

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL

SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FEIJÃO IRRIGADO



A. L. FANCELLI
D. DOURADO-NETO
(editores)

PIRACICABA - SP
2001

SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FEIJÃO IRRIGADO

DOI: 10.11606/9788586481932

**Antônio Luiz Fancelli
Durval Dourado Neto
(editores)**

Catálogo na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Sistemas de produção de feijão irrigado [recurso eletrônico] / editores Antônio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto. - - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Produção Vegetal, 2001. 211 p. : il.

ISBN: 978-85-86481-93-2

DOI: 10.11606/9788586481932

1. Feijão irrigado 2. Irrigação 3. Sistemas de produção I. Fancelli, A. L., ed. II. Dourado Neto, D., ed. III. Título

CDD 635.652

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons



SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE FEIJÃO IRRIGADO

Pág.
1

FEIJÃO: PERSPECTIVAS DE MERCADO EM 2001

VLAMIR BRANDALIZZE

NOVAS TENDÊNCIAS NO MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO

SÉRGIO AUGUSTO MORAIS CARBONELL

5

MANEJO DA CULTURA DE FEIJÃO: ENFOQUE SISTÊMICO

JOSÉ ROBERTO DE MENEZES

35

MICRONUTRIENTES: RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

ARNOLDO JUNQUEIRA NETTO

ARNOLDO DAHER DE ALMEIDA JUNQUEIRA

GUILHERME DAHER DE ALMEIDA JUNQUEIRA

43

ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO: NOVAS TENDÊNCIAS

WAGNER NUNES

63

PROBLEMAS DE FERTILIDADE DE SOLO NOS CERRADOS

TSUIOSHI YAMADA

75

RECONSTRUÇÃO DO SOLO E MANEJO DE PLANTAS NO CONTROLE DE DOENÇA

JEFFERSON LUIS DA SILVA COSTA

77

MOSCA BRANCA E OUTRAS PRAGAS EMERGENTES NA CULTURA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

MASSARU YOKOYAMA

99

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO APLICADOR DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PIVÔ CENTRAL

ANDERSON SOARES PEREIRA

DURVAL DOURADO-NETO

JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE

106

MANEJO DE ÁGUA NA CULTURA DE FEIJÃO: ASPECTOS PRÁTICOS

DURVAL DOURADO-NETO

ANTÔNIO LUIZ FANCELLI

138

OPERACIONALIZAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

DURVAL DOURADO-NETO

ANTÔNIO LUIZ FANCELLI

157

**MANEJO QUÍMICO DO SOLO NA CULTURA DO FEIJÃO
IRRIGADO**

GODOFREDO CÉSAR VITTI

FELIPE DE CAMPOS VIEIRA

MAURÍCIO FELIPE DO A. OLIVEIRA

165

ECOFISIOLOGIA: IMPLICAÇÕES PRÁTICAS DE MANEJO

DURVAL DOURADO-NETO

ANTÔNIO LUIZ FANCELLI

196

FEIJÃO: PERSPECTIVAS DE MERCADO EM 2001

VLAMIR BRANDALIZZE

Eng. Agr. Consultor de Mercado Agrícola. Brandalizze Consulting.
+41-264 8719. brandalizze@uol.com.br

Resumo

No momento, o mercado do feijão pode ser considerado relativamente estável (firme). Existem vários motivos para que o mesmo se mantenha nesta posição, como é o exemplo da queda da oferta de arroz, do aumento dos preços do trigo, do crescimento das cotações das carnes enfim, de diversos fatores que podem assinalar a ascensão dos preços do produto. Desta maneira, há grandes chances para um bom desempenho financeiro dos produtores. Porém, no decorrer do ano agrícola deverão ficar atentos aos indicadores pois, o final do ano agrícola poderá ser marcado pelo crescimento da safra de verão no sul do país, ao qual inicia-se nos meses de novembro e dezembro, principalmente.

Introdução

O ano de 2001 poderá ser considerado como um daqueles em que os produtores poderão obter maior rentabilidade com a cultura do feijão. As indicações de safra apontam para uma colheita de aproximadamente 2,7 milhões de toneladas contra um consumo aparente de 3 milhões. Neste sentido, poderá haver uma escassez aparentemente grande no decorrer do ano e que não poderá ser suprida com os estoques reguladores ou até mesmo por importações. O resultado prático dessa situação é o crescimento das cotações, que já vem acontecendo, numa tentativa de se equalizar a demanda à realidade da oferta.

Os produtores não obtiveram um bom desempenho financeiro com a cultura no ano passado, devido principalmente à ocorrência de excesso de produção da safra de verão bem como pelos problemas com a comercialização do produto, forçando assim os indicativos para baixo. O reflexo imediato foi a queda da área de plantio da safra de verão deste ano, aliada à queda da produção. Para complicar ainda mais a situação, problemas climáticos ocorreram em várias regiões produtoras, acarretando queda na produtividade.

Na safra de verão de 2000, a produção foi de aproximadamente 1,5 milhões de toneladas, e neste ano não deverá superar 800 mil toneladas. Dessa maneira, mesmo que tenhamos avanços na segunda safra e também na área irrigada, não haverá condições suficientes para o mercado recuperar as perdas da primeira, que normalmente é a mais importante do ano.

Segunda safra: maior investimento, tecnologia e lucratividade

A forte queda na produção da primeira safra do feijão está fazendo com que os produtores voltem a apostar no produto na segunda safra. Isto pode ser observado pelo forte crescimento na procura pelos insumos, onde os produtores correm contra o tempo para tentar ganhar em produtividade e qualidade. Dessa forma, espera-se que a segunda safra venha com números de área e produção próximos da média histórica, ou seja ao redor dos 1,1 milhões de toneladas, aproximando-se até dos 1,2 milhões de toneladas. Com isso, teríamos uma recuperação das perdas da primeira safra. Como ainda temos muitas áreas sendo plantadas, seria recomendado aos produtores que as conduzissem com tecnologia na tentativa de se manter um feijão de qualidade na colheita, que certamente este terá boa aceitação e bons indicativos de preços no mercado. Por estarmos em um ano de chuvas constantes com altas temperaturas, é muito importante acompanhar o controle fitossanitário das plantas para garantirmos uma boa sanidade na lavoura, visto que o consumidor brasileiro já não aceita feijão de baixa qualidade.

Evolução das cotações médias do feijão comercial no Brasil

O mês de fevereiro foi marcado pela pressão de alta dos preços, mantendo-se uma grande procura pelo feijão livre, que esteve escasso e acabou por valorizar o que os produtores tinham nas mãos. Os produtores que realizaram o plantio do verão, ou a primeira safra, estão muito satisfeitos com o desempenho comercial do produto, assinalando que os ganhos até o momento superam todo o ano de 2000. Também apontam que este será o ano do feijão. O mercado atual está trabalhando com poucas ofertas do produto, que segue bem valorizado. Os indicativos atingiram as melhores cotações no final de janeiro, sendo a saca de ponta no atacado negociada acima dos R\$70,00 contra os R\$60,00 de fevereiro. Mesmo assim, está remunerando bem àqueles produtores que tinham recebido indicativos de R\$35,00 aos R\$55,00 por saca no ano passado, ou seja, pelo menos em até 50% abaixo do preço atual.

O mercado em março estará em plena fase de demanda e assim poderá ser visto o crescimento da procura pelo feijão de qualidade e novamente o arranque nos indicativos. Também observa-se boa procura pelo feijão preto que chega bater a marca dos R\$50,00 por saca, com poucas ofertas do produto. A safra do feijão preto está sendo apontada entre as 200 e 250 mil toneladas, para um consumo de 400 a 500 mil toneladas. Portanto, ainda há muito espaço para o feijão preto. Normalmente a primeira safra responde por mais de 80% da oferta do feijão preto consumido.

A oferta de feijão, portanto este ano, continua sendo apontada entre os 2,5 com chances de 2,7 milhões de toneladas, para um consumo mínimo de 2,9 milhões de toneladas. Como o setor de frango está com bom ritmo de

exportação e trabalha com cotações internas em crescimento, este abrirá espaço para avanços no consumo do feijão.

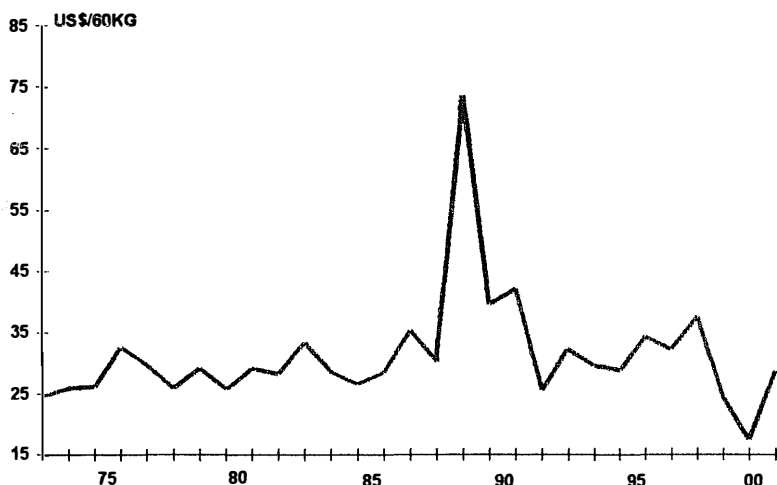


Figura 1. Evolução dos preços de feijão (Fonte: Brandalizze Consulting).

Demanda pela qualidade

A cada dia que passa, o produto feijão vem se aperfeiçoando tanto em tecnologia de produção como também no estilo de comercialização. Já existem grandes marcas de feijão no mercado, que buscam cada vez mais manter ao consumidor um produto de alto padrão de qualidade. Os consumidores cada vez mais vão em busca desta qualidade e acabam por deixar de lado aquele produto de baixo padrão. Assim sendo, produtores das regiões com alto risco de problemas com excesso de chuvas, como é o caso do sul do Paraná, tem sido desestimulados a plantar, pois mesmo em tempos que o feijão está com mercado firme, os mesmos não tem conseguido boas cotações do produto. Neste Estado, o plantio fica restrito ao feijão preto, que normalmente apresenta menos problemas nestas condições.

Para este ano o quadro de oferta está sendo formado com 800 mil toneladas da safra de verão, ou primeira safra, somados a uma estimativa de 1.300 mil toneladas da segunda safra e 600 mil que possam vir de feijão irrigado.

Caso todo este quadro se confirme, teremos portanto os tais 2,7 milhões de toneladas estimados. Da mesma forma, deveremos concluir que este montante significa muito aquém da verdadeira demanda potencial, deixando aos produtores bons momentos para ganhos econômicos.

Tabela 1. Feijão: oferta e demanda (1000 t).

Item	98/99	99/00	00/01(*)
Estoque Inicial	58	203	163
Produção	2.925	2.970	2.700
Importação	160	90	120
Oferta Total	3.143	3.263	2.983
Consumo	2.940	3.100	2.950
Estoque Final	203	163	33

Fonte: Brandalizze Consulting (*) estimativas

Até mesmo o feijão preto que se apresenta com o mercado firme, mostra uma safra muito abaixo da demanda, que nos últimos dois anos já estava sendo deixado de lado pelos produtores. Com números ainda indefinidos, aponta-se algo ao redor das 250 mil toneladas contra uma demanda potencial de 400 mil toneladas que tradicionalmente acontece.

NOVAS TENDÊNCIAS NO MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO

SÉRGIO AUGUSTO MORAIS CARBONELL

Doutor, Centro de Plantas Graníferas, Instituto Agronômico, IAC.

Av. Barão de Itapura 1481, C. P. 28, 13001-970.

Campinas, SP. carbonel@cec.iac.br. Bolsista do CNPq.

Resumo

O melhoramento genético do feijoeiro no Brasil é realizado por instituições públicas e privadas de âmbito Nacional e Estadual. Os objetivos destas pesquisas é produzir novos cultivares de feijoeiro produtivos e estáveis quanto a produção, porte ereto de planta visando facilitar a colheita mecânica, alta qualidade tecnológica de grão e boa aceitação comercial, resistência múltipla às principais doenças do feijoeiro, principalmente a antracnose, mancha angular, murcha de fusarium, crestamento bacteriano comum, as viroses do mosaico comum e dourado, entre muitos outros objetivos. Para alcançar estes objetivos, as instituições organizam equipes multidisciplinares de pesquisadores das áreas de melhoramento, fitopatologia, virologia, entomologia, fitotecnistas e recentemente, biotecnologistas, bioestatísticos e químicos/nutricionistas. Instituições que não possuam estes pesquisadores, tem procurado aperfeiçoar parcerias interinstitucionais para atingir estes objetivos. Neste cenário de parcerias interinstitucional, questões legais de proteção de cultivares e propriedade intelectual sobre os materiais genéticos obtidos são tratados por especialistas. Não distante destas pesquisas e parcerias, estão outros segmentos da cadeia produtiva do feijão, como a assistência técnica, produtores de sementes, agricultores, cooperativas agrícolas, empacotadores, supermercados, etc., que validam e condicionam o sucesso de um novo cultivar de feijoeiro, sempre aliado à qualidade do produto, sob todos os aspectos, do nutricional ao tecnológico. Desse modo, muitos problemas inerentes à cultura do feijoeiro tem sido enfrentados pelos programas de melhoramento no Brasil, desde o levantamento das causas e identificação destes problemas, passando pela pesquisa em melhoramento até o setor comercial e consumidor do feijão. Estes problemas, prioridades atuais e tendências futuras da pesquisa em melhoramento genético do feijoeiro são apresentados e discutidos neste trabalho.

Introdução

O Brasil se destaca na produção mundial de feijão (leguminosa com alta fonte de proteína vegetal), o qual é considerado o maior consumidor. A produção brasileira de feijão pode ser considerada estável ao longo dos anos com uma produção anual aproximada de 3.000.000 toneladas em uma área de 5.000.000 ha, distribuídos em todos os estados brasileiros. No entanto, a

média nacional de produtividade é considerada baixa, em torno de 500 kg/ha. Porém, algumas regiões apresentam rendimento de 2.500 kg/ha.

Os principais Estados produtores de feijão são Paraná, Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina e São Paulo, com regiões produtoras onde são obtidas até três colheitas anuais, num sistema quase contínuo de semeadura. Como exemplo, em São Paulo, essas três colheitas anuais são organizadas pelo zoneamento ecológico dos municípios segundo as épocas de semeadura: feijão das águas (primeira safra) com semeadura em agosto/setembro, da seca (segunda safra) com semeadura em janeiro/fevereiro e de inverno (terceira safra) com semeadura em maio/junho (Anjos, 1981).

No Brasil, as produtividades médias do feijoeiro são consideradas baixas, frente ao potencial genético apresentado pelos 117 cultivares atualmente registrados para cultivo, segundo o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares-SNPC/SDR/MARA (Tabela 1), aliado a alta tecnologia disponível à cultura. Essa baixa produtividade é devido a vários fatores como: a ausência de calagem e rotação de cultura na mesma área, intercalado com adubação verde, adubação e tratamentos fitossanitários inadequados, baixa utilização de sementes sadias, falta de água nos períodos críticos da cultura (florescimento e enchimento de grão) ou excesso durante a colheita e, principalmente, pela ocorrência de doenças (fungos, bactérias, vírus e nematóides) e pragas durante todo o ciclo da cultura.

A pesquisa em melhoramento genético do feijoeiro como fator de progresso na produtividade pode ser demonstrada pelo trabalho realizado por Antunes & Silveira (1996) no Rio Grande do Sul, que através de dados do IBGE e EMATER-RS, determinaram as produtividades obtidas no RS no período de 1970 a 1995.

No período de 1970 a 1973 a produtividade média de feijão no Estado do RS era de aproximadamente 850 kg/ha, onde o Ministério da Agricultura executava pesquisas diretamente, contando com equipe multidisciplinar. Em 1975, com o advento da EMBRAPA, paralisaram-se essas atividades, sendo os pesquisadores deslocados para outros centros ou outras atividades de pesquisa. Aliado a isto, o incentivo a produtos destinados a exportação, como a soja, reduziu o interesse pelo feijão, resultando nos anos de 83/86, 84/87 e 85/88, uma produtividade abaixo de 500 kg/ha. Em 1987, foi instituída a Comissão Estadual de Pesquisa de Feijão que estabeleceu uma rede experimental no Estado, e em 1989 passando a recomendar os primeiros cultivares de feijão resultantes dos programas de melhoramento da EMBRAPA e da FT-Pesquisa e Sementes. Somente em 1992/95, ou seja, vinte anos depois, conseguiu-se recuperar o nível de produtividade existente em 1970/73. Isso demonstra os malefícios ocasionados pela descontinuidade da pesquisa científica e sugere que se houvesse esta continuidade no RS, neste período, e mantendo-se a taxa de crescimento da produtividade

existente entre 1970/73 e 1995/96, estar-se-ia hoje com uma produtividade média de 1600 kg/ha (Antunes & Silveira, 1996).

Tabela 1. Cultivares registrados e protegidos até 16/2/2001 no Registro Nacional de Cultivares da Secretaria de Desenvolvimento Rural-SDR do MARA (portaria 264, de 14/09/98 - seção I), coordenada pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares- SNPC.

Cultivar	CID ¹	Data Registro	NP ² [PP ³]
1. AG 408 (Favorito)	0053	30/09/1998	
2. AG 482 (Preferido)	0053	30/09/1998	
3. Amarelo Baixo		30/09/1998	
4. Aporé	0010	30/09/1998	
5. B.B. Lake-274		30/09/1998	
6. Bagajó		30/09/1998	
7. Bambuí		30/09/1998	
8. Bandeirante		30/09/1998	
9. BR 1 (Xodó)	0008	30/09/1998	
10. BR 2 (Grande Rio)	0008	30/09/1998	
11. BR 3 (Ipanema)	0008	30/09/1998	
12. BR 6 (Barriga Verde)	0008	30/09/1998	
13. BR IPA 10	0089	30/09/1998	
14. BR IPA 11 (Brígida)	0089	30/09/1998	
15. BR Ipagro 1 (Macanudo)	0008	30/09/1998	
16. BR Ipagro 2	0008	30/03/1999	
17. BR Ipagro 3 (Minuano)	0060	30/09/1998	
18. BR Ipagro 35 (Macotaço)	0008	30/09/1998	
19. BR Ipagro 44 (Guapo Brilhante)	0008	30/09/1998	
20. Cachinho		30/09/1998	
21. Campeão	0204	07/06/2000	
22. Capixaba Precoce	0126	30/09/1998	
23. Carioca (Carioquinha)	0026	30/09/1998	
24. Carioca MG		30/09/1998	
25. Carioca Precoce	0059	30/09/1998	
26. Corrente		30/09/1998	
27. Diamante Negro	0010	30/09/1998	
28. Emcapa 405 (Goytacazes)	0126	30/09/1998	

1 CID: Código da Instituição detentora

2 NP: Número da Proteção

3 PP: Período de Proteção

Tabela 1. (Cont.) Cultivares registrados e protegidos até 16/02/2001 no Registro Nacional de Cultivares da Secretaria de Desenvolvimento Rural-SDR do MARA (portaria 264, de 14/09/98 - seção I), coordenada pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares- SNPC.

29. Emepa I		30/09/1998	
30. Emgopa 201 (Ouro)	0063	30/09/1998	
31. Emgopa 202 (Rubi)	0063	30/09/1998	
32. Empasc 201 (Chapecó)	0050	30/09/1998	
33. Epaba 1		30/09/1998	
34. ESAL 1		30/09/1998	
35. Estrela	0204	07/06/2000	
36. Favinha		30/09/1998	
37. Favita		30/09/1998	
38. Feijão de Cacho		30/09/1998	
39. FT 120	0024	30/09/1998	
40. FT 206	0024	30/09/1998	
41. FT Paulistinha	0024	30/09/1998	
42. FT Tarumã	0024	30/09/1998	
43. Gordo	0179	30/09/1998	
44. Guateian 6662	0060	30/09/1998	
45. HF 465.63.1	0179	30/09/1998	
46. IAC Eté	0026	08/07/1999	CP 00204 [31/05/2000 31/05/2015]
47. IAC-Bico de Ouro	0026	30/09/1998	
48. IAC-Carioca	0026	30/09/1998	
49. IAC-Carioca Akytã	0026	30/09/1998	
50. IAC-Carioca Aruã	0026	30/09/1998	
51. IAC-Carioca Pyatã	0026	30/09/1998	
52. IAC-Maravilha	0026	30/09/1998	
53. IAC-Una	0026	30/09/1998	
54. Iapar 14	0061	30/09/1998	
55. Iapar 16	0061	30/09/1998	
56. Iapar 20	0061	30/09/1998	
57. Iapar 31	0061	30/09/1998	
58. Iapar 44	0061	30/09/1998	

1 CID: Código da Instituição detentora

2 NP: Número da Proteção

3 PP: Período de Proteção

Tabela 1. (Cont.) Cultivares registrados e protegidos até 16/02/2001 no Registro Nacional de Cultivares da Secretaria de Desenvolvimento Rural-SDR do MARA (portaria 264, de 14/09/98 - seção I), coordenada pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares- SNPC.

59. Iapar 57	0061	30/09/1998	
60. Iapar 65	0061	30/09/1998	
61. Iapar 72	0061	30/09/199	
62. Iapar 8 (Rio Negro)	0061	30/09/1998	
63. Iapar 80	0061	30/09/1998	
64. Iapar 81	0061	30/09/1998	
65. Iguaçú		30/09/1998	
66. IPA 1	0179	30/09/1998	
67. IPA 6	0179	30/09/1998	
68. IPA 7	0179	30/09/1998	
69. IPA 74 – 19	0179	30/09/1998	
70. IPA 9	0179	30/09/1998	
71. IPR Uirapuru	0061	12/09/2000	CP 00232 [10/10/2000- 10/10/2015]
72. Iraí	0060	30/09/1998	
73. Itatiba		30/09/1998	
74. Itatiba II		30/09/1998	
75. Jalo EEP 558		30/09/1998	
76. Jalo Precoce	0010	30/09/1998	
77. Lider	0204	07/06/2000	
78. Meia Noite	0131	30/09/1998	
79. Milagre de Santo Antônio		30/09/1998	
80. Milionário 1732		30/09/1998	
81. Mineiro Precoce		30/09/1998	
82. Mulatinho Vagem Roxa		30/09/1998	
83. Mungo	0204	07/06/2000	
84. Neguinho		30/09/1998	
85. Novo Jalo	0088	30/09/1998	
86. Onix		30/09/1998	
87. Ouro		30/09/1998	
88. Ouro Branco	0131	30/09/1998	

1 CID: Código da Instituição detentora

2 NP: Número da Proteção

3 PP: Período de Proteção

Tabela 1. (Cont.) Cultivares registrados e protegidos até 16/02/2001 no Registro Nacional de Cultivares da Secretaria de Desenvolvimento Rural-SDR do MARA (portaria 264, de 14/09/98 - seção I), coordenada pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares- SNPC.

89. Ouro Negro	0008	30/09/1998	
90. PA 8		30/09/1998	
91. Pérola	0063	30/09/1998	
92. Porto Real	0024	30/09/1998	
93. Princesa	0089	30/09/1998	
94. Quixaba		30/09/1998	
95. Rajado		30/09/1998	
96. Rico 1735		30/09/1998	
97. Rio Doce	0126	30/09/1998	
98. Rio Tibagi	0060	30/09/1998	
99. Rosado		30/09/1998	
100. Roxo 80		30/09/1998	
101. Rudá	0010	30/09/1998	
102. Safira	0063	30/09/1998	
103. São José	0008	30/09/1998	
104. Senhorita		30/09/1998	
105. Talharim		30/09/1998	
106. Taquari	0059	30/09/1998	
107. TPS Nobre	0024	30/09/1998	00065** [21/01/1999- 10/12/2011]
108. TPS Bionobre	0024	27/05/1999	00068 [03/02/1999- 03/02/2014]
109. TPS Bonito	0024	30/09/1998	00064 [21/01/1999- 21/01/2014]
110. Turrialba		30/09/1998	
111. UTF 1	0127	29/07/1999	00199 [24/04/2000- 24/04/2015]

1 CID: Código da Instituição detentora

2 NP: Número da Proteção

3 PP: Período de Proteção

Tabela 1. (Cont.) Cultivares registrados e protegidos até 16/02/2001 no Registro Nacional de Cultivares da Secretaria de Desenvolvimento Rural-SDR do MARA (portaria 264, de 14/09/98 - seção I), coordenada pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares- SNPC.

112. UTF 2	0127	29/07/1999	00200 [24/04/2000- 24/04/2015]
113. UTF 3	0127	29/07/1999	00201 [24/04/2000- 24/04/2015]
114. UTF 4 – Silvestre	0127	29/07/1999	
115. Varre-Sai	0008	30/09/1998	
116. Vermelho 2157	0131		
117. Xamego	0010	30/09/1998	

1 CID: Código da Instituição detentora

2 NP: Número da Proteção

3 PP: Período de Proteção

Fonte: <http://www.agricultura.gov.br/snpc> em 16/02/2001.

* Tabela 2

**Protegida para fins de derivação

Em Santa Catarina, Elias *et al.* (1999) avaliaram o ganho genético das cultivares de feijoeiro em dados de 64 ensaios regionais conduzidos pela EPAGRI no período de 1979 a 1999. Os autores observaram um ganho anual de 1,21% o que correspondeu a 16,21 kg/ha/ano, considerado baixo pelos autores quando comparado a outras estimativas observadas por outras pesquisas. No entanto, salientam que esse valor inferior é devido ao fato de que todos os materiais avaliados são oriundos de programas de melhoramento de fora do Estado de Santa Catarina, que portanto, com baixa capitalização da interação genótipo x ambiente para produtividade. Enfatiza-se também que há perspectivas de se elevar estes ganhos com o início do programa de melhoramento da EPAGRI para as condições de Santa Catarina.

Tabela 2. Código, nome e endereço da instituição detentora.

Código	Nome	Endereço
0008	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)	Parque Estação Biológica – Pq EB. Final W3 Norte 70770-901. Brasília, DF +61-348.4433
0010	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Goiás	Rua Jornalista Geraldo Vale, 331. Setor Universitário. 74610-060. Goiânia, GO. +62-202.3535
0024	FT - Pesquisa e Sementes Ltda.	Rod. P. Grossa/Palmeira, km 2. 84001-970. Ponta Grossa, PR +42-229-3399
0026	Instituto Agrônômico – IAC	Av. Barão de Itapura, 1481. C.P. 28. 13001-970. Campinas, SP +19-3241.5188
0050	EPAGRI S.A.	Rodovia Ademar Gonzaga, 1347. Itacorubi. Florianópolis, SC. +48-334.0066/334.0053
0050	Sementes Agrocere S.A.	Rua Eduardo de Oliveira, 940. 38400-174. Uberlândia, MG. +34-233.2000
0059	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI)	Av. Brasil, 2340. Campinas, SP. 13073-001. +19-241.3900
0060	FEPAGRO	Rua Gonçalves Dias, 570. Menino Deus. 90130-060. Porto Alegre, RS. +51-233.5411
0061	Instituto Agrônômico do Paraná	Rd. Celso Garcia. Km 375. Londrina, PR. 86001-970. +43-376.2296
0063	EMBRAPA EMATER	
0088	EMBRAPA, EPAMIG	
0089	EMBRAPA, IPA	
0126	EMCAPA	Vitória, ES
0127	Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná	Rodovia PR 469, Km 1. Pato Branco, PR. 85501-970. +46-225.2511
0131	UFV/EPAMIG	Departamento de Fitotecnia. Viçosa, MG. 36571-000. +31-891.2613
0179	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA)	Av. Gal. San Martin, 1371. Bonj. C.P. 1. 50761-000. Recife, PE. +81-445.2200
0204	Agristar do Brasil Ltda.	Rod Philuvio Cerqueira Rodrigues, 1916. +24-222.3080

No Paraná, Fonseca Júnior *et al.* (1996a,b) avaliaram o progresso genético do programa de melhoramento de feijão preto e de cor (carioca)

para o estado do Paraná, baseados em ensaios intermediários e finais de competição de genótipos no período de 1977 a 1995, e observaram para o feijão preto um ganho genético de 22,0 kg/ha/ano e 23 kg/ha/ano nos ensaios intermediários e finais, respectivamente. Para o feijão de cores (carioca) foi observado no período um ganho de 17,25 kg/ha/ano e 9,71 kg/ha/ano nos ensaios intermediários e finais, respectivamente. Esses resultados comprovam a eficiência e a importância da continuidade dos programas de melhoramento no Brasil.

Os programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil possuem objetivos que podem ser considerados comuns para a obtenção de novos cultivares, ou seja, que possuam alta capacidade produtiva, resistência múltipla a pelo menos dois patógenos considerados de importância, para aumentar o rendimento e estabilizar a produção, aliado ao porte adequado para colheita mecânica.

Outras características têm se tornado importantes a cada ano, principalmente as relacionadas à qualidade tecnológica dos grãos de feijão, como por exemplo o tempo de cocção e coloração do caldo de feijão preto. Estas características estão intimamente ligadas com o consumidor e a indústria empacotadora responsável pelo produto de qualidade na prateleira do supermercado. Aliado ao fato de que a determinação dessas características, atualmente, é uma exigência da Secretaria de Desenvolvimento Rural do Ministério da Agricultura e Abastecimento (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares) para registro de um novo cultivar (Portaria SDR/MAA 294/98 de 14/10/98 que determina o valor de cultivo e uso de novos cultivares).

Outros objetivos como o estudo de levantamento e classificação das doenças, segundo as raças fisiológicas e busca de fontes de genes que condicionam de resistência aos principais patógenos estão sendo incrementadas pelas técnicas de biologia molecular. Avaliação, classificação e informatização do germoplasma de feijão existente nos institutos de pesquisa também estão sendo potencializados com os avanços da informática. Todos esses objetivos são pesquisados e divulgados à comunidade científica e aos agricultores.

Situação atual

Os programas de melhoramento de feijoeiro no Brasil geradores de materiais genéticos principalmente através de cruzamentos artificiais são na maioria de empresas, universidades e instituições públicas com exceção da FT-Pesquisa e Sementes localizada em Ponta Grossa, Paraná. Essas instituições públicas estão distribuídas em alguns estados brasileiros: (i) EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, principalmente em sua unidade EMBRAPA-Arroz e Feijão em Goiânia, GO; (ii) IAC: Instituto Agrônomo do estado de São Paulo em Campinas, SP; (iii)

IAPAR: Instituto Agrônomo do Paraná em Londrina, PR; (iv) IPA: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária em Recife, PE; (v) UFV: Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, MG; (vi) UFLA: Universidade Federal de Lavras em Lavras, MG; (vii) CEFET: Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná em Pato Branco, PR; (viii) EPAGRI: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina em Chapecó, SC; e (ix) EMCAPA: Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária no Rio de Janeiro, RJ.

O CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical, localizado em Cali na Colômbia, também contribuí com material genético (linhagens e populações segregantes) com os programas de melhoramento no Brasil para serem testadas e recomendadas no Brasil, como exemplo os cultivares Rudá, Ônix e EMGOPA 201-Ouro originários, respectivamente, das linhagens A285, DOR238 (LM30630) e A295 do CIAT. Outros cultivares oriundos de populações segregantes vindo do CIAT foram o Aporé (LR720982), Diamante Negro (CB720160 ou CNF5488) e Xamego (FE732007). O CIAT também é importante doador de fontes de genótipos possuidores de genes de resistência para os programas nacionais, além de possuir em seu banco de germoplasma mais de 22.000 acessos de feijoeiro.

No entanto, quando analisamos as instituições que participam em pelo menos uma fase do melhoramento do feijoeiro no Brasil, tanto no que se refere aos ensaios regionais quanto das avaliações de resistência a doenças e/ou análises moleculares, podemos acrescentar: (i) UEM: Maringá, PR; (ii) UEL: Londrina, PR; (iii) UFPR: Curitiba, PR; (iv) UFP: Pelotas, RS; (v) EPAMIG: Lavras, MG; (vi) EMPAER: Campo Grande, MS; (vii) EMPAER: Cuiabá, MT; (viii) IB e CATI: Campinas, SP; (ix) UNITINS: Tocantins, TO; (x) UNESP: Botucatu e Jaboticabal, SP; (xi) CENA: Piracicaba, SP; (xii) CREUPI: Espírito Santo do Pinhal, SP; (xiii) PESAGRO: Rio de Janeiro, RJ; (xiv) ESUCARV: Rio Verde, GO; (xv) EPARN: Natal, RN; (xvi) EBDA: Barreiras, BA; (xvii) EMCAPER: Cachoeira do Itapemirim, ES; e (xviii) AGÊNCIA RURAL: Goiânia, GO.

As pesquisas realizadas nestas Instituições são apresentadas a comunidade científica em eventos como a Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão (RENAFE), realizadas a cada três anos. Na Tabela 3 está listado a quantidade de trabalhos apresentados por área de pesquisa/assunto-especialidade pesquisados das últimas quatro reuniões nacionais (RENAFE) na grande área de melhoramento.

Tabela 3. Número de trabalhos apresentados na RENAFE de 1990 a 1999 por área/assunto de pesquisa em feijão classificadas na grande área de melhoramento.

Área	Assunto	Reunião Nacional de Feijão**		
		1990 e 1993*	1996	1999
Biotecnologia		9		
	Variabilidade patogênica		4	3
	Identificação de genes de resistência e/ou cultivares		2	6
	Seleção assistida		1	1
	Similaridade/divergência genética	2	3	1
Similaridade/divergência genética	Morfo-agronômico			2
Variabilidade patogênica/virulência			1	1
Resistência a doenças		64		
	Antracnose		2	1
	VMDF		2	1
	Murcha de fusarium		1	
	Oídio		1	1
	Ferrugem		2	
	Crestamento bacteriano			1
	Mela			1
Resistência a pragas		2		
Resistência a condições adversas		12		
	Frio		3	
	Encharcamento do solo		1	
	Alto ou baixo fósforo			1
Herança da resistência				
	Antracnose		3	3
	Mancha angular		1	2

Tabela 3. (Cont.) Número de trabalhos apresentados na RENAFE de 1990 a 1999 por área/assunto de pesquisa em feijão classificadas na grande área de melhoramento.

Ensaio regionais				
	Produtividade	55	10	29
	Estabilidade	7	9	3
Novos cultivares			2	1
Melhoramento para diversos caracteres				
	Colheita mecânica e/ou porte e arquitetura de planta	4	2	
	Precocidade	2	1	
	Qualidade tecnológica/protéica	3	1	5
Cruzamentos interespecíficos e/ou inter-raciais	Raças de feijoeiro	3	3	
Análises genéticas		12		
	Ganho genético		4	1
	Estabilidade/populações		1	
	Arquitetura de planta		1	
	Nodulação/fixação de nitrogênio	17	1	1
	Incompatibilidade genética	1	0	
Outros		16	5	8
Total		209	66+1	61+1 2

*Abreu *et al.* (1996)

** Números grifados em negrito representam trabalhos apresentados fora da grande área de melhoramento mas relacionadas diretamente a ela.

Embora não apresentado na Tabela 3, o número total de trabalhos apresentados na RENAFE's de 1996 e 1999 foram de 156 e 256 resumos expandidos, respectivamente. Assim, o número de trabalhos em melhoramento do feijoeiro nessas RENAFE's representam 42% e 24% de todos os trabalhos apresentados, respectivamente. Estes números podem ser considerados altos, visto pela grande quantidade de outras áreas de atuação em pesquisa de feijoeiro pelas instituições (biotecnologia/técnica, fitopatologia, entomologia, botânica e sistemática, fisiologia, irrigação, agrometeorologia, mecanização, plantas daninhas, armazenamento, sementes, sistemas de produção, sócio-economia, solos e nutrição de plantas e tecnologia agroindustrial).

Muito embora as pesquisas de melhoramento do feijoeiro apresentados nessas RENAFE's (Tabela 3) não representem a totalidade e o volume de trabalho realizados nessas instituições, devido a existência de outros meios de divulgação (congressos e revistas especializadas, principalmente) ou a pulverização das pesquisas rotineiras dos programas de melhoramento em vários sub-programas visando novos cultivares que não às específicas apresentadas nessas reuniões (arquitetura e porte de planta, resistência a doenças e produtividade, principalmente) e também ao pouco hábito dos melhoristas em divulgar suas pesquisas em sua totalidade em revistas especializadas e congressos, apresentando informações interessantes quanto ao direcionamento e interesse da pesquisa nacional do melhoramento do feijoeiro. Nessa Tabela 3, verificamos o interesse crescente da pesquisa no uso das técnicas moleculares na identificação de genes de resistência e/ou cultivares resistentes a doenças. Também observamos uma redução nos estudos referentes ao melhoramento para condições adversas, embora estes caracteres esteja implícito no objetivo e trabalho de muitos programas de melhoramento. As análises genéticas envolvendo nodulação e fixação de nitrogênio também foram menores nestas duas últimas RENAFE's, mas não representando um decréscimo de importância para a cultura do feijoeiro.

Um assunto que tem merecido destaque no melhoramento nos últimos anos é a avaliação da qualidade tecnológica do feijão como demonstrado na última RENAFE. Isto pode ser devido a necessidade de determinação de análises como teste de cocção, sólidos totais no caldo, teor de proteína e coloração do caldo de feijão preto no ato de registro de um novo cultivar pelo SDR/MAA (Portaria 298 SDR/MAA de 14/10/1998).

Melhoramento para resistência a fungos

No melhoramento para resistência a fungos da parte aérea ou de solo, é importantíssimo o conhecimento da variabilidade genética do patógeno. Assim, vários artigos tem sido publicados na literatura reportando as várias raças fisiológicas de patógenos causadores de doenças no feijoeiro (Junqueira Neto *et al.*, 1969; Oliari *et al.*, 1973; Paradela Filho & Pompeu, 1975; Menezes, 1985; Menezes *et al.*, 1982; Dudienas & Pompeu, 1985; Pio-Ribeiro & Chaves, 1985; Sartorato *et al.*, 1991; Nascimento, 1992; Maringoni *et al.*, 1994).

Rava *et al.* (1994) salientaram ainda que devido à capacidade de variação patogênica do fungo, torna-se imperativo manter atualizado o seu conhecimento para, mediante a exploração da variabilidade existente no feijoeiro comum, lograr o desenvolvimento de novas cultivares resistentes.

Da mesma forma ou mais importante que o conhecimento da variabilidade patogênica é o conhecimento do controle genético e a identificação de fontes (germoplasma) de resistência a doença estudada. Assim, o melhoramento genético do feijoeiro com o conhecimento do

patógeno e da genética da planta, aliado a metodologias eficientes de avaliação e seleção, obtém cultivares resistentes as principais doenças do feijoeiro. Técnicas em biologia molecular tem auxiliado alguns programas de melhoramento de feijoeiro principalmente na identificação da variabilidade patogênica e identificação de genes de resistência.

No Brasil, as moléstias fúngicas de maior importância da parte aérea que ocorrem no feijoeiro são: antracnose, mancha angular, ferrugem e o mofo branco. Doenças como a murcha de fusarium (*Fusarium oxysporum*), *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* e a alternária estão aumentando em incidência e severidade, principalmente em cultivos irrigados.

Dentre essas doenças, a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, tem-se constituído na doença mais importante do feijoeiro, pela sua ocorrência nas três épocas de cultivo, causando redução na produção e na qualidade do feijão produzido (Pompeu, 1982). Alguns trabalhos têm demonstrado que as perdas devido a esse agente chegaram, em determinadas condições, a até 100% (Chaves, 1980).

O controle genético da antracnose é um dos mais estudados (Barrus, 1911; Burkholder, 1918; Mastenbroek, 1960; Fouilloux, 1976 e 1979; Bannerot, 1965; Bannerot *et al.*, 1971; Young & Kelly, 1996; Pastor-Corrales *et al.*, 1994; Alzate-Marin *et al.*, 1997), onde o melhoramento tem se utilizado destes estudos para galgar avanços. Um exemplo destes ganho é o do Programa de Melhoramento do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo (IAC) que apesar do grande número de raças fisiológicas do patógeno, tem obtido cultivares com resistência a todas as raças identificadas no Brasil, através de um programa de cruzamentos artificiais entre fontes de resistência previamente identificadas, pois reúne todos os genes de resistência em um único genótipo (piramidação de genes - Are, Mex 1, Mex 2 e Mex 3), tornando-a duradoura. Esta estratégia de ação do melhoramento para desenvolvimento de populações segregantes, que possuem todos os genes de resistência conhecidos, está sendo rotineiramente trabalhada também em outros programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil. Kelly *et al.* (1994) relataram também, a importância da piramidação de genes usando marcadores moleculares. Marcadores RAPD estreitamente ligados aos genes de resistência, estão sendo utilizados na seleção efetiva de caracteres complexos e na 'piramidação' de genes qualitativos, sem a necessidade do uso do patógeno *in vivo* para a seleção e independente da condição ambiental para expressão deste carácter (Kelly & Miklas, 1996).

A antracnose do feijoeiro é considerada tão importante no IAC, que foi estabelecido como objetivo principal do programa, além de produtividade, que todo o novo cultivar lançado e registrado para cultivo seja totalmente resistente ao patógeno da antracnose em todas as suas variáveis encontradas no Brasil. Deste modo já foram lançadas para cultivo os cultivares IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Akytã, IAC-Carioca Aruã, IAC-Una e IAC-

Maravilha (Pompeu, 1979; Pompeu *et al.*, 1992), com prováveis constituições genéticas **are are Mex2 Mex2, Are Are Mex2 Mex2, are are Mex3 Mex3 e Are Are Mex3 Mex3**, e mais recentemente o IAC-Carioca Eté e IAC-Carioca Tybatã (Pompeu *et al.*, 1999).

A mancha angular causada pelo fungo *Phaeoisariopsis griseola*, a pouco tempo considerada uma doença secundária no feijoeiro, vem apresentando incidência maior nas lavouras da seca e de inverno, com aumento em sua severidade, tendo se tornado tão ou mais importante do que a antracnose. Em algumas lavouras, tem-se observado o ataque severo em fase inicial, apresentando lesões no caule e sintoma atípico nas folhas primárias, e muitas vezes ocasionando a morte das plântulas e levando ao confundimento com sintomas de *Ascochyta* sp. ou *Alternaria* sp. No entanto, a sua ocorrência geralmente ocorre em feijoeiros em fase final de desenvolvimento (Ito *et al.*, 1995). Segundo Sartorato & Rava (1992), com base em equações de regressão, determinaram que para cada 10% de aumento na severidade da doença, é esperado uma redução da ordem de 7,88% no rendimento.

Nenhum dos cultivares de feijão utilizados no Brasil apresenta resistência vertical à mancha angular. Sartorato *et al.* (1991) relataram a inexistência de resistência total em um cultivar (15 testados) a todos os isolados inoculados (24). No entanto, obtiveram quatro cultivares que mostraram resistência vertical completa a alguns dos isolados e, conseqüentemente, foram utilizadas como diferenciadores.

A grande variabilidade do patógeno existente está sendo descrita pelos diversos programas de melhoramento associados a fitopatologistas, para posteriormente identificar possíveis fontes de resistência no feijoeiro a uma ou mais raças fisiológicas do patógeno. Assim, será possível através de um programa de melhoramento, planejar e executar estratégias de controle genético dessa doença. Várias fontes de resistência têm sido identificadas no mundo dentro de bancos de germoplasma. Exemplos de introduções são: A154, A248, A296, G5686, AFR188, AND277, G6727, G916 e CAL143 (*Phaeoisariopsis griseola*) (CIAT, 1990; CIAT, 1995; CIAT, no prelo), e outras identificadas no BAG-Feijão/IAC, como por exemplo do IAC-Carioca Pyatã. Visa-se, com esses cruzamentos, reunir em um mesmo genótipo, genes de resistência (*piramidar genes*) para pelo menos duas doenças (antracnose e mancha angular), tornando o novo cultivar mais duradouro.

A ferrugem, causada pelo fungo *Uromyces appendiculatus*, embora presente nas três épocas de cultivo do feijoeiro, não é considerada altamente prioritária em alguns programas de melhoramento, devido a alta variabilidade patogênica do patógeno o que dificulta o trabalho de melhoramento, aliado à facilidade de controle através de pulverizações com fungicidas.

O patógeno causador da murcha de *Fusarium* sp., causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, é considerado um dos principais fungos do solo do feijoeiro. Segundo Menezes *et al.* (1978), em 189 amostras de feijão coletadas em 63 municípios do estado do Paraná, 37,6% encontravam-se infectadas com o agente da murcha de fusarium. A maioria dos cultivares apresenta suscetibilidade, deixando os agricultores com pouca opção quanto a cultivares para áreas infestadas por esse patógeno. Além disso, esse patógeno é transmitido através de sementes contaminadas, constituindo-se num importante veículo de disseminação a longas distâncias (Kimati, 1980; Costa *et al.*, 1982; Hagedorn, 1991). Segundo Kimati (1980). O solo pode ser outra forma de contaminação, sendo os esporos formados abundantemente na superfície das plantas mortas, disseminados na mesma área.

O patógeno do *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* apresenta variabilidade fisiológica (Ribeiro & Hagerdorn, 1979). Esses autores observaram semelhanças na patogenicidade de isolados deste patógeno, provenientes dos Estados Unidos e da Holanda, porém diferenças no isolado brasileiro. Nascimento (1992), inoculando 17 isolados de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, procedentes de vários estados brasileiros nas variedades BBL-274, Tenderette, Preto Uberabinha e IPA-6, constatou apenas a raça brasileira. No entanto, em estudos preliminares, têm-se identificado três grupos distintos de raças fisiológicas do patógeno após inoculados em variedades diferenciadoras no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

Com o cultivo intensivo do feijoeiro na mesma área e o uso de sementes não certificadas e outras práticas inadequadas, as áreas contaminadas com *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* nas principais regiões produtoras de feijão já são extensas. O solo dessas áreas deveria ser recuperado com possíveis métodos de rotação de culturas ou aração profunda, porém os agricultores resistem às orientações. Nessas condições, o melhor método de controle desse patógeno é através do uso de cultivares resistentes.

Miranda *et al.* (1994), em avaliação de campo, e Nascimento *et al.* (1995), em casa-de-vegetação, estudaram a reação de linhagens de feijoeiro ao patógeno causador da murcha de *Fusarium*. Nesses estudos, foram constatadas a existência de fontes de resistência e uma possível utilização das metodologias empregadas para fins de melhoramento do feijoeiro. Assim, programas de melhoramento no Brasil, como o do IAC, tem priorizado o estudo com este patógeno, buscando aliar a resistência múltipla a antracnose e o mosaico comum. Testes regionais com linhagens a estes três patógenos estão sendo realizados no Estado de São Paulo, provenientes do cruzamento com as fontes de resistência descritos na literatura (Diacol calima, G4000, EMP 81, A300, A301 e Tenderette) e outras identificadas durante o decorrer dos estudos de busca de fontes de resistência.

Ao contrário da murcha de fusarium que apresenta uma perspectiva de sucesso a curto prazo na obtenção de cultivares resistentes, a podridão seca das raízes causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* como também para *Rhizoctonia solani*, é considerada um desafio para os próximos anos, principalmente por ter se difundido e aumentado sua ocorrência, principalmente em áreas de cultivo com soja. Por se tratar de patógenos pouco pesquisados no Brasil, a identificação de fontes efetivas de resistência e classificação do patógeno em raças fisiológicas são preliminares. Algumas fontes de resistência são descritas na literatura mundial como o Porrillo Sintético e Rio Tibagi para *F. solani* e EMP 81 e RIZ 30 para *R. solani* (Abawi & Pastor Corrales, 1990), no entanto, podem não ser validadas no Brasil.

O mofo branco causado pelo patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* é muito comum em áreas irrigadas quando não se utilizam sementes saudáveis. Alguns programas de melhoramento tem-se dedicado a este patógeno através do uso de germoplasma citado como resistente em literatura como o A-55 e o Porrillo Sintético (Abawi & Pastor Corrales, 1990), no entanto linhagens efetivamente resistentes não tem sido divulgadas ou obtidas por estes programas. Ainda, o melhor controle da doença é a rotação de cultura com milho, sorgo, arroz, aveia e outras culturas não hospedeiras por pelo menos três anos. Também é recomendado o uso de cultivares com porte ereto e adequada população de plantas na área, evitando assim o excesso de umidade na planta durante o florescimento e proporcionando um rápido 'secamento' das plantas após uma irrigação.

Melhoramento para resistência a bactérias

O crestamento bacteriano causado por *Xanthomonas axonopodis* pv *phaseoli*, (*X. campestris* pv *phaseoli* *X. phaseoli*, *X. phaseoli* var. *fuscans*) é considerado uma doença que, além de ser de difícil controle, pela ausência de produtos químicos efetivos, tem o seu agente causal nas sementes, o principal meio de disseminação (Paradela Filho *et al.*, 1967). Também é conhecido como queima bacteriana e bacteriose comum do feijoeiro, sendo considerado a principal doença bacteriana do feijoeiro comum.

O controle genético da resistência foi estudado por Valladares-Sánchez *et al.* (1979) que verificaram que as fontes de resistência do feijoeiro apresentam reação diferencial, nas folhas e nas vagens, aos isolados de bactéria. Por exemplo, a variedade PI 207262 apresentou tolerância uniforme a isolados americanos, nas folhas e nas vagens, ao passo que 'Great Northern nº1 (sel 27)' exibiu folhas tolerantes e vagens susceptíveis. Isso parece indicar que as reações de tolerância, nas diferentes partes da planta, são controladas por diferentes genes. Nos trabalhos de seleção, esse fato deve ser levado em consideração (Vieira, 1983).

No Brasil, Maringoni *et al.* (1993) identificaram as variedades IAPAR 14, IAPAR 16 e 'Great Northern nº1 (sel 27)', que foram as mais resistentes na reação foliar tanto quanto nas vagens, e apresentaram também menores porcentagens de sementes visualmente infectadas por *X. campestris* pv. *phaseoli*, sugerindo que este fato possa estar relacionado com a eficiência da transmissão da bactéria.

No programa de melhoramento para essa bactéria no IAC, as linhagens dos cultivares IAC-Una, IAC-Maravilha, IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Aruã, IAC-Carioca Akytã e IAC-Bico-de Ouro, fontes de genes de resistência para antracnose, são cruzadas com variedades locais ou existentes em bancos de germoplasma, que possuam algum tipo de resistência à bacteriose comum, determinadas na fase anterior e também com as introduções XAN 112, XAN 251, A686, LP 90-19, LP 88-175, GN.NEB.Sel1.27, HX8L.7.3.3.1.CM, IAPAR BAC6, mencionadas como fontes de resistência ao crestamento bacteriano comum.

Outras bactérias como *Pseudomonas* spp. e *Curtobacterium* sp. tem sido identificados em lavouras de feijoeiro, no entanto, trabalhos de melhoramento para estes patógenos não tem sido efetivamente realizados devido à complexidade da resistência e a falta de fontes de resistência confiáveis e duradouras para estes patógenos.

Melhoramento para resistência a vírus

No feijoeiro, dois vírus têm sido alvo dos trabalhos de melhoramento no Brasil: (i) mosaico comum do feijoeiro e (ii) mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). O vírus do mosaico comum não é considerado uma moléstia de importância em grandes lavouras, pois os cultivares colocados à disposição dos agricultores são resistentes. No entanto, tem-se trabalhado intensamente nos grupos Rosinha e Roxinho, os quais são constituídos por materiais geralmente susceptíveis ao vírus (Pompeu, 1980). O trabalho nestes grupos de feijoeiro tem o objetivo de obter cultivares resistentes para facilitar a produção de sementes genética e básica isentas de vírus, evitando-se com isto a eliminação de plantas nas lavouras.

No entanto, o VMDF é considerado um problema em determinadas circunstâncias, principalmente no cultivo da seca (semeadura em janeiro e fevereiro) quando a população da mosca branca (*Bemisia tabaci*), vetor do vírus, atinge o seu pico (Piza, 1993). Os prejuízos causados por este vírus são da ordem de 40% a 85%, podendo chegar a 100% (Jungmann *et. al.*, 1999). Programas de melhoramento de feijoeiro têm priorizado esta virose, sendo o IAPAR, a EMBRAPA e o IAC as principais Instituições de pesquisa nesta área. Não foram obtidas ainda cultivares totalmente resistentes ao mosaico dourado, embora cultivares como IAPAR 72 e IAC-Carioca Eté têm mostrado altos níveis de resistência. Devido ao aumento da incidência desta virose ocasionada pelo surgimento de um nova variante da

mosca branca (*Bemisia argentifolia*), as pesquisas para a obtenção de novas variedades de feijoeiro tolerantes à essa virose têm sido intensificadas.

A não existência de cultivares com reação imune ao vírus tem estimulado o desenvolvimento de projetos que visem a incorporação de resistência via engenharia genética. Assim, uma proteína associada à replicação do vírus (Rep), codificada pelo gene *rep*, encontrada em uma das duas fitas do DNA do vírus (DNA-A), foi induzida a mutações. Os genes mutantes foram utilizados para a transformação do feijão do cultivar Olathe pelo método de biobalística. Os explantes destas plantas transformadas foram cultivadas *in vitro*, avaliadas pela presença do gene *rep* transformado. Estas plantas estão sendo avaliadas em casa de vegetação para avaliação da resistência ao VMDF sob inoculação do vetor com vírus (Jungmann *et. al.*, 1999).

