. Lavras - MG, 1989. .... 45
- 7      Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo. Lambari-MG, 1989. .. 46

## Tabela

## Página

8	Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para o índice de vigor de cultivares em dias para a germinação, obtidas em condições de laboratório e campo. ....	48
9	Resumo da análise de variância conjunta para o índice de vigor de cultivares em dias para a germinação, envolvendo todos os experimentos realizados sob condições de campo. ....	49
10	Estimativa dos componentes da variância genética e fenotípica e estimativa da herdabilidade para o índice de vigor, obtidos a partir da análise de variância conjunta, envolvendo todos os experimentos realizados sob condições de campo. ....	50
11	Eficiência de seleção e correlação genética para todas as combinações possíveis duas a duas de todos os experimentos realizados, relativa ao índice de vigor de cultivares (dias para a germinação). ....	52

## Tabela

## Página

1a	Cor do tegumento da semente e peso de cem sementes das 85 cultivares utilizadas .....	78
2a	Dados de temperatura média obtidos durante a realização dos experimentos de campo. ....	79
3a	Dados de temperatura média obtidos nos primeiros dez dias dos experimentos realizados sob condições de campo. ....	79
4a	Percentagem de germinação das 85 cultivares após 22 dias da instalação dos experimentos realizados em condições de laboratório e campo. ....	80
5a	Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de laboratório. ESAL-Lavras-MG, 1989. ....	81
6a	Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de campo. Lambari - MG, 1988. ....	82

## Tabela

## Página

- 7a Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de campo. Maria da Fé - MG, 1989. ... 83
- 8a Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de campo. Lavras - MG, 1989. .... 84
- 9a Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de campo. Lambari - MG, 1989. .... 85
- 10a Índice de vigor médio em dias para a germinação das quinze melhores cultivares na média dos experimentos de campo e no experimento de laboratório. .... 86

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo do feijão no Sul de Minas Gerais tem sido realizado tradicionalmente em duas épocas distintas: "seca", com plantio de janeiro a março e "águas", com plantio de outubro a novembro. Nos últimos anos, entretanto, tem havido um incremento no cultivo do feijão em uma terceira época de plantio. Este cultivo tem sido realizado utilizando-se a irrigação no período de outono-inverno e deste modo, devido a baixas temperaturas na região, nesta época, a semeadura é limitada ao final do mês de julho e início de agosto.

O sucesso da cultura, nesta condição, depende da colheita ser anterior ao início do período chuvoso. Como no início da cultura a temperatura na região é muito baixa, isto contribui para um prolongamento no ciclo, especialmente devido à demora na emergência, que aumenta a probabilidade de ocorrerem perdas na colheita ao coincidir com a ocorrência de chuvas.

Para diminuir a probabilidade de insucesso neste cultivo, há necessidade de que as cultivares recomendadas sejam mais tolerantes ao frio, principalmente na fase de germinação e emergência. Infelizmente, como este cultivo é relativamente recente no Sul do Estado de Minas Gerais e outras regiões, pesquisas, visando à obtenção de cultivares com essa característica,

são escassas. Com relação à obtenção e/ou identificação de cultivares tolerantes ao frio na fase de germinação e emergência, nenhuma pesquisa foi desenvolvida, até o momento, no Brasil. Alguns trabalhos foram publicados em relação ao desenvolvimento de cultivares tolerantes ao frio em outras fases de desenvolvimento da cultura (65, 66 e 67), mas, na literatura estrangeira, vários resultados já foram relatados, indicando a possibilidade de obtenção de cultivares tolerantes ao frio nas mais diversas fases de desenvolvimento da cultura (3, 22, 23, 24, 36, 45, 47, 57, 62 e 68).

Este trabalho foi desenvolvido visando a identificar materiais tolerantes a baixas temperaturas na fase de germinação e emergência, entre materiais introduzidos e desenvolvidos no Sul de Minas Gerais, estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, visando a orientar futuros trabalhos de melhoramento para essa finalidade e avaliar a viabilidade da utilização de uma metodologia em condições controladas de laboratório para a identificação de materiais tolerantes ao frio na fase de germinação e emergência.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. *Clima e a Cultura do Feijão*

O feijão comum (Phaseolus vulgaris L.) tem origem no Continente Americano (15, 20, 32, 43 e 70), sendo uma espécie de clima subtropical, GUAZZELLI (33). Sua domesticação ocorreu provavelmente em 3 centros: em locais de temperaturas mais elevadas na América Central, onde foram domesticadas cultivares de sementes pequenas (<25g/100 sementes); no sul dos Andes (Peru e Argentina), em condições de temperaturas mais baixas, onde foram domesticadas cultivares de sementes grandes (>40g/100 sementes); e ao norte dos Andes, em condições de temperaturas mais baixas, onde também foram domesticadas cultivares de sementes pequenas, porém em menor escala, DEBOUCK (20) e SINGH (70).

Assim, devido ao modelo de domesticação do feijão, é fácil visualizar que o feijoeiro pode ser cultivado em uma amplitude muito grande de condições climáticas.

No Brasil, o feijão é cultivado em todos os estados, sendo, portanto, conduzido em latitudes que vão de 5°N a aproximadamente 34°S. Deste modo, ele é cultivado nas mais diversas condições climáticas existentes neste país.

O feijão, entretanto, é uma espécie muito sensível a fatores climáticos extremos, como alta ou baixa temperatura, alta ou baixa umidade do solo, ventos fortes, além de ser conhecido como uma planta muito sensível a doenças e pragas, PORTES (59).

Com relação à temperatura, a ótima para germinação, crescimento e produção situa-se entre 18 e 30°C (10, 68 e 79). Em temperatura constante de 25°C, o feijão emerge normalmente em 3 a 6 dias, mas demora de 5 a 8 dias em temperatura de 18°C, KOTOWSKI (48).

A temperatura mínima, para germinação e emergência em feijão, varia de 7 a 10,3°C, ocorrendo variação dentro da espécie, ROEGGEN (62). Em temperaturas constantes e abaixo de 11°C, o feijão pode conseguir germinar através do rompimento da radícula no tegumento da semente, mas geralmente ele não consegue emergir no solo e as sementes podem apodrecer, devido ao ataque de fungos (22, 47 e 48). Isto mostra que temperaturas baixas e constantes na fase de germinação são extremamente prejudiciais ao estabelecimento inicial do estande de plantas.

O crescimento do feijoeiro depende de temperaturas noturnas, GUAZZELLI (33). Deste modo, STOBE *et alii* (73) verificaram que o termoperíodo ideal para a produtividade máxima em feijão situa-se em torno de 29,5/21,0°C (dia/noite) e que em temperaturas próximas a 35°C não ocorre praticamente nenhum vingamento de vagens. A temperatura baixa, da mesma forma que a alta, reduz o rendimento do feijão. Temperaturas inferiores a 16 - 18°C são nocivas ao crescimento da planta, VIEIRA (79).

Diversos autores estudaram os efeitos de temperaturas baixas sobre sementes e plantas jovens e adultas de feijão. De modo geral, os principais efeitos detectados foram: redução na germinação (22, 47, 68 e 79); redução na taxa de emergência e crescimento de plântulas (6, 24, 26, 36 e 47); redução na taxa de crescimento de folhas e na taxa fotossintética (18, 31 e 44); aumento na taxa de abortamento floral (24, 45, 60 e 71); diminuição na taxa de nodulação, RENNIE & KEMP (61) e THOMAS & SPRENT (74); redução no desenvolvimento de fibras, DRIJFHOUT (27); redução no teor de aminoácidos livres, KNULL & KIMBACHER (46); aumento da susceptibilidade a doenças fúngicas (19, 40, 47 e 83); crescimento lento do sistema radicular e da parte aérea da planta (24, 31, 44 e 60); redução na produção de etileno, GUYE *et alli* (34); redução nos teores de fósforo e potássio na planta, SINGH & MACK (71).

## 2.2. *Estresses Causados por Baixas Temperaturas*

Segundo LEVITT (49), as baixas temperaturas podem provocar dois tipos de estresses em plantas: de frio e de congelamento. O estresse de frio ocorre em temperaturas entre 0 e 15°C (40, 49, 50, 53, 80 e 83), portanto, acima do ponto de congelamento da água, acarretando danos irreversíveis em espécies tropicais e subtropicais (17, 49, 50, 53 e 69). O estresse de congelamento ocorre quando a temperatura externa estiver

abaixo do ponto de congelamento da água, ou seja, abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ . Normalmente este estresse resulta de injúrias em todas as plantas, independente da região de origem, ASHWORTH (2) e LEVITT (49).

Vários trabalhos foram publicados sobre o efeito do estresse de frio e de congelamento em várias espécies de plantas (2, 14, 17, 40, 49, 53, 69, 72, 80, 81 e 83). No Brasil trabalhos a esse respeito são escassos, provavelmente, devido às condições tropicais do país, não sendo a baixas temperaturas fator limitante no cultivo de plantas em determinados locais. Entretanto, existem determinados cultivos, como é o caso do plantio do feijão no outono-inverno, no Sul de Minas Gerais, em que as baixas temperaturas apresentam-se como fator limitante, principalmente nas fases iniciais da cultura.

O principal tipo de estresse que ocorre nas condições do Sul de Minas Gerais é o de frio, onde as plantas são injuriadas em temperaturas de  $0$  a  $15^{\circ}\text{C}$ . No feijão de terceira época, com plantio em julho-agosto, este estresse está associado, principalmente, à fase de germinação e emergência, uma vez que, após esse período, as temperaturas começam a aumentar, não ocasionando mais injúrias. O estresse de congelamento tem-se apresentado de maneira esporádica no cultivo do feijão de terceira época no Sul de Minas Gerais. Severos danos podem ocorrer por ocasião do aparecimento de geadas.

Plantas sensíveis ao estresse de frio produzem sementes que não germinam bem em temperaturas abaixo de  $15^{\circ}\text{C}$ ,

HERNER (40) e WOLK & HERNER (83). Baseado na época de ocorrência do estresse na fase de germinação, HERNER (40) subdivide as plantas em dois grupos: um no qual a injúria aparece após o período de embebição da semente em baixa temperatura e está associada ao aparecimento de necrose na radícula e danos no córtex da raiz. Tomate e marmelo são exemplos de plantas com este tipo de injúria, BUSSEL & GRAY (8) e SACHS (64). Em outro grupo, as sementes são injuriadas quando se inicia o processo de embebição em baixa temperatura. Sementes de feijão comum, feijão lima, soja, milho e algodão são exemplos de plantas desta categoria (5, 6, 9, 13, 56, 58, 63 e 84).

Com relação às injúrias causadas pelo frio, tem sido observado por muitos autores (14, 17, 40, 49, 50, 53, 69, 72, 80, 81 e 83) que estas acarretam danos nas membranas das células, levando-as a um aumento na sua permeabilidade e, conseqüentemente, a um desbalanço nas suas atividades metabólicas. Deste modo, HERNER (40) afirmou que diferenças na composição das membranas de plantas sensíveis e resistentes a baixas temperaturas resultam numa maior injúria em plantas sensíveis ao frio, nas quais ocorre uma grande perda de substâncias pelas sementes durante o processo de embebição, incluindo aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos, ácido giberélico, fenólicos e fosfatos (6, 40, 56, 58 e 83).

Em feijão, Matheus *et alii*, citados por WOLK & HERNER (83) verificaram que existe uma correlação positiva entre a quantidade de material perdido e a mortalidade em pré-emergên-

cia, sendo que a quantidade perdida depende da umidade inicial da semente, temperatura e condições do tegumento da semente (9, 10, 56 e 58).

As substâncias perdidas pela semente oferecem um excelente meio de cultura para o desenvolvimento de patógenos do solo (40, 58 e 83). Como em baixas temperaturas esta perda é maior, ocorre um aumento no ataque de patógenos nesta condição, o que reduz a taxa de sobrevivência de plântulas (19, 40, 47, 75 e 83). Este ataque, porém, representa uma consequência das injúrias provocadas por baixas temperaturas e não a causa destas.

### *2.3. Fatores que Afetam a Tolerância à Germinação em Baixas Temperaturas*

Existem vários fatores que afetam a tolerância à germinação em baixas temperaturas. Dentre estes, conforme relatado por HERNER (40), podemos citar: 1) Temperatura; 2) Umidade da semente no início da embebição; 3) Velocidade de embebição; 4) Características e/ou integridade do tegumento das sementes; 5) Vigor das sementes; 6) Cultivar ou espécie.

Com relação à temperatura, além de afetar as reações bioquímicas que determinam todo o processo de germinação, influencia também na velocidade de embebição de água pela

semente. Até um certo limite, a germinação será tanto mais rápida e o processo mais eficiente, quanto maior for a temperatura (11, 16 e 54).

A umidade inicial da semente, por ocasião do início da embebição em baixa temperatura, afeta consideravelmente a intensidade das injúrias causadas pelo frio (40, 56, 57, 58, 63 e 83). Em geral, sementes com um alto teor de umidade inicial são parcialmente ou completamente protegidas das injúrias de frio quando comparadas a sementes com baixo teor de umidade inicial (40, 56, 57, 63 e 83).

ROOS & MANALO (63) verificaram, em feijão, que em temperaturas de solo abaixo de  $10^{\circ}\text{C}$ , sementes com teor inicial de umidade acima de 12% apresentam maior taxa de emergência no campo que sementes com menor teor de umidade.

Se as sementes de feijão começam o processo de embebição em temperaturas mais elevadas e depois são expostas a temperaturas baixas, nenhuma ou poucas injúrias ocorrem, POLLOCK & TOOLE (58). Aparentemente, a sensibilidade a baixas temperaturas é minimizada pela embebição em temperaturas mais elevadas.

A velocidade de embebição da semente em baixa temperatura afeta consideravelmente a extensão dos danos causados pelo frio. Em geral, a rápida embebição em baixas temperaturas está relacionada a uma pobre germinação (40, 56, 57, 58, 63 e 83).

Existe ainda um grande relacionamento entre a velocidade de embebição de água pela semente e características do

tegumento da semente. Assim, alguns autores (48, 58, 76 e 83) afirmam que, se o tegumento da semente estiver intacto por ocasião do início da embebição em baixas temperaturas, a velocidade de embebição será menor e a taxa de germinação tenderá a ser maior. Logo, sementes com tegumento danificado, por ocasião da colheita ou durante o manuseio das sementes, podem apresentar menor germinação quando submetidas a baixas temperaturas.

A cor do tegumento da semente também parece influenciar a capacidade de germinação em baixas temperaturas (19, 22, 24, 41 e 85). Em trabalho realizado por WYATT (85), observou-se que a melhor emergência de plântulas, maior produção de sementes, resistência à Rhizoctonia e a maior germinação de sementes estavam associadas a cultivares de feijão com sementes de tegumento colorido quando comparadas a cultivares de sementes brancas.

Através de testes de campo, envolvendo 47 pares de linhas melhoradas isogênicas de feijão, exceto para a coloração das sementes, DEAKIM (19) mostrou que linhas com sementes coloridas foram superiores a linhas de sementes brancas para emergência e vigor de plântulas. Na comparação para produção, observou-se que linhas de sementes coloridas apresentaram maiores produções que linhas de sementes brancas, provavelmente devido ao melhor estande proporcionado pelas linhas de sementes coloridas. Evidências indicam que o maior vigor de plântulas de sementes coloridas esteja fisiologicamente ligado a compostos

produzidos por cultivares de sementes coloridas. Entretanto, alguns trabalhos (23, 40 e 57) têm mostrado que nem todas as cultivares que apresentam sementes coloridas germinam melhor em baixas temperaturas que aquelas de sementes brancas. Isto mostra que não existe uma regra clara evidenciando a superioridade na germinação de cultivares de sementes coloridas sobre aquelas de sementes brancas.

O vigor das sementes é outro fator que interfere na capacidade de germinação em baixas temperaturas (16, 40, 54 e 83). Sementes de feijão pouco vigorosas sofrem mais os efeitos das baixas temperaturas que sementes mais vigorosas, ocasionando maiores reduções na taxa de germinação, WYATT (85).

