

**FELJÃO-CAUPI**  
**Avanços tecnológicos**

**República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*  
Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

*Luis Carlos Guedes Pinto*  
Presidente

*Silvio Crestana*  
Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*  
*Ernesto Paterniani*  
*Hélio Tollini*  
*Marcelo Barbosa Saintive*  
Membros

**Diretoria-Executiva**

*Silvio Crestana*  
Diretor-Presidente

*José Geraldo Eugênio de França*  
*Kepler Euclides Filho*  
*Tatiana Deane de Abreu Sá*  
Diretores-Executivos

**Embrapa Meio-Norte**

*Valdemício Ferreira de Sousa*  
Chefe-Geral

**Embrapa Informação Tecnológica**

*Fernando do Amaral Pereira*  
Gerente-Geral

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio-Norte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# **FELJÃO-CAUPI**

## **Avanços tecnológicos**

***Editores Técnicos***

Francisco Rodrigues Freire Filho

José Albérico de Araújo Lima

Valdenir Queiroz Ribeiro

***Embrapa Informação Tecnológica***

*Brasília, DF*

*2005*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica – PqEB – Av. W3 Norte (final)  
Caixa Postal 040315  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone (61) 340-9999  
Fax (61) 340-2753  
vendas@sct.embrapa.br  
www.sct.embrapa.br

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5.650  
Bairro Buenos Aires, Caixa Postal 01  
CEP 64006-220 Teresina, PI  
Fone (86) 225-1141  
Fax (86) 225-1142  
www.cpamn.embrapa.br  
vendas: sac@cpamn.embrapa.br

**Embrapa Informação Tecnológica**

Coordenação editorial: *Lillian Alvares*  
*Lucilene Maria de Andrade*  
Revisão de texto: *Corina Barra Soares*  
Normalização bibliográfica: *Celina Tomaz de Carvalho*  
Projeto gráfico e editoração eletrônica: *José Batista Dantas*  
Capa: *Carlos Augusto Holanda Batalha*

**Embrapa Meio-Norte**

Revisão técnica: *Maurisrael de Moura Rocha*  
Supervisão editorial: *Ligia Maria Rolim Bandeira*  
Revisão de texto: *Francisco de Assis David da Silva*  
*Ligia Maria Rolim Bandeira*  
Normalização bibliográfica: *Eliana Candeira Valois*  
*Orlane da Silva Maia*  
*Jovita Maria Gomes Oliveira*  
Fotos da capa: *Francisco Rodrigues Freire Filho*  
*Luiz Carlos Fernandes de Souza*

**1ª edição**

1ª impressão (2005): 2.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Informação Tecnológica

---

Feijão-caupi: avanços tecnológicos / editores técnicos, Francisco Rodrigues Freire Filho, José Albérico de Araújo Lima, Valdenir Queiroz Ribeiro. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

519 p. : il.

ISBN 85-7383-283-5.

1. Agricultura. 2. Feijão. 3. Variedade. I. Embrapa Meio-Norte. II. Freire Filho, Francisco Rodrigues. II. Lima, José Albérico de Araújo. III. Ribeiro, Valdenir Queiroz. V. Título.

**CDD 635.65**

---

© Embrapa 2005

# Dedicatória

*Os editores dedicam este livro aos cientistas brasileiros que contribuíram para o desenvolvimento tecnológico do feijão-caupi.*

*Francisco Rodrigues Freire Filho dedica particularmente a Célia, Simei e Samuel.*

*Valdenir Queiroz Ribeiro, aos pais (in memoriam), irmãos, esposa, filhos, neto, genro e nora.*

*O autor Paulo Henrique Soares da Silva, à memória da sua filha Laiana.*

# Agradecimento

*A Deus e a todos que colaboraram para a realização deste trabalho.*

*Os editores agradecem a valiosa contribuição do Dr. Paulo Henrique Soares da Silva em todas as fases da elaboração deste livro.*

*Os autores do Capítulo 1, Melhoramento Genético, agradecem a Ivo de Souza Pinto e Manuel Gonçalves da Silva, pela colaboração ao programa de melhoramento do feijão-caupi.*

*Os autores do Capítulo 8, Fixação Biológica de Nitrogênio, agradecem à Dra. Rosângela Straliozzo, da Embrapa Agrobiologia, e ao doutorando Jean Luís Simões Araújo, da UFRJ, pela revisão crítica e pelas sugestões apresentadas.*

# Apresentação

O feijão-caupi (feijão-macaça, feijão-macáçar ou feijão-de-corda), *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo.