Melhoramento para qualidade tecnológica e nutricional

Após a publicação da Portaria 298 SDR/MAA de 14/10/1998, estabelecendo-se as normas de avaliação do Valor de Cultivo e Uso (VCU) para registro de novos cultivares de feijoeiro, as pesquisas têm sido intensificadas nesta área e novas metodologias e discussões têm acontecido. Cinco trabalhos foram apresentados sobre este assunto na VI RENAFE (1999), enfatizando a influência ambiental x diferenças entre cultivares sobre os caracteres de qualidade tecnológica.

Scholz & Fonseca Júnior (1999a) relatam que a qualidade tecnológica do feijão é determinada basicamente pelo comportamento frente ao cozimento, etapa comum a todos os processos de industrialização ou para consumo doméstico. Reportam ainda que o cozimento dos grãos de feijão depende da capacidade de absorção de água e das características do tegumento do grão e que a qualidade tecnológica depende da qualidade do grão no momento da colheita (característica genética), das condições de armazenamento e das técnicas de processamento. Assim, avaliando oito genótipos de grão carioca (Scholz & Fonseca Júnior, 1999a) e nove de grão preto (Scholz & Fonseca Júnior, 1999b) produzidos em três ambientes no estado do Paraná para as características de tempo de cozimento, capacidade de absorção de água, sólidos solúveis totais no caldo, e grãos inteiros após o cozimento, foram avaliadas as interações genótipos x ambientes para estas características. Os resultados demonstraram que há efeitos ambientais, genéticos e interação entre estes efeitos na caracterização dos genótipos quanto à qualidade tecnológica dos grãos.

Linhagens e cultivares de feijoeiro também têm sido avaliados para qualidade tecnológica, como reportado por Carneiro *et al.* (1999a,b). Nesses estudos, os genótipos são avaliados para tempo de cocção, porcentagem de

sólidos totais e porcentagem de casca, apresentando diferenças significativas entre os genótipos avaliados.

Uma característica do feijão é possuir um baixo teor de metionina em suas sementes, um aminoácido essencial para alimentação humana. Desta forma, Aragão *et al.* (1999) transferiram a metionina da castanha-do-Brasil presente na forma de albumina 2S para o feijoeiro, através da biobalística. O gene foi expresso corretamente em sementes homozigotas desde a segunda até a quinta geração, sendo que em duas linhagens o nível de metionina nas sementes aumentou de 14% a 23%.

Melhoramento para porte de planta para colheita mecânica

Os cultivares de feijoeiro registrados para semeadura no Brasil são na sua maioria pertencentes ao hábito de crescimento II e III, ou seja, indeterminados, apresentando poucos cultivares com hábito de crescimento determinado I (ex. Jalo Precoce). Na maioria das vezes, o porte ereto, independente do hábito de crescimento I ou II, condicione uma menor produção por planta quando comparada a uma planta de hábito de crescimento tipo III, no entanto, sob uma condição ideal de número de plantas/metro linear e espaçamento de linhas em uma lavoura, esse cultivar com hábito I ou II pode superar em produtividade os cultivares de hábito III.

Muitas características podem ser listadas para expor as vantagens do hábito ereto de planta, pois muitas vezes elevam a inserção da primeira vagem da planta, elevando teoricamente a qualidade da semente produzida e reduzindo a umidade nas partes próximo ao solo na planta (passagem de correntes de ar) o que desfavorece a proliferação de diversos fungos, em especial o mofo branco. Outra vantagem está relacionada a facilidade dos tratos culturais na lavoura e eficiência dos produtos químicos aplicados, pois tem maior facilidade de cobrir toda a planta. A atividade de colheita também é facilitada para o trabalho de arranquio manual e mecânico (direto). Na colheita direta, a barra de corte da trilhadora não é necessário ficar tão rente ao solo, levando terra para o interior da trilhadora, o que deprecia o produto (grão) colhido pela impregnação de terra ao tegumento do grão (que reduz o valor comercial de venda pelo agricultor e aceitação do produto na prateleira).

Os programas de melhoramento em sua totalidade buscam genótipos superiores com esta característica de porte ereto, um exemplo é o programa de melhoramento do IAPAR no Paraná, que segundo Moda-Cirino & Oliari (1996) linhagens avançadas de feijoeiro foram obtidas de 60 populações oriunda de cruzamentos múltiplos de grão carioca.

Melhoramento para ampliação da base genética/produtividade

Em cultivos que utilizam alta tecnologia de produção, são obtidas produtividades médias superiores a 2.500 kg/ha. Nesses casos, o

melhoramento convencional que utiliza fontes de materiais genéticos geralmente adaptados às nossas condições (mesoamérica) podem não ser suficientes para quebrar e aumentar este patamar de produtividade. Deste modo, estão sendo utilizados em vários programas de melhoramento no Brasil, fontes com base genética mais ampla, como por exemplo as várias raças locais de feijoeiro (Singh, 1992; Singh *et al.*, 1991). Estas fontes de variabilidade são consideradas em sua maioria genótipos exóticos não adaptados às condições do Brasil, pertencentes a outro centro de origem (andina) ou outro 'pool' gênico. O conhecimento e avaliação destes materiais genéticos são de grande importância para quebrar este patamar de produtividade, além da identificação de novas fontes de resistência à doenças que possam ser utilizadas nos programas de melhoramento em andamento no Brasil.

No IAC, os cruzamentos inter-raciais envolvendo as 6 raças de feijoeiro são realizadas dando-se preferência às combinações de genótipos das raças mesoamericanas como Jalisco, Durango e Mesoamericano, pois tanto genótipos das raças Andina como Peruana, Chilena e Nova Granada, geralmente produzem uma descendência pouco produtiva e não combinam bem com variedades mesoamericanas em cruzamentos simples (Singh, 1992).

Esses cruzamentos são importantes, pois além de promoverem a introdução de novos genes (resistência a doenças, porte, tipo de grão e precocidade, principalmente) em uma população local, tipicamente mesoamericana como a nossa, permitirão possíveis ganhos de produtividade. No entanto, devido às diferenças entre raças, esses ganhos são obtidos mais facilmente quando efetuados através de cruzamentos múltiplos com variedades locais (Singh, 1992, Singh & Urrea, 1994; Singh & Urrea, 1995). Deste modo, cruzamentos múltiplos já estão em andamento, envolvendo os cultivares IAC e os genótipos das raças Jalisco (Puebla 152, Flor de Mayo, Garbancillo Zarco), Durango (Pinto 114), Mesoamericano (Aporé, Preto Dom Feliciano, Baetão, Oito e Nove), Peruano (ICA Viboral, Bolon Bayo), Nova Granada (Jalo EEP558, Canário 101, G2333, Antioquia 8) e Chileno (Sangretero, Tortolás), bem como outros genótipos a serem introduzidos pelo programa.

Cruzamentos interespecíficos dentro da espécie de *Phaseolus* (*P. acutifolius*, *P. coccineus*, *P. polyanthus*, *P. costaricensis* e *P. parvifolius*) também têm sido utilizados no melhoramento do feijoeiro comum (*P. vulgaris*) para transferência de resistência ao cretamento bacteriano comum (*P. acutifolius* e *P. parvifolius*), mosaico dourado (*P. coccineus*), cigarrinha verde e carunchos (*P. acutifolius*). No entanto, muitos destes cruzamentos interespecíficos (*P. vulgaris* x *P. acutifolius*, *P. parvifolius*) necessitam de resgate de embrião após a fecundação, pois o desbalanço cromossômico de

alguns destes cruzamentos causam abortamento do embrião (Singh *et al.*, 1996).

Melhoramento para diversos tipos comerciais de grãos

O mercado para grãos de feijão diferentes do carioca e preto parece estar crescendo em São Paulo, pela procura das empresas empacotadoras por um produto diferenciado em qualidade e tipo de grão, colocando nas prateleiras dos supermercados produtos com embalagens diferenciadas de 500 gr para um segmento da população de maior poder aquisitivo. Estes tipos preferidos ou ofertados por essas empresas são o Rosinha, Bolinha, Rajado e Branco, sendo estes produtos importados muitas vezes de países do Mercosul, Canadá ou EUA, pois não há um fluxo de produção de qualidade no Brasil para atender esta demanda o ano todo.

Aidar *et al.* (1999) discutem o incremento das pesquisas em melhoramento genético com a utilização de genótipos classificados como graúdos (brancos grandes, manteigão e kidney, principalmente), muitos destes com alto valor agregado, que sob alta tecnologia de produção para proporcionar um alto rendimento e qualidade do produto, possam suprir o mercado interno e talvez competir no mercado externo brasileiro.

Em função das exigências de mercado para outros tipos de grãos diferentes ao carioca e preto, os programas de melhoramento, como é o caso do IAC, estão se voltando para este segmento primeiramente na avaliação do germoplasma existente, cruzamentos para resistência a doenças (tipos comerciais adaptados) seguidos de retrocruzamentos para estes tipos comerciais, e uma segunda fase com a formação de blocos de cruzamentos com diversos progenitores possuidores de genes desejáveis, como resistência a doenças, produtividade, precocidade, porte e altura de planta.

Melhoramento para precocidade

Com o uso mais intensivo das práticas de irrigação artificial e o cultivo intensivo sob estas áreas irrigadas em um período de tempo relativamente curto (1 ou 2 anos), em esquema sucessivo ou sob rotação, houve um aumento considerado do interesse sobre variedades precoces de feijoeiro para atuarem neste sistema. Cultivares que possuam ciclo até 80 dias são desejados, no entanto, os cultivares existentes no mercado e de grão comercial (Carioca Pitoco, Carioca Precoce, entre outros) apresentam suscetibilidade a várias doenças, principalmente ao crestamento bacteriano comum e a antracnose. Outros cultivares como o Jalo Precoce, o Jalo EEP 558 também apresentam problemas de suscetibilidade a doenças, no entanto o preço de grão no comércio tem atingido preço superior ao carioca quando não há superprodução desses tipos (jalos).

Os diversos programas de melhoramento no Brasil estão pesquisando novos cultivares mais precoces, no entanto, problemas de baixa

produtividade são observados em genótipos mais precoces além de reduzida altura de plantas quando analisamos a produção por planta. Assim, da mesma forma que discutimos plantas com o hábito de crescimento ereto ou tipo I, sugere-se uma maior população de plantas para cultivares mais precoces, geralmente associadas ao hábito de crescimento I para elevar a produtividade e torná-la competitiva dentro do sistema produtivo.

Outros avanços e tendências do melhoramento

Um importante aliado ao melhoramento clássico pode ser esperado com a genética genômica e a engenharia genética. Muitos trabalhos estão sendo realizados em diversas instituições de pesquisa utilizando técnicas modernas na área da biologia molecular. No entanto, várias barreiras ainda não foram totalmente transpostas e completamente entendidas para lograr êxito nas pesquisas, principalmente naquelas relacionadas à obtenção de plantas transgênicas, barreiras estas científicas e culturais.

Uma das limitações científicas em feijão, que utiliza basicamente a metodologia de biobalística para introdução do gene exógeno no cultivar elite, é a baixa taxa de regeneração e obtenção de plantas transgênicas, entre 0,5 - 1 % (Rech, 1998) que terá que passar por todo um processo de avaliação da expressão, da estabilidade e da herdabilidade do caráter transferido e posterior seleção para lograr êxito. Dessa forma, Albino *et al.* (1999) descreveram a intenção de seu grupo em obter a partir do cultivar de feijão Olathe a resistência ao herbicida PPT (glufosinato de amônio), transferindo (biobalística) o gene através de um vetor contendo o gene *bar* de *Streptomyces hygroscopicus*, tolerante ao PPT.

Desafios do melhoramento

Os seguintes desafios do melhoramento (político, administrativo, institucional, técnico e humano) podem ser citados: (i) sistema nacional de proteção de cultivares: adaptar ao novo sistema quando pertinente e oportuno; (ii) registro nacional de cultivares: adaptar as normas de registro baseado no valor de cultivo e uso dos novos cultivares; (iii) sistema de produção de sementes: integrar ativamente ao sistema; (iv) difusão dos novos cultivares e novas tecnologias associadas a estes cultivares; (v) cadeia produtiva do feijão: conhecer e participar, buscando ganhos sócio-econômicos; (vi) projetos interinstitucionais de pesquisa: interação com outras instituições; (vii) captação de recursos: manutenção da pesquisa básica e de campo; (viii) uso de um zoneamento ecológico para a cultura do feijoeiro; (ix) implementação das técnicas de biotecnologia nos programas de melhoramento; (x) porte de planta ereto e sistema de colheita direta mecanizada; (xi) melhoramento para qualidade tecnológica do grão – coloração do grão; (xii) resistência múltipla às principais doenças do feijoeiro; (xiii) melhoramento para fatores abióticos: seca, encharcamento

do solo, frio, e calor, principalmente; e (xiv) formação efetiva de grupos multidisciplinares de pesquisa em feijão.

Referências bibliográficas

- ABAWI, G.S.; PASTOR CORRALES, M.A. Root rots of beans in Latin America and Africa: diagnosis, research methodologies, and management strategies. Cali: CIAT, 1990. 114p (CIAT. Publication, 35).
- ABREU, A.F.B.; MARQUES JUNIOR, O.G.; RAMALHO, M.A.P. Pesquisa em Melhoramento genético do feijoeiro no período de 1990 a 1995 no Brasil e no Mundo. **Anais**. V Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Goiânia, GO, Volume 1: Resumos expandidos. p.320-322. 1996.
- AIDAR, H.; DÍAZ, J.L.C.; THUNG, M. Comportamento de linhagens de feijões graúdos, pertencentes a classes do mercado internacional, na região centro-oeste. **Anais**. VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Salvador, BA, Volume 1: Resumos expandidos. p.325-327. 1999.
- ALBINO, M.M.C.; JUNGSMANN, L.; DIAS, B.B.A., ANDRADE, J.F.; VIANNA, G.R.; ARAGÃO, F.J.L.; RECH, E.L. Obtenção de plantas transgênicas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao herbicida PPT. **Genetics and molecular biology**, n.22, v.3, p.663. 1999.
- ALZATE-MARIN, A.L.; BA.; PAULA JUNIOR, T.J.; CARVALHO, G.A.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Inheritance of anthracnose resistance in common bean differential cultivar AB136. **Plant disease**, n.81, v.9, p.996-998, 1997.
- ANJOS, N.M. (Coord.). Programa de Feijão no Estado de São Paulo. **PRÓ-FEIJÃO**. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. 27p. 1981.
- ANTUNES, I.F.; SILVEIRA, E.P. A Pesquisa em Melhoramento genético como fator de progresso na produtividade do feijão no Rio Grande do Sul. **Anais**. V Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Goiânia, GO, Volume 1: Resumos expandidos. p.404-405. 1996.
- ARAGÃO, F.J.L., BARROS, L.M.G.; DE SOUZA, M.V.; ALMEIDA, E.R.P.; GANDER, E.S.; RECH, E.L.. Expression of a methionine-rich storage albumin from Brazil nut (*Bertholletia excelsa* HBK, Lecythidaceae) in transgenic bean plants (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**, n.22, v.3, p.445-449. 1999.
- BANNEROT, H. Resultats de l'infection d'une collection de haricots par six races physiologiques d'anthracnose. **Ann. Amélior. Plant**, v.15, p.201-222, 1965.

- BANNEROT, H.; DEIEUX, M.; FOUILLOUX, G. Mise en evidence d'un **soconf** gene de resistance totale a l'antracnose chez le haricot. **Ann. Amelior. Plant** (Paris), v.21, p.83-85, 1971.
- BARRUS, M.F. Variation of varieties of beans in their suscetibility to anthracnose. **Phytopathology**, v.1, p.190-195, 1911.
- BURKHOLDER, W.H. The production of an anthracnose-resistant White Marrow bean. **Phytopathology**, v.8, p.353-359, 1918.
- CARNEIRO, J.D.S.; ARAÚJO, G.A.A.; CARNEIRO, J.E.S.; Del PELOSO, M.J.; CARNEIRO, G.E.S.; CARNEIRO, P.C.S. Qualidade tecnológica dos grão de linhagens de feijão. **Anais. VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Salvador, BA, Volume 1: Resumos expandidos. p.408-411. 1999a.**
- CARNEIRO, J.D.S.; CARNEIRO, J.E.S.; ARAÚJO, G.A.A.; MININ, V.P.R.; CARNEIRO, P.C.S.. Qualidade tecnológica dos grão de linhagens de feijão. . **Anais. VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Salvador, BA, Volume 1: Resumos expandidos. p.412-415. 1999b.**
- CHAVES, G. La antracnosis. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. ed. Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. Cali, CIAT, p.37-53. 1980.
- COSTA, A.F. da; MENEZES, M.; MIRANDA, P. Ocorrência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em Pernambuco, Alagoas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1982, Goiânia. **Anais. Goiânia: CNPAF/EMBRAPA, 1982. p.282-284.**
- COSTA, A.F.; COELHO NETO, R.A.; MIRANDA, P. Método de inoculação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em feijão visando a seleção de linhagens resistentes. **Fitopatologia Brasileira**, v.44, p.135-189 (res). 1982.
- DUDIENAS, C.; POMPEU, A.S. Nova raça fisiológica de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. no Estado de São Paulo. **II Seminário sobre pragas e doenças do feijoeiro. Campinas, p.38. 1985.**
- ELIAS, H.T., HEMP, S.; FLESCH, R.D. Ganho genético na produtividade das cultivares de feijão recomendadas para Santa Catarina – 1979/1999. **Anais. VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 21 a 26/11/1999. Salvador, BA, Volume 1: Resumos expandidos. p.373-375. 1999.**
- FONSECA JÚNIOR, N.S.; GERALDI, I.O.; ALVES, S.J.; OLIARI, L.; KRANZ, W.M.; MODA-CIRINO, V.; FIGUEIREDO, P.G.; FARIA, R.T.; MENEZES, J.R.; CURY, B. Estimativas do ganho genético para feijão do grupo preto no Paraná. **Anais. V Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Goiânia, GO, Volume 1: Resumos expandidos. p.295-297. 1996a.**

- FONSECA JÚNIOR, N.S.; GERALDI, I.O.; ALVES, S.J.; OLIARI, L.; KRANZ, W.M.; MODA-CIRINO, V.; FIGUEIREDO, P.G.; FARIA, R.T.; MENEZES, J.R.; CURY, B. Estimativas do ganho genético para feijão do grupo preto no Paraná. **Anais**. V Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Goiânia, GO, Volume 1: Resumos expandidos. p.298-300. 1996b.
- FOUILLOUX, G.. Bean anthracnose: New genes for resistance. **Annu. Rep. Bean Improv. Coop.** (NY), v.19, p.36-37. 1976.
- FOUILLOUX, G.. New races of bean anthracnose and consequence on our breeding programs. Pages 221-235. In. Int. Symp. Dis. Trop. Food Crops. H. Maraitre & J.A.Mayers (ed.). Université Catholique de Louvain-la-Neuve, Belgium, 1979.
- HAGEDORN, D.J. Fusarium yellows. In: HALL, R. (ed.). Compendium of bean diseases. APS Press: Ontario, 1991. p.20-21.
- INFORMAÇÕES ECONÔMICAS. v.27, n.8, 1997. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola. 1997.
- ITO, M.F.; CARBONELL, S.A.M.; CASTRO, J.L.; DUDIENAS, C. A cultura do feijoeiro e a mancha angular no Estado de São Paulo. In: 'Primer taller internacional sobre la mancha angular del frijol comum'. **ANAIS**. Cali, Colômbia. 1995. (no prelo).
- JUNGMANN, L.; ALBINO, M.M.C.; DIAS, B.B.A.; VIANNA, G.R.; RECH, E.L.; FARIA, J.C.; ARAGÃO, F.J.L. Desenvolvimento de sistema para obtenção de plantas de feijão resistentes ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro. **Anais**. VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 21 a 26/11/1999. Salvador, BA, Volume 1: Resumos expandidos. p.42-43. 1999.
- JUNQUEIRA NETTO, A; ATHOW, K.L.; VIEIRA, C. Identificação de raças fisiológicas de *Uromyces phaseoli* var *phaseoli* no Estado de Minas Gerais. **Ceres**, v.16, p.1-9. 1969.
- KELLY, J.D.; AFANADOR, L.; CAMERON, L.S. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Michigam and implications in dry bean resistance breeding. **Plant Disease**, v.78, n.9, p.892-894, 1994.
- KELLY, J.D.; MIKLAS, P.N. The role of molecular markers in breeding for qualitative and quantitative traits of common bean. **ANAIS**. Taller de Mejoramiento de Frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. Ed.: Shree P. Singh y Oswaldo Voysest. 23/10/96 - 01/11/96. Cali, Colômbia. p.262-279. 1996.
- KIMATI, H. Doença do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GALLI, F. (Coord.). Manual de Fitopatologia: doença das plantas cultivadas. São Paulo: Agrônômica CERES, 1980. v.2, cap. 19, p.297-318.
- LSPA - LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras

- agrícolas no ano civil. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. p.1-70. Dezembro, 1997.
- MARINGONI, A.C.; FREGORESE, L.H.; TÓFOLI, J.G.; KUROZAWA, C. Reação foliar de feijoeiro à *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* e transmissão da bactéria pela semente. **Fitopatologia Brasileira**, v.18, n.3, p.412-415. 1993.
- MARINGONI, A.C.; KIMATI, H.; KUROZAWA, C. Variabilidade sorológica entre isolados de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. **Summa Phytopathologica**, v.20, n.3-4, p.164-167.1994.
- MASTENBROEK, C. A breeding program for resistance to anthracnose in dry shell haricot beans, based on a new gene. **Euphytica**, v.9, p.177-148, 1960.
- MENEZES, J.R. de. Variabilidade patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. Magn) Scrib. em *Phaseolus vulgaris* L. Brasília, Universidade de Brasília, 1985. 65p. (Tese de mestrado).
- MENEZES, J.R. de; MOHAN, S.K.; BIANCHINI, A. Identificação de raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. Magn) Scrib., no Estado do Paraná. **Anais da 1ª Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**. Goiânia, p.297-299. 1982.
- MENEZES, J.R. de; MOHAN, S.K.; ROSSETO, E.A.; BIANCHINI, A. Qualidade sanitária de sementes de feijão na região Norte do Estado do Paraná. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 11, 1978. Viçosa, MG. **Resumos do Congresso da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, p.123. 1978.
- MIRANDA, P.; COSTA, M.A.S.; PIMENTEL, M.L.; SILVA, J.C. da. Seleção de linhagens de feijoeiro comum para resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em condições de campo. **Summa Phytopathologica**, v.20, n.3-4, p.158-160. 1994.
- MODA-CIRINO, V., OLIARI, L. Desenvolvimento de variedades de feijoeiro de grão tipo carioca com potencial para colheita mecanizada. **Anais**. V Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão. 14 a 18/10/1996. Goiânia, GO, Volume 1: Resumos expandidos. p.284-285. 1996.
- NASCIMENTO, S.R. de C. *Fusarium oxysporum* (Schl.) f.s. *phaseoli* Kend. e Snyder.: Esporulação, raça fisiológica e comportamento de variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Botucatu, UNESP, 1992. 92p. (Tese de mestrado).
- NASCIMENTO, S.R.C.; MARINGONI, A.C.; KUROZAWA, C. Comportamento de variedades e linhagens de feijoeiro comum ao *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, n.3, p.458-463. 1995.

- OLIARI, L.; VIEIRA, C.; WILKINSON, R.E. Physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum* in State of Minas Gerais, Brazil. **Plant Disease Report**, v.57, p.870-872. 1973.
- PARADELA FILHO, O.; CARVALHO, A.M.B.; POMPEU, A.S. Ocorrência de *Xanthomonas phaseoli* var *fuscans* (Burk) Starr e Burk, nos feijoeiro do Estado de São Paulo. **Bragantia**, 26, Nota 1, I-IV. 1967.
- PARADELA FILHO, O.; POMPEU, A.S. Ocorrência do grupo brasileiro I de *Colletotrichum lindemuthianum* da antracnose do feijoeiro no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v.1, p.195-198. 1975.
- PASTOR-CORRALES, M.A.; ERAZO, O.A.; ESTRADA, E.; SINGH, S.P. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G2333. **Plant disease**, v.78, n.10, p.959-62. 1994.
- PIO-RIBEIRO, G.; CHAVES, G.M. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. que ocorrem em alguns municípios de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. **Experimentiae**, v.19, p.95-118. 1985.
- PIZA, S.M. de T. Patogenicidade de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* e reação de germoplasma de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Summa Phytopathologica**, v.19, n.3/4, p.165-167. 1993.
- POMPEU, A.S. Avaliação da produtividade de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) resistentes ao fungo da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). **Bragantia**, v.41, p.67-79. 1982.
- POMPEU, A.S. Linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) resistentes ao fungo da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). **Summa Phytopathologica**, v.5, p.148-152. 1979.
- POMPEU, A.S. Produtividade de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) dos grupos Rosinha e Roxinho resistentes ao fungo da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). **Bragantia**, v.39, p.89-97. 1980.
- POMPEU, A.S.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; BORTOLLETO, N.. IAC-Carioca Eté e IAC-Carioca Tybatã: cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo. **Anais**. VI RENAPE. p. 382-383, Salvador, BA, 1999.
- POMPEU, A.S.; DUDIENAS, C.; ITO, M.F. Linhagens de feijoeiro resistentes ao fungo da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) obtidas pelo uso dos genes **Mex2** e **Mex3**. **Summa Phytopathologica**, v.18, n.3/4, p.220-226. 1992.
- RAVA, C.A.; PURCHIO, A.F.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, n.2, p.167-172, 1994.

- RECH, E.L. Plantas transgênicas de leguminosas contendo genes de interesse agropecuário. **Genetics and molecular biology**, v.21, n.3, p.43-44. 1998.
- RIBEIRO, R.L.D.; HAGEDORN, D.J. Inheritance of resistance in beans to *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Phytopathology** 69:859-61. 1979.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Influência da cultura e do número de inoculações na severidade da mancha angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, v.17, n.3, p.247-251. 1992.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A.; MENTEN, J.O.M.; BERGAMIN FILHO, A. Resistência vertical do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) a *Isariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, v.16, n.1, p.43-46. 1991.
- SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo cores no Estado do Paraná. **Anais. VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**. 21 a 26/11/1999. Salvador, BA, Volume 1: Resumos expandidos. p.339-342. 1999a.
- SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JÚNIOR, N.S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão preto no Paraná. **Anais. VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**. 21 a 26/11/1999. Salvador, BA, Volume 1: Resumos expandidos. p.389-392. 1999b.
- SINGH, S.P. Common bean improvement in the tropics. **Plant Breeding Reviews**, v.10. 1992. (ISBN#1-57347-7).
- SINGH, S.P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, FABACEAE). **Economic Botany**, v.45, n.3, p.379-96. 1991.
- SINGH, S.P.; ROCA, W.M.; DEBOUCK, D. Ampliación de la Base Genética de los Cultivares de Frijol: Hibridación Interespecífica en *Phaseolus* Espécie. **ANAIS. Taller de Mejoramiento de Frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina**. Ed.: Shree P. Singh y Oswaldo Voysest. 23/10/96 - 01/11/96. Cali, Colômbia. p.9-20. 1996.
- SINGH, S.P.; URREA, C.A. Generations of intra and interracial populations of the common bean. **Revista Brasileira de Genética**, v.17, n.3, p.299-303. 1994.
- SINGH, S.P.; URREA, C.A. Inter and intraracial hybridization and selection for seed yield in early generation of common bean, *Phaseolus vulgaris* L. **Euphytica**, v.81, p.131-137. 1995.
- THUNG, M. D.T.; OLIVEIRA, I.P. de. Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle. Santo Antônio de Goiás, GO, EMBRAPA/CNPAP. 172p.il., 1998.

- VALLADARES-SÁCHES, N.E.; COYNE, D.P.; SCHUSTER. Differential reaction of leaves and pods of *Phaseolus* germoplasm to strains of *Xanthomonas phaseoli* and transgressive segregation for tolerance from crosses of susceptible germoplasm. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.104, p.648-654. 1979.
- VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa, Imprensa Universitária. 231p. 1983.
- YOUNG, R.; KELLY, J.D. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. **Plant Disease**, v.80, p.650-654, 1996.

MANEJO DA CULTURA DE FEIJÃO: ENFOQUE SISTÊMICO

JOSÉ ROBERTO DE MENEZES

Engenheiro Agrônomo. Doutor em Fitopatologia.

Consultor em Manejo de Agroecossistemas Tropicais. Londrina, PR.

Introdução

O manejo da cultura de feijão envolve procedimentos com visão global, das estratégias de mercado e ações locais compatíveis com as exigências da cultura, as características do agroecossistema e as disponibilidades do produtor.

Está mais difícil o cultivo de feijão irrigado por pivô central, os custos de produção aumentaram mais que as receitas. O desenvolvimento de novas tecnologias poderia reduzir as perdas, todavia, paramos no tempo, os problemas têm aumentado mais que as soluções e o feijão irrigado está perdendo espaço para outras culturas, como o algodão e o próprio feijão de sequeiro. São vários os fatores responsáveis pela perda de competitividade do feijão irrigado. Entre os fatores agronômicos, destacam-se a diminuição de produtividade e o maior uso de defensivos agrícolas, para o controle de pragas e doenças. Quanto aos fatores econômicos, destacam-se os aumentos de preço dos fertilizantes, energia elétrica, óleo diesel, mecanização, transporte, mão de obra e impostos.

Além das mudanças agronômicas, temos que simplificar o sistema de produção, com o objetivo de reduzir e ou facilitar a execução das inúmeras obrigações jurídicas, tributárias, sociais, ecológicas e políticas, que infemizam o dia a dia do agricultor brasileiro. Nos países desenvolvidos, elas são criadas para defender o agricultor. Aqui, são dificuldades impostas pelos órgãos oficiais e entidades de classe, em geral, eleitas e mantidas pelos próprios agricultores para defender seus interesses. Temos que introduzir mudanças para reverter esta situação e evitar o segundo período de crise no cultivo de feijão irrigado por pivô central. Apesar das dificuldades atuais, o feijão continua sendo a principal cultura dos sistemas agrícolas irrigados por pivô central, portanto, continuará sendo o nosso negócio.

Para o manejo integrado da cultura de feijão, o técnico responsável deve periodicamente, efetuar as seguintes atividades: a) a análise global do mercado; b) atualização tecnológica individual dos componentes de produção; c) selecionar e integrar as tecnologias, com base nos resultados anteriores e as relações de custo benefícios; d) montar com antecedência, o cronograma diário das ações locais para a condução da lavoura; e) acompanhamento diário do desenvolvimento da lavoura, para a detecção e correção imediata dos erros e novos problemas. O sucesso biológico exige simplicidade e eficiência, o erro, facilitará a refeição dos predadores.

Análise global do mercado

A alimentação é uma necessidade dos seres vivos, e um dos principais prazeres do homem. Portanto, todo alimento deve ser saboroso, saudável e adaptado ao estilo de vida do consumidor.

Todo povo tem o seu feijão. Um alimento de consumo mundial, comercializado in natura e de culinária regional. Estas características dificultam, a globalização e a produção de feijão em escala.

O Brasil é um grande produtor e consumidor de vários tipos de feijão. Os preços dos diferentes tipos de feijão variam com a oferta e a procura, todavia, são independentes. Para o comércio, cada tipo de feijão é um produto diferente. Não existem dados estatísticos sobre a produção e o consumo individual dos diferentes tipos de feijão. As informações existentes limitam-se à produção total e parcial por épocas e regiões. Os dados sobre a produção e o consumo por tipo, são importantes para se definir o tamanho e as características do comércio de feijão no Brasil. Esta pode ser uma das razões, pelas quais as previsões de preços, geralmente contrariam as expectativas.

Com o objetivo de mostrar a importância dessas informações, através de uma análise pessoal sem dados estatísticos, arriscaria estimar que, das três milhões de toneladas produzidas anualmente, 80% (2.400.000 t.) são de vários tipos de *Phaseolus vulgaris* L. (Feijão comum) e 20% (600.000 t.) de diferentes tipos de *Vigna unguiculata* L. (Feijão-de-corda). Entre os tipos de *P. vulgaris*, 70% (1.680.000 t.) seriam do tipo carioca, 15% (360.000 t) do tipo preto e 15% (360.000 t) dos tipos jalo, rajado, rosinha, branco, roxo, vermelho e outros.

O consumo dos tipos de feijão varia conforme a região. Na região nordeste, predomina-se o consumo dos diferentes tipos de feijão de corda, enquanto nas demais regiões, os consumidores preferem os diferentes tipos de feijão comum. Entre as regiões consumidoras de feijão comum, apenas os estados do Rio de Janeiro e do Rio grande do Sul, preferem o tipo preto, nos demais estados predomina-se o consumo do tipo carioca. No estado de São Paulo, o consumo do tipo carioca pode ultrapassar a 80%.

Da mesma forma, quanto ao nível de tecnologia empregado e o destino da produção estima-se que, do total produzido, pelo menos 50% são oriundas de lavouras de subsistência, com suas produções destinadas ao consumo próprio e o abastecimento do comércio local.

Considerando estas hipóteses, o mercado de feijão para a maior parte dos participantes deste Simpósio (Produtores, Consultores, Intermediários, Empacotadores e Distribuidores), limita-se basicamente ao cultivo do tipo carioca e a uma produção anual de apenas 1.500.000 toneladas, ou seja, 50% da produção total. O cultivo dos tipos (jalo, rajado, rosinha, rosinha e outros) pode ser uma opção esporádica, para o médio e grande produtor, todavia, com alto risco comercial, devido às limitações agronômicas dos

cultivares e o consumo limitado. Este total deve ser disputado entre as lavouras de feijão irrigado e de sequeiro com uso de tecnologia.

As tecnologias disponíveis possibilitam uma produtividade média de 2.400 e 1.800 kg/ha, para o feijão irrigado e de sequeiro, respectivamente. Com estes níveis de produtividade, a demanda comercial de feijão pode ser suprida com apenas 600.000 hectares de feijão irrigado ou 800.000 hectares de sequeiro.

Em geral, o preço do feijão ao nível de produtor varia entre R\$25,00 e R\$35,00 por saca de sessenta quilos. Todavia, têm sido comum, variações anuais e quinquenais de 100% e 500%, respectivamente. Os de preços elevados são esporádicos e praticados, após um período de preços baixos, seguidos por frustrações agrônomicas em áreas plantadas. Exemplo. Redução do plantio na primeira safra, como consequência de preços baixos praticados de julho a janeiro e problema na segunda safra, ocasionado por seca na região nordeste. A situação inversa proporciona a queda dos preços.

Desde o ultimo "El nino", o custo médio de produção do feijão irrigado por pivô central aumentou de R\$800,00 para R\$1.400,00 o hectare. Como não houve acréscimos de produtividade, estes aumentos foram repassados à produção. Para voltar a ser competitivo, o custo de produção de uma saca de feijão irrigado deve ser inferior a R\$30,00. Portanto, temos que reduzir o custo das lavouras para R\$1.200,00 o hectare ou aumentar a produtividade média, para níveis superiores a 3.000 kg/ha. Nas situações com perspectiva de preços elevados, os limites de produtividade e custos são modificados.

Não esqueça que, o feijão tem ciclo médio de 90 dias, pode ser semeado todo o dia do ano, o mercado consumidor é de apenas 100.000 toneladas mensais e a capacidade brasileira de produzir feijão é muito maior que o consumo. Portanto, armazenar feijão carioca com preço superior a R\$40,00 pode dar prejuízo e causar o envelhecimento precoce do produtor.

Atualização tecnológica

O cultivo comercial de feijão altera o equilíbrio biológico do ecossistema, portanto, está sujeito às penalidades impostas pelas leis da natureza, que não reclama, apenas se vinga, criando dificuldades para as espécies dominantes. Para superar estas dificuldades e manter a viabilidade econômica das espécies cultivadas, o desenvolvimento tecnológico tem que, superar os problemas. A somatória dos problemas de uma cultura pode ser medida, comparando-se, o potencial produtivo da cultura com a produtividade ao nível de lavoura. Para o feijão, as diferenças são enormes.

Assim como as demais espécies cultivadas, o sucesso do manejo integrado do feijoeiro, depende da seleção e o uso adequado das tecnologias existentes. A lei do mínimo se faz presente, não apenas para os nutrientes, mas para todos os componentes de produção como clima, sistema de cultivo,

práticas culturais, cultivares, correção de solo, nutrição de plantas, pragas, doenças, plantas daninhas, irrigação, e colheita, principalmente.

Época de cultivo

Na maior parte do território brasileiro, pode-se plantar feijão todo dia do ano, todavia, cada região tem sua época ideal de cultivo, com maior produtividade, melhor qualidade, menor risco e menor custo. Encontra-la é base do sucesso. Muitas vezes, o produtor corre atrás do preço, tromba com os problemas da cultura e colhe prejuízos.

Sistema de cultivo

Todo sistema de plantio apresenta vantagens e desvantagens, que variam conforme as características e os problemas do agroecossistema em estudo. Os melhores resultados, são obtidos, com o uso integrado dos diferentes sistemas, utilizando-se de suas vantagens individuais para a solução dos problemas (Menezes, 1995). O plantio direto reduz a erosão, a temperatura do solo e o uso de máquinas, podendo ser utilizado com vantagens nos períodos chuvosos, quentes e de pouca disponibilidade de máquinas. A semeadura convencional com subsolagem ou aração profunda reduz a compactação, aumenta a temperatura do solo, diminui o uso de herbicidas, e facilita a semeadura, sendo indicado para solos compactados, com resíduo de herbicida, e nos período de baixa temperatura. Muitas vezes o cultivo mínimo (grade niveladora), pode ser a opção mais viável (Menezes, 1999). O técnico responsável deve analisar caso a caso, e tomar sua decisão, com base nas necessidades de cada área.

Correção do solo e nutrição de plantas

No manejo de um agroecossistema, os procedimentos para as correções químicas, físicas e biológicas do solo, devem ser separados das necessidades nutricionais específicas de cada cultura envolvida no sistema.

A correção do solo deve reduzir a toxidez e os desequilíbrios entre os macros e micros nutrientes. A nutrição deve suprir as necessidades da cultura, no tempo, e quantidade compatível com a relação custo benefício.

Correção do solo

O sucesso de uma lavoura depende das características químicas, físicas e biológicas do solo. Grande parte do solo brasileiro é ácida e apresenta baixa fertilidade natural. Portanto, a calagem para reduzir a acidez e ou a toxidez de alumínio, e corrigir a deficiência de Cálcio e Magnésio é uma necessidade na maior parte das lavouras. Para os demais nutrientes, a correção, também pode ser feita através da adubação de base e complementada com adubações de cobertura.

Nutrição

A adubação correta do feijoeiro varia com as características do agroecossistema, a literatura é extensa, (Parra et al., 1980; Bulizani, 1985;

Malavolta & Klieman, 1985; Rosolém, 1987; Rosolém, 1996; Junqueira Neto & Oliveira, 1999; Thung & Oliveira, 1998; Vitti et al., 1999) e exige decisões específicas para cada lavoura. De uma maneira simplificada, o feijoeiro é uma cultura exigente e pouco competitiva, quanto à extração de nutrientes, não suporta a toxidez de alumínio, e necessitada que os macros e micros nutrientes sejam disponibilizados no tempo e doses corretas. Todos os macro e micros nutrientes são necessários, todavia, atenção especial deve ser dada ao nitrogênio, fósforo, cálcio e enxofre. Assim como “abóbora não engorda porco”, é muito difícil produzir feijão sem adubo, especialmente nos solos de cerrado.

Na maior parte das lavouras comerciais, a adubação representa de 40 a 60% do custo com insumos. Para reduzir os custos com a adubação, o produtor deve desenvolver ações locais para encontrar a quantidade correta dos nutrientes, evitando-se os excessos e, principalmente, as faltas. Deve também, exigir dos órgãos oficiais e entidades de classe ações globais concretas para limitar a formação de cartéis e diminuir os preços dos fertilizantes ao nível de produtor.

Cultivares

A criação de cultivares adaptada às exigências do mercado consumidor, produtivas e tolerantes às pragas, doenças, plantas daninhas, adversidades climáticas e limitações do solo, é a maneira mais eficiente de melhorar a qualidade, aumentar a produtividade e reduzir o custo de produção. Nos últimos 30 anos, apenas duas cultivares do grupo carioca se destacaram para o cultivo comercial. O cultivar Carioca obtido através de cruzamento natural, coletado por agricultor e selecionado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e o cultivar pérola, obtido através de melhoramento genético realizado no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e selecionado pela Embrapa Arroz e Feijão. Os demais cultivares recomendados, apesar de algumas vantagens específicas, não superaram as exigências do mercado produtor e consumidor. Comparando-se, com as culturas de milho, soja e trigo, o número de cultivar de feijão produzido, é muito pequeno e não atendem as necessidades da cultura. Principalmente, em relação às doenças.

A evolução biológica é um pré-requisito para a sobrevivência das espécies. Nos últimos quatro anos, a resistência dos cultivares evoluiu menos que a severidade das pragas e doenças, aumentando o uso de agrotóxicos e por consequência o custo de produção. Os prejuízos causados pela antracnose demonstram, os riscos do uso de cultivares susceptíveis. O lançamento de novos cultivares, produtivos, rústicos, resistentes às principais doenças e adaptadas às exigências do consumidor é uma necessidade.

Semente

No Brasil, produzir semente de feijão dá prejuízo. Esta pode ser uma das causas da pouca oferta e da baixa qualidade da semente de feijão e conseqüentemente, do desestímulo ao uso de semente com certificado de origem. Trombetta, (1994), concluiu que o uso de semente certificada era em torno de 10% . O uso de semente de boa qualidade pode proporcionar aumentos de até 40% na produtividade (EMBRAPA, 1985), todavia, a oferta irregular e a baixa qualidade da maior parte das sementes existentes, não estimulam sua utilização e os agricultores continuam, utilizando grãos de origem própria ou obtidos no mercado. Os intermediários e empacotadores de grãos são os maiores comerciantes de sementes. O tratamento químico da semente torna-se necessário, para reduzir alguns problemas sanitários, mas não substituem o uso de semente sadia.

A semente infectada é a principal fonte primária das doenças do feijoeiro (Neergaard, 1979). No cultivo de um hectare são semeadas de 250.000 a 300.000 sementes. Lotes de semente com 0,5% de infecção de antracnose podem originar, até 1.500 focos primários da doença. Um desastre se as condições climáticas forem favoráveis e o agricultor estiver utilizando cultivar susceptível. No planalto central, safra 2000/2001, mais de 30.000 hectares de feijão da cultivar pérola, oriundas de sementes infectadas com antracnose foram severamente danificados pela doença. Entre as lavouras atacadas, muitas eram oriundas de sementes certificadas ou fiscalizadas. Para a antracnose, os padrões sanitários de certificação dos lotes devem ser mais rígidos, com tolerância zero para todos os tipos de semente, básica, certificada e fiscalizada.

Assim como para os itens acima descritos, o mesmo procedimento deve ser realizado, para os demais componentes de produção como, práticas culturais, pragas doenças, plantas daninhas, irrigação, colheita e beneficiamento, principalmente.

Seleção e integração das tecnologias

O número de opções e interações tecnológicas de um sistema de produção é muito elevado. Existem, diferentes formas de controle, para um mesmo problema. Hall & Nasser (1996) constataram trinta e um grupos de práticas culturais, que contribuem para o controle das doenças do feijoeiro. Quantidades semelhantes ou maiores de opções existem para os demais componentes de produção. A organização e análise das tecnologias aplicadas nas últimas 10 safras, facilita a interpretação dos dados, orienta a seleção de técnicas e reduzem os riscos do uso indevido, de novas tecnologias não adaptadas às exigências da lavoura.

O desenvolvimento tecnológico não permite, emoção ou preferência pessoal, mas exige que as decisões sejam tomadas com base em resultados. Não tenha receio de utilizar a melhor tecnologia.

Todas as técnicas apresentam vantagens e desvantagem. O fogo (queimada) é uma prática milenar, natural e favorável ao desenvolvimento de várias espécies selvagens e cultivadas. É uma prática econômica e eficiente, para solução de vários problemas da agricultura moderna. Todavia, por desconhecimento de suas vantagens e ou tomando por base, apenas exemplos do uso indevido, tornou-se um crime. Ao invés de simplesmente proibi-lo e utiliza-lo como exemplo de devastação, a classe agrônoma deveria fazer uma análise criteriosa de suas vantagens e desvantagens e regularizar sua utilização de forma correta. Este procedimento, além possibilitar ao agricultor a utilização de uma prática cultural mundialmente utilizada em várias regiões, seria mais uma opção de trabalho para o agrônomo. Outras técnicas, também são rotuladas de forma negativa, sem a análise de suas reais vantagens e desvantagens.

Cronograma condução da lavoura

A condução de uma lavoura tem início antes da semeadura, ou seja, na análise de mercado e nas definições de área e do tipo de cultura a ser implantada. O feijoeiro tem um ciclo curto, entorno de 90 dias, portanto, as decisões devem rápidas e corretas. Não há tempo para dúvidas. Para facilitar a execução, as recomendações devem ser simples, objetivas e definidas com antecedência. Quando possível, antes do início da cultura.

Acompanhamento cultura

Esta prática é extremamente importante e exige do Técnico Responsável, conhecimento e experiência local de todos os aspectos técnicos, econômicos e operacionais da cultura do feijoeiro e do agroecossistema. As avaliações devem ser diárias, concentrando-se as atenções, para os principais problemas ocorridos em safras anteriores. Grande parte das decisões de controle tomadas durante o desenvolvimento da cultura deve ser rápida, muitas vezes em minutos. A safra em andamento servirá com base para as decisões da próxima safra, portanto anote o máximo de informações.

Assuma a responsabilidade técnica da lavoura, e não utilize sua autoridade de dono ou seu diploma de agrônomo para transferir a responsabilidade dos erros, aos bóia frias ou tratoristas.

Referências bibliográficas

- BULIZANI, E. Feijão. In: RAJJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, R.; DECHEN, R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo. 1985. p19. (Boletim Técnico, 100).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro. 2ed. Goiânia, 1985. 40p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular Técnica, 13).

- HALL, R.; NASSER, L. C. B. Practice and precept in cultural management of beans diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 18, p. 176-86, 1996.
- JUNQUIRA NETO, A.; CARVALHO, J.G. de. Recentes avanços da adubação foliar e na aplicação de micronutrientes na cultura de feijão. In: FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. Feijão irrigado - Estratégias Básicas de Manejo. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1999. p.52-79.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMAN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: PATAFOS, 1985. 136P.
- MENEZES, J.R. de. Plantio direto do feijoeiro irrigado por pivô central. *Dialogo Rural - Zenca Agrícola*, São Paulo, v4, p5, 1995.
- MENEZES, J.R. de. Manejo integrado de doenças e plantas daninhas na cultura de feijão. In: FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. Feijão irrigado - Estratégias Básicas de Manejo. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1999. p.126-142.
- NEEGAARD, P. Seed pathology. London: Macmilan Press, 1979, 1190p.
- PARRA, M.S.; HOEPFNER, M.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no estado do Paraná. In: *Cultura do feijão no Estado do Paraná*. Londrina: IAPAR, 1980. p 33-45.
- ROSOLEM, C. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.R.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba, PATAFOS, 1996. p 353-390.
- ROSOLEM, C. Nutrição e adubação do feijoeiro. Piracicaba: PATAFOS, 1987. 93P.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.; Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p 181-4, 1986.
- THUNG, M.; Oliveira, I.T.P. Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, 1998, 172p.
- VITTI, C.G.; MALAVOLTA, E.; RESENDE, L.O.; TREVISAN, W. Manejo da fertilidade do solo na cultura do feijão irrigado. In: FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. Feijão irrigado - Estratégias Básicas de Manejo. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1999. p.108-125.
- TROMBETA, N.V. Sementes melhoradas: fator de redução de riscos na agricultura. *Anuário ABRASEM*, Brasília, 1994. p12-6.

MICRONUTRIENTES: RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

ARNOLDO JUNQUEIRA NETTO

Professor Titular. Doutor. Departamento de Agricultura, UFLA.
Caixa Postal 37. 37.200-000. Lavras, MG.

ARNOLDO DAHER DE ALMEIDA JUNQUEIRA

Aluno do curso de Pós-graduação, ao nível Mestrado, em Agronomia
(área de concentração: Fitotecnia). UFLA. Lavras, MG.

GUILHERME DAHER DE ALMEIDA JUNQUEIRA

Engenheiro Agrônomo, Consultor Técnico. Lavras, MG.

Introdução

A cultura do feijoeiro no Brasil está passando por uma transformação em que produtividade, eficiência, lucratividade e sustentabilidade são aspectos de grande importância. Nesse contexto, os micronutrientes têm assumido papel relevante devido principalmente, aos seguintes fatores: (i) evolução substancial no aumento da produtividade do feijoeiro, em sistemas de sequeiro e irrigado, provocando maior remoção e exportação de micronutrientes, levando a deficiências no solo; (ii) uso com grande frequência de adubos formulados de alta concentração, desprovidos de resíduos de micronutrientes; (iii) uso de calcário inadequadamente, tanto em relação à quantidade, quanto à profundidade de incorporação; (iv) uso intensivo das áreas irrigadas, sem planejamento adequado da adubação.

Para se obter produtividade elevada, grãos de boa qualidade e relativa resistência a pragas e doenças, há necessidade de nutrição mineral adequada, que é conseguida com adubação básica equilibrada, quantitativa e qualitativamente.

O aumento crescente de deficiências de micronutrientes causa prejuízos à produtividade do feijoeiro, o que motiva maior preocupação em supri-los adequadamente à cultura.

Como a cultura do feijão tem ciclo muito rápido, recomenda-se a utilização de micronutrientes em formas solúveis em água, porque são mais prontamente disponíveis.

Os micronutrientes, exceto o ferro, dependendo das quantidades aplicadas ao solos, podem apresentar efeito residual por vários anos (Raij et al., 1996). Aconselha-se, nesse caso, um monitoramento através de análises de solo para acompanhar a variação dos micronutrientes no solo, principalmente nas áreas irrigadas por pivô central, cuja exploração é intensiva.

No presente trabalho, serão tratados aspectos práticos da evolução sobre o usos de micronutrientes na cultura do feijoeiro, oferecendo sugestões de direcionamento para se errar menos e ao mesmo tempo limitar o abuso indiscriminado. A demanda de conhecimento sobre o tema desse trabalho

tem aumentado cada vez mais, nos últimos anos, principalmente nas culturas de altas produtividades e com visão empresarial.

Hoje a adubação com micronutrientes via solo e foliar, é uma realidade inegável, mas que deve ser praticada com conhecimento agrônomo.

Como a cultura do feijoeiro apresenta ciclo rápido, é imprescindível que os micronutrientes estejam prontamente disponíveis no momento da demanda da cultura. Para isso, torna-se necessário uma adubação equilibrada do solo e da planta (adubação foliar), baseada no conhecimento dos seguintes fatores: marcha de absorção de nutrientes, forma de aplicação do nutriente do adubo, fertilidade do solo (análise química do solo) e “status” nutricional da planta (análise foliar).

Exigências de micronutrientes pelo feijoeiro

Exigência nutricional é a expressão que se refere às quantidades de macro e micronutrientes que uma cultura retira do solo, do adubo e do ar, para atender às suas necessidades para crescer, desenvolver e produzir adequadamente.

Para o crescimento e desenvolvimento normal do feijoeiro, são necessários 16 nutrientes considerados essenciais: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (Fageria et al., 1996). Os nutrientes carbono, hidrogênio e oxigênio são fornecidos pelo ar e o cloro pela água, restando 12, dos quais 7 são micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) por serem exigidos em pequenas quantidades, mas igualmente importantes para o feijoeiro.

A exigência nutricional varia de acordo com a cultivar, fertilidade do solo, umidade do solo, condições ambientais e produtividade desejada. O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes em face de seu ciclo biológico ser curto (60 a 100 dias). Muitos trabalhos têm mostrado que o feijoeiro é bastante exigente em macro e micronutrientes (Rosolém, 1987; El-Husny, 1992; Rosolém & Marubayashi, 1994; Fageria & Souza, 1995).

Fageria & Souza (1995) observaram a existência de correlação significativa entre a produção de matéria seca no período de floração e produção de grãos, mostrando que, nesse estágio, o acúmulo de matéria seca encontra-se em nível máximo e as concentrações dos nutrientes apresentam-se na seguinte ordem: $K > N > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$.

A extração de micronutrientes pelo feijoeiro ocorre nos seguintes valores: 138 g.ha⁻¹ de B; 46 g.ha⁻¹ de Cu; 2.970 g.ha⁻¹ de Fe; 563 g.ha⁻¹ de Mn; 4 g.ha⁻¹ de Mo; e 224 g.ha⁻¹ de Zn (Malavolta & Limafo, 1997). É importante observar que os micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades pelo feijoeiro, entretanto, não se deve omitir nenhum deles,

pois, todos são essenciais, e com a falta de apenas um deles, poderá prejudicar a produtividade (Lei do Mínimo).

Aplicação de micronutrientes via solo

Fontes de Micronutrientes

De modo geral, os micronutrientes podem ser agrupados, de acordo com a sua fonte em:

Fontes inorgânicas

Incluem os sais metálicos como sulfatos, cloretos e nitratos, que são solúveis em água; os óxidos, fosfatos e carbonatos que são insolúveis em água; os oxi-sulfatos têm solubilidade relativa, pois depende da quantidade de H_2SO_4 utilizada na sua solubilização.

Especificamente para o feijoeiro, a solubilidade em água é extremamente importante, em razão de seu ciclo biológico ser curto. Boas fontes solúveis de boro são bórax, solubor, ácido bórico e boratos fertilizantes; já a ulexita é insolúvel em água. Como fontes solúveis em água de Mo têm o molibdato de sódio e de amônio, enquanto o óxido de molibdênio é insolúvel.