A densidade e o tamanho das sementes podem também influenciar o vigor das sementes (40, 52 e 83). Deste modo, CARVALHO & NAKAGAWA (11) afirmam que sementes de maior densidade e tamanho normalmente possuem embriões mais bem formados e com maior quantidade de reservas, sendo, portanto, potencialmente mais vigorosas. Entretanto, os mesmos autores afirmam que o tamanho e a densidade das sementes não tem influência sobre a germinação. Estes podem ter um efeito pronunciado sobre o crescimento inicial das plantas, diminuindo essa intensidade à medida que as plantas se desenvolvem, sendo este efeito residual.

Em pesquisas realizadas por DICKSON (23) e WESTER & MAGRUDER (82), ambos trabalhando com feijão lima (Phaseolus lunatus L.), não se encontrou associação entre o tamanho de

sementes e a sua capacidade de germinar em baixas temperaturas. Várias linhagens com boa capacidade de germinação em baixas temperaturas foram selecionadas por DICKSON (23). Dentre estas, tanto linhagens de sementes pequenas como de sementes grandes foram selecionadas.

Apesar de não terem encontrado associação entre o tamanho de sementes e a germinação, WESTER & MAGRUDER (82) verificaram que o desenvolvimento inicial das plantas no campo foi diretamente proporcional ao tamanho das sementes, confirmando a idéia de CARVALHO & NAKAGAWA (11), sobre o efeito do tamanho e da densidade no crescimento inicial das plantas.

A cultivar ou espécie envolvida afeta consideravelmente a extensão das injúrias causadas pelo frio no período de germinação e emergência. A identificação de materiais com maior capacidade de germinação em baixas temperaturas tem sido realizada com sucesso para o feijão em outros países (3, 22, 23, 24, 36, 44, 47, 57, 62 e 68). Deste modo, o desenvolvimento de novas cultivares com maior tolerância, para germinar em baixas temperaturas, tem sido o método mais utilizado para evitar os efeitos negativos das baixas temperaturas nesta fase.

Outra possibilidade que tem sido relatada por HERNER (40) e WOLK & HERNER (83) é a utilização de sementes pré-germinadas, que evitariam a injúria no período de embebição da semente, mas problemas práticos para a sua adoção em feijão tem limitado seu uso.

O aumento da umidade da semente, antes do início da embebição em baixas temperaturas ou a embebição prévia da semente em temperaturas mais elevadas, para posterior exposição a baixas temperaturas, também tem sido uma outra possibilidade, mas também com problemas de adoção a nível prático (40, 56, 57, 63 e 83).

#### 2.4 *Controle Genético da Tolerância a Baixas Temperaturas em Feijão*

A tolerância a baixas temperaturas em feijão é relatada em três fases distintas: germinação e emergência (22, 24, 25, 26, 36, 41, 47, 68 e 75); fase vegetativa (24, 25, 31, 44 e 74) e fase reprodutiva (24, 25, 31, 45 e 74).

Parece que a tolerância ao frio, nas diferentes fases de desenvolvimento da planta, é herdada independentemente, DICKSON & PETZOLDT (25) e KEMP (44). Deste modo, plantas que apresentam tolerância ao frio em uma fase, não necessariamente apresentam em outras, KEMP (44).

Dentro do gênero Phaseolus, existe uma grande variabilidade na resposta a baixas temperaturas, sendo que vários materiais já foram identificados como tolerantes ao frio, nas várias fases de desenvolvimento da planta (3, 4, 19, 22, 23, 24, 25, 31, 36, 38, 41, 42, 44, 45, 47, 68, 74 e 75).

Vários programas de melhoramento têm sido conduzidos em diversas partes do mundo, visando à obtenção de cultivares de feijão, com tolerância ao frio nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura (4, 23, 25, 38 e 41).

No Brasil, porém, poucos trabalhos foram desenvolvidos, até o momento, visando à obtenção de cultivares de feijão tolerantes ao frio (65, 66 e 67), como também nenhuma cultivar tolerante ao frio na fase de germinação e emergência foi identificada e/ou desenvolvida. Algumas linhagens tolerantes ao frio, em outras fases de desenvolvimento da cultura, têm sido desenvolvidas no programa de melhoramento de feijão da Escola Superior de Agricultura de Lavras (65, 66 e 67). Entretanto, é necessário que se conheça o comportamento destas linhagens e de outros materiais em relação ao frio na fase de germinação e emergência, uma vez que os maiores problemas ocasionados pelas baixas temperaturas predominantes na época de inverno no Sul de Minas Gerais estão nesta fase de desenvolvimento da cultura.

Com relação a estudos genéticos da tolerância a baixas temperaturas em feijão, poucos trabalhos foram publicados até o momento (4, 22, 23, 24, 25, 47 e 67). Em sua maioria, estes trabalhos foram realizados sob condições de frio artificiais em laboratório e envolveram parâmetros como percentagem de germinação, vigor de plântulas, dias para a emergência e dias para o florescimento.

KOISTRA (47) foi um dos primeiros a mostrar resultados de cruzamentos e seleções, visando ao desenvolvimento de linha-

gens tolerantes ao frio. Neste trabalho, identificaram-se algumas variedades de Phaseolus vulgaris e de outras espécies de Phaseolus, que apresentaram alta capacidade de germinação em baixa temperatura ( $9.5^{\circ}\text{C}$ ). Posteriormente, realizou-se o cruzamento de duas variedades de Phaseolus vulgaris: "Contesse de Chambord", que apresenta sementes pequenas e brancas e com alta capacidade de germinação a  $9.5^{\circ}\text{C}$  e "Widusa", que apresenta baixa capacidade de germinação a  $9.5^{\circ}\text{C}$ . As sementes da geração  $F_1$  e das gerações seguintes foram testadas para germinação em  $9.5^{\circ}\text{C}$ , usando os pais como controle. A taxa de germinação das gerações  $F_1$  e  $F_2$  mostraram uma posição intermediária entre os pais, evidenciando, possivelmente, a presença de efeitos aditivos. Na geração  $F_2$ , as linhagens que germinaram mais rápido foram selecionadas e tiveram suas sementes plantadas na geração seguinte. A partir de  $F_3$ , foram selecionadas linhagens com boas características agronômicas e com alta capacidade de germinação a  $9.5^{\circ}\text{C}$ . Na geração  $F_6$ , algumas linhagens apresentaram nível de germinação bem próximo do parental que apresentava alta germinação a  $9.5^{\circ}\text{C}$ , o que evidenciou a possibilidade de se obter linhagens com boas características agronômicas e com alta germinação em baixas temperaturas.

Uma das primeiras tentativas de se estudar a herança da tolerância a baixas temperaturas em feijão foi realizada por DICKSON (22). Neste trabalho, foram utilizadas populações  $F_1$ ,  $F_2$  e retrocruzamento obtidos da hibridação de duas linhagens que apresentaram boa germinação em baixas temperaturas. Nenhum

modelo consistente de segregação foi identificado, o que não foi surpresa, pois a estimativa da herdabilidade para a germinação em baixa temperatura foi de apenas 35%. Encontrou-se uma forte associação entre a cor da semente e resistência a organismos do solo, com boa germinação em baixas temperaturas. Entretanto, algumas linhagens de sementes brancas também apresentaram boa germinação em baixas temperaturas e resistência a organismos do solo.

Mais tarde, DICKSON & PETZOLDT (25) obtiveram sucesso no estudo da herança da tolerância a baixas temperaturas em feijão, para características de germinação, dias para florescimento, vigor de plântulas, vigor vegetativo e produção de vagens. Duas linhagens, uma apresentando boa germinação em baixa temperatura, florescimento em 61 dias a 16°C e boa capacidade para produção de vagens a 16°C e a outra apresentando má germinação, 73 dias para o florescimento a 16°C, baixo vigor de plântulas e baixa produção de vagens a 16°C foram utilizadas para obtenção das famílias  $F_1$ ,  $F_2$  e retrocruzamentos. Os resultados mostraram, para a herdabilidade no sentido restrito, valores de 28%, 56%, 45% e 74%, respectivamente, para germinação, vigor de plântulas, vigor vegetativo e dias para o florescimento, avaliados em casa de vegetação com temperatura constante de 16°C. Para todas as características estudadas, os resultados indicaram a presença de efeitos aditivos. Valores altos da herdabilidade no sentido restrito, para algumas características avaliadas, indicaram que poucos genes estavam

envolvidos no controle destas características. Em geral, dias para florescimento tiveram uma baixa correlação com vigor vegetativo, vigor de plântulas e germinação. Baixa correlação também foi encontrada entre germinação, vigor de plântulas e vigor vegetativo

Deste modo, o controle genético da tolerância a baixas temperaturas em feijão para alguns parâmetros tais como: percentagem de germinação, vigor de plântulas e dias para a emergência, parece ser poligênico, com a predominância da ação gênica aditiva (22, 25, 47 e 67). Se verdadeiro, isto vem corroborar com estudos realizados com a cultura do milho, onde se evidencia também para esses parâmetros, o controle poligênico com a predominância da ação gênica aditiva, além da presença de efeitos maternos (29, 39, 51 e 55).

Deve-se salientar, contudo, que especificamente com a cultura do feijão, poucos trabalhos foram publicados sobre o controle genético da tolerância ao frio, fato que não permite fazer afirmações conclusivas sobre este assunto. Cabe observar, ainda, que a possível predominância da ação gênica aditiva no controle da tolerância ao frio em feijão é de tão grande interesse que permitirá a obtenção de maiores sucessos na seleção de linhagens tolerantes ao frio.

Ainda com relação ao controle genético da tolerância do feijoeiro ao frio, as estimativas obtidas para a herdabilidade dos caracteres envolvidos com a tolerância a baixas temperaturas, apesar de poucas, mostram valores suficientemente eleva-

dos, o que justifica a realização de programas eficientes de melhoramento que visem à obtenção de cultivares tolerantes a baixas temperaturas, DICKSON (22) e DICKSON & PETZOLDT (25).

## 2.5. *Metodologias de Avaliação da Tolerância a Baixas Temperaturas*

Vários métodos têm sido propostos por diversos autores para avaliação da tolerância a baixas temperaturas (temperaturas frias e de congelamento). Estes métodos podem ser realizados tanto em condições de campo como em condições artificiais.

Apenas para fins de comparação com a metodologia usada em feijão são apresentados, a seguir, um resumo das técnicas empregadas por alguns autores (21, 49 e 72).

### 2.5.1. Testes de Campo

Os testes de campo consistem no cultivo dos materiais nas condições de inverno normal da região, para os quais se deseja obter genótipos mais tolerantes. O uso destes testes, com sucesso, depende da observação dos seguintes requisitos:

- a) Deve haver um período de adaptação da planta, antes da mesma ser submetida ao frio.
- b) Um grau de severidade média é essencial para a discriminação dos genótipos.

c) Devem ser efetuados testes de avaliação por pelo menos três anos, devido às variações sazonais que ocorrem de um ano para o outro, incluindo os aspectos climáticos, pragas, doenças e outros.

Como desvantagens, este método apresenta um consumo maior de tempo, necessitando ser repetido por diversos anos, além de não possibilitar um controle do grau de estresse e dos vários fatores que atuam conjuntamente sobre a planta no frio.

A avaliação da tolerância é feita em função do grau diferencial de dano entre os genótipos. Os principais critérios de avaliação utilizados são: % de estande sobrevivente ou não injuriado; produção de matéria seca/área; turgidez ou firmeza dos tecidos; grau de injúria baseado na aparência das plantas (notas).

#### 2.5.2. Uso de Equipamentos de Refrigeração na Substituição do Estresse de Campo

Este método permite trabalhar com um único fator de cada vez, possibilitando isolar os diversos componentes que atuam no inverno, acelerando, assim, o processo seletivo. Permite também a aplicação do estresse na época certa e no grau de intensidade desejado, além de se poder fazer diversas avaliações por ano. Normalmente, seus resultados possuem boa correlação com a tolerância ao frio no campo.

As principais desvantagens deste método são:

- a) É necessário determinar uma série de informações básicas para a espécie que se irá avaliar (temperatura que permite discriminar materiais tolerantes daqueles de tolerância média, grau de correlação com a resistência de campo, fase da planta para aplicação do estresse, etc.).
- b) Devido à limitação de espaço, permite a avaliação de poucos materiais ou de apenas parte do material biológico disponível (sementes, plântulas, etc.).
- c) Corre-se o risco de se obter materiais tolerantes apenas ao fator estudado, apresentando susceptibilidade ao complexo de condições associadas ao frio.

### 2.5.3. Uso do Método da Condutividade Elétrica na Mensuração da Injúria

O uso da condutividade elétrica foi proposto por DEXTER (21), para medir a concentração de eletrólitos que se difundia nos tecidos injuriados, após o estresse de frio.

As principais vantagens deste método são:

- a) Uma ou mais plantas podem ser usadas como amostras do efeito do estresse.
- b) Não há necessidade de destruição da planta.
- c) Há necessidade de pequenas quantidades de material experimental.

d) Os testes podem ser repetidos com facilidade, além de darem boa correlação com a tolerância ao frio no campo.

Como desvantagem, aponta-se a necessidade de pessoal e equipamento especializado, para a preparação de amostras.

#### 2.5 4. Uso de Sementes ou "Seedlings" Novos

A partir da suposição de que o embrião da semente possui todas as características herdadas da planta, vários estudos têm sido efetuados com sementes. Estes testes procuram correlacionar a germinação das sementes com a tolerância ao frio.

Poderiam ser submetidos aos testes de frio, além de sementes, plântulas de poucos dias de idade, para posterior transplante e seleção das tolerantes.

#### 2 5 5 Estimação da Tolerância ao Frio Sem Uso do Estresse de Frio

Estes métodos baseiam-se nas diferenças observadas entre os constituintes das células de plantas tolerantes e não tolerantes ao frio. Tem sido detectado, em diversas espécies, que a tolerância ao frio apresenta-se correlacionada com um alto teor de sacarose, com uma alta tolerância à pressão mecânica, a uma baixa respiração, a uma maior ramificação das raízes, a raízes com alta elasticidade e a uma grande resistência à desidratação. Estes métodos, apesar de terem uma precisão

relativa em certas culturas, ou situações, requerem pessoal e equipamentos especializados.

Especificamente na cultura do feijoeiro, vários métodos de screening para a tolerância ao frio já foram descritos (3, 22, 24, 31, 37, 38, 41, 42, 44, 47 e 68). A maioria destes métodos têm sido realizada em condições controladas de laboratório, através do uso de equipamentos de refrigeração na substituição do estresse de campo. Deste modo, tem-se procurado evitar as condições ambientais mais variáveis no campo. Entretanto, é necessário que os resultados obtidos em laboratório sejam confrontados com a performance dos materiais no campo.

A maioria dos testes desenvolvidos até o momento são conduzidos separadamente em diferentes fases do desenvolvimento da planta, sem referência para a performance dos materiais em outras fases. Assim, não tem sido identificado ainda um conjunto de parâmetros de seleção para identificar linhas tolerantes em todas as fases de desenvolvimento da planta, DICKSON & BOETTGER (24).

A avaliação da tolerância ao frio, na fase de germinação, através de parâmetros relacionados com características fisiológicas das sementes e de "seedlings" novos, tem sido empregada na maioria dos trabalhos. Assim, valores para percentagem de germinação, número de dias para a emergência e vigor de sementes e "seedlings" têm sido amplamente usados para selecionar materiais com tolerância a baixas temperaturas (22, 23,

24, 25, 36, 41, 47, 60, 68 e 75).

A avaliação de materiais para a tolerância ao frio na fase vegetativa e reprodutiva também tem sido considerada por vários autores (3, 24, 31, 37, 38, 44, 45, 60 e 74). Cultivares de feijão com maior crescimento foliar, menor abortamento floral e com um menor número de dias para o início do florescimento têm sido identificadas sob condições controladas, através do uso de equipamentos de refrigeração para simulação do estresse de frio (31, 44 e 45).