No Brasil, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste, o feijão-caupi constitui uma das principais alternativas sociais e econômicas de suprimento alimentar e geração de emprego, especialmente para as populações rurais. Atualmente, sua importância vem crescendo também em outras regiões do país.

As sementes são fontes de proteínas, aminoácidos essenciais, tiamina, niacina, além de fibras dietéticas; portanto, é uma opção para compor os programas de políticas públicas focados na melhoria da qualidade de vida, especialmente em áreas carentes, nos meios rural e urbano.

Os avanços científicos e tecnológicos têm sido expressivos, graças à concentração de esforços de instituições brasileiras que buscam tanto a melhora genética como a dos sistemas de produção do feijão-caupi. Novos tipos comerciais têm sido lançados no mercado, visando ampliar a forma de uso do produto e atender às preferências do consumidor.

Esta obra é fruto do trabalho de muitos cientistas, em várias regiões do país, os quais têm dedicado atenção especial às pesquisas com feijão-caupi em diversas áreas do conhecimento. Os trabalhos são realizados em forma de rede nacional, liderada pela Embrapa Meio-Norte, que tem apresentado soluções e alternativas para os principais problemas do produto.

*Valdemício Ferreira de Sousa*  
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte



# Prefácio

O feijão-caupi (feijão-macaça, feijão-macáçar ou feijão-de-corda), *Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivado no Brasil desde o início da colonização, ainda não é bem conhecido no País, a despeito de sua importância social e econômica e seu potencial estratégico. Foi esse desconhecimento que nos motivou a apresentar, neste prefácio, um pouco de sua história e importância, principalmente para as Regiões Norte e Nordeste.

Originário da África, foi introduzido no Brasil no século 16, pelos colonizadores portugueses. A entrada se deu pelo Estado da Bahia, de onde se expandiu para todo o País. Atualmente, seu cultivo se concentra nas Regiões Norte e Nordeste, onde constitui um dos mais importantes componentes da dieta alimentar, especialmente da população rural.

A área colhida, a produção e a produtividade do feijão-caupi oscilam muito de ano para ano, em virtude, principalmente, das variações climáticas. Entre 1993 e 2001, a média anual da área colhida foi de 1.355.184 ha, a produção foi de 429.375 t e a produtividade, de 317 kg/ha. Com base nesses dados e considerando que 1 ha gera um emprego por ano, que o consumo per capita é de 18,6 kg e que o valor histórico da saca de feijão é de US\$ 33,84, estima-se que, naquele período, o feijão-caupi, tenha gerado, em média, por ano, 1,36 milhão de empregos, produzindo suprimento alimentar para 23,06 milhões de pessoas, tendo sua produção valorizada em US\$ 242,6 milhões.

Até há bem pouco tempo, o feijão-caupi era uma cultura explorada em padrões tradicionais e com mercado restrito. Nos últimos anos, felizmente, vem adquirindo maior expressão econômica. Seu cultivo é feito tanto por pequenos como por médios e grandes produtores, que utilizam alta tecnologia, e seu mercado vem se expandindo para além das fronteiras das Regiões Norte e Nordeste. Vale mencionar que algumas classes de grãos já estão sendo comercializadas em bolsas de mercadorias da Região Sudeste, como é o caso do feijão-fradinho. Essas mudanças vêm gerando demandas em várias áreas de conhecimento da cultura. E as pesquisas que estão sendo feitas são direcionadas ao atendimento da maioria dessas demandas.

Importantes avanços científicos e técnicos sobre o feijão-caupi são apresentados em vários capítulos deste livro. Um deles merece distinção especial, pois nele se explica que, usando-se cultivares de porte moderno, é possível mecanizar toda a lavoura. Para o futuro, espera-se que o feijão-caupi alcance a agroindústria de alimentos, na forma de grãos seco e verde, e também para a produção de farinha, sopa pré-cozida e enlatados.

Este livro coloca à disposição as mais relevantes informações em distintas áreas do conhecimento, visando contribuir para a formação de estudantes, dos profissionais da área de assistência técnica e dos demais interessados na cultura. Busca-se também fornecer conhecimentos e tecnologias que possam tornar mais eficientes os sistemas de produção de feijão-caupi, desde os tradicionais, adotados na agricultura familiar, até aqueles utilizados em grandes empresas produtoras de grãos.