Complexos orgânicos

São produzidos pela reação de sais metálicos com subprodutos orgânicos da indústria da polpa de madeira e outros afins.

“Fritas”

São oxi-silicatos. Há no mercado “fritas” com composições variadas de micronutrientes. São conhecidas como FTE (*fritted trace elements*).

Quelatos sintéticos

São formados pela combinação de um agente quelatizante com um metal por meio de ligações coordenadas; de modo geral, os quelatos são bem solúveis, sendo o mais comum o EDTA (ácido etilendiaminotetraacético); os outros agentes quelatizantes são HEDTA [ácido N (hidroxietil) etilendiaminotetraacético], DTPA (ácido dietilendiaminopentaacético), EDDHA [ácido etilendiamino o-hidrofenoil acético], NTA (ácido nitrilo acético), ácido cítrico e ácido glucoheptônico (Lopes, 1999).

Uma das funções do quelato é o de evitar que o nutriente reaja com outros no solo, na água ou dentro da planta. O micronutriente contido no quelato permanece móvel e com mais liberdade para mover-se no solo e mesmo dentro da planta, depois que a raiz ou a folha o absorve (Alvarez, 1989).

Os quelatos aplicados ao solo, possuem uma eficiência relativa para as culturas de duas a cinco vezes maior por unidade de micronutriente do que as fontes inorgânicas (Lopes, 1999).

Métodos de Aplicação

Definida a necessidade de aplicação de micronutrientes, escolhe-se o método mais eficiente e viável para uma determinada situação.

A lanço ou no sulco de semeadura

A aplicação via solo pode ser feita a lanço com ou sem incorporação ou no sulco de semeadura juntamente com a adubação de macronutrientes.

Por este método objetiva-se aumentar a concentração de micronutrientes no reservatório e na solução do solo, facilitando a sua absorção radicular. Nesse caso, as fontes de micronutrientes devem ser solúveis e localizadas próximas às raízes, uma vez que os micronutrientes são, de modo geral, pouco móveis no solo.

A eficiência agrônômica dos micronutrientes pode ser afetada por interações favoráveis e desfavoráveis que ocorrem durante o seu uso, o que torna importante comentários a esse respeito, conforme se segue: **(i) misturas de NPK granulado com fontes de micronutrientes:** pelo que se tem visto, é uma das formas de aplicação de micronutrientes mais utilizadas, ressaltando-se a grande importância de homogeneidade para melhorar a sua eficiência e distribuição adequada. Deve-se atentar para o perigo da segregação durante o manuseio e aplicação da referida mistura.

Grande parte da segregação, o que interfere na eficiência agrônômica dos micronutrientes, é o uso de matérias microcristalinas ou tamanhos de grânulos não compatíveis com as fontes dos macronutrientes. Como já foi comentado anteriormente, as fontes de micronutrientes devem ser solúveis, como por exemplo ZnSO_4 e não ZnO , conforme trabalho em condições de campo feito por Judy et al. (1964); **(ii) Incorporação homogênea de fontes de micronutrientes em grânulos:** esse processo aumenta acentuadamente a eficiência agrônômica dos micronutrientes pela eliminação da segregação e distribuição irregular no solo; e **(iii) Revestimento de fertilizantes NPK:** esse processo é caracterizado pelo revestimento de fertilizantes NPK, seja mistura de grânulos, misturas granuladas, fertilizantes granulados e fertilizantes simples. Essa tecnologia é outra opção para melhorar a distribuição de fontes de micronutrientes, tornando-as mais eficientes.

Fertirrigação

Para essa prática, deve-se levar em consideração duas condições básicas: (i) fontes solúveis de micronutrientes que formam soluções claras; e (ii) movimentação dos micronutrientes no solo – o B e o Cl apresentam alta mobilidade, enquanto os micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn) são de baixa mobilidade, o que exige cuidados no uso na cultura do feijoeiro em fase mais avançada da cultura, quando tem a finalidade de correção de deficiência instantânea no solo, pois se concentram na camada superficial de solo, podendo causar fitotoxicidade.

Pela água de irrigação, as fontes de micronutrientes são aplicadas na área total e em doses elevadas conforme recomendações no presente trabalho. Na Tabela 1 são apresentados alguns fertilizantes que contêm micronutrientes solúveis em água.

Os quelatos são mais caros que os sais, entretanto, são móveis no solo e reagem menos com os componentes da solução fertilizante e do solo. No caso do Fe, deve-se aplicar, via água de irrigação, a forma quelatada, pois caso contrário, pode ocorrer a sua precipitação, ficando indisponível às plantas.

O ácido bórico (H_3BO_3 - 17% B), por exemplo, é mais solúvel que o bórax, devendo ser usado preferencialmente no caso de fertirrigação. Todavia, o ácido bórico é suscetível a perdas, principalmente em solos de textura média e arenosa. Já a solubilidade do solubor está entre a do ácido bórico e do bórax (Vale et al., 1995). Os quelados apresentam elevada solubilidade, não precipitam devido ao micronutriente quelado ficar “aprisionado” temporariamente no interior de estruturas orgânicas em forma de anel.

Análise química do solo e classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Análise química de amostra do solo

A análise química é o método laboratorial de identificação de disponibilidade de nutrientes, e deve ser realizada com antecedência suficiente para permitir um planejamento correto do equilíbrio da fertilidade do solo e recomendação correta de adubação.

A análise química do solo para micronutrientes é muito importante para indicar a sua adição ou não à adubação, pois o que se tem feito até o presente é adubação indiscriminada e sem nenhum critério técnico. Atualmente tem-se elementos para “errar” menos.

Não se concebe, numa agricultura tecnificada, fazer a análise química parcial do solo excluindo os micronutrientes, porque atualmente já se têm elementos para proceder a sua interpretação e recomendação, que são tão importantes quanto os macronutrientes na nutrição de plantas.

Outro ponto que deve ser destacado, é com relação às soluções extratoras, porque há diferença entre os níveis de interpretação.

Tabela 1. Informação sobre solubilidade de várias fontes de micronutrientes geralmente usadas para preparar soluções de fertilizantes para aplicação via fertirrigação.

Fonte	Teor	Forma	°C	Solubilidade (g/L)
Bórax	11% B	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	0	21
Ácido bórico	17,5% B	H_3BO_3	30	63,5
Solubor	20% B	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	30	220
Sulfato de cobre (acidificado)	25% Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0	316
Cloreto cúprico (acidificado)	16% Cu	CuCl_2	0	710
Sulfato de ferro (acidificado)	20% Fe	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	-	156,5
Sulfato de magnésio	9,67% Mg	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20	710
Sulfato de manganês (acidificado)	27% Mn	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0	1053
Molibdato de amônio	54% Mo	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	430
Molibdato de sódio	39% Mo	Na_2MoO_4	6,8	-
Sulfato de zinco	36% Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20	965
Quelato de zinco	5% - 14% Zn	DTPA e EDTA	-	Muito solúvel
Quelato de manganês	5% - 12% Zn	DTPA e EDTA	-	Muito solúvel
Quelato de ferro	4% - 14% Fe	DTPA, HEDTA e EDDHA	-	Muito solúvel
Quelato de cobre	5% - 14% Fe	DTPA e EDTA	-	Muito solúvel
Lignosulfonado de Zn	6% Zn	Lignosulfonado	-	Muito solúvel
Lignosulfonado de Mn	5% - 14% Zn	Lignosulfonado	-	Muito solúvel
Lignosulfonado de ferro	6% Fe	Lignosulfonado	-	Muito solúvel
Lignosulfonado de cobre	6% Cu	Lignosulfonado	-	Muito solúvel

Fonte: Burt et al., 1995

Interpretação dos resultados analíticos do solo

A pesquisa agrônômica tem procurado atender à demanda por informações sobre os teores de micronutrientes no solo.

Tabela 2. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos para o Estado de São Paulo.

Teor	Boro (B)	Cobre (Cu)	Ferro (Fe)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
	Água Quente	DTPA			
	mg/dm ³ de solo				
Baixo	< 0,20	< 0,20	< 4	< 1,2	< 0,5
Médio	0,21 – 0,60	0,30 – 0,80	5 – 12	1,3 – 5,0	0,6 – 1,2
Alto	> 0,60	> 0,80	> 12	> 5,0	> 1,2

Fonte: Raij et al. (1996)

Tabela 3. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes para os solos do Estado de Goiás.

Teor	Boro (B)	Cobre (Cu)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
	Água Quente	Mehlich-1		
	m ³ de solo			
Baixo	< 0,5	< 0,3	< 2,5	< 2,0
Médio	0,5 – 1,0	0,3 – 0,6	2,5 – 5,0	2,0 – 4,0
Alto	> 1,0	> 0,6	> 5,0	> 4,0

Fonte: EMBRAPA/CNPAF, 1996.

Tabela 4. Limites de Interpretação dos resultados de análise do solo para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Classes de Interpretação	Boro (B)	Cobre (Cu)	Zinco (Zn)
	Água Quente	HCl (0,1 M)	
	mg/dm ³ de solo		
Baixo	<0,10	< 0,15	< 0,20
Médio	0,10 – 0,30	0,15 – 0,40	0,20 – 0,50
Alto	> 0,30	> 0,40	> 0,50

Fonte: Comissão, ... 1994.

Os critérios oficiais de interpretação para os micronutrientes adotados em São Paulo, Goiás, Rio Grande do Sul e Santa Catarina encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente. Convém lembrar que essas classes de interpretação para micronutrientes indicam a probabilidade de resposta do feijoeiro à sua adição. Deste modo, em solo com valor de baixo a médio na análise, há maior probabilidade de se obter aumento na produtividade do feijoeiro pela sua correção do que em solo com teor considerado alto ou suficiente.

Com relação à interpretação da disponibilidade de micronutrientes em Minas Gerais, há pouca informação de trabalhos de calibração, mesmo ocorrendo com frequência a deficiência de Zn ou de B. Com a finalidade de apresentar a primeira aproximação de interpretação incluem-se classes de fertilidade para Cu, Fe, Mn e Zn, extraídos com Mehlich-1 e para B com água quente (Tabela 5).

Tabela 5. Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes para o estado de Minas Gerais.

Micronutrientes	Classificação				
	Muito Baixo	Baixo	Médio ¹	Bom	Alto
	² mg/dm ³				
Cobre (Cu) ³	0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	> 1,8
Ferro (Fe) ³	8	9-18	19-30	31-45	> 45
Manganês (Mn) ³	2	3-5	6-8	9-12	> 12
Zinco (Zn) ³	0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	> 2,2
Boro (B) ⁴	0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	> 0,90

¹ O limite superior desta classe indica o nível crítico.

² mg/dm³ = ppm (m/v)

³ Método Mehlich-1

⁴ Método água quente

Fonte: (Comissão...,1999).

Recomendação de adubação com micronutrientes no solo

Para se obter produtividade elevada, grãos de boa qualidade e relativa resistência à pragas e às doenças, há necessidade de nutrição mineral adequada, que é conseguida com adubação básica equilibrada, quantitativa e qualitativa.

O aumento crescente de deficiências de micronutrientes discutido anteriormente, causa prejuízos à produtividade do feijoeiro, o que motiva maior preocupação em supri-los adequadamente à cultura.

Os micronutrientes, exceto o ferro, dependendo das quantidades aplicadas ao solo, podem apresentar efeito residual por vários anos (Raij et al., 1996). Aconselha-se, nesse caso, um monitoramento através de análises do solo para acompanhar a variação dos micronutrientes no solo, principalmente nas áreas irrigadas por pivô central, cuja exploração é intensiva.

Esse é o método de aplicação de micronutrientes mais comum, que pode ser a lanço ou em sulco de plantio, juntamente com os macronutrientes. Há três critérios básicos para a aplicação de micronutrientes.

Adubação de prescrição

Por este método, a recomendação de adubação baseia-se nos resultados da análise química do solo e/ou da planta, sendo feita somente para aqueles micronutrientes necessários e de acordo com a interpretação. Este método evita a aplicação desnecessária de micronutrientes e, ao mesmo tempo, fornece ao solo e à planta aqueles que estão em baixa disponibilidade no solo, obedecendo critérios técnicos de recomendação.

Para as condições de cerrados, a EMBRAPA/CNPAP (1996) fornece as seguintes recomendações, as quais devem ser aplicadas juntamente com os macronutrientes no sulco de plantio de feijão (Tabela 5).

Tabela 6. Recomendação para aplicação de micronutrientes para solos de cerrado.

Boro			Cobre		
Muito Baixo	Baixo	Crítico	Muito Baixo	Baixo	Crítico
mg/dm^3					
< 0,5	0,5-1,0	1,0	< 0,30	0,3-0,6	0,6
Kg/ha					
1,00	0,50	0,25	3,00	1,50	0,75
Manganês			Zinco		
Muito Baixo	Baixo	Crítico	Muito Baixo	Baixo	Crítico
mg/dm^3					
< 2,5	2,5-5,0	5,0	< 2,0	2,0-4,0	4,0
Kg/ha					
2,00	1,00	0,50	4,00	2,00	1,00

Extratores: B-água quente; Cu, Mn e Zn-Mehlich

Fonte: EMBRAPA/CNPAP (1996)

Ambrosano et al. (1996) sugerem a aplicação de 3 kg de Zn/ha quando o seu teor no solo, pelo extrator DTPA, for menor que $0,6 \text{ mg/dm}^3$ e 1 kg de B/ha, quando o seu teor (água quente) for abaixo de $0,21 \text{ mg/dm}^3$.

Há outra sugestão de adubação que pode servir de referência para correção da fertilidade do solo, levando-se em consideração nesse caso, o teor micronutriente na folha (Oliveira et al., 1996), conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 7. Correção de micronutrientes em relação ao teor de deficiência na folha.

Micronutrientes	Deficiência na folha (ppm)	Adubação (kg/ha)
B	< 30	0,5 – 1,0
Cu	< 10	0,5
Fe ⁺²	< 100	2,0 – 4,0
Mn	< 30	1,0 – 3,0
Zn	< 15	1,0 – 5,0

Fonte: Oliveira et al. (1996)

Aplicação de restituição

Este critério de aplicação de micronutrientes pode também ser usada, principalmente em áreas de altas produtividades pela ocorrência de problemas de deficiências de micronutrientes decorrentes pelas altas taxas de exportação obtidas.

O ideal é a combinação das metodologias de aplicação de micronutrientes: prescrição e restituição, ainda merecedora de pesquisas mais aprofundadas.

O que limita ainda o uso mais amplamente é a falta de trabalhos científicos procurando estabelecer taxas de eficiências das diversas fontes e modos de aplicação para os mais diferenciados tipos de solos, climas e culturas irrigadas ou não.

Alguma coisa já se conhece sobre as possíveis exportações de quantidades de micronutrientes, por tonelada produzida, em função de tetos de produtividades do feijoeiro. Os dados conhecidos são apresentados na Tabela 7, entretanto, fica sem uma definição certa das doses adequadas das fontes variadas para que essa necessidade de micronutrientes seja reposta adequadamente.

Tabela 8. Extração e exportação de micronutrientes¹.

Micronutrientes	Extração pela planta (g/ha)	Exportação (grãos)	
		g/ha	%
Fe	1.290	360	28
Mn	530	70	13
B	200	40	20
Zn	150	90	60
Cu	60	20	33

¹ El – Husny (1992); produtividade 3015 kg/ha.

Adubação generalizada

Este critério, usado no passado, está praticamente em desuso atualmente, por não utilizar análise de solo e/ou de planta. A recomendação se baseia em possível deficiência de um ou mais micronutrientes em uma região ou tipo de solo ou fator que afeta a disponibilidade dos mesmos.

Segundo Oliveira, Araújo & Dutra (1996), pode-se usar de 2 a 4 kg de Fe/ha na forma de sulfato de cloreto de ferro. Estes autores chamam a atenção para o fato de que, em alguns solos, quando o ferro é aplicado, torna-se insolúvel e pouco disponível para as plantas de forma imediata. Diante dessa situação, recomendam usar sais de ferro de vários quelados orgânicos. Para solos ácidos, o FeEDTA é o quelado mais eficiente, enquanto o FeHEDTA ou FeDTPA são recomendáveis para solos alcalinos (Lopes, 1999).

Outra opção de aplicação de micronutrientes ao solo, quando não se dispõe de resultados analíticos encontra-se na Tabela 8, conforme sugestão de Wilcox & Fageria (1976).

Tabela 9. Recomendação de aplicação de micronutrientes no solo.

Nutriente	Material e análise aproximada	Aplicação no solo (kg/ha)
Boro	Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – 10,6% B)	10 – 15
Cobre	Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 25,5% Cu)	20 – 25
Ferro	Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 20% Fe)	-
Manganês	Sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 24,6% Mn)	15
Molibdênio	Molibdato de amônio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 54% Mo)	0,5 – 1
Zinco	Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 23% Zn)	20 - 40

Fonte: Wilcox e Fageria (1976)

Adubação foliar

As plantas têm capacidade de absorver nutrientes pelas folhas, razão pela qual, a adubação foliar é viável. No caso dos micronutrientes, requeridos em pequenas quantidades, é possível atender a necessidade do feijoeiro, por meio de nutrição foliar. Entretanto, a baixa mobilidade dos micronutrientes dentro da planta, tornam-se necessárias várias aplicações durante o ciclo biológico, especialmente de B. Para tornar essa prática mais econômica, pode-se associar a adubação foliar com tratamentos fitossanitários do feijoeiro, ressaltando alguns cuidados de fitotoxicidade com certos defensivos agrícolas.

Na cultura do feijoeiro, a adubação foliar tem sido mais usada como corretiva ou suplementar e não como substitutiva de adubação realizada via solo, cujo diferencial é a quantidade de adubo aplicado.

O feijoeiro é uma planta que apresenta particularidades importantes, como ciclo curto, muito sensível às condições edafoclimáticas e sistema radicular pouco profundo. Embora seja este o órgão especializado na absorção de nutrientes, a eficiência da absorção foliar pelo feijoeiro é superior à realizada pela raiz (Lana, 1991).

Embora a adubação foliar tenha sido usada com mais frequência nos últimos anos, é ainda insuficiente o número de trabalhos específicos para a cultura do feijão. As pesquisas realizadas até agora, apresentam, na sua maioria, resultados inconsistentes. Há, portanto, necessidade de mais pesquisas para fundamentar cientificamente e tecnicamente a prática da nutrição foliar.

Objetivos da adubação foliar

Atualmente, a adubação foliar é utilizada em várias partes do mundo, em diferentes culturas, e tem como interesse prático os seguintes pontos: (i) corrigir ou suplementar deficiências de nutrientes no decorrer do ciclo da cultura; (ii) aumentar a eficiência do aproveitamento de adubos; (iii) ativar o crescimento e o desenvolvimento radicular, quando atacado por doenças e/ou pragas do solo; (iv) melhorar a formação de sementes, principalmente no terço superior da planta.

Velocidade de absorção e mobilidade dos micronutrientes no floema

A velocidade de absorção através das folhas varia entre os nutrientes e entre as espécies, considerando todos os outros fatores em igualdade de condições, conforme pode ser visto na Tabela 9, cujos dados foram compilados por Rosolém (1984).

Tabela 10. Velocidade de absorção foliar de micronutrientes¹

Micronutrientes	Tempo para 50% de absorção
Cloro	16 horas – 4 dias
Ferro	10 – 20 dias
Manganês	1 – 2 dias
Molibdênio	10 – 20 dias
Zinco	1 – 2 dias

¹ Compilado de Muraoka et al. (1983), Boaretto et al. (1983a); Wittwer (1984); Malavolta (1980); Carvalho et al. (1983) e Trivelin et al. (1983).

Quanto à mobilidade dos micronutrientes dentro da planta, quando aplicados às folhas, podem ser classificados em móvel: Cl, parcialmente imóveis: Cu, Fe, Mn, Mo e Zn e imóvel: B.

Apesar do Mo ter sido classificado com capacidade lenta de absorção (10 – 20 dias) e parcialmente imóvel quando aplicado às folhas, ele apresenta respostas satisfatórias e rápida, verificada pela mudança da cor da folhagem do feijoeiro. Sua recomendação prática decorre de um número

razoável de pesquisas, mostrando a sua influência no aumento da produtividade.

É importante ressaltar que não há grande relação entre a velocidade de absorção de um determinado nutriente e a sua mobilidade dentro da planta, o que deve ser observado na adubação foliar: *B*: tem absorção rápida, mas a sua translocação é lenta e, quando aplicado via foliar, tem a tendência de acumular nas folhas, oferecendo perigo de toxidez (Camargo & Silva, 1975); *Cu*: quando aplicado às folhas do feijoeiro, é absorvido e translocado para órgãos novos em fase de crescimento, como folhas, flores e frutos em formação (Camargo & Silva, 1975); *Fe*: sua absorção pelas folhas do feijoeiro é relativamente baixa, isto é, apenas 8% do Fe aplicado às folhas foram absorvidos após 24 horas (Wittwer & Taubner citados por Camargo, 1970); *Mn*: é rapidamente absorvido, diminuindo drasticamente a sua absorção em poucas horas, por causa da baixa mobilidade dentro da planta. O Mn é facilmente lavável, isto é, em 24 horas podem ser extraídos mais de 25% do teor nas folhas (Camargo & Silva, 1975); e *Mo*: tem baixa mobilidade na planta (Camargo & Silva, 1975); *Zn*: tem rápida absorção, isto é, em 24 horas o feijoeiro consegue absorver 50% aplicados às folhas, ao passo que a lavagem desse micronutriente é baixa, pois não se consegue retirar nem 1% de seu teor na folha (Wittner & Taubner citados por Camargo, 1970).

O tempo de absorção dos nutrientes pelas folhas do feijoeiro deve ser levado em consideração na adubação foliar, uma vez que, quanto maior o tempo para absorção, maior será a redução na sua eficiência, principalmente em condições adversas, como chuvas, orvalho, neblina e nevoeiro.

Diagnose foliar

A diagnose foliar pode ser feita através de dois métodos: (i) **sintomas visuais de deficiências nutricionais**: a diagnose visual baseia-se na identificação da deficiência e ou do excesso do nutriente de acordo com os sintomas característicos. Este método depende muito da experiência do responsável, pois os sintomas podem ser confundidos com ataque de pragas ou doenças, fitotoxicidade de agrotóxicos, pode estar ocorrendo também interação entre nutriente, dentre muito outros. Esses distúrbios nutricionais devem ser identificados, quando possível, logo no início de seu aparecimento e corrigidos imediatamente, preferencialmente através de adubação foliar (adubação corretiva). Para identificação de sintomas visuais de nutrientes, falta ou excesso, pode ser encontrado em: Malavolta (1987), Oliveira et al. (1996) e Rosolém e Marubayshi (1994) e fotos coloridas em: Berggman (1992), Bould et al. (1983), Oliveira et al. (1996), Rosolém e Marubayashi (1994) e Scaife et al. (1983); e (ii) **Análise química de folhas**: a diagnose foliar através de análise química, permite avaliar o estado nutricional da planta, verificando com segurança a deficiência, o excesso e

até mesmo o desequilíbrio em que se encontra a planta naquele estágio fenológico.

Segundo Martinez et al. (1999), a diagnose foliar pode ser utilizada em algumas das seguintes situações: na avaliação do estado nutricional e da probabilidade de respostas às adubações.

Na verificação do equilíbrio nutricional; na constatação da ocorrência de deficiências ou toxidez de nutrientes; no acompanhamento, avaliação e ajuda no ajuste do programa de adubação; e na avaliação de ocorrência de salinidade elevada em áreas irrigadas com altas doses de fertilizantes.

Para que haja o sucesso da diagnose foliar, deve ser observada a amostragem. A coleta da amostra deve ser feita em talhões homogêneos, retirando-se o primeiro trifólio completamente desenvolvido, do ápice para a base, sem ataque de doenças, pragas e sem contaminação por quaisquer produtos agrícolas. Recomenda-se coletar de 30 a 40 folíolos da área representativa.

Preparo e remessa da amostra ao laboratório: a amostra deve ser colocada em saco de papel e remetida ao laboratório no mesmo dia da coleta. Caso contrário, fazer uma lavagem do material em água filtrada ou destilada corrente, acondicionado em sacos de papel, deixando-o secar ao sol ou guardá-lo na geladeira. O principal é evitar a deterioração do material.

Interpretação dos resultados da análise foliar

A segunda fase do diagnóstico do estado nutricional da planta é feita pela interpretação dos resultados analíticos. Para isso há tabelas referenciais sobre níveis de concentração dos micronutrientes na planta.

Na interpretação dos resultados analíticos é importante a experiência do profissional, pois não se deve somente comparar números, como também verificar a planta.

Primeiramente, é importante conceituar valor crítico interno da folha como sendo a faixa de concentração do nutriente, no tecido foliar, abaixo do qual a planta sofre deficiência nutricional e acima do qual, não há resposta positiva. Se os valores forem muito altos, poderá ocorrer fitotoxicidade na planta (Oliveira et al., 1996).

Os valores críticos dos micronutrientes, apresentados na Tabela 10 referem-se ao estágio da floração como a época tradicional para coleta de folhas para determinação dos teores foliares. Trabalho recente (Chagas et al. 1996), considerando toda a parte aérea do feijoeiro (folhas, hastes e vagens), mostra que a coleta pode ser feita mais cedo (Tabela 11). Conclui-se que uma coleta de folhas 16 dias antes ou após da floração não iria afetar os resultados analíticos (Chagas et al., 1996). Nesse trabalho omitiram as análises do B e do Fe.

Tabela 11. Valores críticos dos micronutrientes na folha do feijoeiro.

B	Cu	Mn	Zn	Fe	Mo
mg kg ⁻¹					
15 – 26	4 – 20	15 – 100	18 – 50	40 – 140	0,5 – 1,5

1 mg/kg = ppm. Fonte: Ambrosano et al. (1996).

Tabela 12. Concentração média dos micronutrientes manganês, zinco e cobre na parte aérea do feijoeiro.

Tratamentos	Mn	Zn ¹	Cu
	% de Matéria Seca		
22 DAE	153	49 A	10,7
37 DAE	212	43 B	11,7
52 DAE	1194	49 A	12,2
C.V. %	22,4	5,5	7,2

1 Letras diferentes indicam diferenças significativas, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan. Fonte: Chagas et al., 1996.

Junqueira Netto et al. (2000), fizeram a coleta de 165 resultados de análise foliar durante alguns anos, em culturas com produtividades acima de 2.400 kg/ha e, chegaram aos teores adequados conforme mostra a Tabela 12. Algumas faixas de teores adequados estão de acordo com citações na literatura brasileira. Os resultados apresentados na referida tabela, têm correlação com as análises químicas do solo e, sobretudo, com o desempenho da cultura do feijoeiro e com a produtividade. As épocas de coleta das folhas foram V₄ (5/6 trifólios), R₅ e R₇ (início de cada estágio).

Tabela 13. Faixa de teores adequados na folha do feijoeiro.

B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
mg kg ⁻¹					
30 – 60	10 – 20	100 – 200	50 – 100	0,5 – 1,5	30 – 60

Fonte: Junqueira Netto et al. (2000).

Recomendação de adubação foliar

A adubação tradicional via solo, usando a raiz como órgão de absorção tem um objetivo e parâmetros definidos, assim também a nutrição via folha precisa ser definida, conhecida e estudada para ser utilizada com objetivos específicos.

A adubação foliar tem potencial para proporcionar economia de adubo via solo, conforme Tabela 13, que resumiu resultados de pesquisas que mostram a eficiência comparada de adubações via foliar e via solo (Rosolém, 1984).

A prática da adubação foliar no Brasil desenvolveu-se bem nos últimos anos. Pode ser usada como correção de deficiências e como suplementação à

adubação do solo. A adubação foliar tem conseguido resultados positivos, quando, por qualquer motivo há redução na eficiência do sistema radicular ao mesmo tempo em que ocorre acentuada translocação dos fotoassimilados das folhas para os grãos e outros órgãos da planta (fonte-dreno). Com essa translocação, normalmente ocorre diminuição da fotossíntese, levando as folhas, principalmente aquelas da metade inferior do feijoeiro, à senescência mais rápida, aumentando o dreno dentro da planta. Dessa forma, com a reposição de nutrientes via folha, poder-se-á manter a taxa fotossintética por tempo maior, o que, possivelmente, refletirá positivamente na produtividade de grãos.

A adubação foliar com nutrientes minerais pode ser feita com sais ou adubos formulados, sendo usados, neste caso, aqueles que contenham concentrações de nutrientes adequados.

Tabela 14. Eficiência de fornecimento de nutrientes via solo ou via foliar¹.

Elemento	Folha: solo
Nitrogênio	1:1,5 – 2,0
Fósforo	1:4 – 3,0
Potássio	1:3
Magnésio	1:50 – 100
Ferro	1:75 – 100
Zinco	1:3 – 20

¹ Compilada de Wittwer (1964); Rosolém et al. (1984).

No caso dos sais, encontram-se na Tabela 14 sugestões de concentrações de várias fontes de nutrientes para aplicações foliares.

Há uma recomendação mais recente de adubação foliar com micronutrientes, segundo Malavolta & Lima Filho (1997), com a finalidade de prevenção ou correção, apresentada na Tabela 15.

Há poucos trabalhos de pesquisas disponíveis sobre o emprego de nutrientes, à exceção de alguns resultados recentes com Mo. É o nutriente mais estudado no Brasil em relação à cultura de feijão (Dechen et al., 1991). Nos estudos anteriores, o Mo foi sempre fornecido à planta via solo ou via semente, entretanto, a aplicação foliar desse micronutriente é tão ou mais eficiente do que via solo (Berger et al., 1995). Como prática, recomenda-se de 80 a 90 g/ha de Mo, sendo que a época mais propícia para a sua aplicação de 14 a 28 DAE. (Berger et al., 1996). Pelos resultados obtidos com Mo, doses acima destas, podem afetar negativamente a produtividade.

Tabela 15. Concentrações médias, em %, de várias fontes de micronutrientes que podem ser usadas em aplicações foliares.

Micronutriente	Fonte	%
Fe	Fe EDTA (2% de Fe)	0,5 – 1
Fe	Sulfato ferroso (20% de Fe)	0,02
B	Bórax (11% de B)	0,2
B	Solubor (20% de B)	0,1
B	Ácido bórico (17% de B)	0,1 – 0,2
Mn	Sulfato de manganês (25% de Mn)	0,5
Zn	Sulfato de zinco (23% de Zn)	0,5 – 1
Cu	Sulfato cúprico (25,5% de Cu)	0,3

Fonte: Oliveira & Thung (1988)

Tabela 16. Doses¹ de micronutrientes para aplicação foliar.

Elemento	Kg/ha	Observação
Boro (B)	0,5	Dividida em 2-4 aplicações
Cobalto (Co)	0,025	Dividida em 2 aplicações
Cobre (Cu)	1	Dividido em 2-4 aplicações
Ferro (Fe)	4	Dividido em 2-4 aplicações
Manganês (Mn)	2	Dividido em 2-4 aplicações
Molibdênio (Mo)	0,05	Dividida em 2 aplicações
Zinco (Zn)	1	Dividida em 2 aplicações

1 Em função de desenvolvimento, sintomas, análise folhas quando fonte de Cu, Fe, Mn e Zn for quelados, usar 2/3 da dose do elemento.

Aplicação foliar de 1% de sulfato de zinco (fonte de Zn), em plântulas de feijoeiro com deficiência desse micronutriente, eliminou o sintoma (clorose) (Khan & Soltanpour, 1978). Junqueira Netto et al. (1993) recomendam a aplicação de Zn até a etapa de R₅, obtendo resultados positivos sobre a produtividade com concentração de 0,8% de sulfato de zinco.

Tratamento de sementes

É outra alternativa para aplicação de micronutrientes, a qual oferece distribuição de pequenas doses com boa precisão, quando a mistura deles à semente é homogênea.

A literatura brasileira registra trabalhos de pesquisas com micronutrientes aplicados às sementes com resultados, muitas vezes, positivos (Ruschell et al., 1979).

Recomendam-se produtos comerciais que contenham Mo e Co, nas dosagens de 15 g/ha e 0,25 g/ha, respectivamente.

Referências bibliográficas

- ALVAREZ, C. Utilização de quelatos em adubação foliar. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLÉM, C.A. Adubação Foliar. Campinas, Fundação Cargill, 1989. v.1, p.177-189.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2ª ed. Campinas. Instituto Agrônomo / Fundação IAC, p. 191 (Boletim Técnico, 100), 1996.
- BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.473-80. 1996.
- BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A. de A.; CASSIWI, S.T.A. Peletização de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com carbonato de cálcio, rizóbio e molibdênio. **Revista Ceres**, v.42, p.562-574, 1995.
- BERGMANN, W. Nutritional disorders of Plants. Gustav Fischer. Jena, Stuttgart, Nova Iorque. 1992. 741p.
- BOULD, C.; HEWITT, E.J.; NEEDHAM, P. Diagnosis of mineral disorders in plants. v.1. Principles HMSO, Londres. 1983. 170p.
- BURT, C.; OCONNOR, K.; RUEHR, T. Fertigation: Irrigation training and research center, San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995. 320p.
- CAMARGO, P.N.; SILVA, O. Manual de adubação foliar. São Paulo, Herba, 258p. 1975.
- CAMARGO, P.N. Princípios de nutrição foliar. São Paulo, Ceres. 1970.
- CHAGAS, J.M.; CARDOSO, A.A.; VIDIGAL, S.M. Épocas de amostragem da parte aérea do feijoeiro para determinação dos teores de nutrientes minerais. In: RENAFE, 5, Goiânia, 1996. **Resumos**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, p. 106-8. 1996.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO RS E SC. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3ª ed. Passo Fundo, SBCE. Núcleo Regional Sol. 224p. 1994.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELO, Q.A. de C. Diagnose visual. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS, p. 273-88.
- EL-HUSNY, J.C. Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solo do Norte de Minas Gerais. Lavras: ESAL-151 A.P. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia). 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão. Recomendação Técnica para o Cultivo do Feijão. Brasília, 32p. 1996.

- FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, L.P. de; DUTRA, L.G. Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP-APA, 40p. 1996. (EMBRAPA-CNPAP. Documento, 65).
- FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. de. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão adubação em solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, p.35-68. 1995.
- JUDY, W.; LESSMAN, G.; ROZYCKA, T.; ROBERTSON, L.; ELLIS, B.G. Field and laboratory studies with zinc fertilization of pea blonis. Quartely Bulletin. Michigan State University Agric. Exp. Station, East Lansing, v.46, p.386-400. 1964.
- JUNQUEIRA NETTO, A.; JUNQUEIRA, A.D. de A.; JUNQUEIRA, G.D. de A. Resultados de análise foliar correlacionados com o sintoma visual e a produtividade do feijão. Lavras, MG. UFLA. 2000 (não publicado).
- JUNQUEIRA NETTO, A.; LUNKES, J.A.; CARVALHO, J.G. de. Efeito de adubação foliar suplementar com N, P, K, B e Zn sobre a produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, 1993. Londrina. **Resumos**. Londrina: IAPAR, p.71. 1993.
- KHAN, A.; SOLTANPOUR, P.N. Factors associated with chlorosis in dryland beans. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.6. p.1022-22. 1978.
- LANA, A.M.Q. Adubação foliar na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) associada à adubação no sulco de plantio. Viçosa: UFV. 60p. 1991. (Dissertação de Mestrado).
- LOPES, A.S. Micronutrientes: Filosofias de aplicação e eficiência agrônômica. São Paulo: ANOA, 1999. 70p. (Boletim Técnico, 8).
- MALAVOLTA, E. Leguminosas: feijões e soja. In: Manual de calagem e adubação das principais culturas (p. 102-150). Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 1987. 496 p.
- MALAVOLTA, E.; LIMAFO, O.F. Nutrição e Adubação do Feijoeiro. In: Tecnologia da Produção do Feijão Irrigado: FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. (Ed.). Piracicaba. ESALQ-USP. 1997. p.22-51.
- MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G. de; SOUZA, R.B. de. Diagnose foliar. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa, MG. 1999. 359p.
- OLIVEIRA, I.P. de; ARÁUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAUA, C.A.; STONE, I.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (ed.). **Cultura do feijoeiro no Brasil**. Piracicaba, POTAFOS, p.169-221. 1996.
- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMERMANN, M.J.D.; ROCHA, J.A.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do feijoeiro**,

- fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFÓS, p.175-212. 1988.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 285p. (boletim Técnico, 100). 1996.
- ROSOLÉM, C.A. **Adubação foliar.** In: SIMPÓSIO DE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA; s.I. **Anais.** Brasília: EMBRAPA, 1984, p.419-449. 1984.
- ROSOLÉM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: POTAFOS. 93p. 1987.
- ROSOLÉM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. **Seja o doutor do seu feijoeiro. Informações Agronômicas,** Piracicaba, n.68, p.1-15. Encarte - POTAFOS. 1994. (Arquivo do Agrônomo, 7).
- RUSCHEL, A.P.; ROCHA, A.C.M.; PENTEADO, A. **Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** **Pesq. Agrop. Bras.,** Rio de Janeiro, v.5, p.49-52, 1970 (Série Agrônômica).
- SCAIFE, A.; TURNER, M.; WOOD, P. **Diagnosis of mineral disorders in plants.** v.2. **Vegetables. Mix. Agric. Fisheries and Food, Agric. Res. Council HMSO.** Londres. 1983. 96p.
- VALE, F.R. do; GUEDES, G.A.; GUILHERME, L.R.G. **Manejo da fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE. 200 p. 1995.
- WILCOX, G.E.; FAGERIA, N.K. **Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção.** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 22 p. 1976.(EMBRAPA/CNPAF. Boletim, 5).
- WITTEWER, S.H. **Foliar absorption of plant nutrients.** **Adv. Frontiers Plant Science,** v.8, p.161-82. 1964.

ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO: NOVAS TENDÊNCIAS

WAGNER NUNES

Engenheiro Agrônomo. Consultor agrônômico.
Agro-Sistemas. Formosa, GO. +61-6421166

Introdução

Nesse trabalho apresentar-se-á uma síntese do que a Agro-Sistemas está executando em áreas sob pivô central com relação a adubação de feijão irrigado (sobretudo no cultivar pérola), no entorno do Distrito Federal, objetivando o incremento de produtividade e rentabilidade da atividade agrícola considerada.

Situação atual

Na Tabela 2 (e na Figura 1) é apresentado o fertigrama ilustrativo dos teores médios dos elementos referentes à análise de solo das áreas correspondentes a 100 pivôs centrais de região do entorno do Distrito Federal. Cabe salientar que as amostras foram coletadas na profundidade de 0 a 20cm.

Tabela 1. Resultado de análise de solo da região do entorno do Distrito Federal (resultados médios de 100 amostras)

pH (água): 6,1	S: 9,4 mg/dm ³	Cu: 1,68 mg/dm ³
Ca: 3,4 cmol./dm ³	CTC: 9,0 cmol./dm ³	B: 0,37 mg/dm ³
Mg: 1,28 cmol./dm ³	V: 56,4%	K/CTC: 4,4%
Al: 0 cmol./dm ³	P: 18,8 mg/dm ³	Mg/CTC: 14,2%
H+Al: 3,75 cmol./dm ³	Mn: 21,2 mg/dm ³	Ca/CTC: 37,7%
K: 0,4 cmol./dm ³	Zn: 11,8 mg/dm ³	(H+Al)/CTC: 41,7%

Tabela 2. Teores críticos e/ou de equilíbrio utilizados

Nutriente	Teor crítico	Nutriente	Teor crítico
Fósforo	15 a 40 mg/dm ³	Boro	1,0 mg/dm ³
Potássio	3 a 5% da CTC	Manganês	5,0 mg/dm ³
Cálcio	38 a 45% da CTC	Zinco	4,0 mg/dm ³
Magnésio	9 a 15% da CTC	Cobre	0,6 mg/dm ³
Enxofre	11 a 15 mg/dm ³		

1 Extrator: água quente

2 Extrator: Mehlich 1

A análise do fertigrama apresentado, permite concluir que: (a) não se evidencia acentuadas carências nutricionais nas áreas trabalhadas. Isso se deve a basicamente dois fatores: (i) a maioria dos pivôs centrais são instalados em áreas já cultivadas há vários anos; (ii) as adubações

empregadas em culturas irrigadas tendem a ser mais intensivas resultando no aumento da fertilidade dos solos; **(b)** as principais carências nutricionais estão relacionadas ao fósforo, enxofre e boro.

Quanto ao fósforo, embora sua carência não tenha sido mostrada no fertigrama, em vários casos o nível de fósforo das áreas consideradas apresenta-se abaixo de 11 mg/dm^3 , visto que o fósforo é um dos elementos que exige maior imobilização de recursos para a elevação de sua concentração no solo e nem sempre se utiliza a prática da fosfatagem. Assim, sua veiculação apenas na forma de adubação de manutenção tornam-se necessários vários anos para a sua correção, por causa da fixação pelas argilas e pela pobreza química natural encontrada nas áreas sob cerrado.

O enxofre, embora extremamente barato, quando utilizado na forma de gesso, via de regra tem sido negligenciado e só recentemente tem sido enfatizado sua importância na agricultura, assegurando a obtenção de rendimentos satisfatórios. Diga-se de passagem que mesmo as ações de correções com superfosfato simples (S.S.), que adicionam enxofre ao sistema (12%), não tem sido suficientes para corrigir satisfatoriamente o nível desse nutriente no solo, face às quantias utilizadas na prática, ou seja, aproximadamente 1000 kg/ha S.S. Ainda, pode-se afirmar que seria também um imenso contra-senso utilizar S.S. como fonte de sulfato de cálcio para correção de solo. O mesmo raciocínio poderia ser transportado para o uso de Sulfato de Amônio, para esse fim.

O uso de formulações N-P-K também pode ser considerado como fonte de enxofre; todavia somente no caso de manutenção (30 a 35 kg/ha de enxofre) e jamais para correção. Também, o enxofre ligado à matéria orgânica pode se constituir em outra fonte interessante desse nutriente, visto que o teor médio de matéria orgânica obtido nas análises realizadas foi de $2,5\%$. Porém, essa estratégia pode ser comprometida pela acentuada irregularidade de manejo dos pivôs quanto ao sistema de produção (direto ou convencional), pois poucos são os casos em que se tem áreas sob pivô com mais de 4 anos consecutivos em Plantio Direto. Ainda, algumas vezes ocorre do produtor queimar a palhada da cultura anterior objetivando facilitar a operação de semeadura do feijão, por problemas de improvisação de equipamentos, ocorrência de patógenos necrotróficos e lesmas, entre outros. E, por essas razões, dificilmente poder-se-á contar com a estabilidade de matéria orgânica como fonte de qualquer nutriente. Some-se a isso o fato de muitos agricultores e técnicos ainda aceitarem o paradigma de que o gesso poderia carrear bases para o subsolo, quando hoje a ênfase moderna é transformar o subsolo num ambiente para desenvolvimento de raízes e reservatório de nutrientes.

Por outro lado, se for considerado o fato de que o enxofre é mais exigido que o fósforo, por exemplo, e que ele é um elemento constituinte de alguns aminoácidos, bem como é significativamente exportado via grão (cada

tonelada de grão exige 25 kg/ha de S), pode-se inferir que o enxofre é um dos mais importantes limitadores de produtividade, principalmente nas áreas de pivô amostradas.

Quanto ao Boro, verifica-se no fertigrama mencionado (figura 1), que o mesmo é o único elemento que apresenta índices baixos. E, para a cultura de feijão, o teor adequado de Boro é fundamental, pois em trabalho desenvolvido em hidroponia, Mariot e Parra (1997) observaram que a ausência de boro impediu que a planta completasse seu ciclo biológico.

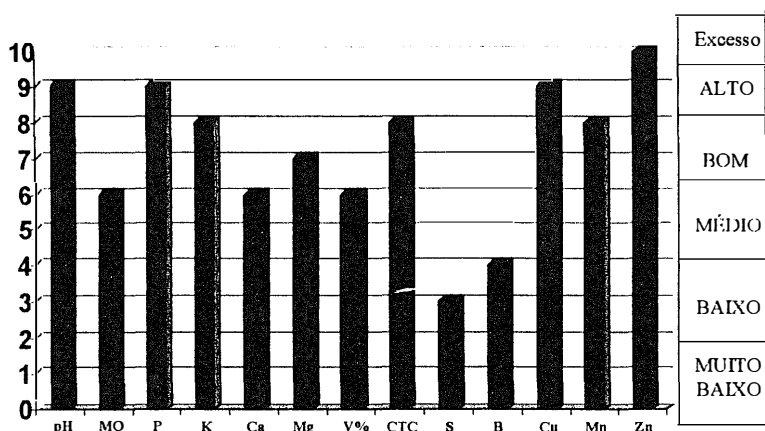


Figura 1. Análise dos dados de solo. Região do Entorno do Distrito Federal. Fertigrama dos dados (Tabela 2).

Assim, se for considerado o histórico de manejo dessas áreas, pode-se concluir que algumas das causas dessa situação foram: (i) ênfase na utilização apenas do Zinco (Zn), nos anos anteriores; (ii) baixo nível de Boro (B) presente nas fritas utilizadas como fonte de micronutrientes; (iii) aceitação do paradigma de que o intervalo entre carência e toxidez de boro é muito estreito, inibindo a sua plena utilização e (iv) o uso de fontes de boro com alta solubilidade (em H_2O). Esses tipos de fonte tem possibilitado a adsorção de boro pelas argilas e sua conseqüente indisponibilidade para as plantas, conforme apontado por Yamada (2000).

Os principais desequilíbrios entre nutrientes evidenciados pelas análises foram: (i) baixo teor de cálcio na CTC; (ii) excesso de zinco; (iii) relação Ca/Mg estreita; e (iv) alta participação de Mg na CTC.

Baixo teor de cálcio na CTC (Capacidade de Troca de Cátions)

Embora exista alguns técnicos que defendam apenas o nível absoluto do cálcio e, nesse caso, o teor médio encontrado seria suficiente para a camada de 0 a 20 cm, evidências de campo comprovam que o equilíbrio das bases

assume papel mais importante que o teor em si, a partir do momento em que os níveis críticos dos nutrientes considerados são atingidos. Como são necessários, pelo menos, $0,5 \text{ cmol/dm}^3$ de cálcio para ocorrer o crescimento radicular de forma significativa, mostra-se fundamental a presença de cálcio em profundidade. Como o cálcio é considerado imóvel na planta e os carbonatos são de baixa mobilidade no solo, só é possível deslocar cálcio em profundidade se for ampliada a profundidade de incorporação dos calcários no nível desejado, ou então se for utilizado o sistema de plantio direto, fundamentado em programas eficientes de rotação de culturas e adubação do sistema. Em plantio direto, o cálcio poder'aser carreado, indiretamente, para camadas mais profundas pelas raízes das culturas utilizadas na rotação e pela ciclagem dependente dos organismos da solo.

Outro aspecto do equilíbrio referente à quantidade relativa de cálcio na CTC, nas amostras analisadas, é que o pH encontrava-se em 6,1 e, portanto não seria interessante utilizar medidas que contribuíssem para o aumento do cálcio e ao mesmo tempo elevasse ainda mais o valor de pH.

Excesso de zinco

Em análise efetuada com auxílio do DRIS referente às culturas de milho soja, isto tem se apresentado rotineiramente. Porém, nas áreas amostradas esse fato tem se repetido e embora o zinco e cobre sejam essenciais, o feijoeiro não tem apresentado respostas acentuadas para esses elementos. Assim, algumas evidências tem manifestado não mais haver necessidade da continuidade de aplicação de zinco, em solos amplamente cultivados.

Relação Ca/Mg estreita e elevada participação do Mg na CTC

O uso quase que exclusivo de calcário dolomítico na correção do solo é a causa principal desse desequilíbrio. No entorno do Distrito Federal é recente a utilização de calcário calcítico nas recalagens, o que vem contibundo para a melhoria dessa relação.

Mais uma vez, ressalta-se que não se trata de problemas com os níveis absolutos de nutrientes, em si, mas da composição relativa das bases na CTC.

Estratégia adotada

Para a correção das carências e dos desequilíbrios discutidos foram adotadas as seguintes estratégias: (i) utilizar com gesso agrícola como condicionador de solo ou pelo menos como fonte de S, valendo-se de critério fundamentado no teor de argila. (quantidade de gesso (t/ha) para correção = $40 \times \text{teor (\%)} \text{ argila na camada de 20 a 40cm}$, e quantidade de gesso (t/ha) para manutenção = $30\text{kg/ha de S na linha de semeadura, via fertilizante ou } 80\text{kg/ha de S à lanço}$); (ii) eliminar todo o potássio da linha de semeadura e, ultimamente, em muitos casos, não adubar com Potássio.

Inúmeros são os trabalhos que mostram a baixa resposta maior do feijoeiro à adubação potássica, além disso, o cloreto de potássio poderá ocasionar um aumento da salinidade ao nível da rizosfera, provocando queima de raízes, alterando a arquitetura de raiz (fancelli, 2000) e abrindo porta de entrada para fungos de solo. Ainda, alguns trabalhos mostram que, a partir de 50 a 60 mg/dm³ no solo, pode-se até obter respostas negativas à adição de K. Nas áreas consideradas áreas, tem-se trabalhado há mais de 4 anos com o seguinte critério: **(a)** solos com teor de potássio inferior a 50 a 60 mg/dm³ e/ou inferior a 3% da CTC, para solos argilosos, ou solos com teor de potássio inferior a 5% da CTC, para solos arenosos = usar no máximo 50kg/ha de K₂O no sulco de semeadura e o restante à lanço (no máximo 50 kg/ha) de preferência em pré-semeadura (ou em cobertura); **(b)** solos com teor de potássio superior ou igual a 3% da CTC, para solos argilosos, e solos com teor de potássio superior ou igual a 5% da CTC, para solos arenosos = somente utilizar fontes de K₂O à lanço (no máximo, 30kg/ha de K₂O). Portanto, baseado nesses critérios, ultimamente, a Agro-Sistemas não tem mais utilizado adubações com potássio, na semeadura, nessas áreas apresentadas. Todavia, sempre é reposto, na cultura subsequente (normalmente uma graminínea), o potássio exportado pelo feijoeiro, o qual será devolvido mais tarde, ao sistema, via mineralização da matéria orgânica e **(iii)** maximizar o uso de Molibdênio (Mo), além de monitorar melhor o nitrogênio (Na quantidade e na fonte).

Sem dúvida alguma o nitrogênio é o macronutriente mais dificultoso quanto ao estabelecimento de parâmetros de quantificação devido às várias interações que o mesmo sofre no processo: **(a)** nitrogênio *versus* época de semeadura; **(b)** nitrogênio *versus* cultivar; **(c)** nitrogênio *versus* sistema de cultivo (plantio direto ou plantio convencional); **(d)** nitrogênio *versus* rotação e **(e)** nitrogênio *versus* fonte.

Assim, tem-se adotado os seguintes critérios: **(a)** nitrogênio *versus* época de semeadura. Para semeaduras entre fevereiro e abril e entre outubro e novembro, recomenda-se o uso de 50 a 70 kg/ha de N (quantidade total), sendo 15 a 20 kg/ha na semeadura e o restante em cobertura no V₄ (operação única). Para semeaduras entre maio e agosto, recomenda-se o uso de 70 a 90 kg/ha de N (quantidade total), sendo 25 a 30 kg/ha na semeadura, e o restante em cobertura, sendo a primeira no V₄ (85% do total) e outra no R₈ (15%); **(b)** nitrogênio *versus* cultivar. Em trabalho realizado por Barbosa, no CNPAF/EMBRAPA, observou-se a maior eficiência da variedade Apore no uso de nitrogênio em relação a variedades do tipo I (hábito de crescimento determinado). Assim, quando forem semeadas variedades de feijões mais precoce (tipo I), é interessante aumentar 20 kg/ha de nitrogênio em relação à recomendação normal para feijões de crescimento indeterminado (tipos II e III), principalmente para a variedade pérola. Nessa safra de verão, também foi aumentado o nitrogênio para variedades de hábito de crescimento mais

eretos como Rudá, IAPAR 81, Engopa, FT Nobre e FT BioNobre, com resultados compensadores; **(c)** nitrogênio *versus* sistemas de cultivo e de rotação. Em sistemas de plantio direto, recomenda-se usar, sempre, 20 kg/ha de nitrogênio a mais em relação ao sistema convencional, principalmente se a cultura anterior tenha sido gramínea. Nesse caso, essa quantidade de nitrogênio deve ser distribuída, de preferência, antes da semeadura do feijão (cerca de 15 dias). Se a cultura antecessora for leguminosa pode-se até diminuir a quantidade de nitrogênio projetada, não sendo normalmente necessária a aplicação de N no R₈ (15%); e **(d)** nitrogênio *versus* fonte. A ênfase atual tem sido dada ao uso do nitrato de amônio em relação a uréia, sobretudo sob condição de sequeiro. Em áreas irrigadas o problema da volatilização da uréia pode ser minimizado quando a aplicação é realizada à noite e quando for utilizada uma lâmina de água de, pelo menos, 13 mm. Todavia, alguns trabalhos vêm mostrando maior eficiência agrônômica do nitrato de amônio em relação à uréia, principalmente sob o ponto de vista fisiológico e biológico, quando o nitrogênio adicionado na forma nítrica e amoniacal na relação 1:1, conforme discutido por Fancelli e Dourado-Neto (2000).