O uso do método da condutividade elétrica para mensurar danos devido a baixas temperaturas também tem sido empregado em feijão, DUCZMAL & HOLUBOWICZ (28) e HOLUBOWICZ (41). Progenies de feijão com boa tolerância ao frio na fase de germinação foram selecionadas através do uso deste método por DUCZMAL & HOLUBOWICZ (28). Para isso, sementes foram embebidas em água por dois dias e depois congeladas à temperatura de  $-6^{\circ}\text{C}$  por duas horas. Posteriormente foi avaliada a concentração de eletrólitos perdidos pela semente através da medição da condutividade elétrica. Também foi avaliada a capacidade de germinação dos materiais, após o congelamento. Os resultados mostraram diferenças tanto na condutividade elétrica quanto na capacidade de germinação das progenies, mostrando ser este método passível de utilização para o feijão.

### 3 MATERIAL E METODOS

#### 3.1 *Materiais Utilizados*

Para a realização deste trabalho, foram utilizados 85 materiais provenientes do banco de germoplasma de feijão da Escola Superior de Agricultura de Lavras. Estes materiais consistiram de linhagens e cultivares introduzidas e desenvolvidas no Sul de Minas Gerais pelo programa de melhoramento de feijão da ESAL e constituem uma amostra representativa do germoplasma de feijão disponível. Para facilitar, adotou-se, em todo o decorrer deste trabalho a denominação geral de cultivar. O nome das cultivares utilizadas com sua respectiva cor de tegumento e peso de cem sementes está apresentado na Tabela 1a.

Visando à obtenção de sementes da mesma idade, com boa qualidade fisiológica e em quantidade suficiente para a realização deste trabalho, foi realizada uma multiplicação das cultivares no plantio das "secas", nos anos de 1988 e 1989.

Após a multiplicação, as sementes obtidas foram submetidas à catação manual, eliminando-se as danificadas e fora do padrão, em função do tamanho e cor do tegumento. O material assim selecionado foi armazenado em câmara seca (40% de umidade relativa) e fria (10°C).

### 3 2 *Avaliação da Tolerância à Germinação em Baixas Temperaturas*

Antes de serem conduzidos os experimentos, determinou-se o peso de cem sementes obtido pela média de quatro amostras e o teor de umidade das mesmas, que foi estimado utilizando o aparelho Gedole através do método indireto, baseado na condutividade elétrica, BRASIL (7).

Posteriormente, realizou-se uma avaliação da qualidade fisiológica das sementes, empregando o teste padrão de germinação. Para isto, utilizaram-se 200 sementes de cada cultivar, dispostas em 8 repetições de 25. O substrato utilizado foi o papel toalha para germinação, marca Germitest, pH neutro, em folhas de 25 cm x 38 cm aproximadamente, as quais sofreram embebição em água corrente, por um período aproximado de 12 horas. A sementeira foi feita em sistema de rolo de papel e o germinador utilizado foi o do tipo Mangelsdorf, marca Biomatic, à temperatura aproximada de 25°C. Obteve-se a percentagem de germinação, através de uma única contagem realizada aos 5 dias, após a instalação do teste, BRASIL (7).

A avaliação da tolerância à germinação em baixas temperaturas foi realizada tanto em condições de laboratório quanto em condições de campo.

### 3.2.1 Experimento em Condições de Laboratório

A tolerância à germinação em baixas temperaturas foi avaliada em laboratório, utilizando-se uma incubadora marca Fanen com temperatura ajustada para 11°C. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 3 repetições, que foram realizadas em 3 épocas diferentes. Cada parcela foi constituída de 25 sementes.

Após as sementes das parcelas serem tratadas com benomyl (0,4 g/l) e estreptomicina (0,05 g/l), foram semeadas em papel toalha marca Germitest, que foi previamente embebido em água fria (10°C), por um período aproximado de 6 horas, sendo posteriormente confeccionados rolos de papel.

Anotou-se o número de sementes germinadas a intervalos de 2 a 4 dias, a partir do início da germinação, até aos 32 dias da instalação do experimento. Foram consideradas germinadas aquelas cujas radículas apresentavam comprimento maior que 5 mm.

### 3.2.2. Experimento em Condições de Campo

A avaliação a nível de campo foi realizada na época do outono-inverno, nos anos de 1988 e 1989. Foram realizados 4 experimentos em 3 locais diferentes: na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em

Lambari (plantio em julho de 1988 e julho de 1989); no campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras (plantio em julho de 1989) e na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Maria da Fé (plantio em maio de 1989).

Os três locais estão localizados na região Sul do Estado de Minas Gerais. Lambari está situada a 845 m de altitude,  $21^{\circ}58'S$  de latitude e  $45^{\circ}22'W$  de longitude. Lavras está localizada a 910 m de altitude,  $21^{\circ}14'S$  de latitude e  $45^{\circ}00'W$  de longitude e Maria da Fé situa-se a 1276 m de altitude,  $22^{\circ}18'S$  de latitude e  $45^{\circ}23'W$  de longitude.

Em todos os experimentos, adotou-se o delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições. Cada bloco era constituído de um canteiro de 8,5 m de comprimento por 1,0 m de largura e 10 cm de altura, sendo a parcela constituída de uma linha com 25 sementes. Essas linhas foram espaçadas de 10 cm e a semeadura foi realizada à profundidade fixa de 3 cm.

Anotou-se o número de plântulas germinadas a intervalos de 2 a 5 dias, a partir do início da germinação, até aos 32 dias da instalação dos experimentos. Consideraram-se germinadas as plântulas cujos cotilédones estavam totalmente acima da superfície do solo.

### 3.3 *Análise dos Dados*

Para todos os experimentos, os dados de germinação foram analisados por época de avaliação, considerando a percentagem

de sementes ou plântulas germinadas. Para serem submetidos à análise, esses dados foram transformados pela expressão proposta por ANDERSON & MCLEAN (1):

$$\text{ARCO SENO } \sqrt{\frac{((x/100) \times n) + 3/8}{(n + 3/4)}}$$

onde:

$x/100$  - é a percentagem de germinação obtida na parcela

$n$  - é o número de sementes utilizadas por parcela ( $n = 25$ )

Determinou-se também o índice de vigor conforme expressão proposta por EDMOND & DRAPALA (30):

$$M = \frac{(N_1 \times G_1) + (N_2 \times G_2) + \dots + (N_n \times G_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

onde:

$M$  - número médio de dias para a germinação

$N_1$  - número de dias para a primeira avaliação

$G_1$  - número de sementes ou plântulas germinadas na primeira avaliação

$N_n$  - número de dias para a última avaliação

$G_n$  - número de sementes ou plântulas germinadas na última avaliação

### 3.3.1 Análise de Variância Individual

Foram realizadas análises de variância individual para os dados de percentagem de germinação para cada época de avaliação e para o índice de vigor, obtidos em todos os experimentos.

O modelo matemático adotado para a realização destas análises foi o seguinte:

$$Y_{i,j} = m + c_i + b_j + e_{i,j}$$

onde:

$Y_{i,j}$  - percentagem de germinação ou índice de vigor da cultivar  $i$  no bloco  $j$

$m$  - efeito da média geral

$c_i$  - efeito da cultivar  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 85$ )

$b_j$  - efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, \dots, 4$ )

$e_{i,j}$  - efeito do erro experimental

O esquema das análises de variância individual, bem como as esperanças dos quadrados médios, considerando o efeito de cultivares e o de blocos como sendo aleatórios, estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Esquema das análises de variância individual e esperanças de quadrados médios  $E(QM)$  para os dados de percentagem de germinação e índice de vigor, obtidos para todos os experimentos realizados.

FV	GL	QM	$E(QM)$
Blocos	$r - 1$	-	-
Cultivares	$c - 1$	$Q_1$	$\sigma_c^2 + r\sigma_e^2$
Erro	$(r-1)(c-1)$	$Q_2$	$\sigma_e^2$

onde:

$r$  - número de repetições (laboratório  $r = 3$ ; campo  $r = 4$ )

$c$  - número de cultivares ( $c = 85$ )

$\sigma_c^2$  - variância genética entre cultivares para os dados de percentagem de germinação e do índice de vigor

$\sigma_e^2$  - erro experimental

### 3.3.2. Análise de Variância Conjunta

Posteriormente, procedeu-se à análise de variância conjunta para os dados do índice de vigor obtidos nos experimentos realizados em condições de campo. O modelo matemático adotado foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = m + b_{k(j)} + c_i + p_j + cp_{(ij)} + e_{(ijk)}$$

onde:

- $Y_{ijk}$  - índice de vigor da cultivar  $i$  no bloco  $k$  no experimento  $j$
- $m$  - efeito da média geral
- $b_{k(j)}$  - efeito do bloco  $k$  dentro do local  $j$
- $c_i$  - efeito da cultivar  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 85$ )
- $p_j$  - efeito do experimento  $j$  ( $j = 1, \dots, 4$ )
- $cp_{(ij)}$  - efeito da interação da cultivar  $i$  com o experimento  $j$
- $e_{(ijk)}$  - efeito do erro experimental médio

O esquema da análise de variância conjunta e as esperanças dos quadrados médios, considerando apenas o efeito da média geral como fixo, encontra-se na Tabela 2.

TABELA 2. Esquema da análise de variância conjunta e esperanças de quadrados médios  $E(QM)$  para os dados do índice de vigor, obtidos para todos os experimentos realizados em condições de campo.

FV	GL	QM	$E(QM)$
Blocos/Experimentos	$p(r-1)$	-	-
Cultivares (C)	$c - 1$	$Q_3$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{cp}^2 + p\sigma_c^2$
Experimentos (P)	$p - 1$	$Q_4$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{cp}^2 + c\sigma_{r/p}^2 + cr\sigma_p^2$
C x P	$(c-1)(p-1)$	$Q_5$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{cp}^2$
Erro Médio	$p(c-1)(r-1)$	$Q_6$	$\sigma_e^2$

onde:

- r e c - definidos anteriormente
- p - número de experimentos (p = 4)
- $\sigma_c^2$  - variância genética entre cultivares para os dados do índice em vigor
- $\sigma_p^2$  - variância entre experimentos
- $\sigma_{cp}^2$  - variância da interação cultivares  $\times$  experimentos
- $\sigma_e^2$  - erro experimental médio

### 3.4. Estimativa de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos para as Análises de Variância Individual

Com base nas esperanças dos quadrados médios obtidos na tabela 1, obtiveram-se as seguintes estimativas:

- Variância genética entre cultivares:  $\hat{\sigma}_c^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r}$

- Variância fenotípica entre cultivares ao nível de médias:

$$\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2 = \frac{Q_1}{r}$$

- Herdabilidade ao nível de médias:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

A precisão das estimativas da herdabilidade ao nível de médias foi obtida utilizando-se a expressão apresentada por VELLO & VENCONVSKY (77):

$$s(h^2) = \left[ \frac{2}{gl_1 + 2} + \frac{2}{gl_2 + 2} \right]^{1/2} \times (1 - h^2)$$

onde:

$gl_1$  e  $gl_2$  - referem-se ao número de graus de liberdade de cultivares e do erro, respectivamente.

$h^2$  - herdabilidade ao nível de médias.

### 3.5 *Estimativa de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos para a Análise de Variância Conjunta*

Baseando-se nas esperanças dos quadrados médios obtidos na tabela 2, obtiveram-se as seguintes estimativas:

- Variância genética entre cultivares:  $\hat{\sigma}_c^2 = \frac{(Q_3 - Q_5)}{pr}$

Variância fenotípica entre cultivares ao nível de médias:

$$\hat{\sigma}_F^2 = \frac{Q_3}{pr}$$

- Variância da interação cultivares x experimentos:

$$\sigma_{cp}^2 = \frac{(Q_5 - Q_6)}{r}$$

Além destas estimativas, obteve-se:

Herdabilidade ao nível de médias:

$$h^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_F^2} = \frac{(Q_3 - Q_5)}{Q_3}$$

A precisão desta estimativa foi obtida a partir da seguinte expressão, VELLO & VENCOSKY (77):

$$s(h^2) = \left[ \frac{2}{gl_1 + 2} + \frac{2}{gl_2 + 2} \right]^{1/2} \times (1 - h^2)$$

onde

$gl_1$  e  $gl_2$  - referem-se ao número de graus de liberdade de cultivares e da interação cultivares x experimentos, respectivamente.

$h^2$  - herdabilidade ao nível de médias.

Estimativa da correlação genética entre as cultivares no experimento  $j$  e  $j$ .

$$r_{jj'} = \frac{\hat{COV}_{\sigma_{jj'}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{c_j}^2 \times \hat{\sigma}_{c_{j'}}^2}}$$

onde

$\hat{COV}_{\sigma_{jj'}}$  - estimativa da covariância genética entre as médias das cultivares no experimento  $j$  e  $j'$ , que é igual a medida da variância genética entre cultivares, sem o efeito da interação cultivares x experimentos, já que não existe correlação entre os efeitos ambientais dos dois experimentos.

$\hat{\sigma}_{c_j}^2$  e  $\hat{\sigma}_{c_{j'}}^2$  - variância genética entre cultivares obtidas a partir das análises de variância individual para os experimentos  $j$  e  $j'$ , respectivamente.

- Decomposição da interação cultivares x experimentos:

A variância da interação cultivares x experimentos foi decomposta em duas partes, uma simples e uma complexa. Para isso, utilizou-se a seguinte expressão proposta por VENCOVSKY (78)

$$\hat{\sigma}_{cp}^2 = \sum_{j < j'} \left[ \left[ \hat{\sigma}_{c_j} - \hat{\sigma}_{c_{j'}} \right]^2 + 2 \hat{\sigma}_{c_j} \hat{\sigma}_{c_{j'}} (1 - r_{jj'}) \right] / n(n-1)$$

onde:

$\left[ \hat{\sigma}_{c_j} - \hat{\sigma}_{c_{j'}} \right]^2$  - estima a parte simples da interação e é devido à diferença na variância genética entre cultivares no experimento  $j$  e  $j'$ .

$2 \hat{\sigma}_{c_j} \hat{\sigma}_{c_{j'}} (1 - r_{jj'})$  - estima a parte complexa da interação e é devido à falta de correlação genética entre as cultivares no experimentos  $j$  e  $j'$ .

### 3.6 Eficiência de Seleção

A eficiência de seleção foi estimada para todas as combinações possíveis dos experimentos dois a dois. Para a obtenção destas estimativas utilizou-se a expressão proposta por HAMBLIN & ZIMMERMANN (35):

$$E.S. = \frac{A - C}{B - C} \times 100$$

onde:

- A - número de cultivares comuns aos dois experimentos
- B - número de cultivares selecionadas
- C - número de cultivares comuns nos dois experimentos, unicamente devido ao acaso, que é igual a 10% de B.

### 3 7 *Estimativa da Correlação entre o Peso Médio de Cem Sementes e o Índice de Vigor*

Obtiveram-se estimativas entre o peso médio de cem sementes e a média do índice de vigor das cultivares obtidas nos experimentos de laboratório e campo. Para o experimento de campo utilizou-se a média do índice de vigor das cultivares conseguidas em todos os experimentos. Essas estimativas foram obtidas utilizando a seguinte expressão:

$$r_{s/x} = \frac{\hat{COV}_{s/x}}{\sqrt{\hat{\sigma}_s^2 \times \hat{\sigma}_x^2}}$$

onde:

$r_{s/x}$  - correlação entre o peso médio de cem sementes e o índice de vigor médio das cultivares no experimento de laboratório ou na média dos experimentos de campo.

$\hat{COV}_{s/x}$  - covariância entre o peso médio de cem sementes e o índice de vigor médio para o experimento de laboratório ou média dos experimentos de campo.

$\hat{\sigma}_s^2$  - variância entre cultivares para o peso médio de cem sementes.

$\hat{\sigma}_x^2$  - variância entre cultivares para o índice de vigor médio no experimento de laboratório ou na média dos experimentos de campo.