*Francisco Rodrigues Freire Filho*  
*Valdenir Queiroz Ribeiro*  
Embrapa Meio-Norte

# Sumário

## Capítulo I

### Melhoramento Genético

Introdução .....	29
Introdução no Brasil .....	29
Nomes vulgares .....	30
Origem e classificação botânica .....	31
Conjunto gênico .....	31
Características da planta .....	33
Ciclo .....	33
Arquitetura .....	34
Tipos de grãos .....	35
Grupos de acordo com a espécie .....	36
Tipos de acordo com a qualidade do produto .....	37
Morfologia floral .....	40
Taxa de cruzamento natural .....	41
Métodos de hibridação .....	42
Emasculação .....	43
Polinização controlada .....	43
Eficiência da polinização controlada .....	44
Identificação dos botões florais polinizados e colheita das vagens ..	45
Simbologia e registro de cruzamentos, gerações e linhagens .....	45
Cruzamentos .....	45
Gerações .....	47
Linhagens .....	49
Objetivos do melhoramento .....	50
Estratégia e metodologia do melhoramento .....	50
Resultados alcançados .....	54
Resistência a vírus .....	55
Resistência a doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides .....	59
Resistência a insetos .....	62
Produtividade de grãos .....	63
Grãos secos .....	63
Grãos verdes .....	68

Ganho genético em produtividade .....	71
Cultivares recomendadas para produção de grãos secos .....	71
Referências .....	75

## Capítulo II

### Biotecnologia

Introdução .....	95
Principais técnicas em biotecnologia .....	99
Cultura de tecidos .....	99
Cultura de células isoladas .....	103
Clonagem in vitro ou micropropagação .....	104
Cultura de embriões e óvulos .....	105
Cultura de anteras .....	106
Hibridação de células somáticas ou fusão de protoplastos. ....	108
Marcadores moleculares .....	111
Marcadores isoenzimáticos .....	114
Marcadores RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) – Polimorfismo de comprimento de fragmentos de restrição .....	115
Marcadores de minissatélites .....	117
Marcadores RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) – DNA polimórfico amplificado ao acaso .....	117
Marcadores de microssatélites ou SSR (Simple Sequence Repeats) .....	119
Marcadores AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) – Polimorfismo de comprimento de fragmentos amplificados .....	120
Marcadores baseados em PCR de seqüência específica .....	121
Engenharia genética .....	122
A biotecnologia e o melhoramento do feijão-caupi .....	126
Técnicas em cultura de tecidos .....	126
Técnicas em marcadores moleculares .....	127
Mapas de ligação .....	133
Engenharia genética .....	134
Considerações finais .....	136
Referências .....	138

## Capítulo III

### Recursos Genéticos: Coleção Ativa e de Base

Introdução .....	159
Organização mundial dos recursos genéticos .....	159
Recursos genéticos de feijão-caupi .....	162
Sistema nacional de recursos genéticos .....	168
Coleção ativa .....	174

Banco ativo de germoplasma .....	175
Conservação .....	175
Multiplicação e regeneração .....	176
Caracterização e avaliação .....	176
Acervo da coleção ativa .....	180
Legislação .....	182
Coleção de base .....	183
Acervo da coleção de base .....	185
Referências .....	188

## **Capítulo IV**

### **Aspectos Fisiológicos**

Introdução .....	193
Germinação e emergência da plântula .....	194
Acumulação e distribuição de matéria seca .....	194
Florescimento e frutificação .....	195
Influência de fatores ambientais .....	197
Temperatura e fotoperíodo .....	197
Água .....	200
Referências .....	206

## **Capítulo V**

### **Ecofisiologia e Manejo de Plantio**

Introdução .....	213
Radiação solar .....	215
Luminosidade .....	216
Temperatura .....	217
Água .....	219
Balanço hídrico .....	219
Época de plantio .....	220
Métodos de plantio .....	221
Plantio manual .....	222
Plantio por tração animal .....	222
Plantio motomecanizado .....	222
Densidade de plantio .....	222
Espaçamento entre fileiras .....	225
Referências .....	225

## **Capítulo VI**

### **Fertilidade do Solo e Adubação**

Introdução .....	231
Solos .....	231

Fertilidade do solo .....	231
Amostragem do solo .....	232
Níveis de fertilidade do solo .....	233
Acidez do solo .....	234
Correção da acidez do solo .....	234
Recomendação de adubação de manutenção .....	236
Adubação orgânica .....	239
Sugestões de adubação química .....	240
Observações técnicas adicionais .....	240
Referências .....	241

## **Capítulo VII**

### **Irrigação**

Introdução .....	245
Produção e seus componentes .....	246
Características morfofisiológicas .....	250
Matéria seca .....	252
Número de folhas .....	254
Índice de área foliar .....	255
Taxa de crescimento da cultura .....	257
Taxa assimilatória líquida .....	259
Função de produção e estratégias ótimas de irrigação .....	260
Função de produção água-cultura .....	260
Estratégias ótimas de irrigação .....	264
Considerações finais .....	272
Referências .....	272