Aliado a essas considerações, a Agro-sistemas sempre tem trabalhado com cerca de 80 g/ha de molibdênio, face aos inúmeros trabalhos que tratam de sua importância no metabolismo do nitrogênio, e na conseqüente resposta do feijoeiro a esse elemento

Fontes de fósforo solúveis em água e proximidade à semente (arranque) quando houver histórico de fungos de solo na área

O fósforo é, com certeza, o elemento que mais exige recursos para sua correção nos solos de cerrado. E, embora o feijoeiro não seja um grande extrator desse elemento (9kg/ton de grão) o mesmo é decisivo para o sucesso da cultura, e equívocos no programa de adubação trará sérios problemas de produtividade.

Via de regra, a Agro-Sistemas tem optado pelo uso preferencial de fontes solúveis em água para fósforo, pois o fósforo e o nitrogênio são os principais elementos que determinam o arranque inicial e rápido crescimento do sistema radicular das plantas, principalmente em condições de estresse biológico. Essa preferência pode ser decisiva no manejo de fungos de solo, pois plantas que mais rapidamente se desenvolvem apresentam maior capacidade de tolerar o ataque de fungos.

Assim, com essa finalidade, tem-se indicado para: **(i)** semeaduras efetuadas até meados de abril (temperatura mínima superior a 14°C) e após julho, recomenda-se o uso de 60 a 80 kg/ha de P₂O₅ (MAP) abaixo e a 5 cm da semente; e **(ii)** semeaduras efetuadas entre meados de abril (temperatura mínima superior a 14°C) e julho, recomenda-se o uso de 80 a 120 kg/ha de P₂O₅ (MAP) colocado abaixo e no máximo de 3 cm da semente.

Quando se coloca o fósforo próximo à semente, faz-se necessário a garantia da ausência de estresse hídrico. Um aspecto negativo dessa prática relacionada à aproximação do adubo à semente refere-se à indução de enraizamento superficial. Todavia, objetivando a minimização dos prejuízos advindos dos fungos de solo, apesar do enovelamento das raízes, essa medida é compensadora.

Na safra passada, foi realizada uma experiência quanto à modificação da forma de aplicação do fósforo, conforme apresentado na Tabela 3. Cumpre salientar que essa área irrigada por pivô já evidenciava alto teor de fósforo (superior a 15 mg/dm³), apesar de possuir sérios problemas de fungos de solo. Os resultados obtidos mostraram que ao repartir a quantidade de fósforo aplicada em duas modalidades de aplicação (no sulco e à lanço), além de favorecer o aumento do rendimento, possivelmente contrinuiu para o estímulo mais rápido de enraizamento, quando comparado com a aplicação exclusiva de fósforo no sulco de semeadura. Ess fato, com certeza, foi decisivo para a maior produção de raízes e para a ampliação da capacidade de tolerância da planta a fungos de solo.

Tabela 2. Dose e forma de aplicação de fósforo no solo.

Quantidade de fósforo	Modalidade de aplicação	Rendimento (sc/ha)
100 kg/ha de P ₂ O ₅	100% a lanço	46,3
100 kg/ha de P ₂ O ₅	50% a lanço e 50% no sulco	64,5
100 kg/ha de P ₂ O ₅	100% no sulco	61,7
150 kg/ha de P ₂ O ₅	1/3 a lanço e 2/3 no sulco	75,0

Fonte: Agro-Sistemas (2000)

Adubação, via solo, apenas com boro, e complementação com boro e demais micronutrientes via foliar

Na Tabela 1 verifica-se que apenas o boro encontra-se em valores abaixo do considerado ideal. Os outros micronutrientes Zn, Cu e Mn estão, em média, acima do nível crítico. Essas constatações, aliadas à presença de pH médio de 6,1 (em água) e saturação por bases (V%) de 56,4% (se a amostragem for representativa da profundidade de 0 a 10 cm, esses valores seriam correspondentes a pH 6,8 e V% superior a 65%), foram implementadas as seguintes estratégias de manejo: (i) elevar o nível de boro para 0,6mg/dm³ com ácido bórico (que, normalmente, se mostra ineficiente); e (ii) aplicar boro, cobre, manganês e zinco, em quantidades necessárias para a manutenção de plantas, mediante adubações foliares seguindo os seguintes critérios: (a) utilizar a tabela de extração de micronutrientes pelo feijoeiro para definir a quantidade a ser aplicada; (b) considerar que 2/3 deverá ser fornecido pelo solo e o restante deverá ser aplicado via folha; e

(c) aplicar os micronutrientes, via folha, nos estádios fenológicos V_4 (50%) e R_5 (50%) para boro e manganês e aplicação única de Zn e Cu, V_4

A aplicação dos nutrientes em V_4 normalmente não é confirmada pela análise foliar. Porém, a aplicação em R_5 só é executada caso os resultados da análise foliar manifestar a necessidade. As quantidades aplicadas normalmente são: manganês = 300 g/ha; boro = 70 g/ha; cobre = 25 g/ha e zinco = 100g/ha, por aplicação.

A definição da quantidade aplicada sempre deverá respeitar a proporcionalidade de extração entre os micronutrientes e na falta de critério mais seguro, apregoa-se a utilização das tabelas de extração dos elementos pela espécie vegetal considerada.

Estudo de Caso (um exemplo de resultado da estratégia adotada)

No mês de Junho de 1999, em área sob pivô central da Fazenda Samambaia, em Cristalina, GO, foi realizado um trabalho de acompanhamento técnico, com o intuito de comprovação das recomendações anteriormente discutidas.

Os resultados de análise de solo e adubação utilizada estão apresentados nas tabelas 4 e 5, respectivamente. Salienta-se que foram coletadas para análise semanal, sempre o primeiro trifólio adulto a partir da guia principal e que nessa foi obtido o rendimento de 55 sc/ha.

Tabela 4. Resultados da análise de solo - Fazenda Samambaia - Cristalina, GO (Cultivar pérola semeado em 10 de junho de 1999)

PH (água): 5,7	Boro: 0,4 mg/dm ³
Matéria orgânica: 3,5 g/kg	Zinco: 3,5 mg/dm ³
CTC: 8,7 cmol/dm ³	Cobre: 1,4 mg/dm ³
Saturação por base: 51%	Manganês: 17,5 mg/dm ³
Fósforo: 7,0 mg/dm ³	Ferro: 59 mg/dm ³
Potássio: 95 mg/dm ³	Potássio: 2,75%
Enxofre: 17,5 mg/dm ³	Magnésio: 11,5%
Cálcio: 3,2 cmol _c /dm ³	Cálcio: 3,7%
Hidrogênio + Alumínio:- cmol _c /dm ³	Hidrogênio + Alumínio: 48,75%

Tabela 5. Programa de adubação executado, com discriminação da fonte e da dose empregada (Fazenda Samambaia - Cristalina, GO).

Adubação executada	Fonte	Dose
Semeadura	MAP	180 kg/ha
Cobertura	Uréia	(V ₃):100 kg/ha; (R ₈): 30 kg/ha
Foliar	VIP feijão	(V ₄) 2,5 kg/ha
	Mn	300 g/ha
	Zn	100 g/ha
	B	70 g/ha
	Cu	50 g/ha
	CaB.820	70 g/ha
	Mangan.10	240 g/ha

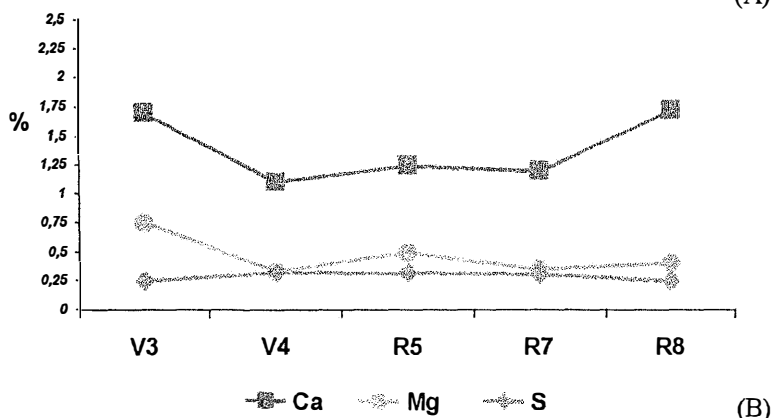
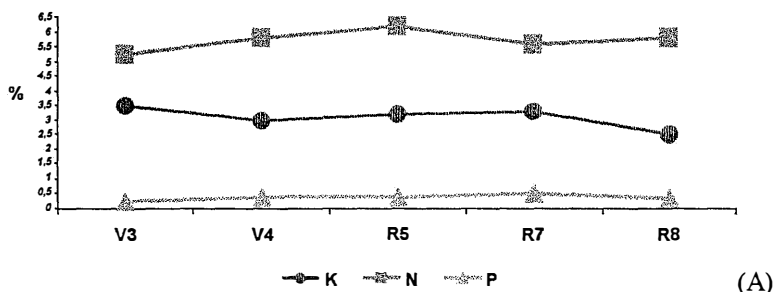


Figura 2. Teor de macronutrientes, (A) primário (K: potássio, N: nitrogênio e P: fósforo) e (B) secundário (Ca: cálcio, Mg: magnésio e S: enxofre), nas folhas em função dos estádios fenológicos. Fazenda Samambaia (pivô III). Cristalina, GO. Produtor: Morelos Adolfo Verbage Vasquez. Safra: junho a setembro de 1999.

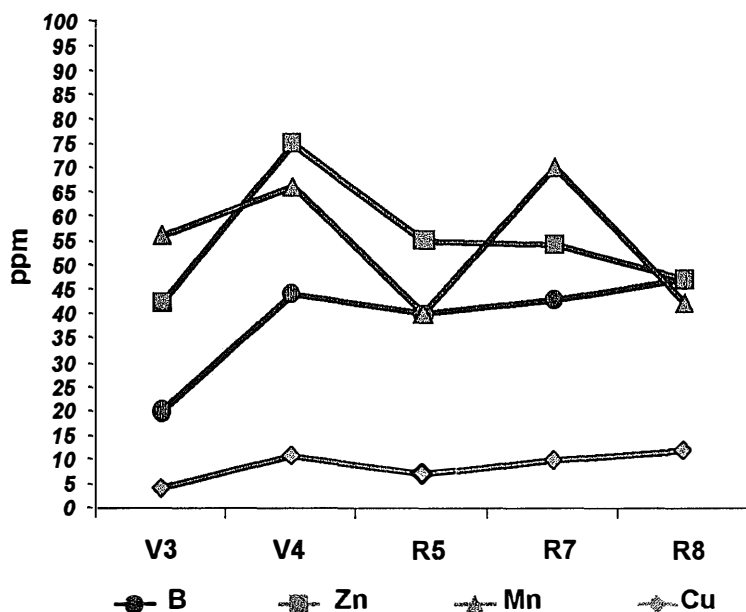


Figura 3. Teor de Micronutrientes nas folhas em função dos estádios fenológicos. Fazenda Samambaia (pivô III). Cristalina, GO. Produtor: Morelos Adolfo Verbage Vasquez. Safra: junho a setembro de 1999.

Nas Figuras 2 e 3, apresentadas a seguir, podem ser observados os teores dos nutrientes analisados, que se comparados com as tabelas de teores foliares adequados disponível na literatura, conclui-se que a estratégia apresentada se mostrou viável para a resolução dos problemas nutricionais do feijoeiro.

Uma inferência estatística de nosso trabalho

Após 5 anos de atuação com essa metodologia, foi elaborada a análise estatística dos teores foliares dos rendimentos obtidos. Para tanto, foram escolhidas 100 análises de folha, correlacionadas com áreas responsáveis por rendimentos superiores a 45 sc/ha. Assim, pela avaliação da distribuição normal dos dados, conforme constatado na tabela 5, verifica-se que os teores foliares médios encontram-se em, pelo menos 78% dos casos, dentro da condição necessária para satisfazer a distribuição normal. Esse fato tem garantido a adoção das faixas de estado nutricional com a qual a Agro-Sistema tem trabalhado regionalmente. Todavia, não se tem a pretensão de designar níveis tóxicos ou de deficiência, apenas faixas consideradas adequada, inferior e superior. Assim, pela metodologia discutida, toda vez que a análise foliar indicar um teor que se enquadra na faixa considerada

inferior ele é corrigido . Para os nutrientes P, S e B objetiva-se sempre a faixa superior e, para os demais, a faixa adequada. Mesmo que não seja um critério eminentemente científico, sua aplicação tem contribuído decisivamente para a obtenção de rendimentos compensadores (Tabela 6).

Tabela 6. Avaliação do estado nutricional de plantas de feijão (valores médios oriundos de 100 amostras de folhas relacionadas a diferentes áreas com rendimento superior a 45 sc/ha no período compreendido entre os anos de 1995 e 2000).

Unidade	Nutriente	Média	Intervalo	Percentual		
				dentro	acima	abaixo
%	Nitrogênio	5,63	4,96 a 6,30	80,0	11,7	8,3
	Fósforo	0,45	0,37 a 0,53	80,0	16,0	4,0
	Potássio	2,92	2,27 a 3,57	82,0	9,0	10,0
	Magnésio	0,48	0,37 a 0,59	80,0	9,0	11,0
	Cálcio	1,37	1,11 a 1,63	78,0	17,5	4,5
	Enxofre	0,29	0,22 a 0,36	80,0	17,5	2,5
mg/kg ¹	Manganês	86	57 a 115	78,5	12,0	9,5
	Zinco	64	42 a 86	80,0	20,0	-
	Cobre	14	9 a 19	84,0	9,0	7,0
	Boro	37	30 a 44	75,0	7,0	18,0

1 ppm (parte por milhão)

Tabela 7. Faixa de teores foliares de nutrientes adotada pela Agro-Sistemas. Luziânia, GO.

Unidade	Nutriente	Teor		
		Baixo	Adequado	Alto
%	N	4,2 a 4,9	4,9 a 6,3	6,3 a 7,0
	P	0,29 a 0,37	0,37 a 0,53	0,53 a 0,62
	K	1,62 a 2,27	2,27 a 3,57	3,57 a 4,22
	Ca	0,84 a 1,11	1,63	1,63 a 1,89
	S	0,15 a 0,22	0,36	0,36 a 0,43
	Mg	0,26 a 0,37	0,59	0,59 a 0,70
mg/kg ¹	Zn	21 a 42	42 a 86	86 a 107
	B	23 a 30	30 a 44	44 a 51
	Cu	4 a 9	9 a 19	19 a 24
	Mn	28 a 57	57 a 115	115 a 144

1 ppm (parte por milhão)

Referências bibliográficas

EMBRAPA. Curso de atualização tecnológica para o cultivo do feijoeiro comum. Goiânia, Embrapa CNPAF, 1999. 62p.

- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Tecnologia de Produção de Feijão. Curso de Tutoria à Distância. Piracicaba: FEALQ, 1999. 456p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo. Piracicaba: PUBLIQUE, 1999. 194p. (Departamento de Produção Vegetal, ESALQ, USP).
- REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6. Salvador, BA. 1999. Resumos expandidos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 880p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 99)
- SILVA, R. A. (Coord.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786p.

PROBLEMAS DE FERTILIDADE DE SOLO NOS CERRADOS

TSUIOSHI YAMADA

Eng. Agr. Dr. Diretor da POTAFOS.

Rua Alfredo Guedes, 1949. Ed. Raciz Center, sala 701.
Caixa Postal 400. Piracicaba, SP. 13400-970. +19-4333254

A caracterização dos solos de cerrado e as suas desordens nutricionais foram bem estudadas por Lopes (1983) e Malavolta & Kliemann (1985). Esses dois autores classificaram os problemas de fertilidade na seguinte ordem decrescente de limitações: acidez > falta de P > falta de S ou K > falta de Zn > falta de B > falta de Cu > falta de N = falta de Mn.

O livro "Solos dos Cerrados - tecnologias e estratégias de manejo" foi editado por Goedert (1985). Neste livro, a equipe técnica do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados faz um resumo do conhecimento científico da época que permitiu a abertura e a ocupação dos cerrados. Apesar dos 15 anos da sua edição, é ainda um livro muito útil, principalmente para agricultura convencional.

As últimas duas décadas presenciaram o grande avanço do sistema de plantio direto que hoje ocupa ao redor de 14 milhões de hectares. Neste sistema, a matéria orgânica ocupa um lugar especial, principalmente na neutralização do alumínio tóxico. Dentro deste novo contexto, há necessidade de reavaliar a própria prática da calagem.

A Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, mais conhecida como Fundação MT, com sede em Rondonópolis-MT, tem um programa de monitoramento dirigido de adubação (PMA), englobando perto de 200 mil hectares, principalmente com a cultura da soja. No seu terceiro ano de monitoramento, o PMA permitiu constatar que: (i). O teor de matéria orgânica aumentava com o teor de argila do solo; (ii) Aproximadamente 40% das amostras estavam com pH (em CaCl_2) menor que 5,0; (iii) Ao redor de 60% dos solos com menos de 40% de argila, 32% dos solos com 41-60% de argila e 46% dos solos com mais de 60% de argila apresentavam V% menor que 50%. No entanto, o teor de Ca estava na faixa média/alta em quase 100% das amostras. O mesmo também ocorria para o Mg, exceto nos solos com menos de 40% de argila, quando a incidência de deficiência ocorria em menos de 20% das amostras; (iv). Ao redor de 40% das amostras ainda apresentavam teores de P-resina $< 15 \text{ mg.dm}^{-3}$ considerados como baixos; (v). Ao redor de 95% das amostras com teores de argila menor que 40%, e 80% das amostras com teores de argila maior que 40% apresentavam ainda deficiência de K; (vi). Para os micronutrientes, percebe-se que a correção é mais fácil para o Zn e o Mn, que apresentaram teores altos em 73,2% e 67,2% das amostras, respectivamente. No entanto, apenas 18,8% das amostras de Cu e 1,6% das amostras de B apresentavam teores altos.

Tudo leva a crer que o boro seja um nutriente que merece mais estudos. Dois dogmas consagrados na agricultura evitaram que altas doses de B fossem testadas: (i) que seria pequena a faixa entre deficiência e toxidez do elemento, e (ii) que ele sofreria lixiviação no solo. Dados da literatura e de campo mostram que estes dois dogmas são infundados.

Referências bibliográficas

- FUNDAÇÃO MT – Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso. Comunicação pessoal, 2000.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.
- GOEDERT, W.J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA, 1985. 422p.
- LOPES, A.S. Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fósforo (EUA)/Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1983. 162p.

RECONSTRUÇÃO DO SOLO E MANEJO DE PLANTAS PARA CONTROLE DE DOENÇA

JEFFERSON LUIS DA SILVA COSTA

Ph.D. Embrapa Arroz e Feijão

No feijoeiro comum, as doenças causadas por fungos de solo, constituem um complexo etiológico caracterizado pelas perdas de estande e vigor das plântulas. Presentemente, são responsáveis pelas maiores perdas de produtividade nas áreas irrigadas do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Cardoso, 1991). Estes fitopatógenos ocorrem tanto isoladamente como em associação sinérgica (Piecarka & Abawi, 1978; Cardoso & Costa, 1988).

A incidência de doenças causadas por fungos de solo, tem aumentado de forma considerável nos últimos anos, pondo em risco a sobrevivência do feijoeiro naquelas regiões como opção de cultura irrigada para o inverno. O manejo inadequado da área é uma das causas deste processo ao criar condições propícias ao estabelecimento de grandes densidades populacionais dos patógenos no solo. O fenômeno atinge proporções ainda mais alarmantes ao serem consideradas as dificuldades do controle destas doenças e o grande número de hospedeiros alternativos dos patógenos que as causam (Cardoso, 1994).

Uma vez estabelecidos em uma determinada área, estes patógenos são, invariavelmente, difíceis de serem controlados economicamente.

Doenças causadas por fungos de solo dividem-se basicamente em dois grupos distintos. As podridões radiculares e do colo causadas por *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Pithium* sp. e *Sclerotium rolfsii* e as podridões na parte aérea, provocadas por *Macrophomina phaseolina* (podridão cinzenta do caule), *Thanatephonus cucumeris* (mela) e *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco).

Os fungos de solo geralmente, encontram-se nas camadas superficiais do solo, principalmente nos primeiros 10 cm do perfil, devido a sua forte dependência de oxigênio (Cardoso, 1994).

Os métodos mais comumente usados para a determinação destes fungos no solo são o de plaqueamento de resíduos orgânicos em meios de cultura seletivos e a utilização de iscas, como sementes, fragmentos de tecidos vegetais, etc (Papavizas & Davey, 1962; Nash & Snyder, 1962; Bloss, 1970; Weinhold, 1977). Estes métodos são pouco eficientes para se detectar populações muito baixas de *Rhizoctonia* (e.g. abaixo de 1 propágulo/100 g de solo), entretanto, servem para ajudar a prognosticar, problemas com estes patógenos, principalmente se for conhecido o histórico cultural destas doenças na área de origem das amostras.

Os cultivos de feijão irrigado, apresentam condições que contribuem para o estabelecimento e manutenção de elevadas populações de ambos os microorganismos no solo, tais como: alta frequência do hospedeiro suscetível e unidade próxima do ótimo. Resultados obtidos por Garret

(1956), Baker & Martinson (1970) e Miller & Burke (1974) evidenciaram que, onde a aeração não é fator limitante, a umidade próxima à saturação propicia condições ótimas para o crescimento e infecção por estes patógenos. Outros fatores podem igualmente favorecer estes oportunistas, tais como: reduzida população microbiana do solo, como consequência do uso intensivo de produtos químicos e da redução da matéria orgânica; concentração do sistema radicular e de nutrientes provocada pela compactação do solo; pH próximo do ótimo (Huinsman, 1982; Allmaras et al., 1988); e dispersão dos restos culturais pelo arranquio e trilha.

Na relação entre a densidade e o potencial de inóculo, de fungos do solo, deve-se considerar a diversificação patogênica destes fungos. Assim, a simples detecção de elevadas densidades de inóculo não deve conduzir necessariamente ao prognóstico de elevadas perdas por podridões radiculares. Informações adicionais, como o histórico da doença na área ou a virulência dos fungos isolados, são necessárias para se concluir com maior segurança. A detecção de cinco propágulos de *R. solani* por 100 g de solo seco, tem sido relatado por Kinsbursky & Weinhold (1988) como o nível máximo tolerado de densidade de inóculo. No cerrado das regiões Centro-Oeste e Sudeste e sob condições de cultivo intensivo com irrigação por pivô central, níveis de até 50 propágulos por 100 g de solo seco foram encontrados com relativa frequência, em áreas com sérios problemas de podridões radiculares e sucessivas frustrações de safra (Cardoso, 1994).

Quanto à *F. solani*, Nash & Snyder (1962) constataram quantidades próximas a 1000 propágulos por grama de solo seco. Entretanto, este caso é ainda mais complicado, pelo fato do fungo ser um habitante natural do solo e, conseqüentemente, apenas uma pequena proporção da população ser capaz de causar doença. Os níveis encontrados nas referidas regiões produtoras do País, são próximos aos comumente relatados em outros países (Cardoso, 1994).

Fusarium solani ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de feijão no Brasil. Além do solo contaminado, onde o fungo sobrevive na forma de clamidósporos por vários anos, a principal via de disseminação do patógeno são os macro e micro conídios produzidos abundantemente na superfície das plantas infectadas (Abawi, 1989). A disseminação via semente ocorre através da contaminação da superfície das mesmas (Weber, 1983). O controle químico torna-se antieconômico e inadequado por razões diversas. O controle cultural tem sido recomendado, especialmente a rotação de culturas.

A ocorrência do mofo branco no campo é iniciada pelos ascósporos produzidos nos apotécios que emergem na superfície do solo a partir dos escleródios. Apenas os escleródios que se encontram na superfície do solo até 5 cm de profundidade são funcionais, pois as estipes dos apotécios raramente atingem mais do que 5 cm de altura. O início da doença a partir

do micélio, originado da germinação eruptiva do escleródio é raro, pois demanda o contato das hifas com os tecidos suscetíveis das inflorescências e vagens (Cardoso, 1994).

As condições ótimas para a produção de apotécios são 10 a 14 dias com potencial matricial de água do solo de -250 mb e temperatura entre 15 a 18°C, sendo inibida por temperaturas superiores a 20°C. O tempo de vida de um apotécio varia de 5 a 10 dias. Sob condições de irrigação por aspersão via pivô, a umidade não é limitante, principalmente após o início do florescimento do feijoeiro, quando este cobre totalmente o solo, provocando, durante vários dias, um microclima com umidade próxima à capacidade de campo (-300 mb). As irrigações noturnas, aliadas às condições de baixa temperatura com elevada umidade, favorecem a produção abundante de apotécios, o que tem sido observado em Paracatu-MG, Vianópolis-GO e Bela Vista-GO (Cardoso, 1994).

A resistência genética ao mofo branco, está restrita a algumas cultivares de feijão branco obtidas no Canadá (Tu, 1989) as quais, embora com potencial de uso nos programas de melhoramento, não apresentam possibilidades de utilização direta. Entre estas cultivares, destaca-se a Ex-rico 23, com resultados preliminares bastante promissores. A espécie *Phaseolus coccineus* é considerada resistente (Adams et al., 1973), e híbridos interespecíficos resistentes desta espécie com *P. vulgaris* foram obtidos por Abawi et al. (1975).

Para maior eficiência do controle químico, o mesmo deve ser necessariamente preventivo. Como o fungo coloniza inicialmente os tecidos mortos caídos no solo, os fungicidas devem ser aplicados com suficiente antecedência para prevenir tal colonização. Uma limitação da eficiência deste método deriva da forma de aplicação, visto que os equipamentos terrestres causam danos mecânicos nas planas quando o feijoeiro atinge a cobertura total do solo.

A eficiência dos diferentes produtos, depende de vários fatores, tais como: a densidade de inóculo - benomyl não controla a doença com mais de 20 apotécios/m² (Letham et al., 1976); estágio da epidemia; grau de cobertura das planas e número e intervalo das pulverizações.

Estudos sobre a influência da arquitetura da planta na ocorrência do mofo branco demonstraram um maior índice da doença em cultivares do tipo indeterminado, com crescimento vigoroso e com alta densidade de semeadura, principalmente, quando foram irrigadas excessivamente (Blad et al., 1978; Coyne et al., 1974).

Apesar da grande importância das doenças acima citadas pouca atenção tem sido dada a nível de pesquisa visando controlá-las nas condições brasileiras. As mais prováveis razões para tal descaso decorre principalmente pela desinformação sobre as perdas quantitativas oriundas direta ou indiretamente por estas moléstias e pelas dificuldades de aplicação

pelos métodos convencionais de controle aliado ao reduzido volume de informação sobre aspectos epidemiológicos, tais como: interação com outros microorganismos, sobrevivência de inóculo, fungistasis e a dispersão.

Resistência varietal, talvez o único método dito convencional, capaz de ser explorado, oferece uma série de desvantagens face aos problemas de metodologia de seleção e avaliação; (exemplo: interferência de outros agentes biológicos e/ou não biológicos no processo patogênico), visto que o solo é um meio extremamente difícil de estudar doenças, e a alta variabilidade dos patógenos. Consequentemente este método tem se revelado ineficaz “per se” para resolver o problema, apesar de relativos sucessos isolados (Zaumeyer & Thomas 1957; Statler, 1970; Dickson & Boettger, 1977; Wallace & Wilkinson, 1965; Cruz et al 1974, Zaumeyer & Meiners, 1975).

Recentemente, considerável ênfase tem sido dada ao uso de várias estratégias conjuntamente para se obter, não o controle integral, mas o nivelamento mínimo do nível das doenças, como meio de se conviver (daí o conceito de manejo integrado de doenças). Observa-se no decorrer do tempo que o controle “absoluto” de doenças, principalmente as causadas por microorganismos do solo é difícil (se não impossível) de se obter. E esta preocupação tornou-se evidente por ocasião do IV Congresso Internacional de Fitopatologia, ocorrido em 1983 na Austrália, em que grande ênfase foi dada ao controle integrado de doenças causadas por fungos de solo (Sumner, 1985; Wong, 1985; Windels et al., 1985; Ogawa & Komada, 1985; Hornby, 1985).

O desenvolvimento de práticas integradas de controle das doenças referidas está condicionado ao estudo de fatores epidemiológicos (exemplo: sobrevivência do inóculo primário; interações com fatores ambientais, etc), influência de práticas culturais, utilização de agentes de controle microbiológico e resistência genética do hospedeiro, e o controle químico.

As podridões radiculares são de difícil controle através de características genéticas do hospedeiro ou por medidas químicas ou culturais (Cardoso & Echandi, 1990). Existem alguns relatos de cultivares de feijoeiro com diferentes graus de resistência à *R. solani* (Pieta, 1992; Muyolo et al., 1993; Tu & Park, 1993), mas essa resistência é, muitas vezes, insatisfatória, ou as cultivares não reúnem características agrônomicas e adaptação desejáveis ao mercado no Brasil, não sendo empregadas em cultivo comercial. Esses cultivares, entretanto, poderiam ser empregadas em programas de melhoramento visando a transferência da resistência para cultivares de maior valor comercial (Vad, 1992). Um exemplo dessa possibilidade é o conhecimento de que as quitinases presentes nas plantas estão implicadas no controle de *R. solani* (Benhamou et al., 1993a,b; Broglie et al., 1991; Broglie & Broglie, 1993; Broglie et al., 1993), permitindo a realização de cruzamentos visando o aumento da expressão dessas enzimas em cultivares comerciais. As

quitinases teriam como alvo as paredes celulares do fungo, ricas em quitina, hidrolisando-as e matando o patógeno.

Algumas das medidas efetivas para promover algum nível de controle incluem o emprego de sementes livres do patógeno, o tratamento químico das sementes com fungicidas e a aplicação de fungicidas no sulco de plantio. Entretanto, nenhum dos produtos testados e relatados na literatura é capaz de oferecer 100% de proteção de sementes e plântulas contra doenças causadas por fungo de solo (Ramirez-Arredondo, 1991; Maringoni et al., 1992; Raffat, 1992; Sumner et al., 1992). Certas práticas culturais, como a rotação de culturas e a eliminação de restos culturais, contribuem para o controle da doença, eliminando hospedeiros alternativos e reduzindo a densidade de inóculo para a cultura subsequente. Entretanto, devido à versatilidade ecológica destes fungos, isto pode não ocorrer em todas as rotações. A rotação de culturas pode ser mais eficiente quando promover uma alteração qualitativa na microflora do solo, favorecendo o crescimento e estabelecimento de microrganismos antagonísticos ao patógeno (Sumner & Bell, 1994). Infelizmente, faltam estudos sobre a interação das culturas em rotação com a microflora associada a suas rizosferas e seu papel no antagonismo e controle de patógenos. Uma outra estratégia de controle é a diminuição da profundidade de semeadura, que pode promover uma emergência mais rápida das plântulas e reduzir o período em que elas são mais suscetíveis ao ataque pelo fungo. Essa prática, porém, pode ser perigosa quando o plantio está sujeito a condições de baixa umidade do solo e pouca precipitação.

Em vista das dificuldades para se exercer um controle efetivo de fungos de solo, vários grupos de pesquisa têm dedicado atenção ao emprego de sistemas biológicos como alternativa. Como a fase crítica de suscetibilidade do feijoeiro à infecção por *R. solani*, *F. solani* e *S. rolfii* é relativamente curta, a possibilidade de se empregarem agentes biológicos capazes de proteger as sementes e plântulas nesta fase é uma perspectiva atraente. Existem relatos da possibilidade de se controlar *Rhizoctonia*, sob condições experimentais controladas, com fungos e bactérias antagonísticas (Huber et al., 1966; Henis & Inborn, 1968; Broadbent et al., 1971; Odvody et al., 1980; Chet & Baker, 1981; Elad et al., 1981; Papavizas & Lewis, 1981; Kuter et al., 1983; Nelson et al., 1983; Chand & Longa, 1984; Jager & Velvis, 1984; Van Den Boogert & Jager, 1984; Abdel-Moneim et al., 1993; Roberti et al., 1993; Wolk & Sarkar, 1993). Mas, apesar de todos os relatos implicando microrganismos no controle biológico de fungos de solo, faltam dados que comprovem a eficácia desses agentes sob condições de campo. Os testes de microrganismos retirados de ambientes naturais, quanto à capacidade de controlar patógenos biologicamente, envolvem sua passagem por diversas etapas que requerem condições de esterilidade nos laboratórios (por exemplo: purificação e autenticação dos isolados). Entretanto ensaios com microrganismos antagonísticos realizados "in vitro", nem sempre refletem a realidade das

interações em ambientes complexos como o solo, e promovem seleção tendenciosa apenas a favor de antagonistas, eliminando outros mecanismos de controle (Baker & Cook, 1982; Hornby, 1985).

O conceito de aproveitamento da supressividade natural de certos solos ao desenvolvimento de determinadas doenças é relativamente recente (Schneider, 1982). Nesses solos, a ocorrência da doença é nula ou reduzida, embora o patógeno esteja presente naturalmente ou através da introdução por um hospedeiro suscetível. Os mecanismos da supressividade, na maioria dos solos, são desconhecidos, sendo o fenômeno geralmente atribuído a antagonismo microbiano (antibiose, competição, predação, parasitismo) (Hornby, 1983). Entretanto, algumas outras causas abióticas, como propriedades químicas e físicas do solo, unidade, etc, também foram relacionadas à indução de supressividade. Os conhecimentos gerados em viveiros de mudas indicam que a qualidade do material orgânico empregado em compostagem para a preparação de substrato pode induzir um certo grau de supressividade no solo (Lumdsen et al., 1982). Em quase todos esses relatos, os compostos ou material orgânico adicionados ao solo exerceram um profundo efeito sobre a composição da microflora; essas modificações podem estar associadas à supressividade à doença (Lumdsen et al., 1982; Kuter et al., 1983; Salazar-Huerta et al., 1993). As propriedades dos solos naturalmente supressivos a determinadas doenças os tornam excelentes fontes de microrganismos para o controle biológico daquelas enfermidades.

Utilizando conceitos básicos de compostagem para preparação de substratos orgânicos, Costa et al. (1994, 1996) demonstraram que determinados substratos orgânicos podem efetivamente ser colonizados por determinados agentes de controle biológico (ACB) sendo, então, denominados "substratos bioativados". Substratos bioativados podem ser incorporados ou aplicados em cobertura no solo e eficazmente controlar determinados patógenos de plantas com origem no solo. Diversos fatores bióticos e abióticos podem, entretanto, regular a eficiência desta tecnologia (Costa et al., 1995b), que deve ser calibrada individualmente para cada sistema (Costa, 1995a).

Sendo *R. solani* um patógeno do solo e o feijoeiro uma cultura desejável em quase todos os sistemas agrícolas dos cerrados brasileiros, entende-se que o uso de substratos bioativados poderiam ser desenvolvidos e quando incorporados ao sistema agrícola, maximizar a população de determinados ACBs de eficiência comprovada, induzido em consequência supressividade a fungos de solo.

Ainda em relação aos agentes identificados com potencial para o controle biológico de outros patógenos de solo, observa-se que a maioria dos trabalhos estudou fungos como *Trichoderma* spp. (ex.: Olivos & Mont, 1993; Roberti et al., 1993; Silveira et al., 1994), *Trichothecium* spp. (Huang & Kokko, 1993) e outros. Entretanto, a produção comercial de "inoculantes" à base de fungos é sempre mais trabalhosa, e a veiculação e aplicação desses organismos às

sementes é menos simples que quando se empregam bactérias. Um exemplo clássico dessas dificuldades é o fato de até hoje ser difícil produzir-se inóculo de micorrizas, quando se compara com a produção e utilização comercial de inoculantes com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium*. As facilidades de reprodução e veiculação de bactérias para o tratamento de sementes, aliadas às observações sobre a presença e atividade de bactérias antagonísticas a diversos patógenos (Weller, 1988) tornam interessante a busca desses agentes para o controle biológico.

A eficácia do controle biológico de patógenos do solo depende não apenas dos conhecimentos sobre a ecologia e epidemiologia da doença, mas também da compreensão dos mecanismos que governam esse controle, e sua interação com um ambiente ecologicamente complexo como o solo, sobretudo o solo submetido à atividade agrícola. A combinação desses conhecimentos com a adoção de práticas culturais adequadas pode representar uma contribuição para a redução dos custos da produção agrícola, sem prejudicar a produção de alimentos, e reduzir a poluição de águas pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas, contribuindo assim, para a manutenção da qualidade de vida no planeta.

Em 1995 a Embrapa Arroz e Feijão deu início a um programa de pesquisa com o objetivo de alcançar conhecimentos que permitissem o uso integrado de medidas de controle. Objetivando selecionar os materiais dos ensaios nacionais e regionais, resistentes à fungos de solo, estudou-se o comportamento de cruzamentos genéticos, parentais e silvestres do feijoeiro caracterizando-os quanto à resistência aos seguintes fungos de solo: *R. solani*, *F. solani* fsp. *phaseoli*, *S. rolfsii* e *M. phaseolina* (Costa et al., 1997; Silva et al., 1996; Aguiar & Costa, 1998; Chaves et al., 1991; Chaves & Costa, 1998; Costa et al., 1997; Costa, 1998; Pedrosa et al., 1998; Silva et al., 1998; Silva & Costa, 1998; Toledo et al., 1998).

Todos os 468 materiais testados foram suscetíveis à *R. solani* e *F. solani* fsp. *phaseoli*. Encontraram-se 114 materiais resistentes a *M. phaseolina* e 6 com tolerância a *S. rolfsii*. Esta tolerância é expressa no retardamento do aparecimento dos sintomas. Os materiais elites de feijoeiro foram suscetíveis à todos os fungos de solo testados (Costa et al 1997; Silva et al., 1996).

Visando atender as metas envolvendo o controle químico de doenças do feijoeiro via tratamento de sementes e pulverizações aéreas, os seguintes resultados foram obtidos: (i) testaram-se cinco novas moléculas para o controle de *R. solani*, e *F. solani* fsp., *phaseoli* e *M. phaseolina*. Estas novas moléculas, fluodioxionil, metalaxyl AP, difenoconazole, tebuconazole, foram eficientes no controle de podridões radiculares quando associadas a moléculas pré-existentis. A rotação de princípios ativos demonstrou ser fundamental para o sucesso do tratamento de sementes (Botelho & Costa 1996a, 1996b, 1997a, 1997b; Berni et al., 1998); (ii) o uso da quimigação

para o controle do Mofo Branco do feijoeiro mostrou-se mais eficiente que o uso de barra tratorizada. Os fungicidas Fluzinaz e Procimidone foram selecionados como os mais eficientes desde que utilizados em áreas com densidade de inóculo inferior a 15 escleródios/m² de solo. Outros ensaios não planejados anteriormente, comprovaram que estes fungicidas tem a eficiência ou capacidade de inibir a formação de apotécios no solo quando aplicados via água de irrigação (Silva et al., 1996; Costa 1997; Botelho & Costa 1997; Costa & Costa, 1998; Costa & Botelho, 1997; Costa, 1998).

Nos estudos de manejo de solo e plantas verificou-se através de dados coletados de um experimento de sistemas agrícolas no seu 5º ano de execução, que o plantio direto é superior às demais técnicas de preparo de solo no controle de fungos de solo. Após cinco anos de tratamento contínuo a severidade de podridões radiculares no feijoeiro e a atividade microbiológica total do solo também foram determinadas (Berni et al., 1997,1998). A rotação com milho favoreceu em até 24% a severidade de podridões radiculares no feijoeiro quando comparado com a rotação com arroz. Quanto ao efeito do preparo do solo, a severidade de podridões radiculares na áreas sob plantio direto foi até 52% inferior às áreas preparadas com arado ou grade. A atividade microbiológica total do solo sob plantio direto correlacionou negativamente com o índice de doenças sendo duas ou três vezes superiores aos demais tratamentos. Estes dados sugerem que em cinco anos de plantio direto a elevação da atividade microbiológica total possa ser um dos principais responsáveis pela redução da doença indicando, através do manejo adequado, ser possível construir a supressividade de solos através dos anos (Costa & Silveira 1997; Berni et al 1997). Estudou-se também o efeito de níveis de água de irrigação x preparos de solo sobre as podridões radiculares do feijoeiro. Utilizaram-se cinco tratamentos de solo: P1) grade aradora; P2) plantio direto I: com palhada de acículas de Pinus e milho; P3) arado escarificador; P4) plantio direto II: com palhada de milho; P5) arado de aiveca: combinados com 5 níveis de irrigação (N1=1,7; N2=8,5; N3=15,5; N4=24,9 e N5=34,2 mm). Para o fungo *F. solani* sp. *phaseoli*, P4 aos 25 dias e P3 aos 50 dias foram os tratamentos com o menor índice de doença. Os demais não diferenciaram entre si. Para o fungo *R. solani* o tratamento com o menor índice de doença aos 25 e aos 50 dias foi o P4 que diferiu dos demais exceto do P2 aos 50 dias. Aos 25 dias, os sintomas de *F. solani* fsp. *phaseoli* foram uniformes sob diferentes níveis de água, mas aos 50 dias a doença foi mais severa no N1(1,7 mm) e menos severa no N5 (32,4 mm). O fungo *R. solani* não apresentou resposta à variação dos níveis de água (Berni et al 1997). A variedade Safira foi a mais suscetível aos fungos avaliados, em todas as épocas (Berni et al 1997).

Em estudos visando determinar densidade mínima de inóculo necessárias para originar doenças causadas por fungos de solos observou-se que a

incidência do mofo branco correlacionou positivamente com o número de escleródios. O controle adequado da doença só foi obtido em áreas contendo menos de 15 escleródios por m^2 de solo. Em solos contendo mais de 19 escleródios por m^2 os fungicidas Procimidone, Benomyl e Fluazinan foram ineficientes no controle da doença. A inversão de solo com arado de aiveca, em profundidades variando de 22 a 37 cm, foi bem sucedida como medida de enterrio de escleródios, em dois campos produtores, reduzindo em até nove vezes a densidade de inóculo inicial (Costa, 1998; Costa, 1997). Essa medida restabeleceu a eficiência de controle, com ganhos expressivos na produção. Os resultados indicam que a densidade de inóculo no solo limita a eficiência de fungicidas no controle do mofo branco e que a inversão do solo com aiveca pode ser a melhor medida a ser integrada ao manejo racional da doença (Costa, 1997; Oliveira & Costa, 1998).

A densidade mínima de inóculo necessária para a ocorrência de podridão radicular seca do feijoeiro, causada por *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* foi determinada em dois tipos de solo; um solo com características supressivas e outro com características conducivas. Esses solos foram infestados com *F. solani*, veiculado em farelo de sorgo, nas proporções de 0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 gramas por litro de solo. Após 21 dias da semeadura avaliou-se a incidência e severidade da doença. No solo supressivo, a densidade de inóculo necessária para causar doenças foi acima de 5127 propágulos por grama de solo, enquanto que, para o solo conducivo a densidade de inóculo foi de 3001 propágulos por grama de solo. Nessas densidades houve redução do crescimento da parte aérea em até 52%, do sistema radicular em até 65% e perdas do estande em até 25% no solo conducivo; e de 40%, 56% e 5%, respectivamente, no solo supressivo. Os índices de doenças foram duas vezes superiores no solo conducivo quando comparado com o solo supressivo. A atividade microbiológica total do solo, determinada pela dehidrogenase de acetato de fluoresceína não correlacionou positivamente com a população dos organismos, indicando que a simples presença destes organismos nos solos não implica em que estejam atuantes ou ativos (Trindade et al., 1998; Oliveira & Costa, 1998; Costa & Araújo, 1998; Chaves & Costa, 1998; Costa & Costa 1998).

Com relação ao controle biológico, ensaios preliminares indicaram *Trichoderma koningii* como um antagonista promissor, (Costa & Botelho 1997; Berni & Costa 1997; Costa 1997), e a palhada de milho para controlar *Fusarium solani* f.sp. *Phaseolus* e um lixo orgânico beneficiado como bons veiculadores deste fungo. Os referidos substratos, após terem sido acondicionados em tambores plásticos com 40 litros de capacidade, foram fumigados com brometo de metila, posteriormente inoculados com uma suspensão de esporos do antagonista (2.0×10^7 esporos/ml) e incubados sob temperatura ambiente 60 dias antes do plantio. Solos cobertos com lixo orgânico favoreceram o estande em 13% e proporcionaram aos 30 dias ,

aumento de até 19% na altura das plantas em relação à testemunha (Machado & Costa, 1996, 1997, 1998; Trindade et al., 1997).

Em outros ensaios, o controle alternativo para a podridão radicular de *Rhizoctonia* foi favorecido com o aumento de matéria orgânica no solo estimulando competitividade microbiológica (Costa & Araújo, 1998).

Foi também verificado que os herbicidas podem ser utilizados como um agente de controle de *S. sclerotiorum*, devido ao efeito que os 7 principais herbicidas da cultura do feijoeiro têm sobre populações desse patógeno. Constatou-se que esses aumentam ou favorecem a formação de apotécios em índices que variaram de 40 a 100% (Amaral et al., 1998).

A complexidade e diversidade dos patossistemas envolvendo fungos de solo requerem, acima de qualquer outro, que os conhecimentos até o presente gerados pela pesquisa sejam integrados ao sistema produtivo de forma gradativa considerando-se que não existem medidas de controle isoladas de alta eficácia. Somente o manejo racional e integrado destes conhecimentos permitirão ao produtor, se não eliminar, pelo menos manter as populações destes patógenos em níveis que não comprometam a rentabilidade da cultura do feijoeiro.

Referências bibliográficas

- AGUIAR, J. de., COSTA, J. L. da S. Densidade mínima de inóculo de *Macrophomina phaseolina* para causar a podridão cinzenta no caule em feijoeiro. Fitop. Bras. 22: 220. 1998.
- AGUIAR, J.; COSTA, J.L. da S. Influência da densidade de inóculo de *Macrophomina phaseolina* na incidência e severidade da podridão cinzenta do caulo em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Anais da Escola de Agronomia da UFG, (Submetido para Publicação). 1998.
- AMARAL, T.C., COBUCCI, T., COSTA, J. L. da S. Efeito de herbicidas na formação de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum*. Fitop. Bras. 22: 221. 1998.
- BERNI R.F., MOREIRA J.A.A., RIOS G.P., STONE L.F.; COSTA. J.L.da S. Influência dos Níveis de Água de Irrigação e Preparo de Solo nas Podridões Radiculares do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 22 (Suplemento): 250. 1997.
- BERNI, R. F.; PEREIRA FILHO, N.A.; COSTA, J.L. da S. Seed dressing to control root rots on dry-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings 1997. Fungicide and Nematicide Tests, (Submetido para Publicação). 1998.
- BERNI, R.F., PEREIRA FILHO, N.A., COSTA, J. L. da S. Eficiência do tratamento de sementes com fungicidas no controle das podridões radiculares do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 22: 228. 1998.
- BERNI, R.F., SILVEIRA, P.M. da, COSTA, J. L. da S. Influência do preparo do solo e rotação de culturas na ocorrência das podridões

- radiculares (*Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*) do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.228. 1998.
- BERNI, R.F.; SILVEIRA, P.M. da; COSTA, J.L. da S. Influência do preparo do solo e rotação de culturas na incidência e severidade das podridões radiculares do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, (Submetido para Publicação). 1998.
- BLOSS, H.E. Techniques for measuring populations of fungal pathogens in soil. Pullman: Washington Agricultural Experiment Station, 1970. p.6-8 (Bulletin. 716).
- BOTELHO S.A.; COSTA, J.L. da S. Efeito da Dosagem e Número de Aplicações de fungicidas via pivô central para o controle do Mofo Branco do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 22 (Suplemento): 252. 1997.
- BOTELHO, S. A.; COSTA J. L. da S. Efeito de fungicidas no controle da mela do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 21:395. 1996.
- BOTELHO, S. A.; COSTA J. L. da S. Inibição do crescimento micelial de *Fusarium solani*, *Sclerotium rolfsii* e *Macrophomina phaseolina* sob ação de diferentes fungicidas. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.395. 1996.
- BOTELHO, S. A.; COSTA J. L. da S. Tratamento de sementes de feijão para o controle de *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.395. 1996.
- BOTELHO, S.A., BERNI, R.F., RAVA, C.A., COSTA, J. L. da S. Tratamento de sementes de feijão inoculadas com *Colletotrichum lindemuthianum*. **Fitopatologia Brasileira**, 22: 228. 1998.
- BRODBENT, P.; BAKER, K.F.; WATERWORTH, Y. Bacteria and actinomycetes antagonistic to fungal root pathogens in Australian soils. **Aust. J. Biol. Sci.**, v.24, p.925-944, 1971.
- BRODBENT, P.; BAKER, K.F.; WATERWORTH, Y. Bacteria and actinomycetes antagonistic to fungal root pathogens in Australian soils. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.24, p.925-944, 1971.
- BROGLIE, K.; BROGLIE, R.; BENHAMOU, N.; CHET, I. The role of cell-wall degrading enzymes in fungal disease resistance. In: CHET, I. ed., **Biotechnology in plant disease control**. New York: Wiley-Liss Inc., 1993. p.139-156.
- BROGLIE, K.; CHET, I.; HOLLIDAY, M.; CRESSMAN, R.; BIDDLE, P.; KNOWLTON, S.; MAUVAIS, C.J.; BROGLIE, R. Transgenic plants with enhanced resistance to the fungal pathogen *Rhizoctonia solani*. **Science**, v.254, p.1194-1197, 1991.
- BROGLIE, R.; BROGLIE, K. Chitinases and plant protection. In: FRITIG, B.; LEGRAND, M. ed., **Mechanisms of plant defense responses**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.411-421.

- CAMPBELL, C.L.; ALTMAN, J. Pesticide-plant disease interaction: effects of cycloate on growth of *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, St. Paul, v.67, p.557-500, 1977.
- CARDOSO, J.E. Controle de patógenos de solo na cultura do feijão. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 4., 1991, Campinas. Anais. Campinas: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1991. p.45-50.
- CARDOSO, J.E. Podridão do colo. In: SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle. Brasília, EMBRAPA-SPI, 1994. 300p. (EMBRAPA/CNPAF - Documento 50) 1994.
- CARDOSO, J.E. Podridões radiculares. In: SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle. Brasília, EMBRAPA/SPI. 300p. (EMBRAPA/CNPAF - Documentos 501) 1994.
- CARDOSO, J.E.; COSTA, J.L. da S. Interações entre fungos de solo patógenos do caupi. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.13, p.143, 1988.
- CARDOSO, J.E.; DAS VIRGENS, D.A.; CHRISCHNER, L.; MELO, PE. de. Avaliação de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) quanto à melo (*T. cucumeris* Frank donk). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 3., 1990. Vitória. Resumos. Vitória: EMCAPA, 1990. Resumo 73. (EMCAPA. Documentos, 62).
- CARDOSO, J.E.; ECHANDI, E. A greenhouse method for selecting biological agents to control *Rhizoctonia* root rot of beans. **Fitopatologia Brasileira**, v.15, n.1, p.42-45, 1990.
- CARDOSO, J.E.; ECHANDI, E. Nature of protection of bean seedlings from *Rhizoctonia* root rot by a binucleate *Rhizoctonia*-like fungus. **Phytopathology**, St. Paul, v.77, p.1548-1555, 1987.
- CARDOSO, J.E.; ECHANDI, E.A. Greenhouse method for selecting biological agents to control *Rhizoctonia* root rot of beans. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.15, p.42-45, 1990.
- CHAND, T.; LOGAN, C. Antagonists and parasites of *Rhizoctonia solani* and their efficacy in reducing stem canker of potatoes under controlled conditions. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v.83, p.107-112, 1984.
- CHARCHAR, M.J. Efeito da incorporação de casca de arroz na população de fungos associados com rizosfera do feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. Brasília; UNB, 1978. 50p. Tese Mestrado.
- CHAVES, K.C.; COSTA, J.L. da S. Inibição miceliogênica e carpogônica de *Sclerotium sclerotiorum* pelo fungo da azoxystrobin. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.234. 1998.
- CHAVES, K.C., COSTA, J. L. da S. Reação do feijoeiro a *Sclerotium rolfsii* sacc., agente causal de podridão do colo. **Fitopatologia Brasileira**, 22: 280. 1998.