#### 4. RESULTADOS

Inicialmente é preciso salientar que a avaliação da qualidade fisiológica das sementes disponíveis para este estudo, realizada através do teste padrão de germinação, mostrou que todas as cultivares apresentaram germinação superior a 88%, evidenciando a boa qualidade fisiológica das sementes das cultivares avaliadas.

O teor de umidade das sementes ficou entre 12 e 14% para todas as cultivares em todos os experimentos, evitando-se assim possíveis danos que pudessem ocorrer durante o período de embebição das sementes em baixas temperaturas.

Considerando que pode ocorrer dúvida no que se refere à terminologia germinação e/ou emergência das sementes, neste trabalho, para todas as avaliações realizadas, optou-se sempre pela denominação geral de germinação. Nas avaliações de laboratório, este termo foi empregado para aqueles casos em que as sementes apresentavam radícula com comprimento superior a 5 mm. Já para as avaliações sob condições de campo, o emprego deste termo se deu quando as plântulas já estavam com os cotilédones totalmente acima da superfície do solo.

Os resultados das análises de variância para os dados de percentagem de germinação em condições de laboratório,

mostraram, pelo teste F, diferenças altamente significativas entre as cultivares em todas as épocas de avaliação realizadas (Tabela 3). É oportuno salientar que, especialmente nas primeiras avaliações, devido à não germinação de várias cultivares, a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi muito baixa. Entretanto, observa-se que, com o decorrer das épocas de avaliação, houve uma acentuada melhoria na precisão experimental.

Verificou-se, na primeira avaliação realizada aos 11 dias, que a percentagem média de germinação foi de apenas 3% (Tabela 3). Entretanto, apesar dessa baixa estimativa da média, algumas cultivares apresentaram germinação superior a 80%, como foi o caso das cultivares *Small White* e *Paraná*. Com o decorrer do tempo, houve uma tendência de redução na amplitude de variação, porém, mesmo com 32 dias, essa se mostrou muito acentuada.

Na Tabela 4a, é apresentada a germinação das cultivares aos 22 dias. Observa-se, para o experimento de laboratório, que dezesseis cultivares apresentaram germinação inferior a 10% e sete cultivares, entre elas as cultivares *ESAL 610*, *Small White*, *Vermelho Ubá* e *Diacol Andino*, já apresentavam germinação superior a 80%.

A existência de variabilidade para esse caráter é confirmada através das estimativas da variância genética entre as cultivares ( $\hat{\sigma}_c^2$ ) e, especialmente, pela estimativa da herdabilidade,  $h^2$  (Tabela 3). Constatou-se que as estimativas da herdabilidade, apesar de reduzirem ao longo do tempo, ainda

TABELA 3 Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (radícula com mais de 5mm), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de laboratório ESAL - Lavras - MG, 1989.

F.V.	G.L.	QM								
		EPOCA DE AVALIAÇÃO (DIAS)								
		11	14	18	22	24	26	28	30	32
Blocos	2	0.1197**	0.0012**	0.0033**	0.0034**	0.0027*	0.0073**	0.0119**	0.0178**	0.01609**
Cultivares	84	0.0482**	0.0005**	0.0017**	0.0031**	0.0030**	0.0023**	0.0020**	0.0015**	0.0014**
Erro	168	0.0077	0.00008	0.0004	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0005
Média <sup>1/</sup>		3.09	4.53	17.32	39.91	56.75	65.13	68.88	72.65	74.56
C.V. (%)		50.19	27.19	14.64	15.07	14.14	13.33	12.52	11.49	10.95
A.V. (%) <sup>2/</sup>		0 - 81	0 - 93	0 - 100	0 - 100	1 - 100	5 - 100	8 - 100	12 - 100	17 - 100
$\sigma_c^2$		$1.4 \times 10^{-2}$	$1.4 \times 10^{-4}$	$4.3 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$	$7.7 \times 10^{-4}$	$5.3 \times 10^{-4}$	$4.7 \times 10^{-4}$	$3.0 \times 10^{-4}$	$3.0 \times 10^{-4}$
$\sigma_F^2$		$1.6 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-4}$	$5.7 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-3}$	$7.7 \times 10^{-4}$	$6.7 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$	$4.7 \times 10^{-4}$
$h^2$ (%)		87.50±2.3	82.35±3.3	75.44±4.6	80.00±3.7	77.00±4.30	68.83±5.8	70.15±5.6	60.00±7.5	63.83±6.8

\* e \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

<sup>1/</sup> Média de dados não transformados.

<sup>2/</sup> Amplitude de variação para a % média de germinação.

permaneceram elevadas mesmo após 32 dias. É necessário salientar que as estimativas da herdabilidade foram obtidas com um pequeno erro, visto que os desvios padrão das estimativas foram muito baixos, em média inferiores a 10% do valor das estimativas, o que mostra a confiabilidade dos valores obtidos (Tabela 3).

Nas avaliações realizadas sob condições de campo, uma informação fundamental são as temperaturas prevalentes durante a condução dos experimentos. Para o experimento realizado em Lambari, 1988 (refere-se ao experimento realizado nesse local no ano de 1988), as temperaturas foram sempre as mais baixas. Constata-se, por exemplo, que durante os 32 dias de condução deste experimento, 19 deles mostraram temperaturas médias inferiores a  $13^{\circ}\text{C}$ . Já o número de dias com temperatura média inferior a  $13^{\circ}\text{C}$ , foi de 9, 3 e 0, respectivamente, para os experimentos de Maria da Fé, Lambari, 1989, e Lavras (Tabela 2a). Com relação à temperatura média nos primeiros dez dias dos experimentos, constatou-se, também, a predominância de menores temperaturas para o experimento realizado em Lambari, 1988. Neste período, as temperaturas oscilaram entre 7,8 a  $12,2^{\circ}\text{C}$ , com média de  $9,9^{\circ}\text{C}$  (Tabela 3a). Assim, exceto por curtos períodos, as temperaturas em condições de campo foram superiores àquelas das avaliações realizadas em laboratório.

Os resultados das análises de variância para os dados de percentagem de germinação para os experimentos de campo, mostraram, pelo teste F, diferenças altamente significativas entre

cultivares, em todas as épocas de avaliação (Tabelas 4, 5, 6 e 7). De um modo geral, como ocorreu para as avaliações realizadas em condições de laboratório, a precisão experimental foi menor nas primeiras avaliações. Aqui também isso ocorreu devido à média ser muito baixa nas primeiras avaliações.

Para o experimento realizado em Lambari, 1988, face às menores temperaturas já mencionadas, houve atraso no início da germinação das cultivares, tanto que na avaliação realizada aos 22 dias, a percentagem média de germinação foi de apenas 42% (Tabela 4), valor este cinquenta por cento inferior à média obtida para os demais experimentos na mesma época (Tabelas 5, 6 e 7). Tomando como referência a cultivar *Carioca*, a recomendada para a região, observou-se que com 22 dias a sua percentagem de germinação foi de apenas 6% em Lambari, 1988 (Tabela 4a).

Um fato expressivo foi que, em Lambari, 1988, mesmo após 32 dias, algumas cultivares apresentaram uma baixa germinação, com uma amplitude de variação de 5 a 97% (Tabela 4). Para os demais experimentos, nessa condição, o menor valor foi sempre superior a 80% (Tabelas 5, 6 e 7).

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos são apresentadas nas tabelas 4, 5, 6 e 7. Aqui também, como ocorreu no experimento de laboratório, foi evidenciada a existência de variabilidade para o caráter em apreço. Exceto para o experimento de Lambari, 1988 (Tabela 4), a estimativa da herdabilidade tendeu a reduzir com o decorrer das avaliações. Os erros associados às estimativas da herdabilidade também

TABELA 4. Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo. Lambari - MG, 1988.

F.V.	G.L.	QM					
		EPOCA DE AVALIAÇÃO (DIAS)					
		14	17	22	24	29	32
Blocos	3	0.1301**	0.1218**	0.0939*	0.0914*	0.0790	0.0597
Cultivares	84	0.0148**	0.1640**	0.3795**	0.3492**	0.2459**	0.2275**
Erro	252	0.0055	0.0222	0.0298	0.0283	0.0272	0.0251
Média <sup>1/</sup>		1.44	12.39	41.51	52.60	66.82	70.37
C.V. (%)		49.96	46.93	25.46	20.76	16.92	15.60
A.V. (%) <sup>2/</sup>		0 - 25	0 - 60	0 - 88	1 - 92	2 - 96	5 - 97
$\sigma_c^2$		0.0023	0.0355	0.0874	0.0802	0.0547	0.0506
$\sigma_F^2$		0.0037	0.0410	0.0949	0.0873	0.0615	0.0569
$h^2$ (%)		62.16±6.6	86.59±2.3	92.10±1.3	91.87±1.4	88.94±1.9	88.93±1.9

\* e \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

<sup>1/</sup> Média de dados não transformados.

<sup>2/</sup> Amplitude de variação para a % média de germinação.

TABELA 5. Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo. Maria da Fé - MG, 1989.

F.V.	G.L.	QM							
		ÉPOCA DE AVALIAÇÃO (DIAS)							
		11	14	17	22	24	26	29	32
Blocos	3	0.4363**	0.4491**	0.2716**	0.1871**	0.1189**	0.1018**	0.1082**	0.1056**
Cultivares	84	0.1628**	0.0376**	0.0337**	0.0295**	0.0290**	0.0213**	0.0198**	0.0198**
Erro	252	0.0192	0.0162	0.0137	0.0125	0.0122	0.0115	0.0121	0.0118
Média <sup>1/</sup>		59.38	80.74	86.69	89.52	90.88	92.13	92.40	93.04
C.V. (%)		15.64	11.33	9.74	8.97	8.73	8.32	8.53	8.33
A.V. (%) <sup>2/</sup>		8 - 90	52 - 94	62 - 96	71 - 97	72 - 92	79 - 99	81 - 99	83 - 100
$\sigma_c^2$		$3.6 \times 10^{-2}$	$5.4 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-3}$	$4.3 \times 10^{-3}$	$4.2 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-3}$	$1.9 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-3}$
$\sigma_F^2$		$4.1 \times 10^{-2}$	$9.4 \times 10^{-3}$	$8.4 \times 10^{-3}$	$7.4 \times 10^{-3}$	$7.4 \times 10^{-3}$	$5.3 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-3}$
$h^2$ (%)		87.80±2.1	57.44±7.5	59.52±7.1	58.11±7.3	56.76±7.6	47.17±9.3	38.00±10.9	40.00±10.5

\* e \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

<sup>1/</sup> Média de dados não transformados.

<sup>2/</sup> Amplitude de variação para a % média de germinação.

TABELA 6. Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo Lavras - MG, 1989.

F.V.	G.L.	QM								
		EPOCA DE AVALIAÇÃO (DIAS)								
		7	9	11	14	17	22	24	29	32
Blocos	3	0.0433**	0.2666**	0.1573**	0.0296*	0.0892**	0.0392**	0.0376**	0.0319**	0.0308**
Cultivares	84	0.0744**	0.4357**	0.3112**	0.1202**	0.0442**	0.0175**	0.0162**	0.0149**	0.0143**
Erro	252	0.0063	0.0179	0.0186	0.0097	0.0070	0.0072	0.0069	0.0065	0.0064
Média <sup>1/</sup>		3.85	32.59	62.77	86.89	93.24	95.65	95.88	96.24	96.31
C.V. (%)		42.39	23.30	14.73	8.15	6.40	6.29	6.17	5.92	5.86
A.V. (%) <sup>2/</sup>		0 - 60	0 - 90	0 - 95	1 - 99	53 - 100	77 - 100	78 - 100	80 - 100	80 - 100
$\sigma_c^2$		0.0170	0.1045	0.0732	0.0276	0.0093	0.0026	0.0023	0.0021	0.0020
$\sigma_p^2$		0.0186	0.1089	0.0778	0.0300	0.0111	0.0044	0.0041	0.0037	0.0036
h <sup>2</sup> (%)		91.40±1.5	95.96±0.7	93.09±1.2	92.00±1.4	83.78±2.8	59.09±7.2	56.10±7.7	56.76±7.6	55.55±7.8

\* e \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

<sup>1/</sup> Média de dados não transformados.

<sup>2/</sup> Amplitude de variação para a % média de germinação.

TABELA 7. Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para a % de germinação (cotilédones acima da superfície do solo), obtidas em diferentes épocas de avaliação em condições de campo. Lambari-MG, 1989.

F.V.	G.L.	QM								
		ÉPOCA DE AVALIAÇÃO (DIAS)								
		9	11	14	17	22	24	26	29	32
Blocos	3	0.1597**	0.3905**	0.0221	0.0253*	0.0232*	0.0163	0.0120	0.0107	0.0168*
Cultivares	84	0.2067**	0.1535**	0.1195**	0.0846**	0.0423**	0.0303**	0.0170**	0.0166**	0.0127**
Erro	252	0.0166	0.0246	0.0149	0.0095	0.0078	0.0074	0.0064	0.0063	0.0056
Média <sup>1/</sup>		12.23	76.62	85.79	93.18	95.62	96.24	96.93	97.07	97.58
C.V. (%)		41.38	14.49	10.17	7.40	6.51	6.30	5.81	5.74	5.38
A.V. (%) <sup>2/</sup>		0 - 78	4 - 95	11 - 98	26 - 100	53 - 100	65 - 100	77 - 100	77 - 100	82 - 100
$\sigma_c^2$		0.0475	0.0322	0.0263	0.0188	0.0086	0.0057	0.0027	0.0026	0.0018
$\sigma_v^2$		0.0517	0.0384	0.0299	0.0212	0.0106	0.0076	0.0043	0.0042	0.0032
$h^2$ (%)		91.88±1.4	83.85±2.8	87.96±2.1	88.68±2.0	81.13±3.3	75.00±4.4	62.79±6.5	61.90±6.7	56.25±7.7

\* e \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

<sup>1/</sup> Média de dados não transformados.

<sup>2/</sup> Amplitude de variação para a % média de germinação.

foram muito baixos.

O resumo das análises de variância para o índice de vigor, bem como a estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para todos os experimentos, estão apresentados na tabela 8. Constataram-se, também, diferenças altamente significativas entre cultivares para esta característica.

A precisão experimental também foi boa, sendo semelhante para todos os experimentos. As estimativas da herdabilidade foram altas, comprovando a existência de acentuada variação entre as cultivares. Os erros associados às estimativas da herdabilidade foram também de pequena magnitude, o que mostra a precisão com que estas estimativas foram obtidas (Tabela 8).

O resultado da análise de variância conjunta para o índice de vigor, envolvendo os quatro experimentos realizados sob condições de campo, mostrou o teste F altamente significativo para o efeito de cultivares, experimentos e interação cultivares x experimentos (Tabela 9). Isto mostra, mais uma vez, que existe variação entre as cultivares para esta característica e que o desempenho das cultivares parece não ter sido coincidente nos diferentes experimentos.

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos obtidas a partir da análise de variância conjunta estão apresentadas na Tabela 10. De modo geral, as estimativas da variância genética entre cultivares ( $\hat{\sigma}_c^2$ ) e da herdabilidade ( $h^2$ ), foram menores que aquelas obtidas a partir das análises de variância individual (Tabela 8). Isto ocorreu porque a

TABELA 8. Resumo das análises de variância e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para o índice de vigor de cultivares em dias para a germinação, obtidas em condições de laboratório e campo.

FV	LABORATÓRIO		CONDIÇÕES DE CAMPO							
	GL	QH	LAMBARI (1988)		MARIA DA FE (1989)		LAVRAS (1989)		LAMBARI (1989)	
			GL	QH	GL	QH	GL	QH	GL	QH
Blocos	2	16.71*	3	16.01**	3	18.13**	3	7.10**	3	2.51*
Cultivares	84	25.98**	84	29.33**	84	4.08**	84	14.26**	84	12.20**
Erro	168	5.24	252	2.98	252	0.93	252	0.46	252	0.74
Média		22.98		24.00		13.00		11.80		12.10
C.V. (%)		9.96		7.18		7.41		5.75		7.10
A.V. (Dias) <sup>1/</sup>		11.8 - 28.6		18.3 - 32.0		11.6 - 16.5		8.0 - 19.3		9.6 - 21.8
$\sigma_o^2$		6.913		6.588		0.788		3.450		2.865
$\sigma_p^2$		8.660		7.333		1.020		3.565		3.050
$h^2$ (%)		79.83±3.56		89.84±1.79		77.25±4.01		96.77±0.57		93.93±1.07

\* e \*\* Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

<sup>1/</sup> Amplitude de variação para o número médio de dias para a germinação para os dados médios obtidos de todas cultivares.