## **Capítulo VIII**

### **Fixação Biológica de Nitrogênio**

Introdução .....	281
Quantificação da FBN .....	282
Diversidade do rizóbio que nodula reijão-caupi .....	283
Faixa de hospedeiro de rizóbio tropical .....	287
População de rizóbios nos solos tropicais .....	289
Dinâmica da população de rizóbio no solo .....	291
Especificidade simbiótica, uma questão de comunicação molecular ....	293
Fatores edafoclimáticos que influenciam a associação feijão-caupi/rizóbio .....	296
Temperatura .....	297
Umidade .....	298
Salinidade .....	299
pH do solo .....	299
Antibióticos .....	301

Fósforo .....	303
Nitrogênio .....	304
Outros nutrientes .....	305
Fatores Intrínsecos da associação feijão-caupi/rizóbio .....	306
Fatores relacionados à eficiência da FBN .....	306
Presença da hidrogenase associada à nitrogenase .....	306
Produção de bacteriocinas .....	308
Presença de rizobiotoxina .....	309
Translocação do nitrogênio fixado via compostos do tipo ureído .....	309
Características da simbiose não relacionadas diretamente à FBN .....	311
Influência na produção de hormônios .....	311
Produção de sideróforos .....	312
Presença de inibidores enzimáticos .....	313
Importância do macrossimbionte: seleção de genótipos .....	313
Estratégia para seleção do inoculante .....	316
Sobrevivência, competitividade e estabelecimento do rizóbio no solo .....	316
Maximização da FBN – Perspectivas .....	319
Referências .....	320

## **Capítulo IX**

### **Composição Bioquímica da Semente**

Introdução .....	339
Substâncias de reserva armazenadas nas sementes .....	340
Carboidratos .....	340
Proteínas .....	342
Lipídios .....	347
Valor nutricional .....	348
Fatores antinutricionais .....	352
Lectinas .....	352
Inibidores de proteases .....	356
Conclusões e perspectivas .....	358
Referências .....	359

## **Capítulo X**

### **Pragas**

Introdução .....	369
Pragas subterrâneas .....	369
Paquinha .....	370
Broca-do-colo ou lagarta-elasma .....	371
Lagarta-rosca .....	373

Pragas da parte aérea .....	374
Pragas desfolhadoras .....	374
Pragas sugadoras das folhas .....	382
Pragas dos órgãos reprodutivos .....	390
Tripes .....	390
Percevejos .....	391
Lagartas .....	393
Manhoso .....	394
Pragas dos grãos armazenados .....	396
Traça .....	396
Caruncho-do-feijão-caupi .....	397
Expurgo .....	398
Referências .....	400

## Capítulo XI

### Diagnose e Estratégias de Controle de Doenças Ocasionadas por Vírus

Introdução .....	405
Características gerais dos vírus .....	405
Taxonomia e nomenclatura de vírus de plantas .....	409
Métodos de identificação de vírus de plantas .....	412
Gama parcial de hospedeiros .....	414
Microscopia eletrônica .....	414
Microscopia óptica .....	416
Sorologia .....	417
Difusão dupla em ágar .....	417
Testes de absorção intragel .....	418
Difusão simples em ágar .....	419
Técnica sorológica de microscopia eletrônica .....	420
Teste de ELISA .....	421
Técnicas moleculares .....	422
Reação em cadeia de polimerase .....	423
<i>Southern blotting</i> .....	424
<i>Northern blotting</i> .....	425
<i>Dot blot</i> .....	425
Víroses do feijão-caupi no Brasil .....	425
Mosaico-severo .....	426
Etiologia .....	426
Transmissão .....	429
Sintomatologia e gama de hospedeiros .....	430
Mosaicos de <i>Potyvirus</i> .....	431
Características gerais dos <i>Potyvirus</i> .....	431
Transmissão dos <i>Potyvirus</i> .....	432



Sintomatologia e gama de hospedeiros de <i>Potyvirus</i> isolados de feijão-caupi no Brasil .....	434
Mosaico-leve .....	438
Características gerais do gênero <i>Cucumovirus</i> .....	438
Transmissão do <i>Cucumovirus</i> .....	439
Geminiviroses .....	440
Infecção mista .....	441
Estratégias de controle .....	444
Resistência natural .....	444
Sementes certificadas .....	447
Controle de vetores .....	448
Erradicação de fontes de vírus .....	450
Referências .....	451