- CHAVES, K.C., RIOS, G.P., COSTA, J. L. da S. Tolerância de genótipos do feijoeiro a mela e ao mofo branco. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.234. 1998.
- CHAVES, K.C.; COSTA, J. L. da S. Método de inoculação e densidade de inóculo na severidade de podridão do colo incitada por *Sclerotium rolfsii* sacc. **Summa Phytopathologica** (Submetido para Publicação), 1998.
- CHET, I.; BAKER, R. Isolation and biocontrol potential of *Trichoderma hamatum* from soil naturally suppressive to *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v.71, p.286-290, 1981.
- COSTA G.R., MORI E.A., RIOS G.P.; COSTA J.L.da S. Resistência de Cultivares de Feijão à Mela (*Thanatephorus cucumeris*). **Fitopatologia Brasileira**, 22 (Suplemento), v.258, 1997.
- COSTA G.R.; COSTA J.L.da S. Densidade Mínima de Inóculo de *Fusarium solani* fsp *phaseoli* para causar Podridão Radicular no Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 22 (Suplemento), v.258, 1997.
- COSTA J. L. da S. O Mofo Branco do Feijoeiro. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 5. 1996. Goiânia. Anais. Volume 2. EMBRAPA. Documentos, 69, 1997.
- COSTA J. L. da S. Relatório Técnico do Grupo de Trabalho sobre Fungos de Solo. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 5. 1996. Goiânia. Anais. Volume 2. EMBRAPA. Documentos, 69, 1997.
- COSTA J. L. da S. Soil Inoculum Density Limiting the Effectiveness of Chemicals on the Control of White Mold on Dry Beans. In: Resistance 97 - An Integrated Approach to Combating Resistance 1997. Harpenden, Herts, U.K. anais 1997.
- COSTA, G.R., COSTA, J. L. da S. Efeito do fungicida vinclozolin na formação de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* no solo. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.235. 1998.
- COSTA, G.R., COSTA, J. L. da S. Translocação do fungicida procimidone no controle do mofo branco do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.235. 1998.
- COSTA, G.R.; COSTA, J.L. da S. Influência da densidade de inóculo de *Fusarium solani* (Mart) Appel & Wr. f. sp. *phaseoli* (Burk) snyd & Hans na ocorrência da podridão radicular do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, (Submetido para Publicação). 1998.
- COSTA, J. L. da S. A Densidade de Inóculo de *Sclerotinia Sclerotiorum* no solo Determina a Eficiência do Controle Químico do Mofo Branco do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22 (Suplemento), p.258. 1997.
- COSTA, J. L. da S. Controle de podridões radiculares do feijoeiro através de medidas integradas de manejo. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.235. 1998.
- COSTA, J. L. da S. MENGE, J. A.; CASALE, W. L. Investigation on some of the mechanisms by which bioenhanced mulches can suppress

- Phytophthora root rot of avocado. **Microbiological Research**, v.151, p.183-192. 1996.
- COSTA, J. L. da S. Soil management and fungicide spraying: an integrated approach to control white mold in dry beans. *Field Crop Research*, (Submetido para Publicação). 1998.
- COSTA, J. L. da S.; ARAUJO, R. S. Efeito da matéria orgânica na supressividade de um latossolo vermelho-escuro à podridão radicular de *Rhizoctonia*. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.235. 1998.
- COSTA, J. L. da S.; BOTELHO, S. A. Application of fungicides through a Center-Pivot Sprinkler for White Mold control in Dry Beans. **Fungicide and Nematicide Tests**, 1997.
- COSTA, J. L. da S.; MENGE, J. A., Uso de um lixo organico para o controle de podridões radiculares. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.395. 1996.
- COSTA, J. L. da S.; OLIVEIRA, V. C. de. Occurence of smut caused by *Ustilago* sp. on dry beans. **Plant Disease**, (Submetido para Publicação). 1998.
- COSTA, J. L. da S.; P.M da SILVEIRA. Influência dos Métodos de Preparo do solo e Rotação de Culturas na Ocorrência de Podridões Radiculares do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22 (Suplemento), p.258. 1997.
- COSTA, J.L. da S. Inducing suppressiveness to Phytophthora root rot of avocado by using biochanced mulches. University of California, Riverside, CA, 1995. 154p. (Tese de Doutorado).
- COSTA, J.L. da S.; MENGE, J.A.; CASALE, W.L. Biological control of, Phytohthora root of avocado with antagonistic microorganisms seeded into organic mulches. p.71 In: Proc. of the XXIV International Horticultural Congress, Kyoto, Japan. 1994.
- COSTA, J.L. da S.; MENGE, J.A.; CASALE, W.L. Investigation on some of the mechanisms by which bioenhanced mulches can suppress Phytophthora root rot of avocado. **Microbiological Research**, v.151, p.159. 1996.
- COSTA, J.L. da S.; MENGE, J.A.; CASALE, W.L.; GUILLEMET, F. Biotic and abiotic factors influencing the effectiveness of bioenhanced mulches in the control of Phytophthora root rot of avocado. **European Journal of Plant Pathology**, v.1, p.505. 1995.
- COYNE, D.P.; STEADMAN, J.R.; ANDERSON, F.N. Effect of modified plant architecture of great Northern by bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) on white mold severity and components of yield. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.58, p.379-382, 1974.
- CRUZ, B.P.B.; TERANISHI, J.; ISSA, E.; BERNARDI, J.B.; ARRUDA, H.V. de. Resistência de cultivares de feijão vagem e murcha de fusarium. *O Biológico*, v.40, p.25-32, 1974.

- DANIELS, J. Saprophytic and parasitic activities of some isolates of *Corticium oslani*. Transactions of the British Mycological Society, Cambridge, v.46, p.385-502, 1963.
- DAVEY, C.B.; PAPAIVIZAS, G.C. Saprophytic activity of *Rhizoctonia* as affected by the carbon-nitrogen balance of certain organic soil amendments. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v.27, n.2, p.164-167, 1963.
- DAVIS, J.R.; McDOLLE, R.E. Influence of cropping sequences on soil-borne populations of *Verticillium dahliae* and *Rhizoctonia solani*. In: SCHIPPERS, B.; GAMES, W. Soil-borne plant pathogens. New York: Academic Press, 1979. p.399-406.
- DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. Biology and pathology of *Macrophomina phaseolina*. Viçosa: UFV, 1978. 166p.
- DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. Effect of soil moisture and carbon: Nitrogen ratio on survival of *Macrophomina phaseolina* in soybean stems in soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.58, p.1034-1037, 1974.
- DICKSON, M.H.; BOETTGER, M.A. Breeding for multiple root rot resistance in snap beans. J. Am. Soc. Hortic. v.102, p.373-377, 1977.
- EDMUNDS, L.K. Combined relation of plant maturity, temperature, and soil moisture to charcoal stalk rot development in grain sorghum. **Phytopathology**, St. Paul, v.54, p.514-517, 1964.
- ELAD, Y.; HADAR, Y.; HADAR, E.; CHET, I.; HENIS, Y. Biological control of *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma harzianum* in carnation. **Pl. Dis.**, v.65, p.675-677, 1981.
- EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do feijão. Brasília: EMBRAPA, 1993. 80p.
- FALEIRO, V. de O.; CARDOSO, J.E. Seleção de agentes de controle biológico à podridão do colo (*Sclerotium rolfsii*) em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 1991. Campinas. Resumos. Campinas, EMBRAPA-CNPDA, 1991. Resumo, 27.
- FIGUEIREDO, M.B.; TERANIXH, J.; CARDOSO, R.M.G. Incidência de *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ash., (*Rhizoctonia bataticola* Taub.) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e outras plantas cultivadas. O Biológico, São Paulo, v.35, p.105-109, 1969.
- FRANCI, L.J.; MYLLIE, T.D.; ROSEMBROCK, S.M. Influence of crop rotation on population density of *Macrophomina phaseolina* in soil infested with *Heterodera glycines*. **Plant Disease**, St. Paul, v.72, p.760-764, 1988.
- GAMLIEL, A.; KATAN, J. Suppression of major and minor pathogens by fluorescent pseudomonads in solarized and non-solarized soils. **Phytopathology**, v.83, n.1, p.68-75, 1993.

- GARRET, S.D. Biology of the root-infecting fungi. Cambridge: University Press, 1956. 293p.
- GHET, I.; BAKER, R. Isolatio and biocontrol potential of *Trichoderma hamatum* from soil naturally supressive to *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, St. Paul, v.71, p.286-290, 1981.
- HARMAN, G.E.; CHET, I.; BAKER, R. *Trichoderma hamatum* effects on seed and seedling disease induced in radish and pea by *Pythium* spp. or *Rhizoctonia solani*. **Phytopatolgy**, St. Paul, v.70, p. 1167-1172, 1980.
- HENIS, Y.; INBORN, M. Effect of *Bacillus subtilis* on growth and sclerotium formation by *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v.58, p.933-938, 1968.
- HORNBY, D. Suppressive soils. **Ann. Rev. Phytopathol.**, v.21, p.65-85, 1983.
- HORNBY, D. The study of soilborne plant pathogens: changing outlook or more of the same. In: PARKER, C.A.; ROVIRA, A.D.; MOORE, K.J.; WONG, P.T.W. ed., **Ecology and management of soilborne plant pathogens**. St. Paul: American Phytopathological Society, 1985. p.3-6.
- HORNBY, D. The study of soilborne plant pathogens: changing outlook on more of the same? In: PARKER, C.A., ROVIRA, A.D., MOORE, K.J.; WONG, P.T.W., eds. **Ecology and manegement of soilborne plant pathological Society**. 1985. p.3-6.
- HUANG, H.C.; KOKKO, E.G. *Trichothecium roseum*, a mycoparasite of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Can. J. Bot.**, v.71, n.12, p.1631-1638, 1993.
- HUBER, D.M.; ANDERSON, A.L.; FINLEY, A.M. Mechanisms of biological control in a bean root rot soil. **Phytopathology**, v.56, p.953-959, 1966.
- HUINSMAN, O.C. Interrelations of root growth dynamics to epidemiology of root-invading fungi. Annual Review of **Phytopathology**, Palo Alto, v.20, p.303-327, 1982.
- JAGER, G.; VELVIS, H. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 2. Sprout protection against soilborne *R. solani* through seed inoculation. **Neth. J. Pl. Pathol.**, v.90, p.29-33, 1984.
- KING, E.O.; WARD, M.K.; RANEY, D.E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. **J. Lab. Clin. Met.**, v.44, p.301-307, 1954.
- KINSBURSKY, R.S.; WEINHOLD, A.R. Influence of soil inoculum density-disease incidence relationships of *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, St. Paul, v.78, p.127-130, 1988.
- KUTER, G.A.; NELSON, E.B.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. Fungal populations in container media amended with composted hardwood bark suppressive and conducive to *Rhizoctonia damping-off*. **Phytopathology**, v.73, p.1450-1456, 1983.

- LETHAM, D.B.; HUETT, D.O.; TRIMBOLI, D.S. Biology and control of *Sclerotinia sclerotium* in cauliflower and tomato crops in coastal New South Wales. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.60, p.286-289, 1976.
- LEWIS, J.A.; PAPAIVIZAS, G.C. Integrated control of *Rhizoctonia* fruit rot of cucumber. **Phytopathology**, St. Paul, v.70, p.85-89, 1980.
- LOPER, J.E. Role of fluorescent siderophore production in biological control of *Pythium ultimum* by a *Pseudomonas fluorescens* strain. **Phytopathology**, v.78, n.2, p.166-172, 1988.
- LUMDSEN, R.D.; LEWIS, J.A.; MILLNER, P.D. Composted sludge as a soil amendment for control of soilborne plant diseases. In: KERR JR., H.W.; KNUTSON, L. ed., **Research for small farms**. Washington, DC: USDA-ARS, Misc. Publ. n° 1422, 1982. p.274-277.
- MACHADO V.O.F.; COSTA J.L. da S. Substratos para Veiculação de *Trichoderma koningii* Visando o Controle da Podridão Radicular Seca do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22 (Suplemento), p.280. 1997.
- MACHADO, V. de; COSTA, J.L. da S. Seleção de microorganismos antagonicos a *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*. Anais da Escola de Agronomia da UFG, (Submetido para Publicação). 1998.
- MACHADO, V. O.; COSTA J. L. da S. Efeito da temperatura e diferentes níveis de matéria orgânica na sobrevivência de *Trichoderma koningii* e *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.401. 1996.
- MACHADO, V. O.; COSTA J. L. da S. Seleção de fungos antagonistas habitantes do solo patogenos do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.401. 1996.
- MAHAIL, J.D.; ALCORN, S.M. *Macrophomina phaseolina*: Spatial pattern in a cultivated soil and sampling strategies. **Phytopathology**, St. Paul, v.77, p.1126-1131, 1987.
- MANNING, W.J.; CROSSAMN, D.F.; MORTON, D.J. Effects of planting depth and asphalt mulch on *Rhizoctonia* root and hypocotyl rot of Snapbean. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v.51, p.158-160, 1967.
- MARINGONI, A.C.; TOFOLI, J.G.; FREGONESE, L.H. Ação de fungicidas "in vitro" sobre *Rhizoctonia solani* e no controle do tombamento do feijoeiro. **Summa Phytopathol.**, v.18, n.3-4, p.269-275, 1992.
- MAYER, W.A.; SINCLAIR, J.B.; KHARE, M.N. Biology of *Macrophomina phaseolina* in soil studied with selective media. **Phytopathology**, St. Paul, v.63, p.613-620, 1973.
- MCCAIN, A.H.; SMITH Jr., R.S. Quantitative assay of *Macrophomina phaseolina* from soil. **Phytopathology**, St. Paul, v.62, p.1098, 1972.

- MIHAIL, J.D. *Macrophomina phaseolina*: Spatio-temporal dynamics of inoculum and of disease in a highly susceptible crop. **Phytopathology**, St. Paul, v.79, p.848-855, 1989.
- MUANESOMBUT, E.B.; MERCADO, B.L. Decreased incidence of *Rhizoctonia* damping-off in cowpea by trifluralin treatment. *Phillipine Agriculturist*, Laguna, v.62, p.226-231, 1979.
- MUYOLO, N.G.; LIPPS, P.E.; SCHMITTEHENNER, A.F. Reactions of dry bean, lima bean, and soybean cultivars to *Rhizoctonia* root and hypocotyl rot and web blight. **Pl. Dis.**, v.77, n.3, p.234-238, 1993.
- NASH, S.M.; SNYDER, W.C. Quantitative estimations by plants counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. **Phytopathology**, St. Paul, v.52, p.567-572, 1962.
- NELSON, E.B.; KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J. Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of *Rhizoctonia* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. **Phytopathology**, v.73, p.1457-1462, 1983.
- ODVODY, G.N.; BOOSALIS, M.G.; KERR, E.D. Biological control of *Rhizoctonia solani* with a soil-inhabitant basidiomycete. **Phytopathology**, v.70, p.655-658, 1980.
- OGAWA, K.; KAMDA, H. Biological control of *Fusarium* wilt of sweet potato with cross-protection by nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. In: PARKER, C.A.; ROVIRA, A.D.; MOORE, K.J.; WONG, P.T.W., eds. Ecology and management of soilborne plant pathogens. St. Paul. U.S.A. **The American Phytopathological Society**. 1985. p.121-123.
- OGOSHI, A. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. **Ann. Rev. Phytopathol.**, v.25, p.125-143, 1987.
- OLIVEIRA, V.C, COSTA, J. L. da S. Viabilidade dos escleródios de *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia sclerotiorum* enterrados em diferentes profundidades de solo. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.266. 1998.
- OLIVOS, M.I.; MONT, R. Uso de fungicidas y *Trichoderma viride* en el control de *Sclerotium rolfsii*. **Fitopatologia**, v.28, n.1, p.16-21, 1993.
- PANTHIER, J.J.; DIEM, H.G.; DOMMERGUES, Y. Rapid method to enumerate and isolate soil actinomycetes antagonistic towards rhizobia. **Soil Biol. Biochem.**, v.11, p.443-445, 1979.
- PAPAVIZAS, G.C. Survival of *Trichoderma harzianum* in soil and in pea and bean rhizosphere. **Phytopathology**, St. Paul, v.71, p.121-125, 1981.
- PAPAVIZAS, G.C. *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, ecology, and potential for biocontrol. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.23, p.23-54, 1985.
- PAPAVIZAS, G.C.; DAVEY, C.B. Investigations on the control of the *Rhizoctonia* diseases of shap beans by three organic soil emendments. **Phytopathology**, St. Paul, v.49, p.525, 1959.

- PAPAVIZAS, G.C.; DAVEY, C.B. Isolation and pathogenicity of *Rhizoctonia* saprophytically existing in soil. **Phytopathology**, St. Paul, v.52, p.834-840, 1962.
- PAPAVIZAS, G.C.; LEWIS, J.A. Introduction and augmentation of microbial antagonists for the control of soil-borne plant pathogens. In: PAPAVIZAS, G.C. ed., **Biological control in plant production**. Totowa, NJ: Osmun. 1981. p.305-322.
- PEDROSA, M. G., TOLEDO E.D., COSTA, J. L. da S. Avaliação da resistência de genótipos de feijoeiro ao mofo branco. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.266. 1998.
- PIECZARKA, D.J.; ABAWI, G.S. Effect of interaction Fusarium, Pythium, and Rhizoctonia on severity of bean root rot. **Phytopathology**, St. Paul, v.68, p.403-408, 1978.
- PIETA, D. Zdrowotnosc i plonowanie roznych odmian fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) w zalezności od zmianowania. **Biul. Inst.Hodowli i Aklim. Roslin**, n° 181-182, p.261-267, 1992. (abstract in English).
- POZZER, L.; CARDOSO, J.E. Supressividade natural de um latossolo vermelho escuro a *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**, v.15, n.3, p.206-210, 1990.
- PUNJA, K.Z. The biology ecology and control of *Sclerotium rolfsii* annual reuview of Phytopathology, Palo Alto, v.23, p.97-127. 1985.
- RAFFAT, F.M. Efficiency of certain fungicides in controlling *Rhizoctonia* damping-off of bean. **Assiut J. Agric. Sci.**, v.23, n.4, p.37-47, 1992.
- RAMIREZ-ARREDONDO, J.A. Control de enfermedades radicales en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos quimicos a la semilla en la Costa de Hermosillo. **R. mex. Fitopatol.**, v.9, n.1, p.53-56, 1991.
- ROBERTI, R.; GHISELLINI, L.; PISI, A.; FLORI, P.; FILIPPINI, G. Efficacy of two species of *Trichoderma* as a biological control against *Rhizoctonia solani* Kuhn isolated from string bean root rot in Italy. **Adv. Hort. Sci.**, v.7, n.1, p.19-25, 1993.
- SALAZAR-HUERTA, F.J.; GARCIA-ESPINOSA, R.; TLAPAL-BOLANOS, B. Efecto de la incorporación de residuos secos de las plantas gobernadora (*Larrea tridentata* L.) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en suelos infestados con *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*, en la germinación y crecimiento de plantas de frijol. **Rev. Mex. Fitopatol.**, v.9, n.2, p.102-104, 1991.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A.; YOKOYAMA, M. Principais doenças e pragas do feijoeiro comum no Brasil. 3.ed. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1987. 53p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 5).
- SCHNEIDER, R.W. (ed.) **Suppressive soils and plant disease**. St. Paul: American Phytopathological Society, 1982. 88p.

- SILBERNAGEL, M.J. Effects of cultural practices on root rot (*Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*) in snap beans. **Phytopathology**, St. Paul, v.71, p.254, 1981.
- SILVA C.C. da, ZOCCOLI T.T., COSTA G.R.; COSTA J. L. da S. Efeito da Podridão Radicular (*Rhizoctonia solani*) na Nodulação do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Fitopatologia Brasileira**, v.22 (Suplemento): 309. 1997.
- SILVA J.G. da, DEL PELOSO M.J.; COSTA J.L.da S. Reação de *Phaseolus vulgaris* à Podridões radiculares Causadas por *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f.s.p *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**, v.22 (Suplemento): 309. 1997.
- SILVA, M. B.de., COSTA, J. L. da S. Qualidade sanitária de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) produzidas na época de inverno no estado de Goiás. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.282. 1998.
- SILVEIRA, N.S.S.; MICHEREFFI, S.J.; MENEZES, M.; CAMPOS-TAKAKI, G.M. Potencial de isolados de *Trichoderma* spp. no controle de *Sclerotium rolfsii* em feijoeiro. **Summa Phytopathol.**, v.20, n.1, p.22-25, 1994.
- STATLER, G.D. Resistance of bean plants to *Fusarium solani* f. *Phaseoli*. **Plant Dis. Repr.**, v.54, p.698-699, 1970.
- SUMNER, D.R. Cropping practices and root diseases. In: PARKER, C.A., ROVIRA, A.D., MOORE, K.J.; WONG, P.T.W., eds. Ecology and Management of soilborne plant Pathogens. St. Paul. U.S.A. **The American Phytopathological Society**. 1985. p.267-270.
- SUMNER, D.R.; BELL, D.K. Survival of *Rhizoctonia* spp. and root diseases in a rotation of corn, snap bean, and peanut in microplots. **Phytopathology**, v.84, n.2, p.113-118, 1994.
- SUMNER, D.R.; LEWIS, J.A.; GITAITIS, R.D. Chemical and biological control of *Rhizoctonia solani* AG-4 in snap-bean doubled-cropped with corn. **Crop Prot.**, v.11, n.2, p.121-126, 1992.
- TOLEDO, E.D., PEDROSA, M.G., COSTA, J. L. da S. Método de inoculação e avaliação da resistência de *Phaseollus* spp a três isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fitop. Bras.**, v.22, p.288. 1998. (Resumo).
- TOLEDO, E.D., PEDROSA, M.G., COSTA, J. L. da S. Utilização do ácido oxálico na diferenciação de germoplasma de *Phaseollus* spp. Quanto à resistência a *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.282. 1998.
- TOMASHOW, L.S.; WELLER, D.M. Role of a phenazine antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in biological control of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. **J. Bacteriol.**, v.170, n.8, p.3499-3508, 1988.
- TRINDADE L.C da, ARAÚJO R.S.; COSTA J. L. da S. Metodologia para Seleção e Isolamento de Fungos do solo Possíveis antagonistas à *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira** 22 (Suplemento): 316. 1997.

- TU, J.C. Management of white mold of white beans in Ontario. **Plant Disease**, St. Paul, v.73, p.281-285, 1989.
- TU, J.C.; PARK, S.J. Root-rot disease in common bean. **Can. J. Pl. Sci.**, v.73, n.1, p.365-367, 1993.
- VAD, K. Genteknologiens anvendelse i praktisk resistensforædling. Nordisk Jordbruksforskning, v.74, n.3, p.64, 1992. (abstract in English).
- VAN DEN BOOGERT, P.H.J.F.; JAGER, G. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 3. Inoculation of seed potatoes with different fungi. **Neth. J. Pl. Pathol.**, v.90, p.117-126, 1984.
- WALLACE, D.H.; WILDINSON, R.E. Breeding for Fusarium root rot resistance in beans. **Phytopathology**, v.55, p.1227-1231, 1965.
- WEBER, G.F. Web-blight, a disease of beans caused by *Corticium microsclerotia*. **Phytopathology**, St. Paul, v.29, p.559-575, 1939.
- WELLER, D.M. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. **Ann. Rev. Phytopathol.**, v.26, p.379-407, 1988.
- WINDELS, C.E.; KOMMERND AHL, T.; SARBINI, G.; WILLEY, H.B. The role of seeds in the delivry of autagonists into the rhizosphere. In: PARKER, C.A., ROVIRA, A.D., MOORE, K.J.; WONG, P.T.W. eds. Ecology and management of soil borne plant pathogens. St. Paul. U.S.A. The American Phytopathological Society. 1985. p.141-143.
- WINHOLD, A.R. Population of *Rhizoctonia solani* in agricultural soils determined by a screening procedure. **Phytopathology**, St. Paul, v.67, p.566-569, 1972.
- WOLK, M; SARKAR, S. Antagonism *in vitro* of fluorescent pseudomonads against *Rhizoctonia solani* and *Pythium aphanidermatum*. **Zbl. Mikrobiol.**, v.148, n.4, p.237-245, 1993.
- WONG, P.T.W. Interactions between microbial residents of cereal roots. In: PARKER, C.A. ROVIRA, A.D., MOORE, K.J.; WONE, P.T.W. eds. Ecology and management of soilborne plant pathogens. St. Paul, U.S.A. **The American Phytopathological Society**. 1985. p.144-147.
- ZAMBOLIM, L.; SCHENCK, N.C.; MITCHELL, D.J. Inoculum density, pathogenicity, and interactions of soybean root-infecting fungi. **Phytopathology**, v.73, n.10, p.1398-1402, 1983.
- ZAUMEYER, W.J. Metas y medios para lograr la protección del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el trópico. In: SEMINARO SOBRE EL POTENCIAL DEL FRIJOL Y DE OTRAS LEGUMINOSAS DE GRANOS COMESTIBLES EN AMERICA LATINA, 1973, Cali. Trabajos presentados. Cali: CIAT, 1973. p.143-150.
- ZAUMEYER, W.J.; THOMAS, H.R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. Washington: USDA, 1957. 255p. (USDA. Technical Bulletin, 868).

ZAUMEYR, W.J.; MEINERS, J.F. Disease resistance in beans. **Ann. Rev. Phytopathol**, v.13, p.313-334. 1975.

ZAUMEYR, W.J.; THOMAS, H.R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. U.S.D.A. Agr. Tech. Bull. Nº 868, Washington D.C. 1957. 255p.

MOSCA BRANCA E OUTRAS PRAGAS EMERGENTES NA CULTURA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

MASSARU YOKOYAMA

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa-Arroz e Feijão
Caixa Postal 179, 75375-000. Santo Antônio de Goiás, GO
(Texto extraído do livro referente ao V Simpósio da Cultura de Feijão Irrigado)

Introdução

O feijão destaca-se como importante fonte de proteína na dieta alimentar do brasileiro. Devido a sua adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas, o feijoeiro faz parte da maioria dos sistemas produtivos de pequenos e médios produtores. Mais recentemente, o feijoeiro passou a ser cultivado também no inverno (período seco), sob irrigação, atraindo médios e grandes produtores, geralmente usuários de tecnologia.

A ocorrência de pragas durante o ciclo da cultura tem contribuído significativamente para os baixos rendimentos nas diversas regiões produtoras. As variações nos prejuízos são decorrentes dos níveis populacionais das pragas, condições climáticas, cultivares, sistemas e época de plantio. Entre as pragas que atacam o feijoeiro, a mosca branca destaca-se não somente pelos danos causados pela sua alimentação, mas por ser vetor do vírus do mosaico dourado do feijoeiro, doença que limita a produção de feijão, podendo ocasionar a perda total da produção. Além da mosca branca, outras pragas como a lesma, ácaros (branco e rajado) e tripses têm sido detectadas, causando danos acentuados à cultura, aumentando o custo de produção. Os principais fatores que podem estar relacionados à ocorrência destas pragas são: mudanças no sistema de cultivo, cultivo sequencial de duas lavouras de feijão, escalonamento das épocas de plantio; a não-observação de algumas recomendações, como a eliminação de restos culturais, que tem propiciado a oferta contínua de plantas hospedeiras às pragas, contribuindo para o aumento populacional das pragas.

Identificação, Danos e Controle

Mosca branca [*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring, 1994)]

A mosca branca tem importância econômica em áreas onde existe a transmissão do vírus como na América Central, México, Caribe, Brasil e Argentina (Blanco- Sanchez & Bencomo-Perez, 1981; Cardenas-Alonso, 1982; Costa, 1965; Gámez, 1971).

No Brasil, a mosca branca *B. tabaci* é conhecida, desde 1923, em plantas daninhas e em plantas cultivadas, sendo considerada importante vetor de vírus, como o mosaico dourado do feijoeiro. A sua presença foi relatada em lavouras de algodão, em 1968, no norte do Paraná. A partir de 1972/73,

devido a condições favoráveis e à grande expansão da cultura da soja, surgiram elevadas populações de mosca branca no norte do Paraná e sul de São Paulo, além de outras partes do país (Faria, 1988). No Brasil e em outros países, a soja serve como hospedeira de transição para as infestações de mosca branca, as quais migram posteriormente em grande número para o feijoeiro (Costa, 1975).

A partir da década de 80, um novo biótipo, caracterizado por ter um amplo número de plantas hospedeiras, e principalmente por sua estreita associação com a planta ornamental poinsetia (bico de papagaio) *Euphorbia pulcherrima* Wild, adquiriu enorme importância nos Estados Unidos, Caribe e América Central. A origem deste novo biótipo não foi bem determinada, mas existem indícios de que esta população exótica de *B. tabaci* tenha sido introduzida e disseminada nos Estados Unidos a partir de focos do Caribe e, mais recentemente, da América Central. A partir de 1986, este biótipo foi observado causando danos em estufas de produção de poinsetia na Flórida. Após detalhados estudos biológicos e de caracterização eletroforética, concluiu-se pela existência de uma nova espécie, então denominada de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, 1994.

No verão de 1990/91, no Estado de São Paulo detectou-se a presença, em altas populações de um novo biótipo da mosca branca, possivelmente introduzido da Europa ou dos Estados Unidos, pela importação de plantas ornamentais. A ocorrência desta mosca foi registrada em alguns municípios paulista atacando tomate estaqueado, berinjela, feijão, abóbora, brócolos, algodão, plantas ornamentais, como o crisântemo e bico de papagaio, e plantas daninhas, como guanxuma, serralha-verdadeira e joá-bravo. Em 1993, exemplares coletados em plantas de tomate, na Embrapa Hortaliças, no Distrito Federal, foram identificados como biótipo "B", o mesmo identificado nos Estados Unidos, e posteriormente definido com *B. argentifolii*. Atualmente, esta espécie está disseminada em quase todos os estados brasileiros, tendo como principais hospedeiros: tomate, abóbora, melão berinjela, brócolos, melão, melancia, feijão e pimentão, além de plantas ornamentais e silvestres.

A ocorrência da mosca branca no feijoeiro era pouco significativa na safra das águas, porém tem se intensificado neste período de cultivo devido a sua multiplicação em cultivos tardios de culturas que são hospedeiras desta praga. Nas safras da seca e de inverno, a presença da mosca branca e do vírus do mosaico dourado tem sido fator limitante da produção de feijão em diversas regiões produtoras. Entre as espécimes de mosca branca coletadas e analisadas na cultura do feijoeiro, a predominância é da *B. argentifolii*.

As espécies *B. argentifolii* e *B. tabaci* são morfologicamente semelhantes; para a diferenciação utilizam-se técnicas moleculares. Os adultos da mosca branca (*B. argentifolii*) têm o dorso de cor amarelo-pálido, asas brancas e medem aproximadamente 1,0 mm, sendo a fêmea maior que

o macho. O acasalamento se inicia de 2 a 12 dias após a emergência. Cada fêmea coloca de 100 a 300 ovos durante a sua vida, e a taxa de oviposição depende da temperatura e da planta hospedeira. A longevidade é variável e depende da alimentação e da temperatura, e os machos e as fêmeas vivem em média 13 dias e 62 dias, respectivamente. De ovo a adulto, o inseto pode levar de 18 dias a 19 dias com temperaturas médias de 32°C, podendo ocorrer de 11 a 15 gerações por ano (Villas Boas, 1997). A mosca branca apresenta metamorfose incompleta, passando pelas fases de ovo, ninfa (quatro estádios, sendo o último chamado de pupa ou pseudo-pupa) e adulto. O ovo, de coloração amarela, tem o formato de pêra e mede cerca de 0,2 mm a 0,3 mm. As ninfas são translúcidas, apresentam coloração amarela a amarelo-pálido e locomovem-se apenas no primeiro estágio. Nas demais fases ninfais, o inseto permanece imóvel até a emergência dos adultos.

Os principais danos causados pela mosca branca são: danos diretos pela sucção contínua da seiva, provocando alterações no desenvolvimento vegetativo; excreção de substâncias açucaradas, com formação de fumagina na superfície foliar, tendo como resultante uma redução no processo de fotossíntese, e transmissão do vírus do mosaico dourado.

Diversas estratégias de controle têm sido pesquisadas no Brasil e em outros países onde ocorre tanto o vetor quanto o próprio vírus, sem que se tenha, até o momento, um eficiente meio de controle. Atualmente, no Brasil, o controle da mosca branca limita-se ao controle químico e cultural; contudo, recomenda-se aplicar os conceitos de manejo integrado de pragas, principalmente, fazendo-se o uso de inseticidas seletivos. O controle químico é um componente essencial na proteção da cultura, mas o uso de inseticidas em larga escala tem resultado em problemas de resistência, distúrbios ecológicos e custos elevados aos produtores. Nas últimas duas décadas, o controle da *Bemisia* spp foi baseado exclusivamente em inseticidas convencionais, como os organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides (Sharaf, 1986). No início da década de 90, inseticidas com novo modo de ação e propriedades seletivas, como buprofezin, pyriproxifen e imidacloprid, foram desenvolvidos para o controle dos diferentes estádios de desenvolvimento da mosca branca. Em testes de inseticidas, os resultados obtidos indicam diferenças acentuadas quanto à eficiência de controle de adultos nas espécies *B. tabaci* e *B. argentifolii*. Desta forma, há a necessidade de uma reavaliação dos inseticidas, quanto à eficiência no controle da mosca, e a identificação da espécie predominante em cada região, para a escolha adequada do produto.

Além do controle químico, as outras medidas de controle consistem no emprego de práticas agrícolas visando criar um agroecossistema menos favorável ao desenvolvimento e sobrevivência dos insetos, que auxiliam na diminuição dos riscos de produção. Essas medidas são: eliminação dos restos culturais (de algodão, tomate) e de plantas daninhas, para diminuir a

disponibilidade de plantas hospedeiras; impedir o escalonamento inadequado de plantios; e, na medida do possível utilizar cultivares mais tolerantes ao mosaico dourado.

Lesma [*Vaginulus plebeius* (Fisher)]

A lesma tem sido considerada importante praga de feijoeiro em algumas partes da América Central (Andrews & Dundee, 1986) e secundária no Caribe (King & Saunders, 1984) e em certas áreas na América do Sul. Na Região Centro-Oeste, o ataque da lesma vem aumentando de forma gradativa e tem-se constituído em uma praga importante do feijoeiro. Embora a sua ocorrência não seja de forma generalizada nas áreas de plantio direto, o seu ataque tem aumentado consideravelmente com a destruição parcial ou total de lavouras.

A lesma é um molusco de corpo achatado, coloração parda, úmida e, quando adulta, tem de 5 cm a 7 cm de comprimento, podendo alcançar de 12 a 18 meses de vida. As fêmeas colocam em torno de 80 ovos, em massas, sob resíduos de vegetação ou em buracos no solo. Os ovos são translúcidos e o período de incubação dura de 20 dias a 24 dias, a 27°C. Em condições de seca, os ovos podem levar até seis meses para que ocorra a eclosão das larvas. As formas jovens se assemelham aos adultos, e tornam-se maduras entre dois a cinco meses (Mancia, 1973). As condições de alta umidade são as ideais para o desenvolvimento e, em períodos secos, elas são inativas.

O ataque inicia-se nas bordas e, depois, para o interior da cultura (Vieira, 1988), especialmente se a vegetação ou a cobertura morta proporciona ampla proteção durante o período diurno. Com relação aos danos, as lesmas jovens consomem as folhas, com exceção das nervuras, enquanto as mais desenvolvidas podem consumir completamente as plântulas e também danificar as vagens. Em suas pesquisas, Andrews & Huezo de Mira (1983) calcularam que, em uma noite, cada lesma ativa por m² pode causar reduções da ordem de 20% nas plantas e de 16% nos rendimentos. Esses mesmos autores estabeleceram o nível de dano econômico, de 0,25 lesma ativa/m² ou 0,4 lesma por armadilha por noite.

O controle das lesmas é mais eficaz pela manutenção da lavoura limpa, principalmente das bordas com a eliminação das plantas daninhas e cobertura mortas. As outras medidas de controle são a queima dos restos culturais, o preparo do solo e a drenagem dos campos (Mancia, 1973). O controle químico é obtido com iscas contendo os produtos carbaril, methiocarb, phorate, aldicard ou metaldeído. O metaldeído é largamente recomendado (Mancia, 1973; Navarro, 1980). O efeito residual deste produto é relativamente curto, especialmente em condições de alta umidade.

Ácaros [Branco: *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904), Rajado: *Tetranychus urticae* (Koch, 1836)]

Nos últimos anos tem ocorrido uma grande incidência de ácaro branco, principalmente no plantio da seca e de inverno. É o menor ácaro dentre os que ocorrem na cultura do feijoeiro, sendo praticamente invisível a olho nu. Também conhecido como ácaro tropical, possui coloração variável de branco a âmbar, com tegumento brilhante. As fêmeas são maiores que os machos e medem 0,176 mm de comprimento e 0,118 mm de largura. O seu ciclo de vida é curto, inclui as etapas de ovo, larva, pseudopupa e adulto. No Brasil, as etapas de desenvolvimento duram de seis a sete dias (Flechtmann, 1972). Assim, no ciclo da cultura do feijão é possível ocorrer de nove a dez gerações.

A infestação inicial se dá em reboleiras e os sintomas de ataque são visíveis nas folhas do feijoeiro, as quais tendem a se enrolar para cima. Posteriormente, a página inferior da folha torna-se bronzcada, e a superior, verde-escura. Quando a infestação é muito alta, as folhas tornam-se coriáceas e quebradiças, e o ataque pode se estender às vagens. Segundo van Schoonhoven et al. (1978), um ataque severo deste ácaro pode diminuir o rendimento em até 56%.

Na Região Centro-Oeste, o ácaro rajado tem sido constatado em elevada população em diversas culturas. A provável razão do aumento do ácaro rajado na cultura do feijoeiro, principalmente em lavouras de inverno, são as infestações das populações provenientes das culturas de algodão e sorgo em final de ciclo. Após a colheita do sorgo, essas áreas são imediatamente ocupadas com o plantio direto da cultura do feijão. Nestas áreas onde ocorre a infestação na fase inicial do desenvolvimento da cultura, o produtor tem efetuado entre quatro a seis aplicações de acaricidas visando o seu controle.

O ácaro rajado possui coloração esverdeada com manchas dorsais escuras, mede de 0,45 mm de comprimento e 0,24 mm de largura, e o corpo tem a forma ovalada. No ácaro rajado, o dimorfismo sexual é acentuado. Apresenta três instares, e o número de ovos por fêmea é de 77 a 134, colocando de cinco a nove por dia.

Tanto o adulto como a ninfa escarificam o tecido vegetal, alimentando-se da seiva que extravasa. Essa espécie vive na página inferior das folhas situadas na altura mediana da planta.

No controle químico de ninfas e adultos dos ácaros é importante a realização de aplicações sequenciais, com intervalo de três a quatro dias, porque os acaricidas são poucos eficientes no controle de ovos.

Trips [*Caliothrips brasiliensis* (Morgan, 1929), *Thrips palmi*]

Recentemente, a cultura do feijoeiro tem sido alvo de ataque constante de trips, principalmente da espécie *Thrips palmi*. Os primeiros sintomas de

ataque nas plantas atacadas são as cicatrizes prateadas na lâmina foliar, especialmente ao longo das nervuras.

O adulto de *C. brasiliensis* mede cerca de 1,0 mm de comprimento, possui coloração preta com duas faixas brancas nas asas, e as pernas são pretas com as extremidades das tíbias de coloração clara. As ninfas são de coloração amarelada e ápteras, e os adultos apresentam asas franjadas. As fêmeas inserem os ovos nas folhas, pecíolos e caules, e o período de incubação dura cerca de seis dias. O acasalamento pode ocorrer 24 horas após a emergência dos adultos. A oviposição ocorre no dia seguinte ao acasalamento, e os adultos vivem cerca de 15 dias.

O *T. palmi* caracteriza-se por possuir corpo de cor amarelo-claro, com cerdas grossas e pretas. As ninfas são ápteras e muito ativas. No último estágio ninfal torna-se pouco ativa. A fase de pupa ocorre no solo, do qual emergem os adultos, infestando a parte aérea da planta com a finalidade de se alimentar da seiva. O ciclo deste inseto pode ser fortemente afetado pelo hospedeiro, e situa-se entre 21 e 25 dias em condições tropicais.

Quanto ao controle químico via pulverizações, é importante uma boa cobertura das folhas procurando atingir os insetos na superfície inferior das folhas.

Referências bibliográficas

- ANDREWS, K.L.; HUEZO DE MIRA, A. Relación entre densidad poblacional de las babosas, *Vaginulus plebeius*, y el daño em frijol comum, *Phaseolus vulgaris*. **Turrialba**, San José, v.33, n.2, p.165-8, 1983.
- BLANCO-SANCHEZ, N.; BENCOMO-PÉREZ, I. Presencia del virus del mosaico dorado del frijol (BMGV) en Cuba. **Ciênc. Agric.**, v.9, p.118-9, 1981.
- CARDENAS-ALONSO, M. Enfermedades virales del frijol transmitidas por la mosca blanca, *Bemisia tabaci* Genn., com ênfasis en Latinoamérica. Chapingo, Mexico, v.7, n.33-34, p.13-8, 1981.
- COSTA, A.S. Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. **FAO Plant Protection Bulletin**, Lanhan, v.13, p.121-30, 1965.
- COSTA, A.S. Increase in the populational density of *Bemisia tabaci*, a threat to windspread virus infection of legume crops in Brasil. In: BIRD, J.; MARAMOROSH, K. (Eds.). **Tropical diseases of legumes**. New York: Academic Press, 1975. p.27-49.
- FARIA, J.C. de. Doenças causadas por vírus. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, J.A.M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.547-72.

- FLECHTMANN, C.H.W. **Ácaros de importância agrícola**. São Paulo: Nobel, 1927. 150p.
- GÁMEZ, R. Los virus del frijol en Centroamérica: transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Genn.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. **Turrialba**, San José, v.21, p.22-7, 1971.
- KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. **Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en America Central: una guía para su reconocimiento y control**. London: Overseas Development Administration (ODA), 1984. 182p.
- MANCIA, J.E. **Biología y Control de la babosa del frijol *Vaginulus plebeius*, en El Salvador**. Santa Tecla, El Salvador: Ministério de Agricultura y Ganaderia - Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA), 1973. 12p. (Circular n.96).
- NAVARRO, E. Control de la babosa *Vaginulus* sp. com cebos envenenados. In: REUNIÓN ANUAL DEL PROGRAMA COOPERATIVO CENTROAMERICANO PARA EL MEJORAMIENTO DE CULTIVOS ALIMENTICIOS (PCCMCA), 26., Guatemala, 1980. **Memoria**. Guatemala, 1980.
- SHARAF, N. Chemical control of *Bemisia tabaci*. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.17, p.111-27, 1986.
- Van SCHOONHOVEN, A.; PIEDRAHITA, C.; VALDERRAMA, R.; GÁLVEZ, G.E. Biología, daño y control del ácaro tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acarina: Tarsonemidae) en frijol. **Turrialba**, San José, v.28, n.1, p.77-80, 1978.
- VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 1988. 231p.
- VILLAS BOAS, G.L.; FRANÇA, F.H.; ÁVILA, A.C. de; BEZERRA, I.C. **Manejo integrado da mosca branca *Bemisia argentifolii***. Brasília: EMBRAPA/Hortaliças, 1997. 12p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica).

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO APLICADOR DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PIVÔ CENTRAL

ANDERSON SOARES PEREIRA

Doutorando do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem.
Departamento de Eng. Rural. ESALQ/USP. Cx. P. 9. CEP:13.418-900.
Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

DURVAL DOURADO-NETO

Professor Associado. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP.
Caixa Postal 9. CEP:13.418-970. Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE

Professor Associado. Departamento de Eng. Rural, ESALQ/USP.
Caixa Postal 9. CEP:13.418-970. Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

Resumo

Empregando-se um sistema de irrigação pivô central composto por um vão inicial, uma torre móvel e um lance em balanço, foi desenvolvido um protótipo para aplicação de produtos químicos, operando de forma acoplada ao equipamento, utilizando-se da mobilidade da torre como meio de deslocamento para a aplicação de calda através de emissores do tipo microaspersor. Para tanto, foram desenvolvidos diversos conjuntos de componentes, que consistem em: unidade de bombeamento; sistema de filtragem de água e injeção de produtos químicos através de uma bomba dosadora; sistema de adução de calda acoplado a tubulação aérea do pivô central; sistema de controle automatizado da emissão de calda e um conjunto de suporte da linha de microaspersores. Desenvolveu-se uma metodologia para o dimensionamento hidráulico do sistema. Uma solução de cloreto de potássio (KCl), em alta concentração, foi aplicada por uma bomba dosadora. Através de ensaios de campo concluiu-se que o protótipo apresentou uma boa uniformidade de aplicação de água e de potássio e que os procedimentos de cálculo adotados apresentaram alta exatidão, com as vazões e pressões medidas no campo com valores próximos aos calculados.

Introdução

O sistema de irrigação mecanizado do tipo pivô central tem contribuído substancialmente para a expansão da área irrigada no Brasil e no mundo. As facilidades para a sua implantação e operação, juntamente com a sua grande eficiência quando adequadamente projetado permite que a alternativa do cultivo irrigado com esse equipamento seja cada vez mais difundido e popularizado entre os empresários rurais. Já existiam em 1995 cerca de 5000 equipamentos pivô central instalados em território nacional, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Bahia e Espírito Santo

(Coelho, 1996). De acordo com os principais fabricantes e distribuidores desse equipamento no país, no início do século 21 a demanda nacional prevista será de aproximadamente 1000 novos equipamentos ao ano, mostrando a grande aceitação e difusão do sistema.

O pivô central permite a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, possibilitando grande economia na aplicação de fertilizantes, principalmente com os adubos nitrogenados e potássicos. A aplicação de defensivos agrícolas via irrigação, como inseticidas e herbicidas, ainda é objeto de muito estudo da ciência agrônômica, visando sua viabilidade técnica, econômica e ecológica. A eficiência do controle químico, por intermédio de defensivos agrícolas, é diretamente proporcional à quantidade do princípio ativo que atinge o alvo desejado (Dourado-Neto & Fancelli, 1999). assim, nem todos produtos químicos podem ser aplicados via água de irrigação, devido ao alto volume de calda aplicado, que resulta em diminuição da quantidade do princípio ativo retida no alvo.

De acordo com Marchetti (1983) o pivô central consiste basicamente em diversos emissores fixados sobre uma tubulação de comprimento variável, suportada longitudinalmente por uma série de torres, que se movimentam sobre rodas ao redor de um ponto central denominado ponto do pivô. Para suportar o vão livre do pivô entre torres adjacentes, existe uma estrutura de treliças e tirantes que mantém a tubulação a uma determinada altura do solo (4 a 5 metros) compatível com as culturas a serem irrigadas.

Cada torre do pivô central é movimentada por um conjunto moto-redutor elétrico. O caminhamento da última torre do equipamento, controlada por um painel no ponto do pivô, comanda o deslocamento das demais torres. Quando a última torre se desloca, ela aciona, a partir de uma determinada posição, o moto-redutor da torre antecessora, e assim sucessivamente até a primeira torre próximo ao ponto do pivô. Quando uma torre se alinha com a sua antecessora, ocorre a parada da torre, temporariamente. Assim, o pivô central caminha na área de forma intermitentemente; as torres finais, devido a maior área irrigada, caminham com maiores velocidades e menor intermitência do que as torres próximas ao ponto do pivô.

O tamanho do equipamento pode variar de 20 a 150 ha, sendo o tamanho médio dos equipamentos comercializados no Brasil de 70 ha e nos EUA de 50 ha (Coelho, 1996). A área irrigada entre as torres iniciais é muito menor do que a área entre as torres finais do equipamento, sendo que o custo de cada vão é praticamente o mesmo, independente da posição ao longo do equipamento. Portanto, quanto maior o equipamento menor o custo por unidade de área.

Para que o pivô central tenha deslocamento circular, é necessário que a velocidade média de caminhamento de cada torre seja progressivamente maior a partir do ponto do pivô. Como a área irrigada por cada torre também é progressivamente maior, aumenta-se também a vazão dos emissores ao

longo da linha lateral do equipamento, objetivando que toda a área irrigada receba a mesma lâmina de água de maneira uniforme. Dessa forma, têm-se elevadas intensidades de aplicação de água na extremidade final do pivô e pequenas intensidades de aplicação próximo ao ponto do pivô.

Segundo Dourado-Neto & Fancelli (1999) entende-se por quimigação a técnica de aplicação de produtos químicos via água de irrigação. De acordo com o produto utilizado na quimigação pode-se ter a herbigação, quando são aplicados herbicidas; fungigação quando são aplicados fungicidas e insetigação quando aplicam-se inseticidas via água de irrigação. Há ainda a possibilidade de utilização de outros produtos químicos como nematocidas na nematogação e a aplicação de hormônios de crescimento, técnicas essas de utilização inexpressiva em nosso meio.

O protótipo desenvolvido nesse trabalho não utiliza a água de irrigação para a aplicação de produtos químicos e, portanto, não pode ser classificado como um equipamento de quimigação, porém como emprega a estrutura do sistema pivô central e a sua mobilidade sobre o terreno, podem-se considerar algumas vantagens potenciais atribuídas à quimigação para o protótipo, conforme descrito por Schimdt (1997): (i) aplicação uniforme: reduzida possibilidade de sobreposição de faixas e de não aplicação em determinadas áreas do terreno, comum em sistemas tratorizados; (ii) ativação e incorporação: alternativamente poderemos operar o protótipo concomitantemente com o sistema de irrigação, promovendo a incorporação necessária para alguns tipos de defensivos como herbicidas pré-emergentes; (iii) redução na compactação do solo: devido a redução no tráfego de máquinas para aplicação de defensivos, podemos ter reduções significativas no grau de compactação dos solos ao longo do ciclo das culturas irrigadas, com conseqüente aumento do rendimento das culturas com melhor eficiência da água aplicada pela irrigação; (iv) redução de danos mecânicos às culturas: com a entrada de máquinas na lavoura, ocorrem perdas pelo amassamento da cultura, abortamento de flores, entre outros. Essas perdas, segundo Schimdt (1997), através de informações recebidas de instituições de pesquisa como a EMBRAPA, IAPAR e IAC podem chegar 3% para a soja; 3 a 5% para o milho; 5 a 8% para o feijão, podendo chegar até 12% na florada; 5 a 8% para o trigo e 10 a 15% para a batata e o tomate; (v) aplicação de acordo com as recomendações: pela possibilidade de aplicar os defensivos em condições climáticas onde a aplicação via aérea ou tratorizada é inviabilizada, como em condições de velocidades de vento moderadas, o sistema para aplicação de defensivos agrícolas via pivô central possibilita que se faça a quimigação no momento exato do estágio de cultura ou do estágio ou do momento de maior susceptibilidade das pragas e doenças; (vi) menor disseminação de pragas e doenças: conforme Dourado-Neto & Fancelli (1999) com a fungigação (e alternativamente, com a aplicação de fungicidas pelo protótipo) pode-se minimizar a disseminação

de fungos e patógenos, como também minimizar a disseminação de insetos pelo emprego de inseticidas; (vii) menores riscos de contaminação ambiental: seguindo-se a recomendação dos fabricantes de defensivos agrícolas e com a utilização de equipamentos de segurança necessários; (viii) menor risco de contaminação de operadores: uma grande vantagem do protótipo desenvolvido, devido ao reduzido número de recargas de defensivos agrícolas e número reduzido de operadores quando comparados aos outros métodos de aplicação de defensivos agrícolas.

Algumas limitações da quimigação e, também, do protótipo é que nem todos produtos químicos empregados em outras técnicas de aplicação poderão ser empregados, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de pesquisas nessa área.

Lyle e Bordovsky (1986) desenvolveram um sistema para aplicação de produtos químicos em um sistema de irrigação mecanizado do tipo linear móvel, empregando bocais especiais com baixa vazão e grande alcance de cobertura, instalados em uma rede hidráulica independente, acoplada na estrutura metálica do equipamento. Os bocais foram instalados de forma a cada um deles aplicar os produtos químicos sobre uma linha de cultura, com volumes de aplicação na ordem de 3140 litros por hectare. Experimentos de campo com as culturas de milho, algodão, sorgo e soja mostraram que os tratamentos onde foi empregado o sistema desenvolvido apresentaram melhores resultados quando comparados aos tratamentos que empregaram a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, com volumes de calda aplicados de 21500 litros por hectare. Uma limitação do sistema é que requer o alinhamento dos bocais de pulverização nas linhas das culturas e, assim, o sistema de irrigação deve ser um linear móvel. No caso da instalação em um sistema pivô central, as culturas devem ser cultivadas em linha de forma circular.

Sumner et al. (1997) apresentam um equipamento para aplicação de produtos químicos instalado em dois sistemas de irrigação pivô central: um pivô de quatro torres móveis e um pivô de uma torre móvel. Como emissores foram utilizados microaspersores espaçados de 3 a 3,6m. Os valores dos coeficientes de uniformidade de aplicação de água, obtidos através de medidas de campo e modelos de simulação variaram de 87 a 95%. Sumner et al. (2000) realizaram um trabalho onde foi avaliada a eficiência da aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes no controle de plantas daninhas, fungicidas na cultura do feijão e desfolhantes na cultura do algodão, aplicados via quimigação, sistemas de pulverização via trator e pelo sistema utilizando microaspersores acoplados ao sistema de irrigação pivô central. Concluíram que os herbicidas pré-emergentes e os desfolhantes aplicados via quimigação e pelo sistema de microaspersores acoplados ao pivô apresentaram resultados similares. Na aplicação de fungicidas, o

sistema tratorizado apresentou melhores resultados devido a melhor retenção foliar da calda aplicada.

Dourado-Neto & Fancelli (1999) apresentam um sistema para aplicação de produtos químicos para equipamentos de irrigação pivô central denominado de *NOTLLADA*, que tem por finalidade adequar o volume de calda para aplicar de forma adequada a quantidade de princípio ativo no alvo folha. O sistema propõe um procedimento de automação em que a aplicação de calda é interrompida quando ocorre a parada da torre do pivô central.

Omary et al. (1997) desenvolveram um sistema para operar de forma acoplada a estrutura metálica do pivô central, que possibilita a aplicação de variadas lâminas de água sem variar a velocidade de deslocamento do pivô, através de um sistema de linhas paralelas dotadas de emissores com diferentes vazões. Quando se deseja aplicar uma determinada lâmina de água, coloca-se em funcionamento uma ou mais linhas através da abertura de válvulas solenóides.

Em Tech Tips (1999) é apresentado um sistema de acoplamento de tubulações de PVC na tubulação aérea do pivô central para a aplicação de água de irrigação, utilizando-se a tubulação aérea do pivô central somente para a sustentação dos tubos. Esse procedimento foi adotado em algumas regiões dos Estados Unidos, principalmente no estado do Texas, devido ao alto poder de corrosão das águas, que tornava inutilizáveis as tubulações de aço do pivô central em menos de dez anos. A adoção dessa alternativa proporciona menores custos de investimento quando comparada à troca das tubulações de aço danificadas no pivô central, como também maior vida útil, devido ao PVC ser resistente a corrosão.