TABELA 9. Resumo da análise de variância conjunta para o índice de vigor de cultivares em dias para a germinação, envolvendo todos os experimentos realizados sob condições de campo.

FV	GL	QM
Blocos/Exper.	12	10.936
Cultivares (C)	84	37.388**
Experimentos (P)	3	11809.928**
C × P	252	7.492**
Erro Médio	1008	1.28
Média		15.24
CV (%)		3.71

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. estimativa da interação cultivares x experimentos ( $\hat{\sigma}_{cp}^2$ ) foi elevada, isto é, 83% do valor obtido para a variância genética entre cultivares ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), e, portanto, superestimou as estimativas da variância genética entre cultivares obtidas a partir das análises de variância individual. Mesmo assim, os valores destas estimativas foram suficientemente elevados para comprovarem a existência de variabilidade genética.

O erro associado à estimativa da herdabilidade foi muito pequeno, cerca de 5% do valor da estimativa, o que mostra que esta estimativa também foi obtida com uma boa precisão.

Visando conhecer às possíveis causas da variância da interação cultivares x experimentos, esta foi decomposta, tendo-se constatado que a parte complexa da interação, devido à

TABELA 10. Estimativa dos componentes da variância genética e fenotípica e estimativa da herdabilidade para o índice de vigor, obtidos a partir da análise de variância conjunta, envolvendo todos os experimentos realizados sob condições de campo.

ESTIMATIVAS	INDICE DE VIGOR
$\sigma_c^2$	1.869
$\sigma_{cp}^2$	1.553
. SIMPLES	0.470
. COMPLEXA	1.083
$\sigma_F^2$	2.337
$h^2$ (%)	79.97±3.53

falta de correlação no desempenho das cultivares nos diferentes experimentos foi predominante, contribuindo com cerca de 69% do total da estimativa da variância da interação (Tabela 10).

No experimento de laboratório, a amplitude de variação do índice de vigor foi de 11,8 a 28,6 dias (Tabela 8). Nesse caso destacaram-se as cultivares *Small White*, *Paraná*, *A 488* e *ESAL 610* como as de maior velocidade de germinação. A cultivar *Carioca* apresentou índice de vigor de 25 dias, ou seja, 13 dias acima da *Small White*. O material com menor índice de vigor foi a *ESAL 613* (Tabela 5a).

Sob condições de campo, o experimento de Lambari, 1988, como era esperado, exigiu o maior número de dias para germinação, número esse praticamente o dobro do observado nos outros

experimentos (Tabela 8). Considerando a média dos experimentos de campo, destacaram-se as cultivares *Rio Vermelho*, *A 536*, *Small White*, *ESAL 610*, *CNF 246*, *A 488* e *CNF 05* (Tabela 10a). Esses materiais apresentaram também bom desempenho na condição de laboratório (Tabela 10a). É oportuno enfatizar, tomando como referência o experimento de Lambari, 1988, a cultivar *Ouro* que apresentou índice de vigor de 32 dias e, além do mais, com apenas 5% de germinação por ocasião da última avaliação realizada aos 32 dias (Tabela 6a).

De modo geral, maiores valores para a correlação genética entre experimentos foi acompanhada por uma maior eficiência de seleção quando se considerou as quinze cultivares de melhor desempenho em cada experimento (Tabela 11). Constatou-se que as maiores estimativas foram obtidas entre os experimentos de campo, especialmente no caso de Lavras e Lambari, 1989, que foram realizados no mesmo ano e durante a mesma época (Tabelas 2a e 3a), onde obteve-se uma correlação genética de 0,87 e uma eficiência de seleção de 85,19%, que corresponde a treze cultivares comuns entre as quinze de melhor desempenho nestes experimentos. A menor estimativa da correlação genética e da eficiência de seleção ocorreu entre o experimento de laboratório e o experimento realizado em Maria da Fé, valores estes de 0,39 para a correlação genética e de 33,33% para a eficiência de seleção, que corresponde a seis cultivares comuns entre as quinze de melhor desempenho nestes dois experimentos.

TABELA 11 Eficiência de seleção e correlação genética para todas as combinações possíveis duas a duas de todos os experimentos realizados, relativa ao índice de vigor de cultivares (dias para a germinação)

EXPERIMENTO	Lambari (1988)	Maria da Fé (1989)	Lavras (1989)	Lambari (1989)
Laboratório	40.74(0.68) <sup>1</sup>	33.33(0.39)	33.33(0.60)	48.15(0.37)
Lambari (1988)	-	40.74(0.45)	62.96(0.63)	62.96(0.51)
Maria da Fé (1989)	-	-	55.55(0.63)	40.73(0.46)
Lavras (1989)	-	-	-	85.19(0.87)

<sup>1</sup> Valor fora do parênteses correspondente à eficiência de seleção, expressa em percentagem e valor entre parênteses corresponde à correlação genética.

## 5 DISCUSSÃO

A expansão da terceira época de plantio do feijão no Sul do Estado de Minas Gerais, com semeadura em julho-agosto, irá demandar a existência de cultivares mais adaptadas a essa condição. Entre as exigências dessa cultivar, está a capacidade de germinar relativamente rápido sob condições de temperaturas baixas. Isso porque, nesta região e neste período, é comum a ocorrência de temperaturas inferiores a 15°C (Tabelas 2a e 3a). Nesta condição, a cultivar recomendada e mais utilizada na região, a *Carioca*, por exemplo, apresentou um índice de vigor de 28,3 dias em Lambari, 1988, com uma germinação de 63% após 32 dias (Tabela 6a). Isto irá acarretar uma sensível redução no estande desejado, além de um prolongamento no ciclo de pelo menos 25 dias, o que evidentemente irá aumentar a probabilidade da colheita coincidir com o período de precipitações mais frequentes.

Considerando que, nas condições de campo, as avaliações só podem ser realizadas durante um curto período e além do mais, estão sujeitas a oscilações de temperatura que inviabilizariam a seleção, procurou-se verificar a viabilidade de se conduzir o programa de melhoramento para essa característica em condições de laboratório. Para isso, optou-se pela utilização

de uma temperatura constante de 11°C, devido ser esta a temperatura mínima para que ocorra germinação do feijão, ROEGGEN (62).

Na condição de laboratório, há necessidade de se identificar uma metodologia de avaliação da germinação que seja viável. Para isso optou-se por considerar germinadas as sementes que apresentassem radícula com comprimento superior a 5 mm, o mesmo procedimento adotado por DICKSON (22) e KOISTRA (47), uma vez que, com temperatura constante, igual ou abaixo de 11°C, não há condição de haver o completo desenvolvimento da plântula, KOISTRA (47) e KOTOWSKI (48). Além do mais, optou-se pela utilização de papel toalha umedecido como substrato para as sementes, uma vez que a utilização de qualquer outro substrato iria dificultar a avaliação do crescimento das radículas.

Para evitar o ataque de fungos e bactérias que se desenvolvem em condições de baixas temperaturas, levando a um apodrecimento das sementes e, conseqüentemente, à perda da germinação, conforme relatado por DICKSON (47) e KOISTRA (22), as sementes foram tratadas com Benomyl e Estreptomicina, evitando-se assim a interferência de fatores externos que pudessem interferir na germinação das sementes em baixas temperaturas.

Um outro ponto a ser considerado é o parâmetro a ser utilizado na avaliação. A percentagem de germinação em diferentes épocas de avaliação é uma opção. Ela é de fácil obtenção, porém de difícil interpretação, uma vez que, com o decorrer das épocas de avaliação, há uma tendência de unifor-

mização dos resultados. Assim, a não ser que se estabeleça um determinado número de dias como referência para a germinação, fica difícil fazer qualquer inferência. Por sua vez, a escolha deste número fica dificultada pelas oscilações de temperatura de local para local ou mesmo de ano para ano, como ocorreu neste caso nos experimentos de campo (Tabelas 2a e 3a).

Para atenuar este problema, tem sido sugerido o emprego de um índice de vigor (16, 29 e 54). No caso foi empregado o índice de vigor proposto por EDMOND & DRAPALA (30), o qual fornece uma estimativa do número médio de dias para a germinação. Se a germinação de todos os materiais for semelhante, no final das avaliações, os resultados tornam-se facilmente manuseados. Porém, quando isto não ocorre, como por exemplo em algumas situações neste trabalho, a utilização deste índice deve ser acompanhada pela percentagem final de germinação da cultivar. Para exemplificar, será considerado o índice de vigor das cultivares *Carioca* e *ESAL 506*, obtido em Lambari, 1988, que foi de 28,3 e 28,1 dias, respectivamente. Como se observa, o número de dias para a germinação foi praticamente o mesmo, mas a percentagem final de germinação, após 32 dias, foi de 63% e 30% para a *Carioca* e *ESAL 506*, respectivamente (Tabela 6a). Assim, apesar do mesmo índice de vigor, é evidente que a *Carioca* foi a mais tolerante para germinar em baixas temperaturas.

Observando, contudo, os resultados dos materiais mais tolerantes, avaliados pelo índice de vigor (Tabelas 5a, 6a, 7a, 8a e 9a), verifica-se que todos os materiais apresentaram pra-

ticamente a mesma percentagem final de germinação, com valores elevados, o que mostra que o índice refletiu bem o desempenho dos materiais e, por isso, foi dada ênfase no seu emprego.

Nos experimentos conduzidos no campo, é possível fazer inferência sobre o tempo necessário para que ocorra a germinação nas condições prevaletentes, quando a sementeira é realizada em julho-agosto. Os quatro experimentos demonstram que há variação neste tempo em função da temperatura, isto é, em um mesmo local, pode ocorrer grande variação na temperatura de ano para ano. Observe, por exemplo, o caso de Lambari, 1988 e 1989 (Tabelas 2a e 3a). Isto dificulta a recomendação de uma época de sementeira, bem como complica o trabalho de seleção, como já mencionado.

Tomando como referência a condição de menores temperaturas que foram as de Lambari, 1988, observou-se que, para se obter um estande razoável, cerca de 70% de germinação, foram necessários 22 dias o que só ocorreu com 14 cultivares (Tabela 4a). Quando as temperaturas são maiores, como ocorreu nos demais experimentos, com 11 dias identificaram-se algumas cultivares cuja germinação ultrapassava 80% e aos 22 dias, praticamente todas as cultivares apresentavam germinação superior a 85% (Tabela 4a). Pelo exposto, é possível inferir que, dependendo da cultivar e também da temperatura prevaletente, serão necessários de 11 a 32 dias para ocorrer a germinação das sementes, quando a sementeira é realizada em julho-agosto no Sul de Minas Minas.

Os resultados obtidos mostraram que a correlação entre o desempenho das cultivares nos experimentos de campo e no laboratório foi relativamente inferior à observada entre os experimentos de campo (Tabela 11). Há de se considerar, contudo, que apesar das correlações não serem elevadas, ocorreu uma concordância relativamente boa no que se refere aos materiais com maior tolerância à germinação em baixa temperatura. Assim, considerando as quinze cultivares mais tolerantes, com base na média dos quatro experimentos de campo, sete delas foram comuns às quinze de melhor desempenho no laboratório (Tabela 10a). Isto mostra que a avaliação no laboratório pode ser uma opção para o melhorista, sobretudo por permitir, como já mencionado, um maior número de avaliações por ano, além de estar livre das flutuações de temperaturas que são comuns sob condições de campo, que poderiam mascarar o processo seletivo.

Observou-se grande variabilidade entre as cultivares para a tolerância a baixas temperaturas. As estimativas da herdabilidade obtidas foram elevadas e mostram a possibilidade da obtenção de sucesso com a seleção. A ocorrência de variabilidade para essa característica no feijoeiro, já foi constatada em outras ocasiões e em outros países (3, 22, 23, 24, 36, 44, 47, 57, 62 e 68).

A herdabilidade também foi estimada em outros trabalhos, sendo que as estimativas obtidas foram menores que as observadas na presente situação, DICKSON (22) e DICKSON & PETZOLDT (25). É oportuno salientar que as estimativas da

herdabilidade relatadas na literatura foram obtidas utilizando-se populações segregantes -  $F_2$  e retrocruzamentos e no presente trabalho estas estimativas foram obtidas a partir de linhas puras. Em realidade, é esperado que numa mistura de linhas puras com origem tão diversa, a variabilidade seja realmente maior que aquela advinda do cruzamento de duas linhas puras.

As diferenças observadas nas temperaturas médias, durante a condução de cada experimento, conforme relatado anteriormente, foi provavelmente a principal responsável pela baixa correlação genética no desempenho das cultivares, nos diferentes experimentos de campo (Tabela 11), o que refletiu numa acentuada interação de cultivares x experimentos (Tabela 10). Para atenuar os problemas inerentes a essas variações de temperatura de ano para ano ou mesmo de local para local, o melhorista deverá utilizar uma intensidade de seleção variável, dependendo da condição de temperatura prevalecente durante o experimento, de modo que, em anos cujas temperaturas forem mais elevadas, a intensidade de seleção deverá ser menor do que naqueles anos cujas temperaturas forem mais baixas.

Apesar da baixa correlação observada entre os experimentos de campo, constatou-se uma concordância relativamente boa no que se refere aos materiais tolerantes. Assim, das quinze cultivares com melhor desempenho em cada experimento, sete foram comuns a todos os experimentos (Tabelas 6a, 7a, 8a e 9a), o que corresponde a uma eficiência de seleção média de 58,0%

(Tabela 11). Deste modo, as variações de temperatura provavelmente afetaram mais a classificação das cultivares situadas em posições intermediárias, haja visto que houve uma boa coincidência entre as cultivares consideradas como tolerantes ou mais sensíveis.

Entre as cultivares mais tolerantes, considerando todos os experimentos realizados, destacaram-se: *Small White*, *Rio Vermelho*, *ESAL 610*, *CNF 246*, *CNF 05*, *A 488* e *A 536*. Entre as mais sensíveis merecem destaque as cultivares *Ouro*, *ESAL 592*, *Carioca 300 Vagens*, *ESAL 598*, *ESAL 612*, *ESAL 506* e *Carioca*.

A domesticação do feijoeiro se deu em pelo menos dois centros: um, situado em regiões com temperaturas mais elevadas da América Central, onde se desenvolveram as cultivares de sementes pequenas e outro, no sul dos Andes, em regiões de temperaturas mais frias, onde foram domesticadas cultivares de sementes maiores, DEBOUCK (20) e SINGH (70). Assim, poderia ser aventada a hipótese de que os materiais mais tolerantes sejam oriundos dos Andes, portanto, possuindo sementes grandes. Ao que tudo indica, essa hipótese deve ser rejeitada uma vez que, entre os materiais mais tolerantes, apenas a cultivar *CNF 246*, apresenta sementes grandes (> 40g/100 sementes) (Tabela 1a). Além do mais, a correlação média entre o índice de vigor médio de todos experimentos e o peso de cem sementes foi praticamente nula ( $r = 0,03$ ). Estes resultados corroboram com as observações de DICKSON (23), que também não encontrou influência do tamanho

da semente do feijão na capacidade de germinação em baixas temperaturas. Contrariando ainda mais essa hipótese, existem indícios, conforme observado por AUSTIN & MACLEAN (3), de que a correlação entre o tamanho das sementes e a germinação em baixas temperaturas, é até mesmo negativa.