## Capítulo XII

### Doenças Fúngicas e Bacterianas

Introdução .....	463
Podridões de raiz, colo e caule .....	464
Morte-das-plântulas ( <i>damping-off</i> ) .....	464
Podridão-das-raízes .....	465
Podridão-do-colo .....	466
Podridão-cinzenta-do-caule .....	467
Murcha-de-fusário .....	468
Podridão e murcha-de-esclerócio .....	469
Doenças foliares .....	471
Carvão .....	471
Mancha-café .....	472
Cercosporiose (mancha-vermelha) .....	473
Mela .....	474
Mancha-zonada .....	475
Ferrugem .....	476
Mancha-de-alternária .....	477
Mancha-bacteriana .....	477
Pústula-bacteriana .....	478
Oídio .....	479
Doenças das flores, vagens e sementes .....	480
Sarna .....	480
Mofo-cinza-das-vagens .....	482
Referências .....	482

## Capítulo XIII

### Nematóides

Introdução .....	487
------------------	-----

Nematóides-das-galhas .....	487
Sintomas .....	487
Biologia e ciclo de vida .....	489
Nematóides-das-lesões-radiculares .....	490
Sintomas .....	490
Biologia e ciclo de vida .....	490
Nematóide-reniforme .....	491
Sintomas .....	491
Biologia e ciclo de vida .....	492
Outros nematóides .....	492
Controle dos nematóides .....	493
Cultivares resistentes .....	493
Matéria orgânica .....	494
Rotação de cultura .....	494
Plantas antagonistas .....	495
Revolvimento do solo .....	495
Inundação do solo .....	495
Controle químico .....	495
Referências .....	496

## **Capítulo XIV**

### **Tecnologia de Produção de Sementes**

Introdução .....	501
Recomendações técnicas para a produção de sementes .....	501
Escolha da região .....	501
Escolha da área .....	502
Plantas invasoras .....	502
Solo .....	503
Água .....	503
Sanidade .....	503
Isolamento .....	504
Escolha da cultivar .....	504
Escolha da semente .....	505
Preparo da área .....	505
Semeadura .....	505
<i>Roguing</i> .....	506
Colheita .....	507
Secagem da semente .....	508
Debulha .....	509
Beneficiamento .....	509
Embalagem .....	514
Armazenamento .....	514
Fatores que afetam a qualidade da semente no armazenamento .	515
Referências .....	517

---

# Melhoramento Genético

---

*Francisco Rodrigues Freire Filho  
Valdenir Queiroz Ribeiro  
Paulo Diógenes Barreto  
Antônio Apoliano dos Santos*

## Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) possui uma grande variabilidade genética que o torna versátil, sendo usado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. É possuidor também de uma grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, e tem uma grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Além disso, contém os dez aminoácidos essenciais ao ser humano e tem um excelente valor calórico. Em virtude dessas características, é uma espécie de grande valor atual e estratégico.

Comparada a outras culturas, o feijão-caupi tem seu potencial genético pouco explorado. Entretanto, já foram obtidas, em condições experimentais, produtividades de grãos secos acima de 3 t/ha (Bezerra, 1997), tendo-se a expectativa de que seu potencial genético ultrapasse 6 t/ha.

Há de se reconhecer, entretanto, que, para se chegar a esse nível de produtividade, é necessário que haja mais investimento em pesquisas na cultura.

## Introdução no Brasil

Em 1568, já havia indicação da presença de muitos tipos de feijão no Brasil (Gandavo, 2001), fato que se confirmou em 1587, quando foi relatado que uma grande variedade de feijões e favas era cultivada no Estado da Bahia, sendo os grãos e as vagens usados na alimentação humana do mesmo modo como o eram em Portugal e na Espanha (Sousa, 1974). Embora nenhuma citação indicasse as cultivares de feijão utilizadas, é bastante provável que o feijão-caupi estivesse entre elas. Nessa época, o comércio entre o Brasil e o Oeste da África, de Guiné a Angola, era intenso, tornando-se ainda mais importante a partir de 1549, com a fundação da Bahia como capital administrativa (Parker, 1995).

Corrêa (1952) menciona que o feijão-caupi foi introduzido no Brasil pelos primeiros colonizadores, devendo referir-se aos portugueses. Krutman et al. (1968) relatam que o feijão-caupi foi introduzido no País pelos colonizadores portugueses. Freire Filho (1988) apresenta várias evidências de que o feijão-caupi foi introduzido na América Latina, no