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um protótipo para a aplicação de produtos químicos para um sistema de irrigação pivô central, utilizando-se da mobilidade da torre como meio de deslocamento para a aplicação de baixos volumes de calda através de emissores do tipo microaspersor.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em um equipamento de irrigação do tipo pivô central instalado na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. As especificações técnicas do equipamento pivô central estão descritas na Tabela 1.

O protótipo foi desenvolvido tendo como referência ideológica o sistema *NOTLLADA*, apresentado por Dourado-Neto & Fancelli (1999), constituído pelos seguintes conjuntos de componentes: (i) unidade de bombeamento e filtragem: localizado junto ao reservatório de água; o qual tem a finalidade de fornecer água pressurizada para o sistema, como

também realizar a filtragem de água; (ii) linha de adução de água: adutora em PVC que conduz a água pressurizada até o ponto do pivô central; (iii) cabeçal de controle: localizado no ponto do pivô central, recebe água pressurizada, realiza nova filtragem e adiciona a solução de produtos químicos (defensivos agrícolas ou fertilizantes) através de uma bomba dosadora, formando a calda; (iv) conjunto de adução de calda: acoplado à tubulação aérea do pivô central, conduz a calda do cabeçal de controle até o conjunto de controle automatizado da emissão de calda; (v) conjunto de controle automatizado da emissão de calda: localizado na torre do pivô central, o qual tem a finalidade de controlar a liberação de calda a ser aplicada pelo sistema. Quando a torre está em deslocamento, ocorre a aplicação de calda, através da abertura das válvulas solenóides via acionamento do moto-redutor. Quando a torre se encontra parada, as válvulas solenóides permanecem fechadas e não ocorre aplicação de calda; (vi) conjunto de emissão de calda: é o conjunto responsável pela aplicação de calda sobre a superfície do terreno ou sobre o dossel das plantas cultivadas, através de emissores do tipo microaspersor, acoplados em um tubo de polietileno de baixa densidade; (vii) conjunto de acoplamento e regulagem da altura de aplicação: acoplado na estrutura metálica do pivô central, o qual tem a finalidade de sustentar o conjunto de emissão de calda e propiciar a sua operação em diferentes alturas em relação à superfície do terreno ou do dossel das plantas cultivadas.

A unidade de bombeamento e filtragem, apresentada na Figura 1, foi instalada em um abrigo coberto, utilizando água proveniente do Rio Piracicaba, armazenada em um reservatório localizado na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP. Esse reservatório também fornece água para as irrigações com o pivô central.

A escolha dos componentes objetivou atender a vazão requerida pelo protótipo de 3229 litros por hora, com altura manométrica de 40mca. A motobomba escolhida foi a KSB modelo Hydrobloc C-3000T, com motor trifásico de 3cv, 220V, acionado por uma chave de partida direta WEG, modelo PDW. A curva característica da motobomba, fornecida pelo fabricante, é apresentada na Figura 2. Os conjuntos de sucção e recalque são compostos por tubos e conexões de PVC com diâmetro nominal de 50 mm, pintados com uma tinta especial para proteção contra intempéries, aumentando a sua vida útil (tinta marca PLASTOFLEX, modelo Vinoflex M-32, cor verde-segurança). Salienta-se que o conjunto motobomba escolhido está superdimensionado para as condições operacionais do protótipo. A adoção desse procedimento visa viabilizar o emprego da motobomba em outras atividades de pesquisa relacionada ao protótipo a serem desenvolvidas, como também a sua utilização em sistemas de irrigação para experimentos conduzidos no Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP.

Tabela 3- Especificações técnicas do equipamento de irrigação pivô central instalado na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Marca e modelo	Pivô central CARBORUNDUM, modelo MPC 630/01-639/L4 G2S
Vão inicial	Comprimento: 61,30 metros, com 9 tubos Diâmetro: 6 ³ / ₈ ". Altura livre: 3,07m
Lance em balanço	Comprimento: 27,97 m com 4 tubos. Diâmetro: 59/16" (2 primeiros tubos) e 4" (2 tubos finais)
Canhão final	Vazão: 6,0 m ³ /h. Raio de alcance: 15,8 m
Número de torres:	Uma torre
Tamanho dos pneus	12,4 x 24 (12,4" de largura da banda de rodagem x 24" de aro)
Potência do moto-redutor	1cv
Velocidade da última torre, com o relê percentímetro regulado em 100%	180 metros por hora
Tempo mínimo para uma volta, com o percentímetro regulado em 100%	2 horas e 9 minutos
Raio efetivo da área irrigada	105,07 metros
Área circular irrigada	3,47 hectares
Lâminas aplicadas e vazão	
Lâmina bruta aplicada (relê percentímetro a 10%)	13,2mm em 21 horas e 26 minutos
Vazão necessária	21,35m ³ /h
Lâmina mínima aplicada (relê percentímetro a 100%)	1,32mm
Linha adutora	Tubo de PVC DN -100 mm linha fixa, 180 metros de comprimento
Conjunto motobomba	Bomba ALBRIZZI modelo 3048 acoplado a motor BUFALO de 7,5cv, 3450rpm, 220V, trifásico
Altura manométrica total	37,54mca
Pressão no ponto do pivô	34,70mca
Pressão na extremidade final	30mca
Desnível motobomba ao ponto do pivô	0,50m, em aclave
Desnível do ponto do pivô ao ponto mais alto do terreno	0,0m

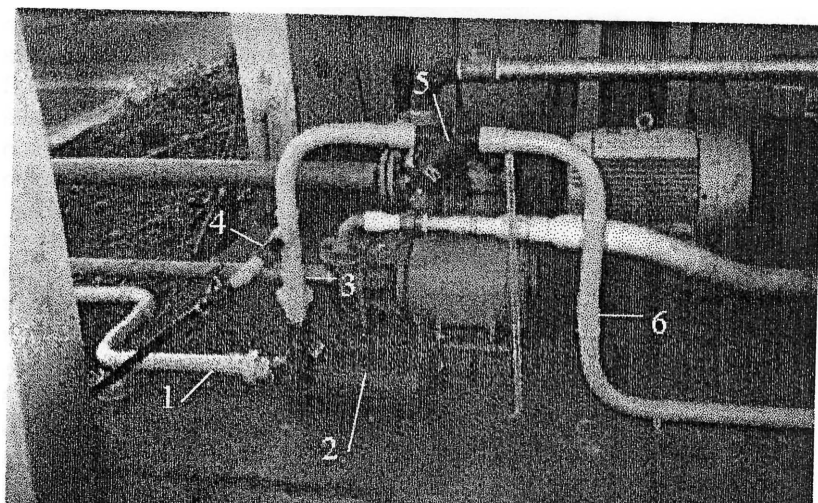


Figura 1. Componentes da unidade de bombeamento e filtragem: (1) Tubulação e conexões de sucção em PVC Linha Fixa DN-50 mm; (2) Conjunto Motobomba KSB Hydrobloc C-3000T; (3) Conexões de saída da motobomba, em PVC roscável DN 2"; (4) Sistema de recirculação contínua de água; (5) Filtro plástico de discos 120 mesh, marca AMIAD, DN 1 1/2"; (6) Tubulação e conexões de recalque em PVC LF DN – 50 mm.

Curvas Características

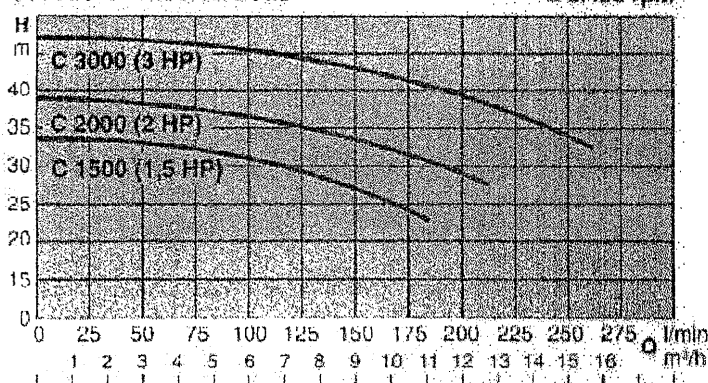


Figura 2. Curvas características das motobombas KSB Hydrobloc, indicando a curva do modelo C 3000 (Fonte: Catálogo de produtos KSB Bombas Hidráulicas S.A.).

Devido a alta concentração de algas na água, utilizou-se um filtro com elemento filtrante de discos. O modelo utilizado foi o filtro plástico de

discos marca Amiad, modelo compacto, diâmetro nominal de 1½", com elemento filtrante de 120 mesh. Segundo recomendação do fabricante¹, para a vazão requerida pelo equipamento (3229 litros por hora), é possível utilizar um filtro de diâmetro nominal de 1"; porém, devido a alta concentração de algas na água, optou-se utilizar o filtro de 1½", objetivando menores operações de limpeza ao longo do funcionamento do sistema, como também menores perdas de carga.

Conforme mencionado, o protótipo aplica a calda somente com o deslocamento da torre do pivô central. Quando a torre está parada, não ocorre aplicação de calda e, conseqüentemente, a motobomba irá operar com vazão nula. De acordo com Macintyre (1987) quando uma motobomba está em operação, o próprio líquido que circula pela bomba, em geral, remove o calor gerado em seu interior. Quando a bomba opera com vazões muito reduzidas ou nulas, o resfriamento pode não ser suficiente, podendo ocorrer superaquecimento causando redução da vida útil das gaxetas e dos selos mecânicos e danos aos mancais, principalmente. Para impedir que isso ocorra, as motobombas devem operar com uma descarga mínima aceitável. No geral, as motobombas apresentam em sua plaqueta metálica de identificação esse valor de vazão mínima de operação. No modelo de motobomba empregado (KSB Hydrobloc C-3000T) a vazão mínima indicada no equipamento é de 2m³/h. Para garantir essa vazão mínima no equipamento, quando a torre do pivô central estiver parada e não houver aplicação de calda, desenvolveu-se um sistema de recirculação contínua, ilustrado na Figura 4, que consiste em um bocal plástico adaptado a um regulador de pressão, que permite o retorno de parte da água bombeada, respeitando a vazão mínima recomendada. Os materiais empregados foram um bocal plástico cônico, marca FABRIMAR, de diâmetro 6,0mm, associado a um regulador de pressão FABRIMAR, modelo EXACT-40, que fornece uma pressão declarada de regulação de 28,1mca. De acordo com informações contidas em catálogo do fabricante², essa associação bocal-regulador fornece uma vazão de 2,23m³/h, valor um pouco acima do valor mínimo de vazão recomendado para a motobomba, porém adotado no trabalho como uma margem de segurança. A ligação do bocal ao regulador de pressão foi feita adaptando-se o bocal no interior de conexões de PVC roscável. Para conduzir a água do conjunto até o reservatório foram empregados 6m de tubo de polietileno de baixa densidade, marca CARBORUNDUM, de 20mm de diâmetro. O sistema de recirculação contínua apresenta o inconveniente de obrigar a motobomba a trabalhar continuamente com uma vazão acima da necessária para a operação do protótipo, porém devido a baixa potência da motobomba, esse sistema torna-

¹ AMIAD filtration systems. Catálogo de produtos. s.n.t.

² FABRIMAR S.A INDÚSTRIA E COMÉRCIO – Catálogo do Aspensor fixo AF2

se viável, quando comparado a sistemas de recirculação automática, apresentados por Macintyre (1987), que empregam válvulas especiais, cujo custo somente viabilizam o seu emprego em grandes sistemas de recalque.

Para conduzir a água da unidade de bombeamento e filtragem até o cabeçal de controle foi utilizada a linha adutora em PVC linha fixa de 100mm de diâmetro, que conduz a água de irrigação do pivô central. Através da abertura e fechamento de registros (Figura 4), a água da unidade de bombeamento é desviada para a adutora e, no ponto do pivô, a água recalçada é desviada para a aplicação de produtos químicos através de um registro localizado no cabeçal de controle.

O funcionamento do conjunto de registros, ilustrado na Figura 4, ocorre da seguinte forma: quando (1) está operando, (2) está aberto e (4) está fechado; quando (3) está operando, (2) está fechado e (4) está aberto.

A utilização da adutora do pivô central para a condução de água para o protótipo apresenta a vantagem de reduzir os custos de investimento com equipamentos, dispensando a instalação de uma nova adutora, como também a redução dos custos operacionais com energia, devido às reduzidas perdas de carga resultantes da baixa vazão conduzida em uma tubulação de grande diâmetro. Porém, para se adotar essa alternativa, deve-se instalar um sistema de filtragem complementar no cabeçal de controle para evitar a obstrução dos emissores com detritos provenientes de incrustações no interior das paredes dos tubos, como também filtrar a água que fica armazenada na tubulação após as irrigações com o pivô central.

O cabeçal de controle, ilustrado na Figura 5, tem como finalidade realizar uma nova filtragem da água e injetar os produtos químicos formando a calda a ser aplicada. O registro de gaveta de 4" tem por objetivo interromper o fluxo de água para o pivô central, possibilitando a alimentação de água ao cabeçal de controle. O registro de gaveta de 1½" controla o fluxo de água para o cabeçal de controle. Para reter impurezas provenientes de incrustações no interior da tubulação adutora, como também da água retida na adutora após as irrigações com o pivô central, foi instalado no cabeçal de controle um filtro com elemento filtrante de discos, de 120mesh, da marca MAC-LOREN.

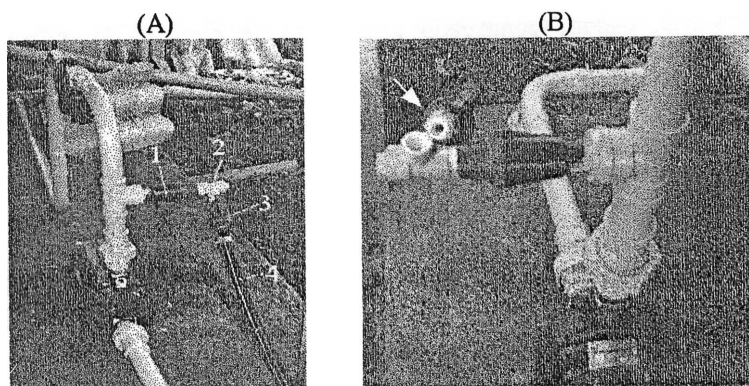


Figura 3 - Ilustração do sistema de recirculação contínua. (A) Componentes: (1) regulador de pressão FABRIMAR modelo EXACT-40; (2) conjunto de conexões em PVC de $\frac{3}{4}$ ", com o bocal plástico adaptado; (3) registro de esfera $\frac{3}{4}$ " ; (4) Tubo de polietileno CARBORUNDUM, 20mm de diâmetro interno. (B): Detalhe do bocal plástico cônico (FABRIMAR), diâmetro 6,0mm, adaptado em nípel roscável de PVC de $\frac{1}{2}$ ".

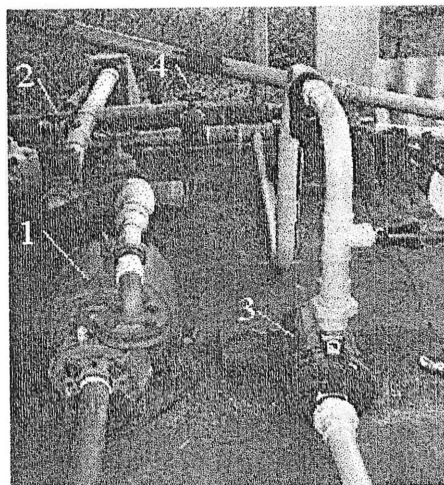


Figura 4. Conjunto de registros empregados na ligação da unidade de bombeamento na linha de adução de água: (1) motobomba para irrigação com pivô central; (2) registro de saída da motobomba do pivô central; (3) unidade de bombeamento do protótipo; (4) registro de saída da unidade de bombeamento do protótipo.

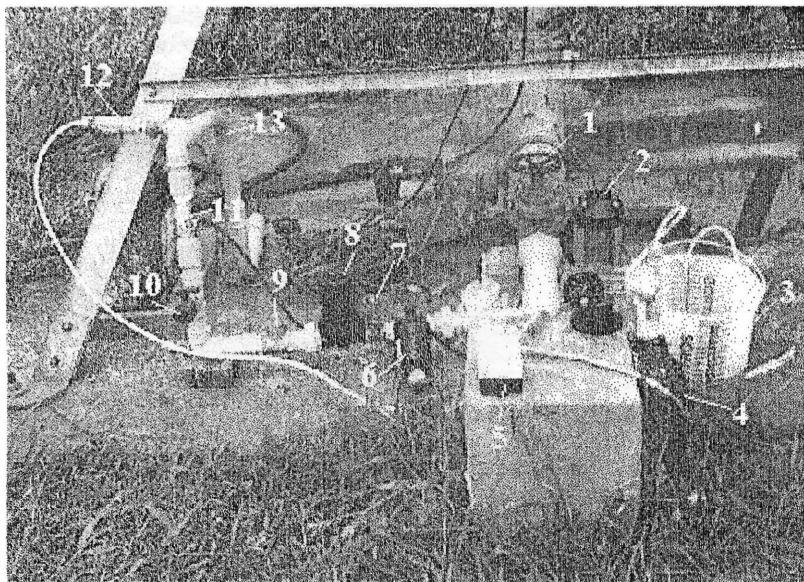


Figura 5. Ilustração do cabeçal de controle: (1) registro de gaveta de 4"; (2) bomba dosadora de produtos químicos; (3) reservatório para produtos químicos; (4) chave geral de energia elétrica ; (5) chave de partida da bomba dosadora; (6) conjunto de fornecimento de água; (7) registro de gaveta de 1½"; (8) filtro de discos MAC-LOREN; (9) válvula de retenção de 1½"; (10) Registro de drenagem; (11) válvula de fluxo KSB hidroflow; (12) ponto de injeção de produtos químicos; (13) conjunto de conexões e tubos de PVC.

A bomba dosadora realiza a injeção dos produtos químicos na água. Na escolha desse sistema, procurou-se um equipamento que permitisse a utilização de baixos volumes, possibilitando a injeção de produtos puros ou com pequena diluição, dispensando a instalação de reservatórios de pré-mistura, contribuindo para uma maior economicidade do protótipo e na segurança para os operadores e ao meio ambiente. Foi escolhida a bomba dosadora da marca SODI-SCIENTIFICA, de fabricação italiana, apresentada na Figura 6, cujas principais características técnicas estão descritas na Tabela 2. Esse equipamento apresenta elevada precisão de dosagem, facilidade de operação e reduzido consumo de energia. A dosagem e injeção do produto é executada através de um pistão cerâmico, associado a um conjunto de válvulas de esfera, acionados por um motor elétrico trifásico de 0,12cv, 220V. A máxima vazão que o sistema injeta é de 54 litros por hora. A regulagem é feita através da variação do comprimento de curso do pistão, girando-se manualmente o disco graduado (Figura 6). A

vazão injetada é indicada no disco graduado com uma escala que varia de 0 (zero) a 10, com subdivisões de 0,2, que correspondem respectivamente de 0 a 100% da vazão máxima, com subdivisões de 2%. De acordo com o fabricante³, o intervalo útil de regulagem é de 1 a 10 (10 a 100%), onde é garantida a precisão de regulagem de 1% da vazão máxima (0,54 litros por hora) e a máxima pressão na rede hidráulica na qual a bomba injeta os produtos químicos com precisão é 10bar.

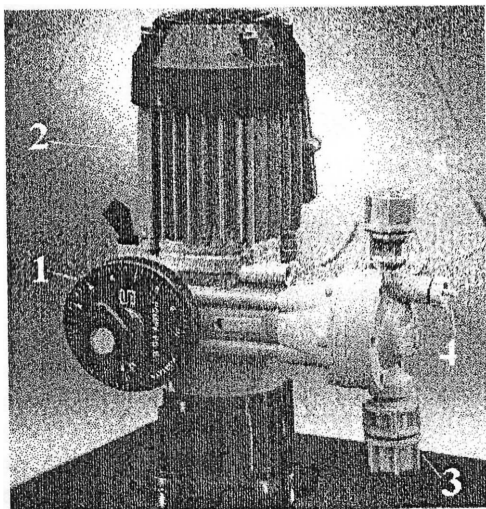


Figura 6. Ilustração da bomba dosadora SODI-SCIENTÍFICA modelo PD S: (1) disco graduado para regulagem de vazão; (2) - Motor elétrico, 220V, trifásico, potência 0,12cv; (3) conexões de sucção de produtos químicos; (4) ponto de amostragem de produtos químicos; (5) conexões de saída de produtos químicos a serem injetados.

A válvula de fluxo empregada é marca KSB, modelo Hydroflow, ilustrada na Figura 7. Tem como função interromper o funcionamento da bomba dosadora quando não há fluxo de água no sistema, seja pelas paradas da torre, fechamento do registro de 1½" ou interrompimento de funcionamento da unidade de bombeamento e filtragem. Com isso não ocorre variação da concentração da calda aplicada e desperdício de produtos químicos, o que contribui para evitar problemas de fitotoxicidade e contaminações ao meio ambiente. Seu funcionamento é baseado em um sistema eletromagnético, onde um ímã em forma de disco, instalado no

³ SODI SCIENTÍFICA – ENVIRONMENT DIVISION. Metering pumps “PD” series user’s manual. Florence: s. ed., 1995, 27p.

interior da peça, é erguido pelo fluxo da água e fecha o contato elétrico. Quando não há fluxo de água, o ímã permanece na parte inferior da válvula e o contato elétrico não ocorre.

Tabela 2. Características técnicas gerais da bomba dosadora SODI-SCIENTÍFICA modelo PD S.

Dimensões	
Altura:	315mm
Largura (valor máximo):	250mm
Peso bruto:	5,8kg
Materiais	
Cabeça, válvulas e conexões:	Polipropileno reforçado com fibra de vidro
Pistão:	Cerâmica
Mangueiras:	Polietileno com 10mm de diâmetro
Corpo da bomba:	Metal liga leve
Características construtivas	
Diâmetro do pistão:	27mm
Curso do pistão:	10mm
Frequência mínima de pulsos:	162 pulsos por minuto
Motor:	Assíncrono trifásico, 220V; potência 0,12cv
Características de performance	
Vazão mínima:	5,4 litros por hora
Vazão máxima:	54 litros por hora
Precisão de dosagem	1% da vazão máxima
Pressão máxima para injeção:	10bar

A chave geral de energia elétrica controla o fornecimento de energia elétrica para a bomba dosadora.

A chave de partida da bomba dosadora possui uma chave seletora de duas posições: *manual* e *auto*. Na posição *manual*, a bomba dosadora é acionada somente pela chave geral de energia elétrica. Na posição *auto* a bomba dosadora é acionada pela ação da válvula de fluxo. A opção de operação *manual* é empregada quando estamos preparando a bomba dosadora para uma aplicação de produtos químicos e a posição *auto* é utilizada quando o protótipo está em operação.

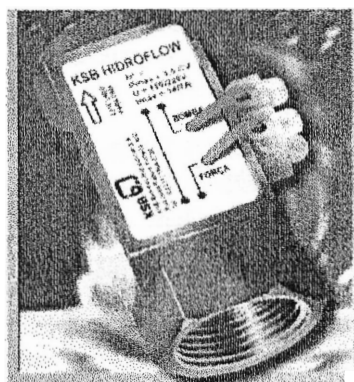


Figura 7. Ilustração da válvula de fluxo KSB Hidroflow, com conexões de entrada e saída de 1”.

A válvula de retenção de 1½” foi instalada antes do ponto de injeção de produtos químicos, de modo a impedir o refluxo de calda para a água, aumentando a segurança ao meio ambiente.

O conjunto de fornecimento de água é composto por um filtro de discos de 1” AMIAD (malha 120 mesh) e um registro de esfera plástico de ¾” e visa o abastecimento de água para a diluição dos produtos químicos ou utilização de emergência em caso de contato dos produtos químicos tóxicos pelo operador.

O registro de drenagem promove o esvaziamento de água ou calda do sistema de adução de calda, em operações de limpeza do sistema.

O ponto de injeção de produtos químicos é composto por conexões de PVC roscável; um conjunto de conexões especiais de injeção da bomba dosadora e uma válvula de retenção de ¾”, instalada de forma a impedir a saída de água da tubulação e permitir a injeção de produtos químicos pela bomba dosadora.

O conjunto de conexões e tubos de PVC promove o fluxo de água e calda no cabeçal. Foram pintados com tinta especial marca PLASTOFLEX, modelo Vinoflex M-32, para proteção contra a ação de intempéries, aumentando a sua vida útil.

O sistema de adução de calda tem como finalidade conduzir a calda do cabeçal de controle até os conjuntos de emissão de calda.

O conjunto de acoplamento do cabeçal de controle a tubulação aérea, ilustrado na Figura 8, realiza a condução de calda do cabeçal de controle à tubulação aérea do protótipo. É composto por um tubo de polietileno CARBORUNDUM de 26mm de diâmetro interno e 12 metros de comprimento, tendo conectado em suas extremidades conexões de PVC engate rápido roscável de 50 mm de diâmetro nominal. A escolha do tubo de polietileno foi devido a sua grande flexibilidade e facilidade de manuseio.

Antes de colocar o protótipo em operação, deve-se engatar o tubo no cabeçal de controle (item B, Figura 8), contorná-lo ao redor da torre do ponto do pivô, no sentido oposto ao qual o equipamento vai se deslocar e, finalmente, conectá-lo na tubulação aérea (item A, Figura 8). Esse procedimento possibilita que o tubo de polietileno se desenrole conforme o pivô se desloca, sem causar qualquer tipo de tração no tubo que danifique os componentes do cabeçal de controle e da tubulação aérea. Após a aplicação, o tubo de polietileno deve ser desacoplado e quando houver outra aplicação, o procedimento deve ser repetido. Para as operações de acoplamento do tubo de polietileno na tubulação aérea, podem ser empregados os degraus da torre no ponto do pivô como meio de acesso.

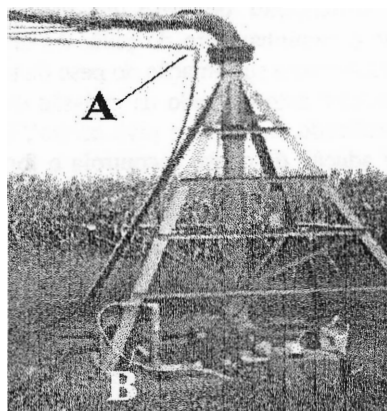


Figura 8. Ilustração do conjunto de acoplamento do cabeçal de controle a tubulação aérea: (A) conexão no tubo de PVC 50 mm linha fixa; (B) conexão de saída do cabeçal de controle.

As tubulações aéreas de adução de calda são de PVC linha fixa soldável, com 50 mm de diâmetro nominal e classe de pressão PN 80. Partindo-se do ponto do pivô até a sua extremidade final foram instalados 88 metros de tubulação. Os tubos foram pintados com a tinta especial PLASTOFLEX, modelo Vinoflex M-32, cor verde-segurança, para proteção contra intempéries. A Figura 9 mostra esquematicamente as tubulações instaladas. Para facilitar a drenagem da tubulação nas operações de manutenção e limpeza, foram utilizadas duas válvulas antivácuo plásticas da marca MACLOREN, com conexão roscável de 1". Uma válvula foi instalada antes do conjunto de controle automatizado da emissão de calda, e outra na extremidade final da tubulação.

O acoplamento dos tubos de PVC na tubulação aérea do pivô foi feito com braçadeiras especiais, apresentadas esquematicamente na Figura 10. O primeiro tipo (item A, Figura 10), foi fabricado com aço chato galvanizado,

de $\frac{1}{2}$ " de largura e $\frac{1}{8}$ " de espessura e o segundo tipo (item B, Figura 10) feito com fitas metálicas flexíveis, em aço galvanizado, com $\frac{3}{4}$ " de largura, perfuradas com furos de $\frac{1}{4}$ " espaçados em $\frac{3}{8}$ ". Ambos os modelos foram moldados em sua parte superior de forma a contornar as tubulações aéreas do pivô com diâmetros de $6\frac{5}{8}$ " (vão inicial), $5\frac{9}{6}$ " e 4" (lance em balanço), e em sua parte inferior moldados para abraçar os tubos de PVC. Ambos os modelos separam o tubo de PVC da tubulação aérea do pivô central em uma distância de 0,15m, com a finalidade de desviar das flanges dos tubos e das chapas de aço que formam a estrutura do pivô. As braçadeiras foram instaladas espaçadas de 3 em 3 metros, intercalando-se o modelo de aço chato com o modelo de fita flexível. As braçadeiras de aço chato, por serem rígidas, realizam a sustentação do peso do tubo e impedem o seu deslocamento durante o caminhar do pivô. As braçadeiras de fita de aço flexível realizam somente a sustentação do peso da tubulação.

O conjunto de controle automatizado da emissão de calda, apresentado na Figura 11, está localizado na torre do pivô central, instalado no tubo de PVC do conjunto de adução de calda, e controla o fornecimento de calda para o conjunto de emissão de calda. Seu funcionamento se dá através da ação de solenóides ligados no sistema elétrico do moto-redutor, ocorrendo a aplicação de calda somente quando o pivô central caminha. Foram empregados solenóides especiais, da marca ASCOVAL, modelo 8210-D95, voltagem 220V, corrente alternada, frequência 60Hz, operando de modo normalmente fechado, ou seja: somente abrem e permitem o fluxo da água quando recebem corrente elétrica. Devido ao pequeno diâmetro das conexões de entrada e saída da válvula, de $\frac{3}{4}$ ", foram empregadas duas válvulas operando em paralelo, ocasionando menores perdas de carga. O emprego desse solenóide se justifica pela sua grande resistência a operações intermitentes de acionamento. Esse solenóide, segundo um de seus distribuidores⁴, opera em condições severas de intermitência de acionamento, na ordem de um a dois acionamentos por segundo em aplicações na indústria química. No caso do pivô central utilizado, onde a frequência de acionamentos é de um acionamento por minuto, o distribuidor prevê uma vida útil da solenóide de aproximadamente dez anos. As válvulas solenóides geralmente empregadas na automação de sistemas de irrigação localizada, com voltagem de operação de 24V, não foram projetadas para suportar acionamentos intermitentes e por isso não foram empregadas.

⁴ C.E.K automatização Ltda, Sorocaba, SP, 1999 (comunicação pessoal)

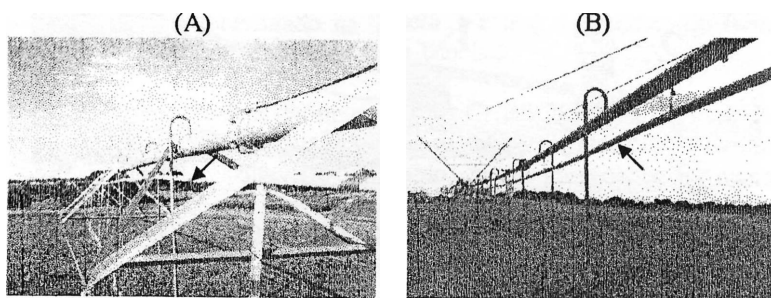


Figura 9. Tubulações aéreas do sistema de adução de calda: (A) primeiro vão do pivô; (B) lance em balanço.

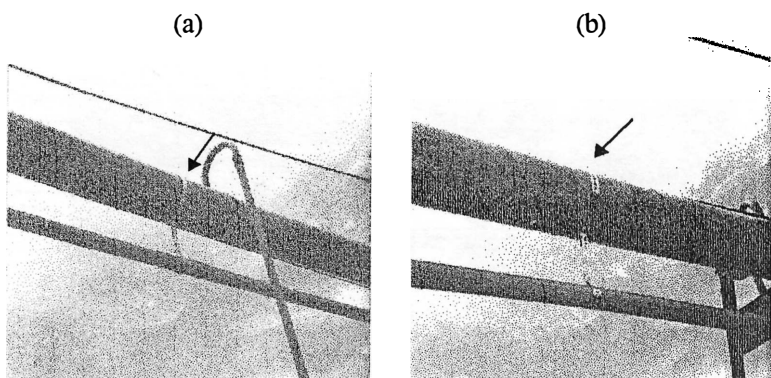


Figura 10. Braçadeiras do sistema de adução de calda: (a) braçadeira de aço chato galvanizado, (b) braçadeira de aço flexível galvanizado

O conjunto de emissão de calda, ilustrado na Figura 12, é responsável pela aplicação da calda na superfície do solo ou sobre o dossel das plantas. É composto por microaspersores, que realizam a emissão da calda; por tubos de polietileno, que conduzem a calda aos microaspersores, e por reguladores de pressão, que possibilitam o funcionamento do conjunto com pressão constante e estável, contribuindo para uma aplicação uniforme de calda. O conjunto de emissão de calda é acoplado no protótipo por meio do conjunto de acoplamento e regulação da altura de aplicação, que será abordado no próximo tópico.

Diversos tipos de emissores podem ser empregados no conjunto de emissão, como por exemplo, os bicos utilizados nos sistemas tratorizados de pulverização. Preferimos utilizar no protótipo emissores do tipo microaspersor, devido ao seu menor custo quando comparado aos bicos, como também para melhor conhecer as suas características operacionais em condições de campo.

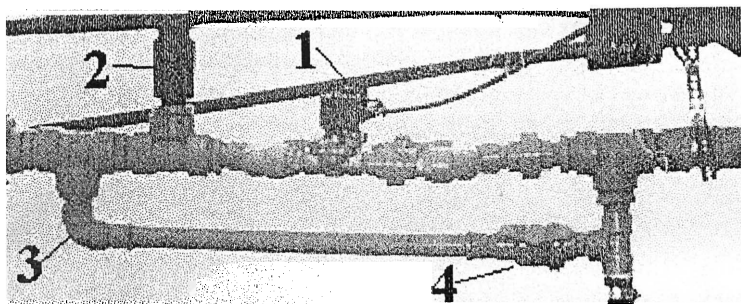


Figura 11. Ilustração do conjunto de controle automatizado da emissão de calda: (1) válvulas solenóides ASCO; (2) válvula antivácuo MAC-LOREN; (3) conjunto de conexões em PVC; (4) registro de esfera de 1\" para controle manual do fluxo de água.

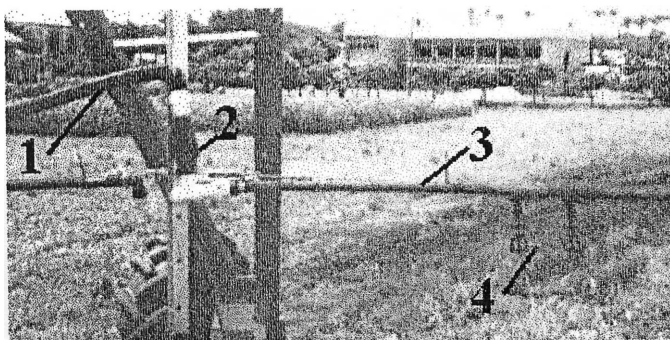


Figura 12. Componentes do conjunto de emissão de calda: (1) tubo de polietileno, 26 mm de diâmetro interno; (2) válvula reguladora de pressão FABRIMAR, modelo EXACT-30; (3) tubo de polietileno, 20 mm de diâmetro; (4) microaspersores CARBORUNDUM, modelo multifunção.

O microaspersor utilizado é da marca CARBORUNDUM, modelo multifunção. Devido ao microaspersor ser instalado no protótipo de forma invertida, empregou-se a bailarina modelo “verde”, recomendada para essa finalidade, de acordo com o catálogo do produto⁵. A Tabela 3 apresenta as características técnicas do microaspersor. A relação vazão-pressão do emissor é expressa pela seguinte equação:

$$q = a.H^b \quad (1)$$

em que: q é a vazão do microaspersor em litros por hora (Lh); H é a pressão de operação do microaspersor em quilograma força por centímetro quadrado (kgf/cm²); a é um coeficiente de ajuste da equação, de dimensão

⁵ CARBORUNDUM IRRIGAÇÃO. Catálogo do microaspersor multifunção. s.n.t.

$(L/h).(cm^2/kgf)^b$, apresentado na Tabela 3 e b é o expoente de fluxo do emissor, adimensional, apresentado da Tabela 3.

Tabela 3. Dados técnicos do microaspersor CARBORUNDUM multifunção: cor e diâmetro dos bocais; vazão dos bocais em diferentes pressões; diâmetro molhado pelo microaspersor operando invertido a 0,40m de altura com a bailarina verde na pressão de 15mca; máximo espaçamento entre emissores na linha; parâmetros da equação vazão-pressão (Equação 1).

Bocal		Vazão (litros/hora)					DM ¹	Mee ²	Parâmetros da Equação (1)	
Cor	Diâ-Metro (mm)	Pressão (mca)							<i>a</i>	<i>b</i>
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0				
Grafite	0,80	25	31	36	40	45	5,8	2,7	7,2758	0,535
Preto	0,90	27	36	42	47	51	5,9	3,0	8,2441	0,530
Verde claro	1,00	34	43	50	56	61	6,6	3,3	9,9509	0,537
Bege	1,10	41	47	55	63	69	6,9	3,5	10,2610	0,558
Branco	1,14	48	54	64	77	88	7,1	3,6	14,1840	0,500
Amarelo	1,20	57	64	77	90	96	7,4	3,7	16,3070	0,500
Marrom	1,30	61	74	86	98	106	7,6	3,8	18,2464	0,499
Roxo	1,40	66	80	94	108	118	7,8	3,9	19,5410	0,511
Verde	1,50	72	90	101	120	128	8,3	4,2	22,4540	0,508
Rosa	1,60	78	96	110	125	136	8,8	4,4	22,9180	0,520
Laranja	1,80	90	115	128	139	150	8,9	4,5	28,8040	0,500

1 Diâmetro molhado (m). Bailarina verde. 0,40m altura. pressão: 15mca.

2 Máximo espaçamento entre emissores na linha (metros)

Fonte: CARBORUNDUM IRRIGAÇÃO. Catálogo do microaspersor multifunção. s.n.t.
CARBORUNDUM IRRIGAÇÃO – Departamento de engenharia de aplicação – Comunicação pessoal, 2000.

Os microaspersores são emissores que foram concebidos para aplicação pontual de água. Para ser utilizado em um sistema com aplicação uniforme de água, devemos empregar um espaçamento entre microaspersores na linha que permita uma boa sobreposição da água. De acordo com o fabricante⁶, o máximo espaçamento entre microaspersores para essa finalidade deve ser de aproximadamente 50% do diâmetro molhado pelo emissor. Dessa forma,

⁶ CARBORUNDUM IRRIGAÇÃO – Departamento de engenharia de aplicação – Comunicação pessoal, 2000.

foram estabelecidos os espaçamentos máximos entre microaspersores no conjunto de emissão de calda, apresentados na Tabela 3.

Em cada microaspersor, foi utilizada uma válvula antigota, da marca DAN SPRINKLERS, denominada de “L.P.D.” (*leakage prevention device*), modelo “STANDARD”. Para conectar o microaspersor na válvula antigota e no tubo de polietileno, foi empregada a conexão especial, fabricada pela DAN SPRINKLERS, denominada de “*butterfly barb*”. A ilustração desses componentes é apresentada na Figura 13. A válvula antigota opera de forma a permitir o fluxo de água para o microaspersor somente quando a pressão na tubulação é superior a 10mca, isso contribui para a imediata paralização da aplicação de calda pelos microaspersores, quando a torre do pivô para de caminhar e o fornecimento de calda é interrompido, como também possibilita a rápida pressurização da rede quando a torre volta a caminhar e a calda pressurizada é liberada.

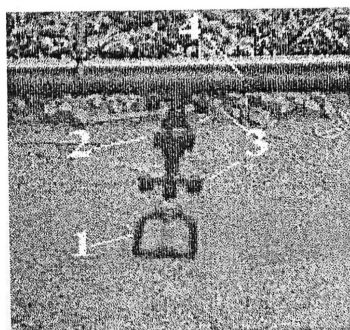


Figura 13. Ilustração: (1) do microaspersor CARBORUNDUM modelo multifunção; (2) da válvula antigota L.P.D., marca DAN-SPRINKLERS, modelo “standard”; (3) dos conectores especiais “*butterfly barb*”, marca DAN SPRINKLERS; (4) do tubo de polietileno, com 20mm de diâmetro interno.

O regulador de pressão empregado no conjunto de emissão de calda é da marca FABRIMAR, modelo EXACT-30, com pressão declarada de regulação de 30psi (21mca). Esses tipos de regulares operam de forma a reduzir uma pressão de entrada para uma pressão de saída, de valor determinado em função do modelo do regulador. A pressão de saída varia de acordo com a vazão, diminuindo na medida em que a vazão que flui pelo regulador aumenta. A pressão de entrada exerce pequeno efeito na pressão de saída, dentro dos limites operacionais do regulador, recomendados pelo

fabricante⁷. Com base nessas informações, realizou-se um ensaio no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, determinando-se as pressões de saída para o regulador utilizado com vazões variando de 501 a 2004 L/h, na pressão de entrada de 35mca, valores esses representativos das condições operacionais do protótipo. No ensaio foram utilizados os seguintes instrumentos: dois manômetros digitais com escala de 0,00 – 10,00 kgf/cm² e precisão de 0,01 kgf/cm², um medidor de vazão magnético indutivo com precisão de 1% e um conjunto motobomba. Os resultados do ensaio estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Pressões de saída medidas para diferentes vazões com o regulador de pressão FABRIMAR, modelo EXACT-30, na pressão de entrada de 35mca.

Vazão (L/h)	501,0	976,9	1462,9	2004,0
Pressão de saída (mca)	22,8	22,7	22,6	22,5

Observando os valores da Tabela 4 verifica-se que a pressão de saída variou muito pouco com a vazão, assim utilizou-se nos dimensionamentos o valor constante de 22,5mca, representativo das condições operacionais do protótipo.

As estimativas das perda de carga por atrito nos tubos de polietileno foram feitas através da equação de Darcy-Weisbach com “f” de Blasius, apropriada para essa finalidade, conforme verificado por Botrel (1984):

$$hf = 7,8048 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{1,75} \cdot D^{-4,75} \cdot L \quad (2)$$

em que: hf é a perda de carga, em mca; Q é a vazão em m³/s; D é o diâmetro da tubulação (m) e L é o comprimento da tubulação (m).

Para computar a perda de carga localizada causada pela inserção do microaspersor no tubo de polietileno, foram utilizados os comprimentos virtuais equivalentes a essa perda de carga, determinados por Botrel (1984).

As diferenças de nível do terreno e cotas de localização dos microaspersores foram medidas no campo através de um nível de precisão.

No cálculo da vazão a ser aplicada pelos microaspersores no conjunto de emissão de calda, deve-se considerar a sua posição em relação ao ponto do pivô central, pois conforme o emissor vai se distanciando desse, maior passa a ser a sua vazão, pois gradualmente necessita-se aplicar a calda em áreas cada vez maiores. A área representativa na qual um microaspersor aplica a calda é expressa pela seguinte equação:

$$A_i = \pi [(D_i + ESP_i / 2)^2 - (D_i - ESP_i / 2)^2] \quad (3)$$

⁷ FABRIMAR IRRIGAÇÃO. Boletim Técnico 01 / 2000 – Determinação das curvas de desempenho dos reguladores de pressão FABRIMAR modelos EXACT-10; EXACT-15 E EXACT-20. Rio de Janeiro. 2000. 26p.

em que A_i é a área (m^2) representativa do i -ésimo microaspersor; D_i é a distância (m) deste em relação ao ponto do pivô (m), e $ESPi$ é o espaçamento entre microaspersores (m), correspondente ao i -ésimo microaspersor.

Pela equação (3), a área A_i é a área compreendida pelo círculo de raio $(D_i + ESP_i / 2)$ e o círculo de raio $(D_i - ESP_i / 2)$.

O volume de água a ser aplicado é calculado por:

$$V_i = A_i \cdot L_n \quad (4)$$

em que V_i é o volume de água (L) aplicado pelo i -ésimo microaspersor, L_n é a lâmina (mm) de calda a ser aplicada.

A vazão de calda a ser aplicada pelo microaspersor é então calculada pela seguinte expressão:

$$Q_i = V_i / T_o \quad (5)$$

em que Q_i é a vazão (L/h) do i -ésimo microaspersor e T_o é o tempo de operação do pivô central para percorrer a área A_i .

Para determinar o espaçamento entre microaspersores e suas respectivas vazões foi adotado o seguinte procedimento iterativo, realizado com o auxílio de planilha eletrônica: 1) através das equações (3), (4) e (5), foi calculada a vazão necessária para microaspersores teoricamente espaçados em 0,5m em toda a extensão do raio do pivô, para aplicar uma determinada lâmina de calda; 2) com os dados do passo 1 e com as informações referentes a vazão e espaçamento máximo entre microaspersores, contido na Tabela 3, foi-se gradualmente somando as vazões nos trechos de 0,5m até encontrar um valor de vazão e espaçamento entre microaspersores (múltiplo de 0,5m), compatível para operar com alguns bocais comerciais disponíveis, e assim sucessivamente até completar toda a extensão do raio do pivô central; 3) caso o valor de lâmina de calda adotado no passo 1 não possibilitassem o emprego dos bocais disponíveis na quase totalidade do raio do pivô, um novo valor de lâmina de calda era adotado e os passos 1 e 2 repetidos; 4) quando encontrada uma série teórica de dados de vazão e espaçamento entre microaspersores, o processo iterativo era encerrado.

As vazões requeridas pelos microaspersores no final do equipamento foram elevadas, ultrapassando o limite disponível de bocais apresentado na Tabela 3. Para contornar esse problema, foram empregados dois microaspersores, para aplicar a calda nos locais de maior demanda de vazão, mostrado esquematicamente na Figura 14. Os microaspersores foram instalados nesses locais espaçados em 0,10m, ficando um a 0,05m no sentido ré e o outro a 0,05m no sentido vante, em relação ao ponto onde teoricamente seria instalado um único microaspersor.

Com as informações de espaçamento entre microaspersores e vazão obtidos, o passo seguinte foi o dimensionamento hidráulico da linha lateral, com a definição do diâmetro da tubulação de polietileno e dos diâmetros de bocais dos microaspersores a serem efetivamente instalados no protótipo. Os

dimensionamentos foram feitos de forma similar a descrita por Maia (1994), no cálculo de linhas laterais para irrigação localizada pelo método trecho a trecho. Com auxílio de planilha eletrônica, em cada trecho da tubulação era calculada a perda de carga pela equação (2), somado ou subtraído o desnível e obtida a pressão no microaspersor seguinte. Com esse valor de pressão estimado e a vazão necessária para o microaspersor, era escolhido o diâmetro do bocal que melhor atendesse a essas condições com o menor desvio em relação a vazão necessária. No decorrer do dimensionamento, com as mudanças nas vazões, ocorria a cada passo, mudanças nas perdas de cargas e nas pressões do sistema. Através de processo iterativo na planilha eletrônica, os cálculos eram repetidos até se encontrar uma solução onde as variações de vazão e pressão entre iterações era mínima, obtendo-se os resultados finais.

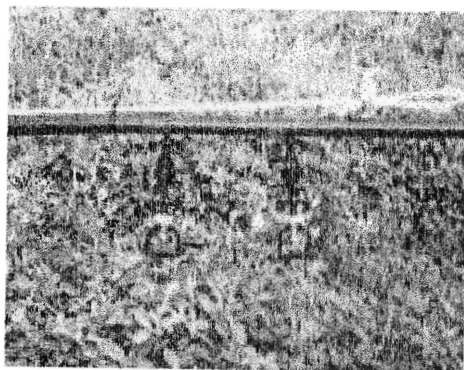


Figura 14. Ilustração de dois microaspersores operando conjuntamente para a aplicação de calda em uma mesma área de domínio.

Para evitar o emprego de linhas de polietileno com elevados diâmetros na linha de microaspersores, foram dimensionadas duas linhas : uma linha com início (saída do regulador de pressão) no final do lance em balanço e término na torre móvel do pivô, e outra iniciando na torre móvel e terminando próximo ao ponto do pivô.

O conjunto para acoplamento e regulação da altura de aplicação é composto por cantoneiras metálicas perfuradas, fixadas perpendicularmente na tubulação aérea do pivô central por meio de braçadeiras metálicas especiais, que promovem a sustentação da linha de polietileno com os microaspersores através de cabos de aço e acessórios, conforme apresentado na Figura 15.

As braçadeiras especiais foram confeccionadas em aço chato de 1" de largura por $\frac{1}{8}$ " de espessura. A parte superior é acoplada na tubulação de aço do pivô e a parte inferior acopla o tubo de PVC de 50mm e as cantoneiras metálicas perfuradas (Figura 16).

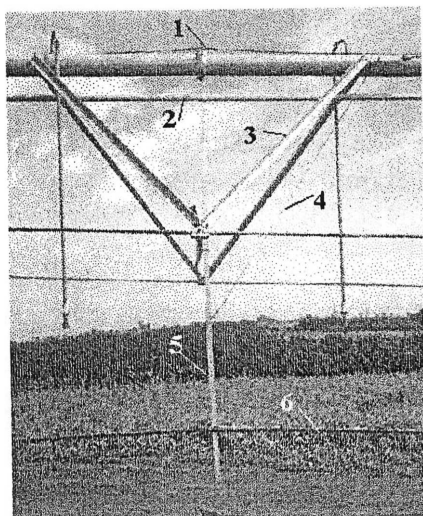


Figura 15. Visualização de um conjunto para acoplamento e regulação da altura de aplicação instalado no pivô central: (1) braçadeira metálica; (2) tubo de PVC; (3) diagonal metálica em “V”; (4) cabo de aço; (5) cantoneira metálica perfurada; (6) linha de microaspersores.

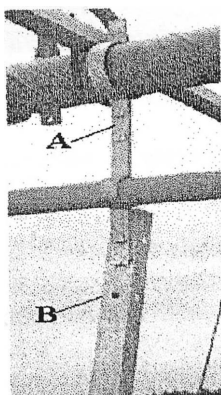


Figura 16. Ilustração de uma braçadeira metálica de aço chato de 1” (A), dando suporte a uma cantoneira metálica (B).

Foram empregados dois tipos de cantoneiras, denominadas genericamente de cantoneira perfurada e cantoneira lisa, ilustradas na Figura 17. A cantoneira perfurada, é feita em aço galvanizado, com 1,20m de

comprimento, $1\frac{1}{4}$ " de largura e $\frac{1}{8}$ " de espessura, dotada de furos com $\frac{7}{16}$ " de diâmetro, espaçados em 0,10m. Os furos localizados nas pontas da cantoneira foram feitos a 0,05m da extremidade. A cantoneira lisa apresenta as mesmas dimensões da cantoneira perfurada, porém com furos somente nas extremidades. A união entre as cantoneiras é feita com parafusos e porcas com rosca de $\frac{3}{8}$ " através dos furos. Partindo-se da braçadeira, são instaladas cantoneiras em número suficiente para promover a operação da linha de microaspersores na altura desejada, que é regulada com uma variação de ajuste de 0,10m, correspondente ao espaçamento entre furos. Nos locais onde não é feita a instalação das linhas de microaspersores, como por exemplo, próximo às braçadeiras são empregadas as cantoneiras lisas.

No primeiro vão do pivô central, para aliviar os esforços nas flanges dos tubos de aço e auxiliar na sustentação estrutural do equipamento, são instaladas treliças e diagonais em "V", que fazem parte da composição do pivô (Figura 15). Os conjuntos para acoplamento e regulagem da altura de aplicação foram instalados próximos às flanges dos tubos, utilizando-se a estrutura das treliças e diagonais em "V" como forma de apoio às cantoneiras perfuradas, fixando-as na posição perpendicular em relação ao tubo do pivô. Para auxiliar esse apoio, foram instalados cabos de aço de bitola $\frac{3}{16}$ " dotados de esticadores, acoplados na tubulação aérea do pivô e nas cantoneiras em posição diagonal (Figura 15).

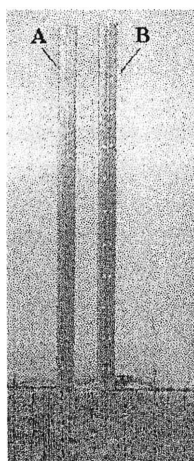


Figura 17. Ilustração dos modelos de cantoneiras: (A) cantoneira lisa; e (B) cantoneira perfurada.

Para dar suporte aos conjuntos de cantoneiras localizadas no lance em balanço do pivô, onde as treliças e diagonais em "V" são ausentes, foram instaladas cantoneiras lisas de forma cruzada aos tubos de aço, nas quais,

com o auxílio de cabos de aço e esticadores, mantém o conjunto de cantoneiras em posição perpendicular aos tubos, conforme ilustrado na Figura 18.

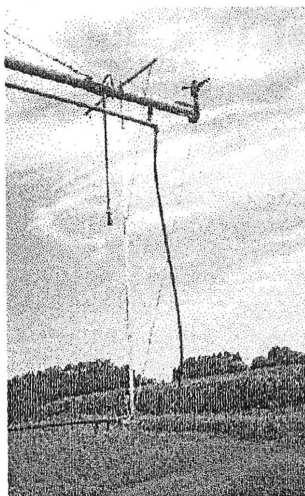


Figura 18. Ilustração de um conjunto para acoplamento e regulação da altura de aplicação, instalado no final do lance em balanço do pivô central.