Por outro lado, o tamanho das sementes parece influenciar grandemente o crescimento inicial das plantas após a completa emergência. No presente trabalho, constatou-se que as cultivares que apresentavam sementes de maior tamanho apresentaram um vigor de plântulas e um crescimento após a emergência, bem superiores àquelas cultivares de sementes pequenas, sendo que esta superioridade foi temporária, até em torno de vinte dias após a sementeira. A partir daí não se notou mais diferenças na velocidade de crescimento e vigor das plântulas das cultivares que tinham sementes maiores quando comparados àquelas de sementes pequenas. Estes resultados confirmam as idéias de CARVALHO & NAKAGAWA (11) e de WESTER & MAGRUDER (82) de que o efeito do tamanho das sementes é intenso principalmente no crescimento inicial da planta após a emergência, reduzindo sobremaneira à medida que as plantas se desenvolvem.

O rápido crescimento inicial das plantas, aliado à boa capacidade para germinar e emergir em baixas temperaturas é de grande interesse no caso do feijão de terceira época no Sul de Minas Gerais. Cultivares com uma boa capacidade para germinar e com um rápido crescimento inicial teriam maior chance de escapar dos efeitos prejudiciais das baixas temperaturas que são

mais intensas no caso do Sul de Minas Gerais, durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, conforme relatado anteriormente

Também não se encontrou nenhuma associação entre a cor das sementes e a tolerância à germinação em baixas temperaturas. Observa-se, por exemplo, que entre os materiais que se destacaram como tolerantes, há cultivares de cor roxa - *Rio Vermelho*, *CNF 05* e *A 536*; branca - *Small White*; preta - *A 488*; creme - *CNF 246* e marrom claro - *ESAL 610*. Estes resultados não coincidem com os encontrados por outros autores (19, 22, 24, 41, 85).

DEAKIN (19) e WYATT (85), por exemplo, observaram, em seus trabalhos, que a maior germinação de sementes em baixas temperaturas, estava associada a cultivares que apresentavam sementes coloridas, sendo que as cultivares de sementes brancas apresentaram baixa germinação. Por outro lado, outros trabalhos contrariando esta idéia, têm mostrado que existem cultivares de sementes brancas que germinam melhor em baixas temperaturas que cultivares de sementes coloridas (23, 40 e 57). Deste modo, todos estes resultados mostram que não existe uma regra clara evidenciando a superioridade na germinação de cultivares de sementes coloridas sobre àquelas de sementes brancas.

Uma outra questão que ainda pode ser levantada é se as cultivares que apresentam tolerância à germinação em baixas temperaturas possuem também tolerância em outros estádios de desenvolvimento da planta. Entre os materiais avaliados, por exemplo, as cultivares *Diacol Andino* e *ESAL 501* são con-

sideradas tolerantes ao frio na fase adulta (12, 65, 66, 67). A cultivar *Diacol Andino* apresentou-se entre as quinze de melhor desempenho na avaliação em laboratório (Tabela 10a), mas o seu desempenho, em condições de campo, não foi muito satisfatório (Tabelas 6a, 7a, 8a e 9a). Já a cultivar *ESAL 501* não apresentou bom desempenho em nenhum experimento.

No programa de melhoramento do feijoeiro da ESAL, já foram identificadas algumas linhagens com boa produtividade de grãos na semeadura em julho-agosto, isto é, tolerantes ao frio na fase adulta. Dessas linhagens, foram avaliadas vinte, sendo que apenas a *ESAL 610* se destacou como tolerante na fase de germinação.

Deste modo, tudo indica que a tolerância ao frio nas diferentes fases de desenvolvimento da planta é herdada independentemente, de modo que plantas que são tolerantes ao frio na fase de germinação não necessariamente serão em outras. Isto vem reforçar os resultados obtidos em outros trabalhos, que afirmam sobre a independência na herança das características relacionadas com a tolerância ao frio, DICKSON & PETZOLDT (25) e KEMP (45).

## 6. CONCLUSÕES

1. A avaliação de materiais em condições de laboratório, com temperatura constante, poderá auxiliar o melhorista de feijão na seleção de cultivares tolerantes à germinação em baixas temperaturas.

2. O índice de vigor associado à percentagem de germinação na última avaliação poderá orientar o melhorista na seleção.

3. Houve acentuada variação genética entre as cultivares, que pode ser comprovada pelas altas estimativas obtidas para a variância genética e herdabilidade. Isto permite antever a possibilidade de obtenção de sucesso com a seleção.

4. Não se encontrou nenhuma associação entre as características de cor e tamanho da semente e a tolerância à germinação em baixas temperaturas.

5. Entre os materiais mais tolerantes destacaram-se as cultivares *Small White*, *Rio Vermelho*, *ESAL 610*, *CNF 246*, *CNF 05*, *A 488* e *A 536*.

## 7. RESUMO

Para maior viabilidade do cultivo do feijão irrigado no Sul de Minas Gerais, no outono-inverno, há necessidade de se identificar cultivares que possam germinar e emergir sob condições de temperatura normalmente inferiores a  $15^{\circ}\text{C}$ , que é o normal da região no período. Para isso, 85 materiais, incluindo cultivares introduzidas e linhagens do programa de melhoramento da ESAL, foram avaliados durante os anos de 1988 e 1989 em condições de campo e laboratório. No campo, avaliaram-se a percentagem de germinação e o índice de vigor em canteiros, em experimentos conduzidos em Lavras, Lambari e Maria da Fé. No laboratório determinou-se a percentagem de germinação, baseada na emergência de radículas e o índice de vigor, em incubadora com temperatura constante de  $11^{\circ}\text{C}$ . Constatou-se que há ampla variação entre os materiais avaliados com relação à tolerância à germinação em baixas temperaturas, o que pode ser comprovado pelas altas estimativas da herdabilidade. Isto permite antever a possibilidade de obtenção de sucesso na seleção para essa característica. Não se encontrou associação entre as características de cor e tamanho da semente e a tolerância à germinação em baixas temperaturas.

## 8. SUMMARY

To make irrigated dry bean crop feasible during the winter in southern M.G. state, Brazil, it is necessary to identify cultivars that can germinate and grow under temperatures below 15<sup>o</sup>C, which are usual in this region at this season. Eighty five genotypes including induced cultivars and lines from the breeding program held at ESAL (Escola Superior de Agricultura de Lavras), were evaluated between 1988 and 1989 under field and laboratory conditions. The germination percentage and vigour index were evaluated on field plots during experiments held in Lavras, Lambari and Maria da Fé. Germination percentage, based upon radicle emergency and vigour index, was determined at 11<sup>o</sup>C incubation. Broad variation among evaluated genotypes was detected, concerning germination under low temperatures conditions, which could be demonstrated by the high heritability estimates. This allows foreseeing successful possibilities for the selection of this characteristics. No relation was found between seed color and size characteristics and germination under low temperatures.

09. CAL, J. P. & OBENDORF, R. L. Imbibitional chilling injury in Zea mays L. altered by initial kernal moisture and maternal parent. Crop Science, Madison, 12:369-73, 1972.
10. CAMARGO, A. P. de. Esboço de zoneamento da aptidão agroclimática do feijão (Phaseolus vulgaris L.) no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., Campinas, 1971. Anais... Viçosa, UFV, 1972. p.119-28.
11. CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 2. ed. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 429p.
12. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual 1979; programa de frijol. Cali, 1980. p.97-9.
13. CHRISTIANSEN, M. N. Periods of sensitivity to chilling in germination cotton. Plant Physiology, Maryland, 42(3): 431-3, Mar. 1967.
14. ----- . Physiological bases for resistance to chilling. Hort Science, Alexandria, 14(5):583-6, Oct. 1979.
15. COLIN, S.M. Origem de Phaseolus vulgaris L. (Frijol comum). Agronomia Tropical, Maracay, 78 (2):191-205, 1968.
16. COPELAND, L. O. Principles of seed science and tecnology. Minneapolis, Burgess Publishing Company, 1976. 369 p.
17. COVEY, H. M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. Hort Science, Alexandria, 17(2): 162-5, Apr. 1982.
18. DALE, T. E. Leaf growth in Phaseolus vulgaris 2. Temperature effects and the light factor. Annals of Botany, New York, 29(114):293-308, 1965.

19. DEAKIN, J. R. Association of seed color with emergence and seed yield of snaps beans. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 99(2): 110-14, Mar./Apr. 1974,
20. DEBOUCK, D. G. Primary diversification of Phaseolus in the Americas: Three centers? Plant Genetic Resource Newsletter, Rome, (67):2-8, 1985.
21. DEXTER, S. T. The evaluation of crop plants for winter hardiness. Advances in Agronomy, New York, 8:203-39, 1956.
22. DICKSON, M. H. Breeding beans, Phaseolus vulgaris L., for improved germination under unfavorable low temperature conditions. Crop Science, Madison, 11(6):848-50, Nov./Dec. 1971.
23. ----- Cold tolerance in lima beans. Hort Science, Alexandria, 8(5):410, Oct. 1973.
24. ----- & BOETTGER, M.A. Emergence, growth and blossoming of bean (Phaseolus vulgaris L.) at suboptimal temperatures. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 109(2):257-60, Mar./Apr. 1984.
25. ----- & PETZOLDT, R. Inheritance of low temperature tolerance in beans at several growth stages. Hort Science, Alexandria, 22(3):481-3, June 1987.
26. DOBBEN, W. H.; AST, A. & CORRE, W. J. The influence of temperature on morphology and growth rate of bean seedlings. Acta Botanica Neelandica, Wageningen, 33(2): 185-93, May 1984.

27. DRIJFHOUT, E. Influence of temperature on string formation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Euphytica, Wageningen, 19(2):145-51, May 1970.
28. DUCZMAL, K. & HOLUBOWICZ, R. Variability in the resistance of French bean seeds to cold and frost. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Lisnych, 53:39-46, 1982. In: PLANT BREEDING ABSTRACTS, Cambridge, 54(4/5):396, abs 4077, Apr./May 1984.
29. EAGLES, H. A. Inheritance of emergence time and seedling growth at low temperatures in four lines of maize. Theoretical Applied Genetics, Berlin, 62:81-7, 1982.
30. EDMOND, J. B. & DRAPALA, W. S. The effects of temperature, sand and acetone on germination of okra seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, New York, 71:428-34, 1958.
31. FREYMAN, S.; KEMP, G. A. & WILSON, D. B. Growth of bean accessions at various temperatures. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 59(1):81-5, Jan. 1979.
32. GENTRY, H. S. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. Economic Botany, New York, 23(1):56-69, Jan./Mar. 1969.
33. GUAZZELLI, R. J. Exigências climáticas do feijoeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 4(46):9-11, Out. 1978.
34. GUYE, M. G.; VIGH, L. & WILSON, J. M. Chilling induced ethylene production in relation to chill-sensitivity in *Phaseolus* spp. Journal of Experimental Botany, Oxford, 38(189):680-90, Apr. 1987.
35. HAMBLIM, J. & ZIMMERMANN, M. J. O. Breeding common bean for yield in mixtures. Plant Breeding Reviews, Connecticut, 4:45-72, 1986.

36. HARDWICK, R. C. The emergence and early growth of French and runner beans (Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus coccineus L.) sown on different dates. Journal of Horticultural Science, Kent, 47:395-410, 1972.
37. ----- & ANDREWS, D. J. A method of measuring differences between bean varieties in tolerance to sub-optimal temperatures. Annals of Applied Biology, New York, 95(2):235-47, July 1980a.
38. ----- & ----- . Selection for cold tolerance in Phaseolus vulgaris - yields of selected lines grown in warm and cool environments. Annals of Applied Biology, New York, 95(2):249-59, July 1980b.
39. HASKELL, G. & SINGLETON, W. R. Use of controlled low temperature in evaluating the cold hardiness of inbred and hybrid maize. Agronomy Journal, Madison, 41:34-40, 1949.
40. HERNER, R. C. Germination under cold soil conditions. Hort Science, Alexandria, 21(5):1118-22, Oct. 1986.
41. HOLUBOWICZ, R. Bean selection for cold tolerance based on freezing germinated seeds and seedlings. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, New York, 29:78-80, 1986.
42. ----- & DICKSON, M.H. Cold tolerance in beans (Phaseolus spp.) as analyzed by their exotherms. Euphytica, Wageningen, 41(1/2):31-7, 1989.
43. KAPLAN, L. Archeology and domestication in American Phaseolus (beans). Economic Botany, New York, 19(4):358-68, Oct./Dec. 1965.

44. KEMP, G. A. Growth of primary leaves of beans (Phaseolus vulgaris L.) under suboptimal temperatures. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 58(1):169-74, Jan. 1978.
45. ----- Initiation and development of flowers in beans under suboptimal temperature conditions. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 53(3):623-7, July 1973.
46. KNULL, H. R. & KIMBACHER, E. J. Effects of a suboptimal temperature on the free amino acid composition of bean seedlings. Crop Science, Madison, 8(1):39-41, Jan./Feb. 1968.
47. KOISTRA, E. Germinability of beans (Phaseolus vulgaris L.) at low temperature. Euphytica, Wageningen, 20(2):208-13, May 1971.
48. KOTOWSKI, F. Temperature relations to germination of vegetable seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, New York, 23:176-84, 1926.
49. LEVITT, J. Responses of plants to environmental stresses. New York, Academic Press, 1972. 697p.
50. LYONS, J. M. Chilling injury in plants. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 24:445-66, 1973.
51. McCONNEL, R. L. & GARDNER, C. O. Inheritance of several cold tolerance traits in corn. Crop Science, Madison, 19:847-52, 1979.
52. MARCOS FILHO, J. & AVANCINE, F. Tamanho da semente de feijão e desempenho do feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 18(9):1001-8, set. 1983.

53. MARKHART, A. H. Chilling injury: a review of possible causes. Hort Science, Alexandria, 21(6):1329-33, Dec. 1986.
54. MAYER, A. M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. 3.ed. Oxford, Pergamon Press, 1982. 211 p.
55. MOLL, R. H. & STUBER, L.W. Quantitative genetics empirical results relevant to plant breeding. Advances in Agronomy, New York, 26:277-313, 1974.
56. POLLOCK, B. M. Imbibition temperature sensitivity of lima bean seeds controlled by initial seed moisture. Plant Physiology, Maryland, 55(6):907-11, June 1969.
57. -----; ROOS, E. E. & MANALO, J. R. Vigor of garden bean seeds and seedlings influenced by initial seed moisture, substrate oxygen and imbibition temperature. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 94:577-84, 1969.
58. ----- & TOOLE, V. K. Imbibition period as the critical temperature sensitive stage in germination of lima bean seeds. Plant Physiology, Maryland, 41(1):221-9, Jan. 1966.
59. PORTES, T.A. de. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M.J.; ROCHA, M. & YAMADA, T. ed. Cultura do Feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba. POTAFOS, 1988. Cap. 2, p.125-57.
60. RAPPAPORT, L. & CAROLUS, R. L. Effects of temperature at different stages of development on reproduction in the lima bean. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, New York, 67:421-8, 1956.

61. RENNIE, R. J. & KEMP, G. A. Dinitrogen fixation in Phaseolus vulgaris at low temperatures: interaction of temperature, growth stage, and time of inoculation. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 60(8):1423-7, Aug. 1982.
62. ROEGGEN, O. Variation in minimum germination temperature for cultivars of bean (Phaseolus vulgaris L.), cucumber (Cucumis sativus L.) and tomato (Lycopersicon esculentum Mill). Scientia Horticultural, Amsterdam, 33:57-65, 1987.
63. ROOS, E. E. & MANALO, J. R. Effect of initial seed moisture on snap bean emergence from cold soil. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 101(3):321-4, Mar. 1976.
64. SACHS, M. Priming of watermelon seeds for low temperature germinations. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 102:175-8, 1977.
65. SANTOS, J. B. dos & RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijoeiro para as condições de várzeas. I. Avaliação de progênies no inverno 1986. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJAO, 2, Goiânia, 1987. Resumos... Goiânia, CNPAF/EMBRAPA, 1987. n.p.
66. -----; ----- & ABREU, A. F. B. Seleção de progênies de feijoeiro adaptadas ao inverno do sul de Minas Gerais. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJAO, 3, Vitória, 1990. Resumos... Vitória, EMCAPA, 1990. n.p.
67. -----; -----; CAMPOS, P. C. & ABREU, A. F. B. Controle genético da tolerância do feijoeiro às condições de outono e inverno do sul de Minas Gerais. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJAO, 3, Vitória, 1990. Resumos... Vitória, EMCAPA, 1990. n.p.

68. SCULLY, B. & WAINES, J. G. Germination and emergence response of common and tepary beans to controlled temperature. Agronomy Journal, Madison, 79(2):287-91, Mar./Apr. 1987.
69. SELLSCHOP, P. F. & SALMON, S. C. The influence of chilling, above the freezing point, on certain crop plants. Journal of Agricultural Research, Washington, 37(6):315-38, Sept. 1928.
70. SINGH, S. P. Patterns of variation in cultivated common bean (Phaseolus vulgaris, Fabaceae). Economic Botany, New York, 43(1):37-57, 1989.
71. ----- & MACK, H. J. Effects of soil temperatures on growth, fruiting and mineral compositions of snap beans. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, New York, 88:378-83, 1966.
72. STEPONKUS, P. L. Cold hardiness and freezing injury of agronomic crops. Advances in Agronomy, New York, 30:51-98, 1978.
73. STOBE, F. H. & HOMBORD, D. P. Blossoming and fruit set patterns in Phaseolus vulgaris L. as influenced by temperature. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 44(6):813-9, 1966.
74. THOMAS, R. J. & SPRENT, J. I. The effects of temperature on vegetative and early reproductive growth of a cold tolerant and a cold sensitive line of Phaseolus vulgaris L. 1. Nodulation, growth and partitioning of dry matter, carbon and nitrogen. Annals of Botany, New York, 53(4):579-88, Apr. 1984.

75. TOOLE, V. K.; WESTER, R. E. & TOOLE, E. H. Relative germination response of some lima bean varieties to low temperatures in sterilized and unsterilized soil. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 58:153-9, 1951.
76. TULLY, R. E.; MUSGRAVE, M. E. & LEOPOLD, A. C. The seed coat as a control of imbibitional chilling injury. Crop Science, Madison, 21(2):312-7, Mar./Apr. 1981.
77. VELLO, N. A. & VENCOVSKY, R. Variâncias associadas às estimativas de variância genética e coeficiente de herdabilidade. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIS DE QUEIROZ. Relatório Científico de 1974. Piracicaba, 1974. n. 8, p.238-48.
78. VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G. P. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1987. cap.5, p.135-215.
79. VIEIRA, C. O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, Imprensa Universitária, 1967. 220p.
80. WANG, C. Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. Hort Science, Alexandria, 17(2):173-86, Apr. 1982.
81. WENT, F. W. The effect of temperature on plant growth. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 4:347-62, 1953.
82. WESTER, R. E. & MAGRUDER, R. Effect of size, condition and production locality on germination and seedling vigor of Baby Fordhook bush lima bean seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, New York, 36:614-22, 1939.

83. WOLK, W. D. & HERNER, R. C. Chilling injury of germinating seeds and seedlings. Hort Science, Alexandria, 17(2): 169-73, Apr. 1982.
84. WOODSTOCK, I. W. & POLLOCK, B. M. Physiological predetermination: imbibition, respiration, and growth of lima bean seeds. Science, Washington, 150(3699):1031-2, Nov. 1965.
85. WYATT, J. E. Seed coat and water absorption properties of seed of near isogenic snap bean lines differing in seed coat color. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 102:478-80, 1977.

A P E N D I C E

TABELA 1a. Cor do tegumento da semente e peso de sementes das 85 cultivares utilizadas

CULTIVARES	C.T. <sup>1/</sup>	P.S. <sup>2/</sup>	CULTIVARES	C.T. <sup>1/</sup>	P.S. <sup>2/</sup>
Rio Vermelho	Roxo	19,5	ESAL 591	Bege com estrias marrom	19,8
ESAL 501	Bege com estrias marrom	19,4	ESAL 595	Creme com estrias vermelhas	37,4
ESAL 564	Bege com estrias marrom escuras	18,1	ESAL 580	Bege com estrias marrom	20,2
Pintado	Creme com estrias vermelhas	40,8	Baetão	Cinza fosco	16,7
ESAL 507	Pardo	21,3	Moruma Rosa	Róseo	18,6
LM 30330	Róseo	19,9	Milionario 1732	Preto	16,6
ESAL 563	Bege com estrias marrom	19,5	Capixaba Precoce	Preto	19,1
Carioca	Bege com estrias marrom	19,7	Preto 60 Dias	Preto	31,6
LM 30406	Róseo	18,8	A 536	Roxo escuro	19,1
ESAL 512	Bege com estrias marrom	19,9	Eriparza 1	Amarelo	26,4
ESAL 506	Pardo	20,9	CNF 261	Amarelo	22,9
ESAL 569	Bege com estrias marrom	22,1	CNF 266	Preto	23,5
Carioca 300 Vagens	Bege com estrias marrom	19,9	ESAL 503	Roxo	20,4
Jalo EEP	Amarelo claro	36,9	Carioca 80	Creme marmorizado	17,5
ESAL 550	Amarelo claro	36,9	ESAL 509	Bege com estrias marrom	21,0
ESAL 567	Bege com estrias marrom	16,2	Manteigão Fosco 11	Creme claro	38,8
A 354	Creme	18,1	Rico Pardo 396	Pardo escuro	22,4
ESAL 573	Roxo	40,2	Small White	Branco	14,3
ESAL 604	Roxo	45,8	A 257	Roxo escuro	17,9
ESAL 574	Roxo	41,4	A 488	Preto	21,8
ESAL 576	Roxo	35,5	Costa Rica 1031	Preto	21,2
ESAL 605	Creme	20,1	Ricomig	Preto	22,6
ESAL 614	Roxo	31,2	Paraná	Bege	17,7
ESAL 594	Roxo	52,0	Rio Negro	Preto	16,9
Rio Tibagi	Preto	18,1	IPA 7419	Creme	19,1
ESAL 606	Roxo	37,2	Diacol Calima	Verm. escuro c/manchas creme	39,6
ESAL 610	Marrom claro	20,8	Negrilo 897	Preto	16,4
ESAL 593	Roxo	30,5	Fortuna 1895	Creme claro	19,2
ESAL 608	Roxo fosco	33,9	A 240	Roxo escuro	22,0
ESAL 607	Roxo	38,9	A 430	Roxo com manchas creme	34,8
ESAL 603	Bege com estrias marrom	18,8	CNF 246	Creme	46,7
ESAL 600	Bege com estrias marrom	19,8	Goiano Precoce	Creme	31,2
ESAL 592	Bege com estrias marrom	17,3	Feijão Verde	Verde	33,7
ESAL 598	Bege com estrias marrom	19,3	ESAL 562	Creme	22,5
ESAL 596	Bege com estrias marrom	17,3	A 437	Roxo com manchas creme	27,4
ESAL 611	Bege com estrias marrom	17,5	Roxo PV	Roxo	36,4
ESAL 597	Bege com estrias marrom	19,2	CNF 5	Roxo	17,9
ESAL 599	Bege com estrias marrom	18,3	Diacol Andino	Vermelho com estrias escuras	46,4
ESAL 592	Roxo	17,7	Ouro	Amarelo com halo creme	17,2
ESAL 609	Bege com estrias marrom	18,0	Vermelho Uba	Vermelho	21,2
ESAL 601	Bege com estrias marrom	18,5	A 246	Bege com estrias marrom	19,9
ESAL 613	Bege com estrias marrom	21,3	LM 101000	Roxo	19,7
ESAL 612	Bege com estrias marrom	19,6			

1/ Cor do tegumento da semente.

2/ Peso de cem sementes em gramas.

TABELA 2a. Dados de temperatura média obtidos durante a realização dos experimentos de campo.

EXPERIMENTO	PERIODO	N <sup>o</sup> de dias com Temperatura				A.V. <sup>1/</sup>	MEDIA
		<10°C	10 a 13°C	13 a 16°C	>16°C		
Lambari	25/07 a 24/08/88	6	13	10	3	7.8-16.2	12.3
Maria da Fé	15/05 a 14/06/89	1	8	23	-	9.3-15.5	13.5
Lambari	31/07 a 30/08/89	-	3	9	20	12.2-21.8	16.3
Lavras	17/07 a 16/08/89	-	-	6	26	14.0-21.6	17.4

1/ Amplitude de variação para a temperatura média diária durante o período de condução dos experimentos.

TABELA 3a. Dados de temperatura média obtidos nos primeiros dez dias dos experimentos realizados sob condições de campo.

EXPERIMENTO	PERIODO	N <sup>o</sup> de dias com Temperatura			A.V. <sup>1/</sup>	MEDIA
		<10°C	10 a 13°C	13°C		
Lambari	17/07 a 26/07/88	6	4	-	7.8-12.2	9.9
Maria da Fé	15/05 a 14/05/89	-	-	10	13.0-15.5	14.1
Lambari	31/07 a 30/08/89	-	-	10	13.2-17.5	14.8
Lavras	17/07 a 16/08/89	-	-	10	14.0-21.1	16.3

1/ Amplitude de variação para a temperatura média diária durante os dez primeiros dias de condução dos experimentos.

TABELA 4a Percentagem de germinação das 85 cultivares após 22 dias da instalação dos experimentos realizados em condições de laboratório e campo

CULTIVARES	Labo. <sup>1/</sup>	Lamb(1988) <sup>2/</sup>	M.da Fe <sup>2/</sup>	Lavras <sup>2/</sup>	Lamb(1989) <sup>2/</sup>	CULTIVARES	Labo. <sup>1/</sup>	Lamb(1988) <sup>2/</sup>	M.da Fe <sup>2/</sup>	Lavras <sup>2/</sup>	Lamb(1989) <sup>2/</sup>
Rio Vermelho	79	88	95	96	98	ESAL 591	1	4	88	98	97
ESAL 501	7	16	93	96	94	ESAL 595	39	65	89	99	98
ESAL 564	31	42	90	94	95	ESAL 580	5	1	89	96	97
Pintado	35	74	87	93	98	Baetão	68	33	91	94	98
ESAL 507	37	48	95	97	95	Moruma Rosa	52	41	78	93	99
LM 30330	76	54	92	96	100	Milionario	67	73	89	93	98
ESAL 563	61	26	94	96	99	Capixaba Precoce	45	69	94	100	98
Carioca	20	6	93	97	97	Preto 60 dias	1	15	82	91	90
LM 30406	49	65	96	96	96	A 536	67	15	85	86	87
ESAL 512	5	11	97	93	99	Eriparza 1	8	74	80	90	96
ESAL 506	4	4	94	97	99	CNF 261	73	46	96	95	98
ESAL 569	12	2	92	92	98	CNF 266	57	36	87	96	98
Carioca 300 Vagens	4	2	91	98	97	ESAL 503	16	19	94	97	93
Jalo EEP	1	57	72	96	97	Carioca 80	33	25	94	95	98
ESAL 550	21	67	75	98	95	ESAL 509	11	9	85	97	96
ESAL 567	43	34	92	97	98	Manteigão Fosco 11	20	48	91	92	96
A 354	5	14	94	97	95	Rico Pardo 396	52	52	95	97	97
ESAL 573	65	49	89	97	98	Small White	100	44	81	96	97
ESAL 604	65	76	93	93	95	A 257	48	14	78	83	57
ESAL 574	88	72	94	100	100	A 488	79	72	92	95	99
ESAL 576	75	87	93	98	97	Costa Rica 1031	49	14	94	98	97
ESAL 605	13	2	92	97	96	Ricomig	49	66	92	94	92
ESAL 614	48	53	85	99	93	Paraná	76	41	91	94	99
ESAL 594	27	68	87	99	98	Rio Negro	39	80	92	97	98
Rio Tibagi	77	61	95	99	98	IPA 7419	0	55	93	99	82
ESAL 606	43	2	84	100	98	Diacol Calima	60	83	94	100	100
ESAL 610	95	76	97	96	97	Negrilo 897	84	47	89	95	95
ESAL 593	85	62	93	97	99	Fortuna 1895	28	22	88	91	93
ESAL 608	33	47	94	97	98	A 240	75	69	96	96	99
ESAL 607	40	59	95	98	100	A 430	56	61	92	91	93
ESAL 603	11	32	96	98	99	CNF 246	57	83	87	84	94
ESAL 600	15	40	90	97	99	Goiano Precoce	59	68	93	95	97
ESAL 592	1	2	92	97	93	Feijão Verde	1	37	83	99	95
ESAL 598	3	1	90	98	98	ESAL 562	28	70	95	99	98
ESAL 596	44	38	87	96	100	A 437	39	35	80	77	79
ESAL 611	52	22	90	96	98	Roxo PV	29	69	83	96	97
ESAL 597	32	24	96	97	100	CNF 5	69	84	91	98	97
ESAL 599	4	42	92	98	97	Diacol Andino	80	14	75	98	97
ESAL 592	53	45	89	94	96	Ouro	7	0	71	94	53
ESAL 609	13	10	89	98	98	Vermelho Ubá	91	69	92	98	99
ESAL 601	29	17	90	94	99	A 246	25	20	92	95	97
ESAL 613	0	20	80	97	98	LM 101000	33	60	85	95	99
ESAL 612	12	9	89	91	99						

1/ % de germinação medida em função do número de sementes apresentando radículas com comprimento superior a 5 mm.

2/ % de germinação medida em função do número de plântulas apresentando cotilédones totalmente acima da superfície do solo.

TABELA 5a Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de laboratório ESAL - Lavras MG, 1989.

CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)	CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)
Rio Vermelho <sup>1</sup>	20.0	92	ESAL 591	26.6	32
ESAL 501	27.6	33	ESAL 595	23.2	75
ESAL 564	24.0	88	ESAL 580	25.5	76
Pintado	24.3	77	Baetão <sup>1</sup>	19.4	88
ESAL 507	22.7	97	Moruma Rosa <sup>1</sup>	20.3	65
LM 30330	20.6	99	Milionario	21.1	92
ESAL 563	21.2	93	Capixaba Precoce	21.1	81
Carioca	25.0	75	Preto 60 dias	27.4	27
LM 30406	22.2	93	A 536 <sup>1</sup>	19.9	81
ESAL 512	27.1	59	Eriparza 1	25.8	59
ESAL 506	26.4	48	CNF 261	20.8	95
ESAL 569	26.0	96	CNF 266	21.4	79
Carioca 300 Vagens	27.7	60	ESAL 503	23.4	89
Jalo EEP	27.8	40	Carioca 80	22.9	69
ESAL 550	25.0	80	ESAL 509	26.1	65
ESAL 567	22.5	79	Manteigão Fosco 11	25.4	37
A 354	26.1	47	Rico Pardo 396	20.9	59
ESAL 573	22.2	99	Small White <sup>1</sup>	11.8	100
ESAL 604	21.5	97	A 257	21.4	65
ESAL 574	20.9	100	A 488 <sup>1</sup>	18.6	96
ESAL 576 <sup>1</sup>	20.4	100	Costa Rica 1031	22.6	81
ESAL 605	24.5	80	Ricomig <sup>1</sup>	20.8	78
ESAL 614	23.2	83	Paraná <sup>1</sup>	18.3	95
ESAL 594	24.8	69	Rio Negro	20.8	56
Rio Tibagi <sup>1</sup>	20.8	92	IPA 7419	25.9	43
ESAL 606	24.1	73	Diacol Calima	21.1	97
ESAL 610 <sup>1</sup>	18.6	99	Negrilo 897 <sup>1</sup>	19.3	98
ESAL 593 <sup>1</sup>	19.6	99	Fortuna 1895	23.6	65
ESAL 608	24.5	87	A 240	20.4	97
ESAL 607	22.8	80	A 430	21.2	80
ESAL 603	25.6	56	CNF 246 <sup>1</sup>	18.9	92
ESAL 600	25.2	69	Goiano Precoce	22.7	92
ESAL 592	28.6	31	Feijão Verde	22.3	59
ESAL 598	28.5	36	ESAL 562	24.3	79
ESAL 596	22.7	91	A 437	21.3	55
ESAL 611	21.5	77	Roxo PV	22.8	67
ESAL 597	25.0	67	CNF 5 <sup>1</sup>	20.2	87
ESAL 599	27.0	72	Diacol Andino <sup>1</sup>	20.5	100
ESAL 592	21.0	79	Ouro	26.7	52
ESAL 609	25.7	67	Vermelho Uba <sup>1</sup>	18.7	95
ESAL 601	23.4	69	A 246	23.9	71
ESAL 613	28.6	17	LM 101000	22.3	71
ESAL 612	26.4	55			

1 - Cultivar que consta entre as 15 cultivares de melhor desempenho neste experimento.