Foram instalados sete conjuntos de acoplamento e regulação da altura de aplicação, sendo 5 no vão inicial e 2 no lance em balanço. A Figura 19 ilustra a localização dos conjuntos e a Tabela 5 apresenta o espaçamento entre conjuntos e a distância desses em relação ao ponto do pivô.

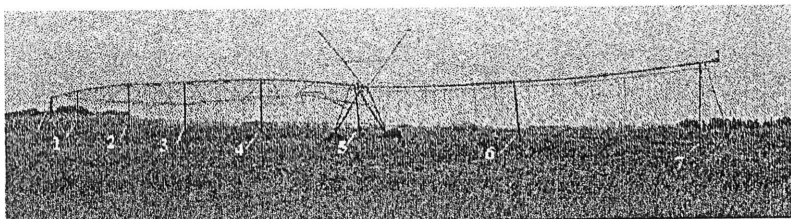


Figura 19. Localização dos conjuntos para acoplamento e regulação da altura de aplicação ao longo do equipamento pivô central.

Tabela 5. Localização ao longo do pivô; distância entre conjuntos e distância ao ponto do pivô dos conjuntos para acoplamento e regulação da altura de aplicação instalados.

Conjunto de suporte	Localização ao longo do pivô	Distância ao Conjunto	Distância ao ponto do pivô
---------------------	------------------------------	-----------------------	----------------------------

(Figura 19)		anterior (m)	(m)
1	Flange de união do 1° ao 2° tubo	–	8,00
2	Flange de união do 3° ao 4° tubo	13,52	21,52
3	Flange de união do 5° ao 6° tubo	13,40	34,92
4	Flange de união do 7° ao 8° tubo	13,22	48,14
5	Torre móvel	12,43	60,57
6	Início do 3° tubo do lance em balanço	15,51	76,08
7	Último tubo do lance em balanço, a 1,10m da extremidade final do tubo	12,09	88,70

O conjunto de estiramento da linha lateral, ilustrado na Figura 20, é composto por cabos de aço de bitola $3/16''$, nos quais a linha de microaspersores é fixada através de braçadeiras plásticas e por esticadores que promovem o estiramento do cabo de aço e conseqüentemente da linha de microaspersores. Através de um pequeno pedaço de corrente, o cabo de aço e a linha de microaspersores são fixados nas cantoneiras por meio de um parafuso e porca com roscas de $1/4''$. A escolha do cabo de bitola $3/16''$ é devida a facilidade para a fixação das linhas de polietileno através das braçadeiras plásticas, e pela boa resistência a tração.

Nas posições intermediárias entre os conjuntos de suporte foram instalados arames de aço galvanizado, de bitola $1/8''$, unindo o cabo de aço da linha de microaspersores a uma braçadeira de aço flexível galvanizado, fixada na tubulação aérea do pivô. Esse procedimento auxiliou no suporte da linha lateral, minimizando a catenária da linha quando o protótipo se encontrava em operação.

O procedimento para a mudança de altura da linha de microaspersores é: (a) soltar os esticadores do cabo de aço da linha (Figura 20); (b) soltar os parafusos de fixação (Figura 20); (c) deslocar a linha para o furo da cantoneira correspondente a altura desejada; (d) prender a linha com os parafusos e estirá-la através dos esticadores.

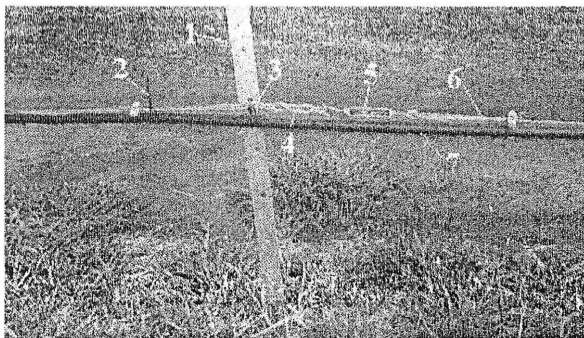


Figura 20. Ilustração do conjunto de estiramento da linha lateral: (1) cantoneira perfurada; (2) braçadeira plástica; (3) parafuso de fixação de $\frac{1}{4}$ "; (4) corrente auxiliar para fixação; (5) esticador para cabo de aço; (6) cabo de aço de $\frac{3}{16}$ "; (7) linha de polietileno 20mm de diâmetro.

A avaliação da unidade de bombeamento foi feita pela medida da pressão de operação da motobomba; da observação da retenção de impurezas pelo filtro e das medidas da vazão de operação do sistema de recirculação contínua.

A avaliação do cabeçal de controle consistiu na verificação da retenção de impurezas pelo filtro de discos e na observação do desempenho da válvula de fluxo nas operações de paralização momentânea de operação da bomba dosadora.

A operação da bomba dosadora foi observada através da avaliação da uniformidade de aplicação de produtos químicos pelo protótipo.

A avaliação do sistema de adução de calda consistiu na observação do funcionamento de seus principais componentes no campo.

Foi observado o desempenho do conjunto na interrupção do fornecimento de água com as paradas da torre móvel.

A avaliação do conjunto de emissão de calda consistiu na observação de seus componentes em operação no campo e na determinação da distribuição da pressão e vazão ao longo da linha de microaspersores. As medidas de pressão foram feitas com um manômetro digital com escala de 0,00–10,00 kgf/cm² e precisão de 0,01kgf/cm², previamente calibrado em um manômetro de peso morto com precisão de 0,1%. As vazões foram determinadas através da coleta do volume de água aplicado por cada microaspersor através de sacos plásticos reforçados, que posteriormente foram pesados utilizando-se uma balança de precisão no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. O valor da tara dos sacos plásticos vazios foi descontado das medidas, obtendo-se as massas de água coletadas, que correspondem aos volumes coletados e com os tempos de coleta, foram calculadas as vazões, com três repetições.

Os valores medidos de vazão e pressão ao longo da linha de microaspersores foram comparados aos valores previstos nos procedimentos de dimensionamento. Para verificar a significância da variação entre ambos, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, aplicado para a análise de duas amostras independentes.

A uniformidade de distribuição de água foi determinada através da coleta da água aplicada pelos microaspersores em uma linha de coletores montada ao longo do raio do pivô central. Os coletores foram instalados com espaçamento equidistante de 0,5m e com a borda superior a 0,75m da superfície do solo. Foram instalados 165 coletores, com diâmetro interno da seção de captação de 0,08m, ficando o primeiro e o último coletor respectivamente a 6,75m e 88,75m do ponto do pivô, abrangendo toda a área de aplicação de água pelos emissores. A lâmina de água coletada foi calculada pela seguinte expressão:

$$Lc = Vol(L)/AC \quad (6)$$

em que Lc é a lâmina de água coletada (mm); $Vol(L)$ é o volume de água coletado (L) e AC é a área de coleta do coletor ($5,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$). Aplicando-se a equação (6), com o volume de água coletado expresso em mL, tem-se:

$$Lc = 0,20 \cdot Vol(ml) \quad (7)$$

em que $Vol(ml)$ é o volume de água coletado em mL.

O conjunto de emissão de calda foi dimensionado para uma pequena lâmina de água, com valor médio estimado de 0,25mm. Aplicando-se a equação (7), o volume coletado correspondente a essa lâmina é de 1,25mL, que é muito pequeno para ser mensurado a nível de campo. Para contornar esse problema adotou-se o procedimento de passar o pivô central diversas vezes sobre a linha de coletores, até que um volume mensurável de água fosse acumulado. A lâmina aplicada pelo protótipo era então obtida dividindo-se a lâmina total coletada pelo número de passagens do equipamento sobre a linha. Para evitar problemas de deriva e desuniformidade de aplicação causados pelo vento, como também problemas de evaporação de água, o ensaio foi realizado no período noturno. Com o objetivo de minimizar o poder evaporante do ar e o fluxo de calor do solo para a atmosfera durante o ensaio, a área foi irrigada algumas horas antes do mesmo, ao final do dia. Antes do início do ensaio os filtros do sistema foram devidamente limpos.

Com os valores de lâmina de água coletada calculou-se a lâmina média aplicada pela seguinte expressão:

$$Lm = \sum_{i=1}^n (Lci \cdot Ri) / \sum_{i=1}^n Ri \quad (8)$$

em que Lm é a lâmina média aplicada (mm); Lci é a lâmina de água coletada no i -ésimo coletor (mm) e Ri é a distância do i -ésimo coletor ao ponto do pivô (m).

A uniformidade das lâminas de água aplicadas foi quantificada através do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, que utiliza o desvio médio absoluto como medida de dispersão:

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \left(\sum_{i=1}^n |Lci - Lm| \right) / (N \cdot Lm) \right] \quad (9)$$

em que *CUC* é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%) e *N* é o número total de coletores.

Com o objetivo de verificar a distribuição de produtos químicos aplicados pelo protótipo foi realizado um ensaio onde uma solução concentrada de cloreto de potássio (KCl) foi injetada no sistema através da bomba dosadora. Antes do início do ensaio, uma amostra de água foi coletada para a realização da “prova em branco”. Quinze minutos após o início da injeção da solução concentrada foram coletadas amostras da solução aplicada pelos microaspersores, diretamente na saída dos mesmos, através de recipientes plásticos especiais, como também da solução concentrada injetada, através do amostrador da bomba dosadora para essa finalidade (Figura 6). Após as coletas, as amostras foram enviadas para análise em laboratório especializado⁸, onde os teores de íon potássio nas amostras foram determinados. Os teores de potássio obtidos nas amostras foram comparados com o teor previsto através das seguintes equações:

$$C_f = [(Q_f - Q_2) \cdot C_1 + (Q_2 \cdot C_2)] / Q_f \quad (10)$$

em que *C_f* é a concentração final da solução aplicada após a injeção (ppm); *Q_f* é a vazão do sistema que passa pelo cabeçal de controle (L/h); *Q₂* é a vazão de solução concentrada injetada (L/h); *C₁* é a concentração do íon potássio na água (“solução em branco”) (ppm); *C₂* é a concentração de íon potássio na solução concentrada (ppm).

Conclusões

Os componentes desenvolvidos para a composição do protótipo aplicador de produtos químicos apresentaram bom desempenho em condições de campo;

A metodologia para o dimensionamento hidráulico do sistema apresentou alta exatidão, com as vazões e pressões medidas no campo com valores próximos aos calculados;

O protótipo apresentou boa uniformidade de distribuição de água, com uma pequena desuniformidade próximo aos microaspersores devido a respingos causados pelos impactos dos jatos de água no corpo dos mesmos;

A injeção da solução concentrada de cloreto de potássio com a bomba dosadora proporcionou concentração uniforme de potássio na solução aplicada pelos microaspersores.

⁸ Unithal Laboratório Agroquímico, Campinas, SP.

Referências bibliográficas

- BOTREL, T.A. Hidráulica de microaspersores e de linhas laterais para irrigação localizada. Piracicaba 1984. 78p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- COELHO, R.D. Caracterização Física do Sistema de Irrigação Pivot Central (LEPA) Operando em Condições de Microrelevo Condicionado. São Carlos, 1996. 178p. Tese. (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A.L. Quimigação na cultura do feijão. In: Folegatti, M.V. (Ed) Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças Guaíba: Agropecuária, 1999. Cap.5, p.393-432.
- LYLE, W.M.; BORDOVSKY; J P. Chemical Application with the multifunction LEPA System. **Transactions of the ASAE**. v. 29, n.6, p.1699-1706, 1997.
- MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987. 782p.
- MAIA, L.A.F. Desenvolvimento de um software para auxiliar no dimensionamento e manejo da irrigação localizada. Piracicaba 1994. 158p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MARCHETTI, D. **Irrigação por pivot central**. Brasília: EMBRAPA, 1983. 23p. (Circular Técnica. Número 1)
- OMARY, M.; CAMP, C.R.; SADLER, E.J. Center pivot irrigation system modification to provide variable water application depths. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 13, n.2, p.235-239, 1997.
- SCHIMIDT, W. Quimigação: Características, vantagens e desvantagens. In: SEMINÁRIO DE QUIMIGAÇÃO, 1., Barreiras, 1997. **Anais**. São Paulo: DowElanco, 1997. p.46-54.
- SUMNER, H. R.; GARVEY, P. M.; HEERMANN, D.F.; CHANDLER, L.D. Center pivot irrigation attached sprayer. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 13, n.3, p.323-327, 1997.
- SUMNER, H.R.; DOWLER, C.C.; GARVEY, P.M. Application of agrichemicals by chemigation, pivot-attached sprayer systems and conventional sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 16, n.2, p.103-107, 2000.
- TECH TIPS. Hanging plastic pipes growing in popularity. **Irrigation Advances**, v.8, n.1, p.9-12, 1999.

MANEJO DE ÁGUA NA CULTURA DE FEIJÃO: ASPECTOS PRÁTICOS

DURVAL DOURADO-NETO

Eng. Agr. M.Sc. Dr. Professor. Departamento de Produção Vegetal. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900. Pesquisador do CNPq.

ANTÔNIO LUIZ FANCELLI

Eng. Agr. M.Sc. Dr. Professor. Departamento de Produção Vegetal. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900.

(Texto extraído da publicação referente ao IV Simpósio da Cultura de Feijão Irrigado)

Introdução

Neste texto, em termos de manejo de água na cultura de feijão, dar-se-á ênfase à utilização da quimigação.

Quimigação, por definição, é a técnica de aplicação de produtos químicos via água de irrigação, a qual recebe nomes específicos em função do produto utilizado. As principais técnicas podem assim ser caracterizadas: aplicação de (i) fertilizante: fertirrigação, (ii) fungicida: fungigação, (iii) inseticida: insetigação, (iv) herbicida: herbigação, e (v) nematicida: nematigação.

A quimigação pode vir a ser uma excelente ferramenta, principalmente, para economizar mão-de-obra e óleo diesel, além de minimizar o depauperamento físico do solo e o risco de distribuição na área de fontes de inóculo, quando comparada com a aplicação via trator.

Porém, para a sua correta utilização é necessário conhecer suas limitações e alguns aspectos teóricos e práticos em função das características do produto químico e do equipamento (sistema injetor de produto químico) a serem utilizados, sistema de irrigação, cultura a ser explorada, solo, e clima.

Sendo assim, uma visão global do sistema agrícola, considerando o fator econômico, é imprescindível para a correta definição das ações de manejo (referência: fenologia), as quais são previamente norteadas pelo planejamento (referência: desenvolvimento relativo da cultura).

Tabela 1. Etapas do desenvolvimento do feijoeiro.

Fase	Estádio	Descrição
Vegetativa	V ₀	Início da germinação
	V ₁	Cotilédones ao nível do solo
	V ₂	Folhas primárias expandidas
	V ₃	Primeira folha trifoliada
	V ₄	Terceira folha trifoliada
Reprodutiva	R ₅	Botões florais
	R ₆	Abertura da primeira flor
	R ₇	Aparecimento da vagens
	R ₈	Primeiras vagens cheias
	R ₉	Modificação da cor das vagens ¹

¹ Ponto de maturidade fisiológica.

Por outro lado, as técnicas de quimigação e irrigação apresentam lâminas desejáveis antagônicas.

No caso da irrigação, o dimensionamento é feito em função da demanda evapotranspiratória máxima. No caso do feijoeiro, isso ocorre no estágio fenológico R₇, época de índice de área foliar máximo. A ordem de grandeza da evapotranspiração depende da cultura e dos atributos climáticos, especialmente temperatura e umidade relativa do ar, que definem o potencial total de água na atmosfera, e a velocidade e a constância do vento, além do conteúdo de água no solo e do estado nutricional e fitossanitário da cultura. Porém, os valores modais oscilam entre 6 e 9 mm/dia. Sendo assim, se considerarmos 70% (cerca de 17 horas por reversão do pivô) do valor mínimo de pico (6 mm/dia), ter-se-ia no dimensionamento uma lâmina de projeto, correspondente à regulação do temporizador de 100%, de 4,2 mm (assumindo eficiência de aplicação de 100%), o que resultaria numa calda de 42000 l/ha.

No caso da quimigação, o dimensionamento do sistema de irrigação poderia visar (o que não ocorre na prática) uma lâmina correspondente a uma calda máxima, equivalente à calda aplicada via trator, de 400 l/ha (atualmente, há uma tendência da aplicação via trator reduzir para uma calda em torno de 200 l/ha). Nesse caso, ter-se-ia no dimensionamento uma lâmina de projeto, correspondente à regulação do temporizador de 100%, de 0,04 mm, o que é inviável na prática.

Tabela 2. Valores modais de caldas utilizadas.

Técnica	Calda (l/ha)
Avião	10 a 60
Trator	200 a 400
Quimigação	42000 a 90000 l/ha, correspondente a 4,2 e 9,0 mm, respectivamente

Tabela 3. Quimigação e irrigação: critério para definição das lâminas desejáveis.

Técnica	Critério
Quimigação	lâmina superior à calda mínima e inferior à calda máxima
Irrigação	Evapotranspiração máxima

Em função da inviabilidade de se aplicar via sistema de irrigação caldas compatíveis à aplicação via trator, surgiu o sistema NOTLIADA, o qual se apresenta em fase de desenvolvimento. Esse sistema aplica cerca de 600 a 800 l/ha, devido à limitação da velocidade de caminhamento da última torre.

Fertirrigação

Características desejáveis dos fertilizantes

Para escolha do fertilizante, deve-se levar em consideração as seguintes propriedades: i. rápida, completa e alta solubilidade à temperatura ambiente, ii. elevada pureza, iii. baixo poder corrosivo, iv. baixa volatilidade, v. alta concentração, vi. possuir informações de pesquisa disponíveis, vii. boa disponibilidade no mercado, viii. facilidade de manipulação, ix. baixa toxicidade, x. facilidade de armazenamento, xi. compatibilidade de mistura, e xii. baixo custo. O índice de acidez e a mobilidade do elemento no solo são propriedades que também devem observadas.

Tabela 4. Fertilizantes utilizados.

Produto	Fonte
Ácido fosfórico	N, P
Ácido nítrico	N
Bórax	B
Borato de sódio	B
Cloreto de cálcio	Ca, Cl
Cloreto de potássio	K, Cl
Fosfato Diamônio (DAP)	N, P
Fosfato Monoamônio (MAP)	N, P
Fosfato Monopotássico	P, K
MAP+DAP	N, P
MAP+Nitrato de amônio+Cloreto de potássio	N, P, K
MAP+uréia	N, P
Molibdato de sódio	Mo
Nitrato de amônio	N
Nitrato de amônio+carbonato de cálcio	N, Ca
Nitrato de amônio+uréia (URAN)	N
Nitrato de cálcio	N, Ca
Nitrato de sódio	N
Nitrato de potássio	N, K
Uréia	N
Sulfato de amônio	N, S
Sulfato de magnésio	S, Mg
Sulfato de manganês	S, Mn
Sulfato de potássio	K, S
Sulfato de zinco	S, Zn
Sulfato ferroso	S, Fe

Tabela 5. Concentração e propriedade dos fertilizantes nitrogenados

Produto	N, %	Propriedade
MAP+DAP ¹	8	Líquido
MAP+Nitrato de amônio+Cloreto de potássio ²	10	Líquido
MAP+uréia ³	12,5	Líquido
Nitrato de amônio	18-21	Líquido
Nitrato de amônio	34	Sólido
Nitrato de amônio+carbonato de cálcio	21	Granulado
Nitrato de amônio+uréia (URAN)	21-32	Líquido
Nitrato de potássio ⁴	13	Sólido
Nitrato de potássio ⁴	14	Líquido
Uréia	45	Sólido
Sulfato de amônio	19-21	Sólido

1 24% P₂O₅2 10% P₂O₅ e 5% K₂O3 12,5% P₂O₅4 46% K₂O

Tabela 6. Concentração e propriedade dos fertilizantes potássicos

Produto	K ₂ O, %	Propriedade
Sulfato de potássio	52	Sólido
Cloreto de potássio	60	Sólido
Nitrato de potássio ¹	46	Sólido
MAP+ Nitrato de potássio + Cloreto de potássio ²	5	Líquido

1 13% N

2 10% P₂O₅ e 10% N

Tabela 7. Solubilidade teórica dos principais produtos utilizáveis na fertirrigação.

Produto	T (°C)	Solubilidade (g/l)
Borato de sódio	20	5
Bórax	20	50
Cloreto de cálcio	20	600
Cloreto de potássio	20	340
Cloreto de potássio	27	350
Fosfato Diamônio (DAP)	20	400
Fosfato Monoamônio (MAP)	20	220
Fosfato Monopotássico	20	230
Molibdato de sódio	20	56
Nitrato de amônio	20	1900
Nitrato de cálcio	20	1200
Nitrato de potássio	20	310
Uréia	20	750-1000
Uréia	25	1190
Sulfato de amônio	20	730
Sulfato de cobre	20	22
Sulfato de magnésio	20	710
Sulfato de manganês	20	500
Sulfato de potássio	20	11
Sulfato de zinco	20	750
Sulfato ferroso	20	260

Tabela 8. Corrosão relativa de diferentes materiais após quatro dias de imersão em soluções de diferentes fertilizantes comerciais (New et al., 1990).

Produto	Corrosão
Cloreto de potássio	Não observado
Fosfato Monoamônio (MAP)+ Fosfato Diamônio (DAP)	Fe, Al, Cu, Br
MAP+Nitrato de amônio+Cloreto de potássio	Fe, Al, Cu, Br
MAP+uréia	Fe, Al, Cu, Br
Nitrato de amônio	Cu, Br
Nitrato de amônio+carbonato de cálcio	Fe, Cu, Br
Nitrato de amônio+uréia (URAN)	Fe, Cu, Br
Nitrato de potássio	Não observado
Uréia	Não observado
Sulfato de amônio	Fe

Tabela 9. Compatibilidade da mistura de fertilizantes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1						N					N				N
2															
3						N	X	X			N				
4						N					N				N
5						N	X				X				X
6	N		N	N	N		N	N	N						
7			X		X	N					N				N
8			X			N					N				N
9						N									N
10															
11	N		N	N	X		N	N	X						
12								X							
13															
14															
15	N		N	N	X		N	N	N						

A adubos que podem ser misturados

X Adubos que devem ser misturados antes da aplicação

N Adubos que **NÃO** podem ser misturados

1. Sulfato de amônio	9. Fosfato bicálcio
2. Nitrato de sódio e nitrato de potássio	10. Farinha de ossos
3. Nitrocálcio	11. Escórias de Thomas e termofosfato
4. Nitrato de amônio e sulfonitrato de amônio	12. Fosfatos naturais ou rochas fosfatadas
5. Uréia	13. Cloreto de potássio
6. Calciocianamida	14. Sulfato de potássio
7. Superfosfatos	15. Calcário
8. Fosfatos de amônio	

FONTE: Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)

Tabela 10. Índice de acidez.

Produto	Índice de acidez
Fosfato Monoamônio (MAP)	357
Nitrato de amônio	185
Nitrato de cálcio	-100
Nitrato de potássio	-115
Uréia	158
Sulfato de amônio	550

Recomendação planejada de adubação

Para efeito de planejamento, pode-se utilizar expressões teóricas para estimar a quantidade de fertilizantes nitrogenado e potássico. Para efeito de

manejo, esses valores são aferidos experimentalmente ao nível de propriedade.

A quantidade de fertilizante nitrogenado (Q_F , kg/ha) teoricamente pode ser estimada utilizando a seguinte expressão:

$$Q_F = \frac{R(1-S)}{Ef.Cf.IC} [IC.Tng + (1-IC)Tnop] \quad (1)$$

$$Tng = Tpg.Tnp \quad (2)$$

$$Tnop = Tpop.Tnp \quad (3)$$

em que R refere-se ao rendimento (kg/ha) de grão (ou semente) almejado, S à quantidade relativa (decimal adimensional) de nitrogênio fornecido pelo solo levando em consideração o efeito sinérgico da adubação nitrogenada, IC ao índice de colheita da cultura (kg/kg), Tng e Tnop aos teores (kg/kg) de nitrogênio no grão (ou semente) e nas outras partes da planta, respectivamente, Ef à eficiência (decimal adimensional) da adubação nitrogenada, Cf à concentração (kg/kg) de nitrogênio no fertilizante, Tpg e Tpop aos teores (kg/kg) de proteína no grão (ou semente) e nas outras partes da planta, respectivamente, e Tnp ao teor médio (kg/kg) de nitrogênio na proteína.

O modelo que representa a relação funcional entre o rendimento relativo da cultura de feijão e o teor de potássio no solo apresenta duas zonas: i. zona I: zona de deficiência, ii. zona II: zona ótima.

Recomenda-se a adubação de manutenção acrescida da adubação de correção quando o teor de potássio for inferior ao valor crítico. A correção pode ser feita de forma gradual, inclusive levando em consideração a economicidade da exploração agrícola.

Recomenda-se apenas a adubação de manutenção, referente à exportação da cultura (Q_K^E , kg/ha), quando o teor atual de potássio no solo se encontra na zona ótima (zona II).

$$Q_K^E = R.T_K \quad (4)$$

em que T_K refere-se ao teor de potássio (kg/kg) no grão (ou semente) de feijão.

Sendo assim, quando o teor atual de potássio no solo se encontrar na zona I, a quantidade teórica de fertilizante potássico, referente à adubação de correção (Q_K^C , kg/ha), pode ser estimada utilizando a seguinte expressão:

$$Q_K^C = \frac{(Td - Ta).M.Z.\rho}{Cf.Ef} \quad (5)$$

em que Td e Ta se referem aos teores (meq/100g) de potássio desejado (critérios norteadores: i. 3 a 5% da CTC, ii. valor absoluto mínimo: cerca de 0,2 meq/100g, iii.) e atual (resultado da análise química do solo), M à massa

atômica do potássio (39,102 mg/meq), Z à profundidade (cm) do solo que se deseja aplicar o fertilizante, e ρ à massa específica do solo (g/cm^3).

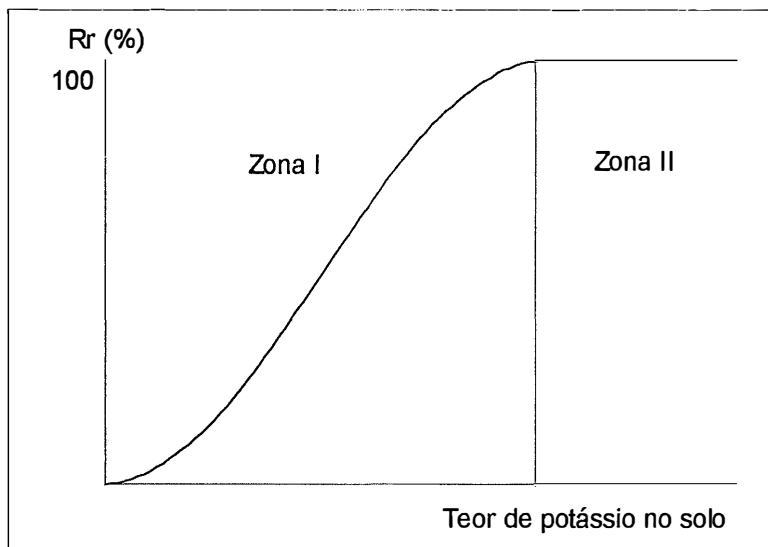


Figura 1. Modelo teórico (único fator limitante: teor de potássio no solo - Zona I), relativo à relação funcional entre o rendimento relativo (R_r , %) da cultura e o teor de potássio no solo (meq/100 g), utilizado como base para a recomendação de adubação potássica. Zona I: zona de deficiência, Zona II: zona ótima.

No caso de micronutrientes, assume-se modelo similar ao modelo concebido para o potássio, porém apresentando uma terceira zona de fitoxidez. Conseqüentemente, o procedimento de recomendação de adubação é análogo. Porém, leva-se em consideração o valor limítrofe crítico entre as zonas II e III.

$$Q_F = \frac{0,1 \cdot (T_d - T_a) \cdot Z \cdot \rho}{E_f \cdot C_f} \quad (6)$$

em que Q_F se refere à quantidade (kg/ha) do fertilizante a ser aplicado, e T_d e T_a aos teores (ppm) desejado e atual do micronutriente de interesse no solo.

Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1989), os teores críticos de micronutrientes na folha estão citados na tabela .

Tabela 11. Teores críticos de micronutrientes no solo e na folha do feijoeiro (Malavolta, Vitti & Oliveira, 1989).

Elemento	valor crítico mínimo (ppm)	valor crítico máximo (ppm)
solo		
zinco	0,5	1,0
boro	0,1	0,3
cobre	0,4	0,8
manganês	3,0	5,0
folha		
zinco	20	100
boro	30	60
cobre	10	20
manganês	30	300
molibdênio	0,15	0,30
ferro	100	450

Tabela 12. Teores críticos de macronutrientes na folha do feijoeiro (Rosolém & Marbayashi, 1994).

Elemento	valor crítico mínimo (%)	valor crítico máximo (%)
nitrogênio	2,00	3,00
fósforo	0,20	0,39
potássio	2,00	2,60
cálcio	1,50	2,40
magnésio	0,20	0,29
enxofre	0,11	0,14

Adubação de semeadura

Por outro lado, van Raij & Cantarella (1995) sugere aplicar parte do adubo potássico em cobertura (terceiro trifólio), para solos com teor de argila inferior a 30 % e/ou CTC inferior a 4,5 mmol/dm³, podendo-se acrescentar 10 a 30 kg/ha de K₂O para a obtenção de rendimento superior a 3000 kg/ha de grãos (ou sementes), principalmente para as faixas de 0,8 a 1,5 e 1,6 a 3,0 mmol/dm³ de potássio.

Tabela 13. Recomendação de adubação na semeadura (adaptado de van Raij & Cantarella, 1995).

Ra ¹ (t/ha)	N (kg/ha)	P-resina (mg/dm ³)				K trocável (mmol/dm ³)			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3	>3
		P ₂ O ₅ (kg/ha)				K ₂ O (kg/ha)			
<1	0	40	30	20	0	40	20	10	0
1-2	10	60	40	30	10	50	40	20	10
2-3	10	80	60	50	20	60	50	40	20
>3	20	-	90	60	30	-	60	50	30

¹ rendimento almejado

Adubação nitrogenada e potássica

Época de aplicação e recomendação de adubação

Para definição da quantidade e da época de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos: i. marcha de absorção dos nutrientes, ii. rendimento almejado, iii. quantidade exportada, iv. quantidade produzida, por unidade de área de matéria seca, v. efeito sinérgico da adubação nitrogenada, vi. índice de colheita e vii. teor de nitrogênio no grão (ou semente) e nas outras partes da planta. O parcelamento será dependente da capacidade de infiltração de água do solo (indiretamente inferida em função da textura do solo), da profundidade efetiva do sistema radicular e das condições climáticas (em épocas secas, há uma tendência de um maior parcelamento).

Para o efetivo cálculo da quantidade a ser aplicada, deve-se verificar se a concentração do elemento a ser aplicado é inferior à concentração máxima tolerada pela cultura, a qual é calculada em função da concentração do elemento na calda fertilizante, e das vazões de injeção e do sistema.

Tabela 14. Exemplo de recomendação de adubação nitrogenada em função do hábito de crescimento e do estágio fenológico.

Estádio	Hábito de crescimento	
	Determinado (Tipo I)	Indeterminado (Tipos II, III e IV)
Semeadura	20 a 40% da dose	20 a 40% da dose
V ₄ ² a R ₅ ³	60 a 80% da dose	50 a 70% da dose
R ₇ ³ a R ₈	não recomendável	até 10% da dose ¹

¹ Prática recomendável quando se deseja prolongar a duração foliar para propiciar o enchimento dos grãos (ou sementes) localizados nas vagens da parte superior da planta, com conseqüente minimização da porcentagem de grãos chochos.

² Etapa mais longa do ciclo

³ Etapas críticas à deficiência hídrica: R₅, R₆ e R₇.

Marcha de absorção

A marcha de absorção do nutriente é importante para definir a época de aplicação, bem como a quantidade a ser aplicada em cobertura, a qual pode

ser limitada pela vazão da bomba injetora de fertilizante e pelas condições climáticas. Cabe salientar que o hábito de crescimento da cultura influi na estratégia de aplicação de fertilizante.

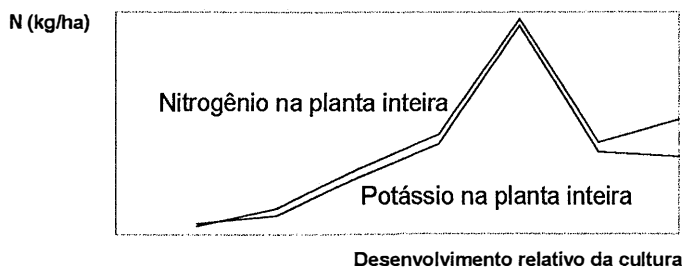


Figura 2. Acúmulo de nitrogênio e potássio em função do desenvolvimento relativo da cultura de feijão (adaptado de Cobra Netto et al., 1971).

Cálculo de vazão de injeção (pivô central)

PASSO 1. Decidir quanto aplicar

As ações de manejo devem aferir as ações de planejamento. Portanto, pequenos experimentos locais devem ser elaborados no intuito de ajustar a dose do elemento a ser aplicada por talhão uniforme (a uniformidade deve ser caracterizada utilizando como parâmetro o mapa de rendimento da propriedade rural).

Em função da determinação experimental ao nível de propriedade (caso particular), define-se a quantidade total de nitrogênio a aplicar (80 kg/ha, neste exemplo) no intuito de obter o rendimento almejado (3000 kg/ha), para uma extração total de 180 kg/ha de nitrogênio.

Tabela 15. Experimento, ao nível de propriedade, para definir a quantidade de nitrogênio a ser fornecida à cultura via fertilizante.

Fonte de N (kg/ha)		Total
Solo ¹	Fertilizante	(kg/ha)
60	120	180
80	100	180
90	90	180
100	80	180
120	60	180

¹ Quantidade fornecida pelo solo considerando o efeito sinérgico

Supondo que a cultura apresenta-se no estágio fenológico V_4 (época da primeira aplicação de cobertura), e que o produtor optou pelo seguinte procedimento: i. semeadura: 24 kg/ha (30% da dose total recomendada), ii. V_4 : 48 kg/ha (60% da dose total recomendada) em duas parcelas (**primeira parcela: 30 kg/ha**, segunda parcela: 18 kg/ha), e iii. R_7 : 8 kg/ha (10% da dose total recomendada).

PASSO 2. Decidir que tipo de fertilizante a aplicar

Levando-se em consideração as características desejáveis dos fertilizantes, optou-se pela uréia (concentração: 45% de nitrogênio, solubilidade: 700 g/l).

PASSO 3. Calcular volume aplicado por hectare

Para o cálculo do volume de calda fertilizante (C_f , l/ha), utiliza-se a seguinte expressão:

$$C_f = \frac{D}{C.S} \quad (7)$$

onde D refere-se à dose de nitrogênio a ser aplicada via fertilizante (80 kg/ha de nitrogênio, neste exemplo), C à concentração de nitrogênio no fertilizante (0,45 kg N/kg de uréia), e S à solubilidade (0,7 kg uréia/l).

Sendo assim, tem-se que:

$$C_f = \frac{30 \text{ kg} / \text{ha}}{0,45 \text{ kg} / \text{kg}, 0,7 \text{ kg} / \text{l}} = 95,21 / \text{ha} \quad (8)$$

PASSO 4. Determinar área efetivamente irrigada

Em função da avaliação do sistema de irrigação do tipo pivô central, determinou-se o raio efetivamente irrigado ($r = 550$ m, neste exemplo). Para o cálculo da área efetivamente irrigada (A , ha), tem-se que:

$$A = \frac{\pi r^2}{10000} \quad (9)$$

Sendo assim, tem-se que:

$$A = \frac{\pi 550 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2 / \text{ha}} = 95 \text{ ha} \quad (10)$$

PASSO 5. Calcular volume por reversão do pivô

Para o cálculo do volume de calda a ser injetada numa reversão do pivô (V_r , l/volta), tem-se que:

$$V_r = A.C_f \quad (11)$$

Sendo assim, tem-se que:

$$V_r = (95 \text{ ha} / \text{volta}).(95,21 / \text{ha}) = 90441 / \text{volta} \quad (12)$$

PASSO 6. Determinar tempo de uma volta do pivô

Em função do teste de avaliação do sistema de irrigação, determinou-se que a velocidade linear de caminhamento da última torre ($V_{ut} = 199 \text{ m/h}$). Para o cálculo do tempo de uma rotação do pivô (T_r , h), tem-se que:

$$T_r = \frac{2\pi r}{V_{ut}} \quad (13)$$

Sendo assim, tem-se que:

$$T_r = \frac{2\pi 550 \text{ m}}{199 \text{ m/h}} = 17,4 \text{ h} = 17 \text{ h } 24 \text{ min} \quad (14)$$

PASSO 7. Calcular vazão de injeção

Para o cálculo da vazão de injeção (Q_{inj} , l/h), utiliza-se a seguinte expressão:

$$Q_{inj} = \frac{V_r}{T_r} \quad (15)$$

Sendo assim, tem-se que:

$$Q_{inj} = \frac{9044 \text{ l}}{17,4 \text{ h}} = 520 \text{ l/h} \quad (16)$$

PASSO 8. Regulagem da bomba injetora

Conhecendo-se a pressão no ponto de injeção (6 kgf/cm^2), faz-se a regulagem da bomba injetora (escala: 25 mm), em função catálogo fornecido pelo fabricante, para obtenção da vazão requerida (520 l/h).

Tabela 16. Catálogo fornecido pelo fabricante (exemplo hipotético).

Pressão (kgf/cm ²)	Q (l/h)	Escala (mm)					
		15	20	25	30	35	40
5		295	420	545	670	795	920
6		270	395	520	645	770	895
10		255	380	505	630	755	880
15		215	340	465	590	715	840

Cabe salientar que o catálogo fornecido pelo fabricante deve ser aferido nas condições reais de trabalho. A limpeza do filtro de sucção deve ser feita periodicamente para não afetar vazão de injeção. Para tal, na prática costuma-se utilizar manômetro de mercúrio para facilitar a conferência periódica.

Em função do exposto, verifica-se facilmente que a vazão de injeção (Q_{inj} , l/h) pode assim ser calculada:

$$Q_{inj} = \frac{D. V_{ut}. r}{20000. C. S} \quad (17)$$

PASSO 9. Verificação da concentração de nitrogênio na água de irrigação

A concentração de nitrogênio na água de irrigação precisa ser checada para evitar o problema de “queima”. De maneira geral, por segurança, esse valor não deve exceder 2,0 a 3,0% no caso de folha, e 1,5 a 2,0% no caso de flor.

A concentração de nitrogênio na água de irrigação (C_{ni} , %) pode ser calculada pelo produto da concentração de nitrogênio na calda fertilizante (C_{nc} , %) pela razão de diluição (R_d , adimensional), através da seguinte expressão:

$$C_{nc} = 100. C. S \quad (18)$$

$$C_{nc} = 100. (0,45 \text{ kg / kg}). (0,7 \text{ kg / kg}) = 31,5\% \quad (19)$$

$$R_d = \frac{Q_{inj}}{Q_{sist}} \quad (20)$$

$$C_{ni} = C_{nc}. R_d \quad (21)$$

em que Q_{sist} refere-se à vazão do sistema de irrigação (l/h).

$$Q_{sist} = \frac{10000. I. A}{T_r} \quad (22)$$

Supondo uma lâmina de irrigação $I = 4,2$ mm, correspondente à regulagem do temporizador de 100%, tem-se que:

$$Q_{sist} = \frac{10000. (4,2). (95)}{17,4} = 229310 \text{ l / h} \quad (23)$$

$$R_d = \frac{520}{229310} = 0,00227 \quad (24)$$

$$C_{ni} = (31,5). (0,00227) = 0,07\% \quad (25)$$

Na prática, em sistemas de irrigação do tipo pivô central, a concentração de nitrogênio na água de irrigação não é fator limitante.

Equipamentos para injeção de solução fertilizante

Os equipamentos para injeção de solução fertilizante podem ser subdivididos em três grandes grupos i. sucção da bomba, ii. bombas injetoras (tipo pistão e centrífuga), e iii. pressão diferencial.

Não se recomenda a injeção de produtos químicos na sucção da bomba do sistema de irrigação devido aos riscos de poluição ambiental e de diminuição da vida útil da bomba e da rede adutora, devido aos problemas de corrosão.

O sistema de injeção utilizando o princípio do *venturi* (pressão diferencial) é aplicável em sistemas de baixa vazão. No caso do sistema de irrigação do tipo pivô central (alta vazão), recomenda-se a injeção na tubulação adutora (centro da área onde o pivô está localizado) utilizando bombas injetoras.

Tempo de lavagem

A lavagem do sistema de irrigação deve ser feita logo após a aplicação do produto químico, no intuito de minimizar problemas de corrosão.

$$T_L = \frac{15\pi d^2 L}{Q_{sist}} \quad (26)$$

em que T_L se refere ao tempo (min) de lavagem, d ao diâmetro (m) da tubulação, L à distância (m) entre o ponto de injeção ao final da tubulação, e Q_{sist} à vazão (m^3/h) do sistema de irrigação.

fungigação, insetigação e herbigação

Comparação entre as diferentes técnicas de quimigação

A comparação entre as diferentes técnicas, a rigor, são apenas algumas inferências físicas de caráter prático, as quais necessitam de pesquisa experimental para confirmá-las.

O princípio fundamental que norteia essas inferências é a de que a eficiência do controle é diretamente proporcional à quantidade do princípio ativo que atinge o alvo (folha, por exemplo, no caso de mancha angular).

Sendo assim, no caso específico do alvo folha, assumiu-se um modelo geral teórico que existe uma faixa de calda, entre os valores críticos mínimo C_{CRIT}^I (l/ha) e máximo C_{CRIT}^S (l/ha), respectivamente, que resulta na aplicação de uma quantidade adequada do princípio ativo que atinge o alvo.

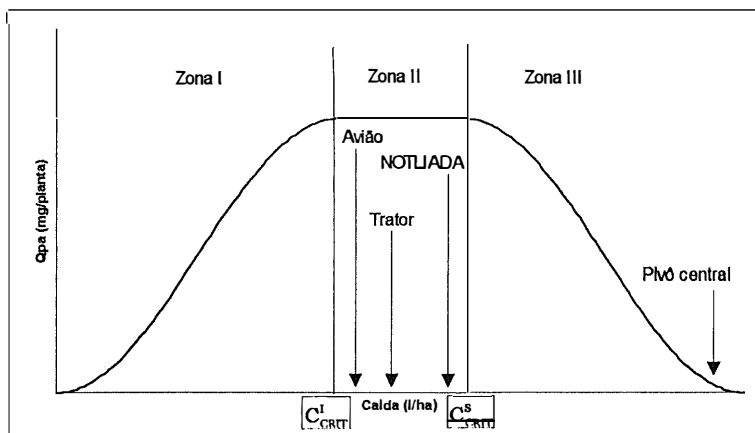


Figura 3. Modelo geral referente à relação funcional entre a quantidade do princípio ativo que atinge o alvo foliar (Q_{pa} , mg/planta) e a calda utilizada (l/ha).

Tabela 17. Comparação entre as diferentes técnicas de quimigação.

Técnica	Alvo	Viável?	Cuidado
Fertirrigação	Solo	Sim	Lavagem do sistema, época de aplicação
	Planta	Não ¹	
Fungigação	Solo	Sim	Lavagem do sistema
	Planta (parte aérea)	Não	
	Planta (raiz)	Sim	Lavagem do sistema
Herbigeação	Solo ²	Sim	Lavagem do sistema, umidade do solo
	Planta ³	Não	
Insetigação	Solo	Sim	Lavagem do sistema
	Planta	Não ⁴	

1 fertirrigação não é sinônimo de adubação foliar

2 pré-emergente ou pré-plantio incorporado

3 pós-emergente

4 Exceção: controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho

Cuidado especial na herbigeação

Para aplicação de herbicida pré-plantio incorporado ou pré-emergente, via água de irrigação, deve-se levar em consideração a profundidade (pré-emergente: cerca de 2 cm; pré-plantio incorporado: cerca de 5 a 8 cm) em que o herbicida (soluto) vai atingir no solo (Z_h , cm), a qual é função da profundidade (Z_a , cm) em que a água (veículo solvente) atinge.

$$Z_h = C_r \cdot Z_a \quad (27)$$

em que Cr refere-se ao coeficiente de retardamento específico do soluto.

A profundidade que a água atinge pode assim ser estimada:

$$Z_a = \frac{I}{10(\theta - \theta_a)} \quad (28)$$

em que I refere-se à lâmina líquida de irrigação (mm), θ_a e θ aos conteúdos de água (cm^3/cm^3) no solo imediatamente antes e depois, respectivamente, da irrigação.

Avaliação do sistema de irrigação e sua implicação prática na aplicação de produtos químicos

Além de possibilitar verificar problemas no regulador de pressão ou de entupimento, e de permitir a correta alocação de tensiômetro (para o caso de controle de irrigação utilizando esse equipamento, deve-se instalá-lo onde é aplicada a lâmina média), a avaliação do sistema de irrigação é imprescindível para avaliar a viabilidade da aplicação de produtos químicos via sistema de irrigação, especialmente pivô central.

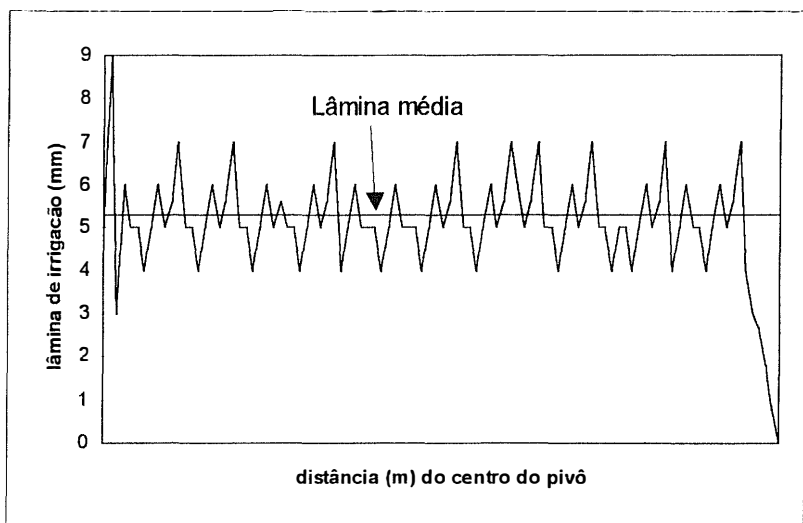


Figura 4. Resultado da avaliação do sistema de irrigação do tipo pivô central.

O cálculo da quantidade de produto químico é usualmente feita com base na lâmina média aplicada. Porém, a rigor, isso significa que em 50% da área aplica-se uma quantidade inferior ou igual a quantidade desejada, e nos 50% restante aplica-se uma quantidade superior a quantidade desejada. Quanto menor o coeficiente de variação da lâmina líquida de irrigação, melhor será a distribuição da quantidade aplicada na área, visto que o regime de

escoamento é turbulento, desde que não haja variação temporal da concentração do soluto de interesse na calda a ser injetada.

Para evitar problemas de sub ou superdosagem excessiva, recomenda-se verificar a quantidade aplicada referente aos valores extremos de lâmina líquida de irrigação.

A utilização de elementos pouco móveis no solo requer uma uniformidade do sistema mais elevada. Pois, nesses casos a aplicação gera artificialmente uma variabilidade espacial na área.

Referências bibliográficas

- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. POTAFOS. Piracicaba, 1989. 201p.
- NEW, L. L.; KNUTSON, A.; BEAN, B. W.; MORRISON, B. W.; PATRICK, C. D.; HICKEY, M. G.; KAUFMAN, H. W.; LEE, T.; AMOSSON, S. H.; McWILLIAMS, D.; FIPPS, G.; SWEETEN, J. Chemigation. Texas Agricultural Extension Service, 1990.
- ROSOLÉM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o Doutor do seu feijoeiro. Info. Agronômicas (Piracicaba) número 68, dez. Encarte. Piracicaba, 1994. 16p.
- van RAIJ, B.; CANTARELLA, H. Boletim 100, Instituto Agrônomo de Campinas, 1995.

OPERACIONALIZAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

DURVAL DOURADO-NETO

Eng. Agr. M.Sc. Dr. Professor. Departamento de Produção Vegetal. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.
Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900. Pesquisador do CNPq.

ANTÔNIO LUIZ FANCELLI

Eng. Agr. M.Sc. Dr. Professor. Departamento de Produção Vegetal. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.
Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900.

(Texto extraído da publicação referente ao IV Simpósio da Cultura de Feijão Irrigado)

Introdução

Os componentes necessários ao fornecimento e aplicação de água nas áreas irrigadas devem ser operadas e mantidas observando as especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes e as condições físicas, econômicas e sociais existentes visando assegurar a capacidade produtiva dos recursos naturais sem comprometer a qualidade ambiental.

O sistema de irrigação é caracterizado, de maneira geral, por possuir os seguintes componentes: fonte de suprimento de água; sistema de captação e bombeamento de água; sistema de adução, distribuição e aplicação de água às culturas e sistema de drenagem (o sistema de bombeamento de água pode ser dispensável em irrigação por superfície).

O presente trabalho tem por objetivo fornecer subsídios para avaliação e definição de sistemas operacionais e de manutenção adequados para obtenção de níveis satisfatórios de desempenho dos principais componentes de sistemas de irrigação utilizados em diferentes condições no intuito de maximizar o lucro da exploração agrícola.

Operação do sistema de irrigação: aspectos teóricos fundamentais

Os componentes de sistemas de irrigação devem ser operados com o objetivo principal de aplicação de uma lâmina correta de irrigação em tempo oportuno, com o objetivo de obtenção do rendimento máximo econômico.

A operação do sistema de irrigação para aplicação da lâmina correta depende do critério de manejo utilizado. Dentre os critérios existentes, o critério de aplicação de uma lâmina de irrigação para que o solo passe de uma umidade média crítica a uma umidade média de manejo, até a profundidade efetiva do sistema radicular, tem despertado interesse de agricultores (Dourado-Neto, 1990).

Umidade média crítica

A umidade média crítica é o conteúdo de água médio, da superfície do solo até a profundidade efetiva do sistema radicular, correspondente ao

potencial mátrico crítico que pode ser medido através de tensiômetros. Cabe salientar que esse procedimento é sempre uma aproximação prática, visto que, a rigor, o potencial mátrico crítico varia constantemente em função da profundidade efetiva do sistema radicular (está relacionado com a área útil à absorção), demanda evapotranspiratória e idade e estado nutricional e fitossanitário da cultura.

A medida que o solo seca, devido a evapotranspiração principalmente, passando da umidade de manejo a uma umidade menor, aumenta, em módulo, o potencial mátrico e o potencial osmótico; conseqüentemente, aumenta a energia despendida pela planta para absorção. Associado a isso, com a diminuição do conteúdo de água, diminui a condutividade hidráulica do solo diminuindo a capacidade de suprimento da demanda evapotranspiratória, pois diminui a densidade de fluxo de água do solo para a planta.

Sendo assim, à medida que o solo perde água a partir da umidade de manejo, diminui a fotossíntese líquida. Porém, a constante manutenção do conteúdo de água correspondente à umidade de manejo (inviável na prática) aumenta custo de produção. Portanto, haverá uma umidade crítica específica para cada espécie e cada cultivar em que há a maximização do lucro, correspondente a um rendimento tido como o máximo econômico.

A umidade crítica varia durante o ciclo da cultura em função do solo e dos atributos do clima determinantes da demanda evapotranspiratória (umidade relativa e temperatura, principalmente).

A visão global (resumo geral) do sistema agrícola pode ser visualizada na Figura 1.

Umidade de manejo

A umidade de manejo equivale a um conteúdo de água ótimo correspondente ao rendimento máximo da cultura em que a demanda por oxigênio, referente ao processo respiratório, seja plenamente atendida, e que a absorção de água e solutos é máxima.

Na prática essa definição equivale ao conceito de "capacidade de campo" de Veihmeyer & Hendrickson (1949), ou seja, é o conteúdo de água correspondente à capacidade máxima de água disponível.

Essa definição é dependente das principais fases do sistema agrícola: solo, planta e atmosfera (Figura 1). A operação do sistema deve contemplar as três fases, mesmo que o critério infira apenas uma propriedade de apenas uma fase.

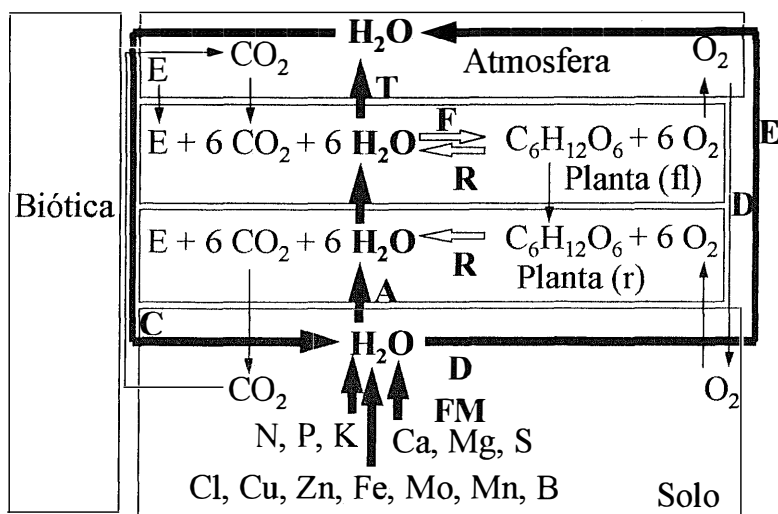


Figura 1. Visão global do sistema agrícola (fases solo, planta, atmosfera e biótica) ilustrando a relação entre os principais processos que ocorrem na natureza: i. E: evaporação, T: transpiração, C: chuva, D: difusão de gases (“acração”), oxigênio e dióxido de carbono principalmente, devido ao gradiente de pressão parcial gerado, A: absorção (água e os nutrientes minerais essenciais, principalmente - N: nitrogênio, P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, S: enxofre, Cl: cloro, Cu: cobre, Zn: zinco, Fe: ferro, Mo: molibdênio, Mn: manganês e B: boro), R: respiração, e F: fotossíntese.