TABELA 6a. Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de campo Lambari MG. 1988

CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)	CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)
Rio Vermelho <sup>1,2</sup>	18.3	94	ESAL 591	26.8	32
ESAL 501	25.4	39	ESAL 595	21.6	87
ESAL 564	24.5	84	ESAL 580	27.9	35
Pintado <sup>1</sup>	21.2	91	Baetão	24.6	74
ESAL 507	23.8	85	Moruma Rosa	22.1	61
LM 30330	23.5	82	Milionário <sup>1,2</sup>	20.1	87
ESAL 563	24.8	76	Capixaba Precoce <sup>1,2</sup>	21.4	85
Carioca	28.3	63	Preto 60 dias	25.2	30
LM 30406 <sup>1</sup>	21.5	88	A 536	24.9	34
ESAL 512	26.9	66	Eriparza 1 <sup>1</sup>	20.7	87
ESAL 506	28.1	30	CNF 261	23.3	75
ESAL 569	28.1	49	CNF 266	24.3	79
Carioca 300 Vagens	28.4	45	ESAL 503	26.2	76
Jalo EEP	21.6	70	Carioca 80	25.5	72
ESAL 550	21.6	83	ESAL 509	26.7	63
ESAL 567	24.8	65	Manteigão Fosco 11	23.8	83
A 354	26.9	61	Rico Pardo 396	22.8	78
ESAL 573	24.3	97	Small White <sup>1</sup>	20.8	64
ESAL 604	22.9	96	A 257	23.3	25
ESAL 574	22.5	91	A 488 <sup>1</sup>	20.2	83
ESAL 576 <sup>1</sup>	20.3	93	Costa Rica 1031	27.3	68
ESAL 605	28.2	43	Ricomig <sup>1</sup>	21.2	82
ESAL 614	24.0	92	Paraná	23.9	73
ESAL 594	22.7	87	Rio Negro <sup>1,2</sup>	19.5	87
Rio Tibagi	22.1	83	IPA 7419	23.0	82
ESAL 606	29.3	31	Diacol Calima <sup>1</sup>	20.6	92
ESAL 610 <sup>1,2</sup>	20.4	86	Negrilo 897	22.9	76
ESAL 593	23.0	89	Fortuna 1895	25.2	57
ESAL 608	24.1	82	A 240	21.7	91
ESAL 607	23.6	93	A 430	23.1	89
ESAL 603	24.8	67	CNF 246 <sup>1,2</sup>	19.8	93
ESAL 600	24.4	72	Goiano Precoce	22.4	91
ESAL 592	28.1	35	Feijão Verde	24.2	63
ESAL 598	27.4	34	ESAL 562	22.1	89
ESAL 596	24.3	72	A 437	22.8	47
ESAL 611	25.2	50	Roxo PV	23.0	94
ESAL 597	25.5	72	CNF 5 <sup>1,2</sup>	18.9	91
ESAL 599	23.8	71	Diacol Andino	27.3	70
ESAL 592	23.6	76	Ouro	32.0	5
ESAL 609	26.1	46	Vermelho Uba	22.1	92
ESAL 601	27.0	43	A 246	26.1	69
ESAL 613	26.4	64	LM 101000	22.0	75
ESAL 612	28.3	59			

1 - Cultivar que consta entre as 15 cultivares de melhor desempenho neste experimento.

2 - Cultivar comum em todos os experimentos de campo entre as 15 cultivares de melhor desempenho.

TABELA 7a Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e porcentagem de germinação final (P.G.F., em % 32 dias para as 25 cultivares avaliadas em condições de campo, Maria da Fé - MG, 1969.

CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)	CULTIVARES	I.V. (dias)	F.G.F.(%)
Rio Vermelho <sup>1,2</sup>	11.6	96	ESAL 591	13.7	90
ESAL 501	12.5	95	ESAL 595	13.5	96
ESAL 564	12.3	94	ESAL 580	13.0	91
Pintado	14.1	93	Bactão	12.4	92
ESAL 507	12.9	96	Moruma Rosa	14.5	83
LM 30330	12.3	94	Millonário <sup>1,2</sup>	12.0	91
ESAL 563	12.0	95	Capixaba Precoce <sup>1,2</sup>	11.8	95
Carioca	13.8	94	Preto 60 dias	14.3	93
LM 30406	12.1	100	A 536	13.0	88
ESAL 512	12.6	97	Eriparza 1	12.6	84
ESAL 506	13.3	95	CNF 261	12.1	98
ESAL 569	13.3	95	CNF 266	13.1	92
Carioca 300 Vagens	15.1	97	ESAL 503	12.3	94
Jalo EEP	13.9	83	Carioca 80	12.4	96
ESAL 550	14.9	91	ESAL 509	14.1	94
ESAL 567	12.4	96	Manteigão Fosco 11	13.3	92
A 354	12.4	96	Rico Pardo 396 <sup>1</sup>	11.9	95
ESAL 573	14.1	96	Small White	12.1	84
ESAL 604	13.9	94	A 257	13.1	84
ESAL 574	14.7	99	A 488	12.2	85
ESAL 576	12.5	94	Costa Rica 1031	12.2	95
ESAL 605	12.9	95	Ricomig	12.1	96
ESAL 614	14.6	91	Parana	12.3	93
ESAL 594	13.3	90	Rio Negro <sup>1,2</sup>	11.7	92
Rio Tibagi <sup>1</sup>	11.9	97	IPA 7419	13.2	97
ESAL 606	13.8	87	Diaçol Callina	13.2	96
ESAL 610 <sup>1,2</sup>	11.8	100	Negrilo 897 <sup>1</sup>	12.0	91
ESAL 593	12.7	95	Fortuna 1895	12.5	94
ESAL 608	13.7	96	A 240 <sup>1</sup>	11.9	96
ESAL 607	12.6	95	A 430	14.1	96
ESAL 603	12.8	97	CNF 246 <sup>1,2</sup>	11.8	90
ESAL 600	12.3	93	Golano Precoce	13.4	96
ESAL 592	13.6	94	Feijão Verde	14.5	90
ESAL 598	12.7	92	ESAL 562 <sup>1</sup>	12.0	98
ESAL 596	12.1	91	A 437	13.2	83
ESAL 611	12.5	91	Roxo PV	15.0	93
ESAL 597 <sup>1</sup>	12.0	99	CNF 5 <sup>1,2</sup>	11.8	93
ESAL 599 <sup>1</sup>	12.0	94	Diaçol Andino	16.5	85
ESAL 592	13.1	91	Ouro	15.7	84
ESAL 609	12.9	95	Vermelho Uba	12.5	95
ESAL 601 <sup>1</sup>	11.9	91	A 246	13.5	94
ESAL 613	12.9	86	LM 101000	13.8	90
ESAL 612	14.0	94			

1 - Cultivar que consta entre as 15 cultivares de melhor desempenho neste experimento.  
 2 - Cultivar comum em todos os experimentos de campo entre as 15 cultivares de melhor desempenho.

TABELA 8a. Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de campo. Lavras - MG, 1989

CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)	CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)
Rio Vermelho <sup>1,2</sup>	8.6	96	ESAL 591	13.7	100
ESAL 501	11.3	96	ESAL 595	10.8	96
ESAL 564	10.7	96	ESAL 580	12.4	84
Pintado	11.4	93	Baetão	10.6	93
ESAL 507	12.6	98	Moruna Rosa <sup>1,2</sup>	10.3	93
LM 30330 <sup>1</sup>	9.3	96	Milionário <sup>1,2</sup>	9.8	100
ESAL 563	10.4	98	Capixaba Precoce <sup>1,2</sup>	9.1	92
Carioca	13.6	100	Preto 60 dias	12.4	89
LM 30406 <sup>1</sup>	9.4	96	A 536	13.8	81
ESAL 512	13.1	94	Eriparza 1	11.0	96
ESAL 506	13.0	98	CNF 261	11.7	97
ESAL 569	13.6	93	CNF 266	11.6	97
Carioca 300 Vagens	13.3	98	ESAL 503	11.6	97
Jalo EEP	10.9	98	Carioca 80	12.4	98
ESAL 550	11.3	98	ESAL 509	12.5	93
ESAL 567	11.1	97	Manteigão Fosco 11	10.9	97
A 354	12.0	97	Rico Pardo 396 <sup>1</sup>	10.0	96
ESAL 573	12.6	97	Small White <sup>1</sup>	8.0	93
ESAL 604	12.2	93	A 257	17.0	95
ESAL 574	12.0	100	A 488 <sup>1</sup>	8.4	98
ESAL 576	11.6	99	Costa Rica 1031	10.8	94
ESAL 605	14.8	97	Ricomig	10.1	94
ESAL 614	11.5	99	Paraná	11.7	97
ESAL 594	11.6	100	Rio Negro <sup>1,2</sup>	8.6	98
Rio Tibagi <sup>1</sup>	9.8	100	IPA 7419	16.0	100
ESAL 606	11.8	100	Diacol Calima	12.3	96
ESAL 610 <sup>1,2</sup>	9.8	97	Negrilo 897	10.5	93
ESAL 593	12.2	98	Fortuna 1895	11.4	97
ESAL 608	11.9	97	A 240	10.5	92
ESAL 607	11.9	98	A 430	13.4	95
ESAL 603	13.0	98	CNF 246 <sup>1,2</sup>	9.6	95
ESAL 600	10.9	97	Goiano Precoce	11.0	99
ESAL 592	14.1	97	Feijão Verde	12.7	100
ESAL 598	14.4	99	ESAL 562	11.6	80
ESAL 596 <sup>1</sup>	9.7	96	A 437	12.8	97
ESAL 611	12.3	96	Roxo PV	12.2	98
ESAL 597	11.9	100	CNF 5 <sup>1,2</sup>	8.9	98
ESAL 599	11.7	98	Diacol Andino	14.6	95
ESAL 592 <sup>1</sup>	9.4	94	Ouro	19.3	98
ESAL 609	13.7	95	Vermelho Uba	10.2	96
ESAL 601	12.3	97	A 246	13.7	97
ESAL 613	13.1	92	LM 101000	11.7	98
ESAL 612	14.6	98			

1 - Cultivar que consta entre as 15 cultivares de melhor desempenho neste experimento.

2 - Cultivar comum em todos os experimentos de campo entre as 15 cultivares de melhor desempenho.

TABELA 9a. Índice de vigor (I.V.) em dias para a germinação e percentagem de germinação final (P.G.F.) após 32 dias para as 85 cultivares avaliadas em condições de campo Lambari - MG, 1988

CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)	CULTIVARES	I.V. (dias)	P.G.F.(%)
Rio Vermelho <sup>1,2</sup>	10.2	99	ESAL 591	13.2	98
ESAL 501	11.5	95	ESAL 595	11.4	96
ESAL 564	11.4	96	ESAL 580	11.8	97
Pintado	11.5	99	Baetão	12.4	99
ESAL 507	12.2	96	Moruna Rosa <sup>1</sup>	10.8	99
LM 30330 <sup>1</sup>	10.9	100	Milionario <sup>1,2</sup>	11.0	98
ESAL 563	11.3	100	Capixaba Precoce <sup>1,2</sup>	10.8	99
Carioca	13.9	99	Preto 60 dias	12.0	93
LM 30406 <sup>1</sup>	10.9	99	A 536	13.4	90
ESAL 512	12.4	100	Eriparza 1	11.3	97
ESAL 506	11.9	100	CNF 261	11.4	98
ESAL 569	12.5	98	CNF 266	11.9	99
Carioca 300 Vagens	12.7	99	ESAL 503	11.8	94
Jalo KEP	11.7	99	Carioca 80	11.5	99
ESAL 550	12.1	97	ESAL 509	12.6	98
ESAL 567	11.6	99	Manteigão Fosco 11	11.4	96
A 354	12.7	100	Rico pardo 396 <sup>1</sup>	10.8	97
ESAL 573	11.8	99	Small White <sup>1</sup>	9.6	97
ESAL 604	11.9	99	A 257	20.8	82
ESAL 574	11.7	100	A 488 <sup>1</sup>	10.1	99
ESAL 576	11.6	99	Costa Rica 1031	11.2	98
ESAL 605	12.7	96	Ricomig	12.0	95
ESAL 614	12.0	94	Paraná	12.3	100
ESAL 584	11.5	99	Rio Negro <sup>1,2</sup>	10.2	99
Rio Tibagi	11.3	99	IPA 7419	15.6	95
ESAL 606	11.4	98	Diacol Calima	11.4	100
ESAL 610 <sup>1,2</sup>	10.6	97	Negrilo 897	11.8	98
ESAL 583	12.1	99	Fortuna 1895	11.5	93
ESAL 608	11.5	99	A 240	11.5	99
ESAL 607	11.4	100	A 430	13.0	97
ESAL 603	12.2	100	CNF 246 <sup>1,2</sup>	11.0	93
ESAL 600	11.5	99	Goiano Precoce	11.6	97
ESAL 592	13.6	96	Feljão Verde	13.3	95
ESAL 598	12.9	99	ESAL 562	11.5	99
ESAL 596 <sup>1</sup>	11.2	100	A 437	15.1	87
ESAL 611	11.8	98	Roxo PV	11.8	98
ESAL 597	11.7	100	CNF 5 <sup>1,2</sup>	10.5	98
ESAL 599	13.0	99	Diacol Andino	12.6	98
ESAL 592	11.5	98	Ouro	21.8	95
ESAL 609	12.9	98	Vermelho Uba <sup>1</sup>	11.0	99
ESAL 601	12.9	98	A 246	13.4	98
ESAL 613	12.8	99	LM 101000	11.5	99
ESAL 612	13.0	99			

1 - Cultivar que consta entre as 15 cultivares de melhor desempenho neste experimento.

2 - Cultivar comum em todos os experimentos de campo entre as 15 cultivares de melhor desempenho.

TABELA 10a. Índice de vigor médio em dias para a germinação das quinze melhores cultivares na média dos experimentos de campo e no experimento de laboratório.

CAMPO (MÉDIA)		LABORATÓRIO	
Cultivares	Índice de Vigor	Cultivares	Índice de Vigor
Rio Vermelho <sup>1</sup>	12.2	Rio Vermelho <sup>1</sup>	20.0
LM 30 406	13.5	ESAL 576	20.4
Rio Tibagi	13.8	ESAL 610 <sup>1</sup>	18.6
ESAL 610 <sup>1</sup>	13.1	ESAL 593	19.6
Milionário 1732	13.2	Baetão	19.5
Capixaba Precoce	13.3	Moruma Rosa	20.3
A 536 <sup>1</sup>	12.5	A 536 <sup>1</sup>	20.0
Eriparza	13.9	Small White <sup>1</sup>	11.8
Rio Pardo 396	13.9	A 488 <sup>1</sup>	18.6
Small White <sup>1</sup>	12.6	Paraná	18.3
A 488 <sup>1</sup>	12.8	Negrinho 897	19.3
Ricomig	13.9	CNF 246 <sup>1</sup>	18.9
Rio Negro	12.5	CNF 5 <sup>1</sup>	20.2
CNF 246 <sup>1</sup>	13.1	Diacol Andino	20.5
CNF 5 <sup>1</sup>	12.5	Vermelho Ubá	18.5

1- Cultivares comuns entre o experimento realizado em condições de laboratório e na média dos experimentos realizados em condições de campo.