Profundidade efetiva do sistema radicular

Esse atributo é variável de espécie para espécie, durante o ciclo da cultura e em função do tipo e condições atuais do solo.

Há vários critérios de determinação da profundidade efetiva do sistema radicular, dentre eles destacam-se: (i) profundidade do solo, a qual contribui com pelo menos 95% da variação do armazenamento; (ii) profundidade do solo onde se visualiza o sistema radicular; (iii) 70% da profundidade do solo onde ainda se visualiza o sistema radicular.

Operação e manutenção dos componentes de sistemas de irrigação

A vida útil dos sistemas de irrigação com desempenho satisfatório depende do sistema operacional e de manutenção adotado. No presente trabalho, serão abordados os principais componentes dos sistemas de irrigação por superfície e por aspersão e o sistema de irrigação localizada.

Sistema de irrigação por superfície

Esse sistema é caracterizado pela utilização da superfície do solo para distribuição e aplicação de água na área que se deseja irrigar. Os principais tipos de irrigação por superfície no Brasil são: irrigação por sulcos de infiltração, por inundação e em faixas de inundação.

Os principais componentes que devem ser contemplados pelo sistema de operação e manutenção são: barragem, rede de distribuição e aplicação de água, rede de drenagem, rede de estradas de acesso e preparo do solo.

Barragem

A barragem deve ser diariamente inspecionada. Medidas preventivas devem ser tomadas para evitar assoreamento: proteção das encostas a montante da barragem, verificação constante do funcionamento das comportas e desobstrução dos drenos de alívio.

Rede de distribuição de água

Deve-se fazer a limpeza do canal principal pelo menos uma vez por ano no período chuvoso, quando não necessitar fazer irrigação. O canal principal deve ser de fácil acesso com estrada em toda sua extensão. Os drenos de proteção devem ser mantidos limpos, bem como os bueiros que servem de passagem para escoamento do excesso de água a montante do canal aos drenos naturais (ribeirões, córregos ou rios). A vistoria do canal principal deve ser diária, principalmente nas regiões de aterro ou onde há freqüente acesso de animais.

Quando a distribuição é feita com tubulações enterradas, deve-se fazer a vistoria e limpeza diária das caixas de inspeção. Sugere-se a utilização de um gradeado para contenção de partículas sólidas grandes em suspensão.

Deve-se inspecionar semanalmente as obras de arte pertencentes a rede de distribuição de água, tais como sifões invertidos, tomadas de mágua, rede de acéguas, aquedutos e comportas. A manutenção deve fazer o reparo logo que qualquer anomalia seja observada.

O sistema de distribuição de água deve ser periodicamente avaliado em operação. Recomenda-se pelo menos uma vez por ano.

Rede de drenagem

A manutenção da rede de drenagem é de suma importância para garantir a exploração agrícola de forma mais prolongada utilizando a técnica de irrigação.

Para que o sistema agrícola seja operado com eficiência satisfatória, os atributos pH e condutividade elétrica do extrato de saturação da solução do solo devem ser medidos bimestralmente. Em áreas onde se observam o comportamento senoidal ascendente desses atributos, deve-se fazer a drenagem localizada no intuito de prevenir a salinização e sodificação dos solos. Esse procedimento é imprescindível em regiões com elevada demanda evapotranspiratória, ou com existência de água de má qualidade,

ou em solos com drenagem interna deficiente, além de fornecer subsídio para avaliação do manejo do sistema agrícola no que diz respeito ao dimensionamento e manutenção da rede de drenagem, a aplicação da lâmina de lixiviação, o preparo do solo e a aplicação de lâmina de irrigação em áreas adjacentes.

Rede de estradas de acesso

A rede de estradas de acesso à rede de drenagem e de canais de irrigação deve ser mantida transitável durante o ano inteiro para garantir a inspeção de toda infra-estrutura de irrigação. Os serviços de manutenção devem ser planejados para serem executados na época seca do ano. A rede de estradas deve ser projetada também para facilitar o escoamento da produção agrícola.

Preparo do solo

Em áreas irrigadas, em qualquer época do ano, o preparo do solo pode ser feito na faixa de friabilidade para minimizar o seu depauperamento físico (Figura 2), além de possibilitar o planejamento agrícola anual, principalmente no que diz respeito à determinação do momento de utilização de tratores e implementos agrícolas. No sistema de irrigação por superfície, deve-se tomar cuidado para não comprometer a sistematização durante o preparo do solo, principalmente em áreas com baixo gradiente de declive.

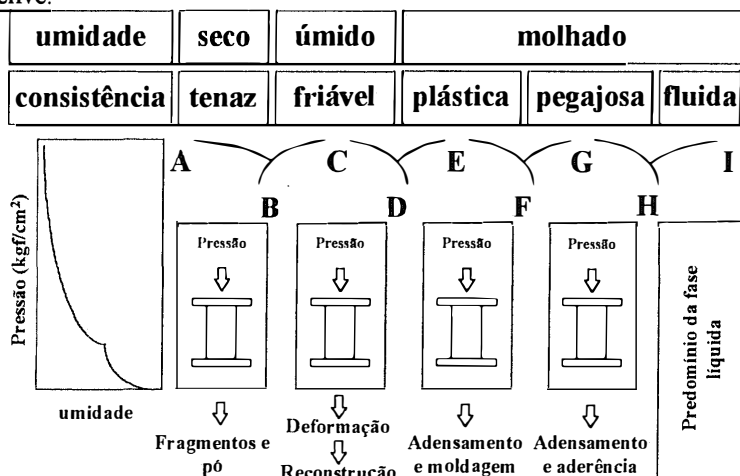


Figura 2. Relação entre consistência e conteúdo de água no solo.

Sistema de irrigação por aspersão

Esse sistema é caracterizado pela aplicação de água através de aspersores na área em que se deseja irrigar. Os principais tipos de irrigação por aspersão são: irrigação por aspersão convencional móvel ou fixa, sistema de irrigação por aspersão com linha lateral autopropelida de deslocamento

linear intermitente (rolão e *linear system*), sistema de irrigação por aspersão com linha lateral autopropelida de deslocamento radial (pivô central), sistema de irrigação por aspersor autopropelido com mecanismo propulsor móvel (torniquete hidráulico) ou com mecanismo propulsor estacionário (turbina hidráulica).

Os principais componentes que devem ser contemplados pelo sistema de operação e manutenção são: sistema de captação e bombeamento, e sistema de adução, distribuição e aplicação de água.

Sistema de captação e bombeamento de água

A captação deve ser feita em local de fácil acesso, com possibilidade mínima de variações bruscas do nível de água e com baixa velocidade do caudal. A válvula de pé com crivo, acoplada à tubulação de sucção, deve ser sempre inspecionada, verificando-se vazamentos e a presença de materiais em suspensão.

A bomba deve ser instalada em nível, onde a altura de sucção não deve exceder a altura máxima recomendada pelo fabricante (NPSH). Se o sistema de bombeamento não for flutuante, deve-se considerar a altura de sucção correspondente à distância entre o nível mínimo de água na época seca e o ponto de entrada de água na bomba. Caso contrário, há sério problema de cavitação. Deve-se fazer a manutenção dos componentes do sistema de captação e bombeamento, uma vez por ano na época das chuvas, quando não é necessário irrigar.

Sistema de adução, distribuição e aplicação de água

Os componentes dos sistemas convencionais, em sua forma mais comum, podem assim ser caracterizados: linha principal, linhas secundárias e linhas laterais, que dependendo da sua mobilidade são classificados em sistemas fixos, semifixos ou portáteis. A operação correta desses equipamentos permite uma otimização do seu uso, visto que o projeto é elaborado assumindo condições de isotropia para diversas propriedades de interesse do solo (principalmente retenção de água e razão de infiltração do solo) e para o estágio de uma determinada cultura de máxima demanda evapotranspiratória.

Devido às limitações metodológicas nos estudos básicos para elaboração de projetos de irrigação, todo projeto deve ser ajustado às condições específicas da propriedade rural, nas condições reais de operação, no intuito de maximizar o lucro.

Deve-se fazer a checagem no intuito de verificar se o projeto de irrigação está dentro das especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes dos tubos de irrigação e dos aspersores utilizados.

Os fabricantes fornecem as especificações técnicas dos tubos em função do tipo de material. Normalmente são contemplados os seguintes atributos: diâmetro nominal, diâmetro externo médio, espessura mínima da parede,

massa aproximada do tubo, comprimento mínimo de montagem e a pressão de serviço.

Nas especificações técnicas dos aspersores são contemplados os seguintes atributos em função do espaçamento entre aspersores e da pressão de serviço utilizada: precipitação do aspersor, vazão e faixa de trabalho mais recomendável.

Deve-se adotar a velocidade de infiltração básica do solo, ou a condutividade hidráulica do solo saturado como a precipitação máxima utilizável do aspersor, por segurança, no intuito de evitar escoamento superficial. Na operação do sistema de irrigação, pode-se alterar a pressão de serviço e o espaçamento para melhor adequação ao sistema agrícola, principalmente ao solo e à planta.

Deve-se trabalhar com uma eficiência de irrigação mínima de 80%. Para tal, deve-se verificar periodicamente vazamentos nas tubulações. Quando possível, deve-se evitar o período mais quente do dia e o com predominância de ventos fortes, e os períodos de elevado custo.

No sistema de irrigação por pivô central, convém proceder o teste de uniformidade de precipitação dos aspersores, pois nesses sistemas a uniformidade de aplicação é imprescindível ao uso eficiente das técnicas de quimigação (fertilirrigação, fungigação, insetigação e herbigação).

Sistema de irrigação localizada

Esse sistema é caracterizado pela aplicação de água no volume de solo efetivamente ocupado pelo sistema radicular da cultura de interesse, cuja variação de armazenagem da água no solo é pequena em função do longo tempo de aplicação (pode atingir um período de até 22 horas) com baixa vazão do emissor.

Os principais tipos de emissores são: gotejadores, aplicadores de jatos intermitentes, microaspersores e tubos com paredes perfuradas ou porosas, cuja pressão de serviço está na faixa de 5 a 25 m.c.a.

O sistema de irrigação localizada típico possui os seguintes componentes principais: sistema de captação, bombeamento, adução e distribuição (linha principal, linhas secundárias e laterais) e estação de controle (filtro primário, regulador de fluxo, tanque de produtos químicos, filtro secundário e hidrômetro) e emissores.

A manutenção do sistema de filtragem é imprescindível para a sua boa operação devido as reduzidas dimensões dos orifícios dos emissores, além das condições de fluxo prevalecente. Os filtros mais comuns são: filtros de tela (nylon, arame ou aço inoxidável) e os de areia. Os filtros são utilizados devido a existência de impurezas na água de irrigação (matéria orgânica, silte, argila e areia).

Os injetores de produtos químicos são componentes padronizados dos sistemas de irrigação localizada. A injeção de fertilizantes hidrossolúveis é a prática mais comum.

Para garantir o bom funcionamento de todo sistema, deve-se aplicar cloro e ácidos com a finalidade de impedir o desenvolvimento de algas e bactérias, além da redução de problemas de entupimento devido a formação de precipitados, tomando o devido cuidado de não provocar fitoxidez à cultura explorada.

O filtro de areia é utilizado para reter partículas, tais como: areia muito fina e materiais orgânicos. Esses filtros são constituídos de camadas sobrepostas de cascalho, areia grossa bem lavada e cascalho com granulometria conhecida. A operação de limpeza do filtro de areia deve ser feita periodicamente. A frequência é dependente da qualidade da água de irrigação. A operação de limpeza consiste na reversão da densidade de fluxo da água.

O filtro de tela deve ser instalado após o filtro de areia, a qual também requer a operação periódica de limpeza, no intuito de reter as impurezas que passaram pelo filtro de areia.

Considerações finais

Para que haja um sistema de operação e manutenção eficiente é necessário que: **(i)** sejam observadas as especificações técnicas dos fabricantes; **(ii)** os técnicos envolvidos tenham conhecimento do princípio de funcionamento dos equipamentos utilizados; **(iii)** haja um rigoroso e sistemático controle das operações em função de um planejamento prévio; e **(iv)** haja economicidade da exploração agrícola.

Referências bibliográficas

- DOURADO-NETO, D. Aspectos práticos de manejo de sistemas de irrigação e fertirrigação na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: A cultura do feijão irrigado. Piracicaba, ESALQ/USP-FEALQ, 1990. p.115-36.
- VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. *Soil Science*, v.68, p.75-94. 1949.

MANEJO QUÍMICO DO SOLO NA CULTURA DO FEIJÃO IRRIGADO

GODOFREDO CÉSAR VITTI

Prof. Titular. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ, USP.
Caixa Postal 9, CEP 13418-970. Piracicaba, SP.

E-mail: gcvitti@carpa.ciagri.usp.br

FELIPE DE CAMPOS VIEIRA

Estagiário do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ, USP

MAURÍCIO FELIPE DO A. OLIVEIRA

Estagiário do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ/USP

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), importante componente da dieta de todas as camadas sociais, mesmo tendo experimentado declínio no consumo *per capita* como resultado do processo de urbanização, detém *status* de prioridade dentre os produtos da agricultura brasileira. É cultivado por um amplo espectro de agricultores, em diferentes escalas, sistemas de produção, ambientes físicos e sócio-econômicos.

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com produção estimada em três milhões de toneladas. A área total ocupada pelo feijoeiro anualmente no Brasil está em torno de 5,5 milhões de hectares considerando as três épocas; águas, seca e inverno com irrigação. Dentro deste contexto, a Bahia vem se destacando como grande produtora com a maior área plantada do Brasil e um volume de produção que exerce grande influência nos preços deste produto no mercado brasileiro. A área plantada com feijão irrigado no Estado da Bahia já chega aos 60.000 ha e a área total semeada é de 750.000 ha.

A produtividade média do feijão é muito baixa estando por volta de 600 Kg/ha, porém com o uso de tecnologia adequada, principalmente nutrição e irrigação pode-se colher até 3.000 Kg/ha de grãos.

Para o alcance de altas produtividades a primeira providência é a amostragem e análise química do solo, histórico da área e a seguir, as práticas corretivas e de manutenção. Dentre os fatores de produtividade, o manejo químico do solo associado a fatores climáticos são ainda os que mais limitam a produtividade dessa cultura.

Conceito de adubação

Em termos práticos, a adubação pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

$$\text{Adubação} = (\text{planta} - \text{solo}).f$$

Ou seja, é necessário dimensionar três fatores básicos: (i) nutrição da planta, quanto a: (a) elementos exigidos, (b) quantidades necessárias, e (c)

época e local para o fornecimento dos nutrientes; **(ii)** avaliação da fertilidade do solo, utilizando-se principalmente da diagnose visual, diagnose foliar, histórico e análise do solo; e **(iii)** uso eficiente do fertilizante (f), o qual é função do sistema de plantio (direto ou convencional), práticas conservacionistas, fontes de aplicação e parcelamento dos nutrientes e condições edafoclimáticas.

Em função do conhecimento desses fatores é estabelecido o manejo químico do solo, iniciando-se por práticas que visam o aumento do sistema radicular, seguido de adubação, ou seja: **(i)** correção de acidez solo; **(ii)** condicionamento do subsolo; **(iii)** adubação corretiva de P_2O_5 , se necessário; **(iv)** adubação de manutenção de N, P_2O_5 , K_2O e S; **(v)** fornecimento de micronutrientes; e **(vi)** práticas que permitam a máxima eficiência da fixação simbiótica do N_2 .

Nutrição do feijão

O feijoeiro, por ser cultura exigente em fertilidade, necessita de adubação balanceada para expressar todo seu potencial produtivo. Após a correção da camada superficial com calcário e do condicionamento do subsolo com gesso agrícola, é procedido o fornecimento dos nutrientes através da adubação química e orgânica.

Além dos macronutrientes orgânicos (C, H, O) fornecidos pela atmosfera (O_2 , CO_2 e H_2O) o feijão necessita de nutrientes fornecidos pelo solo: P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Co e Zn e, no caso do N, parte pelo solo e parte pela atmosfera. Dessa lista de nutrientes minerais, comprovadamente o feijão necessita do fornecimento dos seguintes nutrientes: N (fixação simbiótica, manejo da matéria orgânica através da rotação de culturas, e adubação mineral) P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn, Mo e Co (adubação mineral e orgânica).

As quantidade de nutrientes exigidas para a produção de 1,5 t/ha de grãos e 0,3 t/ha de casca para uma população de 250.000 plantas/ha estão apresentados na tabela 1 (Malavolta & Lima Filho, 1997).

Tabela 1. Extração e Exportação de nutrientes par a produção de 1,5 t/ha de grãos (Malavolta & Lima Filho, 1997).

Elemento	Parte da Planta Total	Parte da planta Vagem	Porcentagem do total Extraído na vagem
	kg/ha		%
N	101	34	33
P	9	3	33
K	92	20	21
Ca	54	4	7
Mg	18	4	22
S	25	9	36
	g/ha		%
B	138	54	39
Cu	46	18	39
Fe	2970	120	4
Mn	563	50	9
Mo	4	1	25
Zn	224	76	33

Analisando os dados da Tabela 1 nota-se que o feijociro exige quantidades relativamente altas de N e K, e quantidades relativamente baixas de P, Ca, Mg e S. Observa-se que grande parte dos nutrientes absorvidos, não é exportado pelos grãos, proporcionando a devolução dos restos culturais de aproximadamente 67, 5, 78, 51, 15 e 9 kg/ha respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S, equivalentes a mais de 50% do montante absorvido (Oliveira et al., 1996).

Por outro lado, Cantarella et al (1996) citam que para uma faixa de produtividade de 0,9 a 2,5 t/ha, o conteúdo de macronutrientes em kg/ha da parte colhida, é de 102, 9, 94 e 15 respectivamente para N, P, K, e S (planta inteira), enquanto que nos grãos a quantidade exportada é de 41, 4, 9, e 10 kg/ha respectivamente para N, P, K, e S. Observa-se através destes dados que o feijoeiro requer mais S, do que P.

Quanto aos períodos de acúmulo de matéria seca e de nutrientes, tem-se que a maior velocidade de produção e de acumulação, ocorre no florescimento, ou seja, no período entre 45 e 55 dias, acumulando a cultura nesse período aproximadamente 67 kg de matéria seca por dia. A seguir, existe uma diminuição na quantidade, provocada pela queda de folhas, e a partir dos 70 dias, novo crescimento do teor de matéria seca acumulada, desta vez tendo os grãos como determinantes da tendência (Cobra Neto et al., 1971).

Ao que se refere a época e o modo de aplicação dos nutrientes, estes podem ser fornecidos através das seguintes práticas: (i) pré-semeadura:

calagem: Ca e Mg; gessagem: Ca e S; e fosfatagem: P; **(ii)** sulco de semeadura: formulação: N, P_2O_5 , K_2O e S. Formulação: B, Zn, Mn e Cu; **(iii)** cobertura: K: em solos arenosos, 20 a 30 dias após a emergência. N: 35 aos 50 dias após a emergência; **(iv)** semente: Mo e Co na prática da inoculação das sementes; e **(v)** foliar: principalmente Mo, 14 a 28 dias após a emergência.

Função e sintomatologia de deficiência de nutrientes (Thung & Oliveira, 1998, Vitti et al., 1999)

Nitrogênio

É constituinte de aminoácidos e proteínas. Ocorre mudança na cor da folha, de verde para verde pálida. No início, os sintomas, ocorrem nas folhas inferiores e, então, se espalham por toda a planta. Quando a deficiência persiste, a cor muda para intenso amarelo-limão uniformemente por toda a lâmina foliar. Em estágios avançados, manchas marrons se desenvolvem gradualmente por todas as folhas, semelhantes ao estágio de senescência, ocorrendo morte prematura. As folhas desenvolvidas por completo são normalmente menores, quando comparadas com as folhas de plantas saudáveis, e o crescimento geral da planta é retardado. Há genótipos com folhas de cor naturalmente amarela-pálida, como Goiano Precoces e Jalo EEP 558, o que pode ser confundido com deficiência de nitrogênio.

Fósforo

É componente básico de carboidratos fosforilados, dos nucleotídeos, fosfolípidos e enzimas envolvidas no uso de energia. As folhas baixas tornam-se amarelas e, em estágios avançados, tornam-se necróticas e entram em senescência. A planta tem o crescimento reduzido, apresentando internódios curtos e números reduzidos de ramos. O florescimento é pobre e retardado e poucas vagens são produzidas. A maturidade é atrasada em alguns dias. A deficiência de fósforo combinada com estresse de água causa o aparecimento de folhas verde-escuras, pois a produção de clorofila é menos afetada no começo do estresse de fósforo e o acúmulo de clorofila, com uma pequena expansão da folha, produz uma cor verde característico.

Potássio

Ativador de várias enzimas, como as que participam do desdobramento dos açúcares na respiração e aquelas responsáveis pela síntese do amido e proteínas. As margens das folhas baixas tornam-se amarelas e, com o avanço da idade da planta, as pontas e as margens das folhas ficam necróticas. Ocorre amarelecimento internerval, com maior severidade em direção à ponta da folha. A folha torna-se mais amarela com a continuação da deficiência.

Magnésio

Constituinte da clorofila. Os sintomas de deficiência de magnésio ocorrem como uma clorose internervural intensa. Quando a severidade da deficiência aumenta, as margens das folhas ficam encarquilhadas. Como o magnésio é parcialmente móvel na planta, os sintomas de deficiência podem se espalhar pela planta inteira, inclusive nas partes jovens.

Enxofre

Componente de aminoácidos, como cistina, cisteína, metionina também participa do metabolismo de vitaminas. A deficiência de enxofre caracteriza-se por coloração pálida uniforme nas folhas primárias similar à que ocorre quando a deficiência de nitrogênio, sendo que os folíolos caem com facilidade com a evolução da deficiência.

Cálcio

Constituinte da parede celular das calcideslinas. Os sintomas de deficiência isolada de cálcio em feijoeiro são difíceis de serem encontrados. A maior parte das deficiências de cálcio em solos ácidos é mascarada pelas deficiências conjuntas de fósforo e cálcio, juntamente com toxicidade de alumínio, afetando principalmente o sistema radicular.

Boro

Participa da translocação de carboidratos. O primeiro sintoma de deficiência de boro começa nos estádios iniciais de desenvolvimento, desde a germinação até a formação dos primeiros pares de folhas trifolioladas. O caule torna-se espesso e as folhas coriáceas. Quando a deficiência é muito severa, as plantas param de crescer após a abertura da segunda ou terceira folha trifoliolada e morrem e morrem em seguida.

Zinco

Importante para a atividade de várias enzimas, necessárias para a formação do ácido indol acético (AIA). Os sintomas de deficiência de zinco aparecem nas folhas recém-abertas, com amarelecimento internerval. Quando a deficiência persiste até estádios mais avançados, aparecem folhas amarelas com manchas marrons de 2 a 3mm de diâmetro. Redução do tamanho das folhas, tornando as mesmas na forma de lança e encurtamento dos internódios.

Ferro

As folhas superiores das plantas tornam-se pálidas, mas as nervuras permanecem verdes. A cor pálida ocorre uniformemente em toda a lâmina foliar, ao contrário do que acontece devido à deficiência de magnésio, que provoca o amarelecimento a partir da ponta e das margens das folhas mais velhas.

Molibdênio e cobalto

Participam da fixação do N_2 atmosférico. Poucos nódulos, pequenos e pouco ativos, com coloração interna amarela pálida ou esverdeada. Queda de flores e vagens novas da base da planta.

Avaliação da fertilidade do solo

Geralmente, a avaliação da fertilidade do solo, baseia-se em dois princípios, que são: Diagnose da planta e análise química do solo.

Diagnose da planta

A diagnose da deficiência nutricional é a técnica utilizada para reconhecer os sintomas de desordens nutricionais, definir a natureza da deficiência e decidir sobre a correção nutricional para a planta.

Na lavoura do feijoeiro, as plantas podem apresentar inicialmente folhagem saudável, ainda que um dos nutrientes não esteja suficientemente disponível para a planta. Esta indiferença da planta ao nutriente em carência é conhecida como “fome disfarçada ou oculta”, e o sintoma de deficiência é difícil de ser detectado. Quando o sintoma vem a ser visível, a deficiência já está em etapa avançada, prejudicando o desenvolvimento da planta e a produção. Os sintomas sejam de deficiência ou de toxicidade, variam com a intensidade dessas ocorrências e o número de nutrientes envolvidos.

As análises químicas de tecidos e de solo devem ser feitas antes de se fazer qualquer recomendação de correção, devendo ser realizadas também em plantas sem sintomas, com tecidos e partes de plantas saudáveis colhidas na mesma posição. Quanto ao tipo de folha a ser retirada para avaliação do estado nutricional do feijoeiro, há duas recomendações. (i) Por Rosolém & Marubayashi (1994) recomendam coletar 30 a 40 folhas da área representativa, que deverão ser colhidas do terço mediano da planta, na época de florescimento; e (ii) Wutke et al. (1996) recomendam que seja colhida todas as folhas de dez plantas no florescimento.

A Tabela 2 apresenta teores adequados para a cultura do feijão, obtidos em diferentes pesquisas, encontrados nas folhas do feijoeiro.

Tabela 2. Faixa adequada de nutrientes encontradas nas folhas do feijoeiro, citadas em diferentes pesquisas: (A) Ambrosano et al.(1996); (B) Coamo (1998) e (C) EMBRAPA (1998).

Nutrientes	A	B	C
	g.kg ⁻¹		
N	30,0 – 50,0	-	28,0 – 60,0
P	2,5 – 4,0	2,0 – 3,0	2,5 – 5,0
K	20 – 24	20,0 – 25,0	18,0 – 25,0
Ca	10 – 25	15,0 – 20,0	8,0 – 30,0
Mg	2,5 – 5,0	4,0 – 7,0	2,5 – 7,0
S	2,0 3,0	5,0 – 10,0	2,0 – 2,5
	mg.kg ⁻¹		
B	15 – 26	20 – 60	30 – 60
Cu	4 – 20	8 – 20	10 – 20
Fe	40 – 140	100 – 450	100 – 450
Mn	15 – 100	30 – 300	30 – 300
Mo	0,5 – 1,5	-	-
Zn	18 – 50	30 – 100	20 – 100

Análise de solo

Os dados de interpretação de análises de solo utilizados por várias instituições de pesquisa em diversas regiões do país estão descritos a seguir.

Estado de São Paulo

Os limites de interpretação atualmente utilizados para o Estado de São Paulo, para o método de extração de P, K e Mg pela resina trocadora de íons, bem como para parâmetros de acidez do solo estão apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 3. Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos (Raij et al., 1996).

Teor	Produção relativa %	K trocável mmol _c .dm ⁻³	P-resina mg.dm ⁻³
Muito baixo	0-70	0,0 – 0,7	0 - 6
Baixo	71-90	0,8 – 1,5	7 - 15
Médio	91-100	1,6 – 3,0	16 - 40
Alto	> 100	> 3,0	> 40,0

Tabela 4. Interpretação de parâmetros da acidez e de magnésio (Raij et al., 1996).

Acidez	pH CaCl ₂	Saturação	V %	Teor	Mg mmol _e .dm ⁻³
Muito baixa	até 4,3	Muito baixa	0-25	Baixo	0-4
Baixa	4,4 – 5,0	Baixa	26-50	Médio	5-8,0
Média	5,1 – 5,5	Média	51-70	Alto	> 8,0
Alta	5,6 – 6,0	Alta	71-90		
Muito alta	> 6,0	Muito alta	> 90		

Quanto aos teores de micronutrientes, estão interpretados pela tabela 5, sendo o boro extraído por água quente e os micronutrientes metálicos pelo DTPA (Raij et al., 1996)

Tabela 5 . Limites de interpretação de micronutrientes em solos (Raij et al., 1996)

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg.dm ⁻³				
Baixo	0 – 0,20	0 – 0,20	0 – 4	0 – 1,2	0 – 0,5
Médio	0,21 – 0,60	0,3 – 0,8	5 – 12	1,3 – 5,0	0,6 – 1,2
Alto	> 0,60	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2

A Tabela 6 representa a interpretação dos teores de S-SO₄⁻², extraído em NH₄O Ac e Ca(H₂PO₄)₂ contendo 500 mg/kg P (Vitti, 1989).

Tabela 6. Interpretação dos teores de S-SO₄⁻² do solo em dois extratores (Vitti, 1989).

Teor	S - SO ₄ mg.dm ⁻³	
	NH ₄ O Ac.HOAc	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 500 ppm P
Muito baixo	0,0 – 5,0	0 – 2,5
Baixo	5,1 – 10,0	2,5 – 5,0
Médio	10,1 – 15,0	5,1 – 10,0
Adequado	> 15,0	> 10,0

Cerrado

Os dados para interpretação da análise de solo para extração de P e K pelo método Mehlich I bem como para extração de micronutrientes, atualmente utilizadas para as regiões do Cerrado, estão apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente.

Tabela 7. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação fosfatada (fósforo extraído pelo método Mehlich I).

Teor de argila	Teor de P (mg.dm ⁻³)			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom
61-80	0 – 1,1	1,1 – 2,0	2,1 – 3,0	> 3,0
41-60	0 – 3,0	3,1 – 6,0	6,1 – 8,0	> 8,0
21-40	0 – 5,0	5,1 – 10,0	10,1 – 14,0	> 14,0
< 20	0 – 6,0	6,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0

Fonte: EMBRAPA – CPAC (Souza et al., 1997)

Tabela 8. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação potássica (K extraído pelo método de Mehlich I).

Interpretação	Teor de K (mg.dm ⁻³) ¹
Muito baixo	0 – 25
Baixo	26 – 50
Médio	51 – 80
Bom	> 80

1 mmol_c.dm⁻³: mg.dm⁻³/40

Fonte: EMBRAPA-CPAC (Souza et al., 1997)

Tabela 9. Interpretação de resultados de análise de solos para micronutrientes em culturas anuais.

Micronutrientes	Teor de nutrientes (mg.dm ⁻³)		
	Baixo	Médio	Bom
Boro ¹	< 0,2	0,3 – 0,5	> 0,5
Cobre ²	< 0,4	0,5 – 0,8	> 0,8
Manganês ²	< 1,9	2,0 – 5,0	> 5,0
Zinco ²	< 1,0	1,1 – 1,6	> 1,6

1 Extrator: água quente. Fonte: EMBRAPA (1984).

2 Extrator: Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025).

Fonte: CNPSO (1998) e Galvão (1998).

Estado do Paraná

Tabela 10. Níveis de interpretação da saturação de bases e pH do solo.

Acidez	pH CaCl ₂	V %	Saturação por bases	pH em água	Acidez
Muito baixa	< 4,3	Muito baixa	< 25	< 4,5	Muito alta
Baixa	4,4-5,0	Baixa	26-50	4,6-5,0	Média
Média	5,1-5,5	Média	51-70	5,1-6,0	Fraca
Alta	5,6-6,0	Alta	71-90	6,1-7,0	Neutra
Muito alta	> 6,0	Muito alta	> 90	> 7,1	Alcalina

Fonte: COAMO e COODETEC (1998)

Tabela 11. Níveis de interpretação do fósforo (P) e potássio (K) Mehlich I, na análise de solo para a cultura do feijão.

Níveis ou Classes	P mg.dm ⁻³	K cmol _c .dm ⁻³
Baixo	< 2,0	< 10,0
Médio	2,1 – 5,0	0,11-0,30
Alto	5,1 – 13,0	0,31-0,60
Muito Alto	> 13,0	> 0,60

Fonte: COAMO & COODETEC (1998)

Tabela 12. Níveis de interpretação de micronutrientes da análise de solo independente da cultura, através dos extratores: DTPA para: Cu, Fé, Mn, e Zn, e água quente ou HCL 0,05N para o B.

Níveis ou Classes	Extrator – DTPA				Água quente	HCl (0,05N)
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
	mg.dm ⁻³					
Baixo	< 0,3	< 4,0	< 0,8	< 0,6	< 0,2	< 0,3
Médio	0,4-0,9	5,0-8,0	0,8-1,0	0,7-1,5	0,3-0,4	0,3-0,6
Bom	1,0-2,0	9,0-30,0	1,1-5,0	1,6-3,0	0,5-0,6	-
Alto	> 3,0	31,0-90,0	5,1-30,0	3,1-6,0	0,6-1,5	0,7-1,0
Excesso	6,0	300,0	150,0	30,0	3,0	-

Fonte: COAMO & COODETEC (1998)

Tabela 13. Níveis de interpretação de micronutrientes da análise de solo independente da cultura, através do extrator Mehlich.

Níveis ou Classes	Extrator - Mehlich			
	Cu	Fe	Mn	Zn
Baixo	< 0,4	< 15,0	< 4,0	< 0,8
Médio	0,5-1,5	16,0-40,0	5,0-8,0	0,9-1,5
Bom	1,6-2,0	40,1-60,0	9,0-12,0	1,6-2,0
Alto	> 2,0	> 60,1	> 12,1	> 2,1
Excesso	8,0	300	150	30

Fonte: COAMO & COODETEC (1998)

Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

As Tabelas 14, 15, 16 e 17 apresentam os limites de interpretação dos teores de P, K, S e micronutrientes, bem como os parâmetros de acidez do solo, atualmente utilizados.

Tabela 14. Limites de interpretação dos teores de P extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).

Faixas de teor de P no solo	Classe do solo ¹					
	1	2	3	4	5	6
Limitante	< 1	< 1,5	< 2	< 3	< 4	-
Muito baixo	1,1-2	1,6-3	2,1-4	3,1-6	4,1-8	-
Baixo	2,1-4	3,1-6	4,1-9	6,1-12	8,1-16	< 3
Médio	4,1-6	6,1-9	9,1-14	12,1-18	16,1-24	3,1-6
Suficiente	> 6	> 9	> 14	> 18	> 24	> 6
Alto	> 8	> 12	> 18	> 24	> 30	-
¹ Classe 1: > 55% de argila e/ou solos. Erexim, Durox, Vacaria, Santo Ângelo, Aceguá, Pouso Redondo, Boa Vista.						
¹ Classe 2 : 41 a 55% de argila e/ou solos. Passo Fundo franco-argiloso e argiloso, Estação, Oásis, Ciriaco, Associação Ciriaco-Charruá, São Borja, Vila, Farroupilha, Rancho Grande, Içara.						
¹ Classe 3 : 26 a 40% de argila e/ou solos. Passo Fundo franco-arenoso e arenoso, Júlio de Castilhos, São Jerônimo, Alto das Canas, São Gabriel, Canoinhas, Jacinto Machado, Lages.						
¹ Classe 4 : 11 a 25% de argila e/ou solos. Cruz Alta, Tupanciretã, Rio Pardo, Camaquã, Bagé, Bexigoso, Pelotas, São Pedro, Santa Maria, Pinheiro Machado.						
¹ Classe 5: 10% de argila e/ou solos. Bom Retiro, Tuia, Vacaí.						
¹ Classe 6: Solos alagados (Arroz irrigado por inundação)						

Nota: Considerar como classe 2 os solos Ciriaco, Associação Ciriaco-Charrua, São Borja, Oásis, Farroupilha, que apresentam elevado teor de silte.

Tabela 15. Interpretação do pH, cálcio e magnésio (Fonte: CFS-RS/SC, 1994).

Acidez	pH em água	Teor	Ca	Mg
			cmol _c .L ⁻¹	
Muito baixa	≤ 5,0	Baixo	≤ 2,0	≤ 0,5
Baixa	5,1-5,5	Médio	2,1-4,0	0,6-1,0
Média	5,6-6,0	Alto	> 4,0	> 1,0
Alta	> 6,0			

Tabela 16. Limites dos teores de potássio extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).

Interpretação	Teor de K (mg.L ⁻¹)
Limitante	≤ 20,0
Muito baixo	21,0-40,0
Baixo	41,0-60,0
Médio	61,0-80,0
Suficiente	81,0-120,0
Alto	> 120,0

Tabela 17. Limites de interpretação dos teores de enxofre e de cobre, zinco e boro (CFS-RS/SC, 1994).

Teor no solo	Enxofre	Cobre	Zinco	Boro
	mg.L ⁻¹			
Baixo	< 2,0	< 0,15	< 0,20	< 0,1
Médio	2,0 – 5,0	0,15 – 0,40	0,20 – 0,50	0,1 – 0,3
Suficiente	> 5,0 *	> 0,40	> 0,50	> 0,3

Extratores = enxofre (fosfato de cálcio); cobre e zinco (HCl 0,1 M); boro (água quente)

* 10 mg.L⁻¹ para leguminosas e para culturas mais exigentes em enxofre (brássicas, liliáceas, etc).

Estado de Minas Gerais

Tabela 18. Classes de interpretação de fertilidade do solo para teores de cálcio, magnésio, saturação por bases (V%) e matéria orgânica (CFSEMG, 1999).

Característica	Unidade ¹	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio ²	Bom	Muito bom
Cálcio trocável ³	cmol _c .dm ⁻³	≤ 0,4	0,41-1,2	1,21-2,4	2,4-4,0	> 4
Magnésio trocável ³	cmol _c .dm ⁻³	≤ 0,15	0,16-0,45	0,46-0,9	0,91-1,5	> 1,5
Saturação por base ⁴	%	≤ 20	20,1-40	40,1-60	60,1-80	> 80
MO ⁵	dag/kg	≤ 0,7	0,71-2	2,01-4	4,01-7,0	> 7

1 cmol_c.dm⁻³ = meq/100cm³; dag/kg = % (m/m).

2 O limite superior desta classe indica o nível crítico.

3 Método KCl 1mol/L.

4 V = 100 SB/T

5 MO: matéria orgânica: método Walkley & Black.

Tabela 19. Classes de interpretação para acidez ativa do solo (pH em água, relação 1:2,5, TFSA: H₂O (CFSEMG, 1999)

Classificação				
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito Alto
< 4,5	4,5-5,4	5,5-6,0	6,1-7,0	> 7,

Tabela 20. Classes de interpretação da disponibilidade para a fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio (CFSEMG, 1999).

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	¹ mg.dm ⁻³				
Argila (%)	Fósforo disponível (P) ²				
60-100	≤ 2,7	2,8-5,4	5,5-8,0 ³	8,1-12,0	> 12,0
35-60	≤ 4,0	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0
15-35	≤ 6,6	6,7-12,0	12,1-20,0	20,1-30,0	> 30,0
0-15	≤ 10,0	10,1-20,0	20,1-30,0	30,1-45,0	> 45,0
	P-rem ⁴ mg.L ⁻¹				
0-4	≤ 3,0	3,1-4,3	4,4-6,0 ³	6,1-9,0	> 9,0
4-10	≤ 4,0	4,1-6,0	6,1-8,3	8,4-12,5	> 12,5
10-19	≤ 6,0	6,1-8,3	8,4-11,4	11,5-17,5	> 17,5
19-30	≤ 8,0	8,1-11,4	11,5-15,8	15,9-24,0	> 24,0
30-44	≤ 11,0	11,1-15,8	15,9-21,8	21,9-33,0	> 33,0
44-60	≤ 15,0	15,1-21,8	21,9-30,0	30,1-45,0	> 45,0
	Potássio disponível (K) ²				
	≤ 15,0	16,0-40,0	41,0-70,0 ⁵	71,0-120,0	> 120,0

¹ mg.dm⁻³ = ppm (m/v)

² Método de Mehlich I.

³ Nesta classe apresentam-se os níveis críticos de acordo com o teor de argila ou com o valor do fósforo remanescente.

⁴ P-rem = Fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10.

⁵ O limite superior para essa classe indica o nível crítico.

Tabela 21. Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes (CFSEMG, 1999).

Micronutriente	Classificação				
	² mg.dm ⁻³				
	Muito Baixo	Baixo	Médio ¹	Bom	Alto
Zinco ³	≤ 0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	> 2,2
Manganês ³	≤ 2	3,0-5,0	6,0-8,0	9,0-12,0	> 12,0
Ferro ³	≤ 8	9,0-18,0	19,0-30,0	31,0-45,0	> 45,0
Cobre ³	≤ 0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	> 1,80
Boro ⁴	≤ 0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	> 0,90

1 O limite superior desta classe indica o nível crítico

2 mg.dm⁻³ = ppm (m/v)

3 Método Mehlich I

4 Método água quente

Tabela 22. Classes de interpretação da disponibilidade para o enxofre¹ de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem) (CFSEMG, 1999).

P-rem mg.L ⁻¹	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ²	Bom	Muito bom
	³ mg.dm ⁻³				
	pEnxofre disponível (S)				
0 – 4	≤ 1,7	1,8-2,5	2,6-3,6	3,7-5,4	> 5,4
4 – 10	≤ 2,4	2,5-3,6	3,7-5,0	5,1-7,5	> 7,5
10 – 19	≤ 3,3	3,4-5,0	5,1-6,9	7,0-10,3	> 10,3
19 – 30	≤ 4,6	4,7-6,9	7,0-9,4	9,5-14,2	> 14,2
30 – 44	≤ 6,4	6,5-9,4	9,5-13,0	13,1-19,6	> 19,6
44 – 60	≤ 8,9	9,0-13,0	13,1-18,0	18,1-27,0	> 27,0

1 Método Hoefft et al., 1973 (Ca (H₂PO₄)₂, 500 mg/L de P, em HOAc 2mol/L)

2 esta classe indica os níveis críticos de acordo com o valor de P-rem

3 mg.dm⁻³ = ppm (m/v)

Manejo químico do solo

Calagem

Estado de São Paulo

Método da saturação por bases (RAIJ et al., 1996)

Aplicar calcário para eleva a saturação de bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 5 mmolc/dm³. No plantio direto, recomenda-se que a

saturação por bases não ultrapasse a 60%. Oliveira et al (1996), citados por Vitti et al. (1999), mencionam que a relação Ca/Mg desejável é 4/1 com um teor de Mg ao redor de 8 mmol_c.dm⁻³.

$$NC \text{ (kg/ha)} = [(V2 - V1).T]/(10.PRNT)$$

em que V1 se refere à V% inicial; V2 à V% desejado (70%); T à CTC (Capacidade de Troca Catiônica, mmol_c/dm³) e PRNT ao Poder Reativo de Neutralização Total do calcário a ser utilizado.

Estado de Minas Gerais

Neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio (CFSEMG, 1999).

A fórmula para cálculo da necessidade de calagem (NC em t/ha) para a camada de 0 a 20 cm, e considerando calcário com PRNT de 100%, é expressa do seguinte modo:

$$NC(t/ha) = [(1 \times Y \times \text{cmol}_c \text{ Al dm}^{-3}) + (X - \text{cmol}_c \text{ Ca} + \text{Mg dm}^{-3})]$$

em que: 1 = 1,0 (feijão); Y = 1,0 (solos arenosos), 2,0 (solos com textura média), 3,0 (solos argilosos) e 4,0 (solos muito argilosos); X = 2,0 (feijão). Método da saturação por bases (CFSEMG, 1999), elevando V% para 50

Região de Cerrado

Neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio (CFSEMG, 1999).

- (i) Condição: Argila > 200g/kg e Ca + Mg < 2,0 cmol_c.dm⁻³
 NC NC (t/ha) = [2 x cmol_c Al dm⁻³ + (2 - cmol_c Ca + Mg dm⁻³)]
- (ii) Condição: Argila > 200g/kg e Ca + Mg > 2,0 cmol_c.dm⁻³
 NC NC (t/ha) = (2 x cmol_c Al dm⁻³)
- (iii) Condição: Argila < 200g/kg
 (utiliza-se a expressão com maior recomendação)
 NC NC (t/ha) = (2 x cmol_c Al dm⁻³) ou
 NC NC (t/ha) = 2 - (cmol_c Ca²⁺ + Mg²⁺ dm⁻³)

Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul

Método do tampão SMP (CFS – RS/SC, 1994)

Nesse método as necessidades de calagem são correlacionadas com o pH SMP obtido no laboratório de análise de solo com as necessidades de calagem, visando elevar o pH em água por volta de 6,0 estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23. Recomendações de calcário para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, para a cultura do feijão (CFS – RS/SC, 1994).

pH SMP	pH em água a atingir (6,0)	pH SMP	pH em água a atingir (6,0)
t/ha			
≤ 4,4	21,0	5,8	4,2
4,5	17,3	5,9	3,7
4,6	15,1	6,0	3,2
4,7	13,3	6,1	2,7
4,8	11,9	6,2	2,2
4,9	10,7	6,3	1,8
5,0	9,9	6,4	1,4
5,1	9,1	6,5	1,1
5,2	8,3	6,6	0,8
5,3	7,5	6,7	0,5
5,4	6,8	6,8	0,3
5,5	6,1	6,9	0,2
5,6	5,4	7,0	0,0
5,7	4,8		

Estado do Paraná

Método da saturação por bases (COAMO & COODETEC, 1998)

Elevar a saturação por bases a 60 e 50%, respectivamente, para solos argilosos (teor de argila superior a 35%) e para solos arenosos e de textura média (teor de argila inferior a 35%).

$$NC \text{ (kg/ha)} = [(V2 - V1).T]/PRNT$$

em que V1 se refere à V% inicial; V2 à V% desejada (50% e 60%); T à CTC (Capacidade de Troca Catiônica, $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) e PRNT ao Poder Reativo de Neutralização Total do calcário a ser utilizado;

Gessagem

Nos solos tropicais, principalmente naqueles sob vegetação de cerrado, a deficiência de cálcio, associada, ou não a toxidez de alumínio é uma constante, ocorrendo tanto na camada arável, mas também abaixo desta. Tal fato é de extrema importância, pois estas características interferem no desenvolvimento do sistema radicular, tornando mais crítica a deficiência de água, quer por interferir na absorção e transporte de nutrientes, como P, Ca, Mg, K, contribuindo ademais para a fixação de fósforo no solo (Olmos & Camargo, 1976; citado por Vitti, 1999). Recomenda-se a utilização de gesso quando as análises de solo revelarem as seguintes situações: **(i)** $\text{Ca} \leq 4,0$

mmol.c.dm^{-3} ou $0,4 \text{ cmol.c.dm}^{-3}$; ou (ii) $\text{Al} \geq 5,0 \text{ mmol.c.dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol.c.dm}^{-3}$; ou (iii) $\text{m\%} \geq 30\%$ (CFSEMG, 1999).

Uma vez constatada a necessidade de se aplicar o gesso agrícola, recomenda-se as quantidades apresentadas na tabela 25.

Por outro lado Souza et al., 1996, recomendam a seguinte fórmula geral para aplicação de gesso agrícola, baseado no teor de argila do subsolo para as condições de cerrado.

$$\text{NG (kg/ha)} = 50.\text{argila (\%)} \text{ ou } 5.\text{argila (g/kg)}$$

Souza et al. (1996), também sugerem a recomendação do gesso baseado na classificação textural do solo, conforme dados apresentados na tabela 24 para culturas anuais.

Tabela 24. Recomendação de gesso agrícola, para culturas anuais, em função da classificação textural do solo (Souza et al., 1996).

Textura do Solo	Argila(%)	Dose de Gesso Agrícola (kg/ha)
Arenosa	< 15	700
Média	16 a 35	1200
Argilosa	36 a 60	2200
Muito argilosa	> 60	3200

Tabela 25. Necessidade de gesso (NG, t/ha) para o Estado de Minas Gerais de acordo com o teor de argila de uma camada subsuperficial de 20 cm de espessura.

Argila	NG
%	t/ha
0 a 15	0,0 a 0,4
15 a 35	0,4 a 0,8
35 a 60	0,8 a 1,2
60 a 100	1,2 a 1,6

Fonte: CFSMG, 1999.

Fosfatagem

Segundo Vitti et al. (1999), a prática da fosfatagem é parcialmente recomendada em solos arenosos (teor de argila < 20%), onde ocorre menor fixação de P, e possibilidade de ocorrência de maior infestação de pragas de solo. A aplicação de P em área total, deve ser feita preferencialmente antes da gradagem de nivelamento. Assim sendo, recomenda-se a utilização de superfosfato simples, termofosfato, multifosfato, hiperfosfatos e superfosfato triplo como fonte de P_2O_5 , nas dosagens de 5 kg de P_2O_5 por ponto percentual de argila.

Adubação verde

O feijociro agradece teores relativamente elevados de matéria orgânica no solo para atingir altas produtividade. Diversos estudos tem demonstrado

que, embora seja uma leguminosa, reage muito bem a adubação verde com espécies dessa família. É recomendado o plantio de leguminosas ou adubo verde quando o terreno encontra-se em pousio ou em entressafra, com a umidade ainda suficiente para o crescimento da planta.

Estudos conduzidos pela EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, em Goiânia-GO, com diversas leguminosas mostraram que a matéria seca produzida pelas mesmas variaram de 1 (Vignas) e 27 t/ha (*Crotalaria mucronata*) num período de 8 meses.

A rotação de feijão com milho também favoreceu a redução da resistência do solo à penetração, a manutenção do teor normal de matéria orgânica do solo e possibilidade de redução da acidez e o aumento da saturação por bases em profundidade (Ambrosano et al., 2000). O processo de mineralização desta matéria orgânica começou quando a umidade do solo foi suficiente, liberando gradativamente nutrientes. Em geral, o nitrogênio e o potássio foram os nutrientes mais extraídos pelas leguminosas testadas, superando as doses de fertilizantes aplicadas na cultura. Para a maioria das leguminosas, que possui relação estreita de C/N, a taxa de decomposição é muito rápida e a disponibilidade dos nutrientes pode não coincidir com a demanda máxima do feijoeiro. Nesse caso, o nitrogênio pode ser perdido por lixiviação.

A rotação de culturas, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar o rendimento das espécies envolvidas. Silveira & Silva (1996) avaliaram os efeitos de diferentes rotações de culturas sobre o rendimento do feijoeiro comum, cultivado sob irrigação no sistema pivô central, na região de Goiânia- GO (Tabela 26). De modo geral, o feijoeiro quando cultivado após o arroz apresentou rendimentos maiores do que quando cultivado após o milho. Observou-se, também, efeito positivo do calopogônio e da soja, cultivados anteriormente, sobre a produtividade do feijoeiro.

Tabela 26. Rendimento de grãos de feijão em diferentes tratamentos de rotação/sucessão de culturas (semeaduras de 1993, 1994 e 1995).

Ano de semeadura	Rotação/Sucessão de culturas ¹				
	A-F	M-F	S-T-S-F-A-F	A/C-F	M-F-M-F-A-F
	Rendimento de grãos de feijão (kg/ha)				
1993	2.828	2.936	-	3.063	2.757
1994	2.656	2.046	2.945	2.922	2.082
1995	2.269	2.074	2.288	2.609	2.162

1 A: Arroz; C: Calopogônio; F: Feijão; M: Milho; S: Soja; T: Trigo

Fonte: Silveira & Silva, 1996.

Adubação Orgânica

Trabalhos conduzidos por Scherer & Bartz (1982) demonstraram efeitos altamente benéficos de adubação orgânica com esterco de aves nessa

cultura. Assim quando do uso de esterco ou compostos (15 a 20 t/ha esterco de curral ou até 4 a 8 t/ha de esterco de galinha ou cama de frango de corte), reduzir da adubação recomendada o conteúdo de nutrientes presente nesses materiais, considerando um fator de aproveitamento de 50% para o N e o P, e 80% para o K (Ambrosano et al., 1996).

Tem-se recomendado, para áreas pequenas, a adubação orgânica com esterco de aves, suínos e bovinos e compostos de bagacilho de cana. Para áreas maiores não existe disponibilidade de fertilizante orgânico suficiente para satisfazer a demanda.

O esterco é rico em nutrientes (Tabela 27) e pode suprir as necessidades de micronutrientes da cultura por algum tempo.

Tabela 27. Teor e quantidade média de nutrientes incorporados ao solo, com aplicação de 10 t/ha de esterco de aves.

Nutrientes	%	kg.ha ⁻¹
N	5,70	570
P	1,65	378
K	2,50	300
Ca	8,60	860
Mg	0,42	42

Fonte: EMBRAPA CNPAF, 1998.

Adubação Mineral

Nitrogênio

Embora o feijoeiro seja uma leguminosa, necessita de uma fonte de nitrogênio através da adubação mineral.

Para maior eficiência do aproveitamento do N, seja via biológica, via matéria orgânica do solo e via adubação mineral, devem ser observados os seguintes aspectos: **(i)** época do fornecimento e dose de N via adubação mineral. Como a enzima nitrogenase apresenta máxima eficiência de fixação em período anterior a da enzima nitrato redutase, fornecer cerca de 1/3 do N por ocasião do plantio e o restante no estádio V4; **(ii)** fornecimento adequado de outros nutrientes diretamente ligados ao processo de fixação, como o P, S e micronutrientes, principalmente o Mo via semente e foliar na fase de enchimento de grãos; **(iii)** correção do solo e fornecimento de Ca e Mg através da calagem; e **(iv)** aspectos sanitários.

A seguir são apresentadas recomendações oficiais para o suprimento de nitrogênio para essa cultura.

Estado de São Paulo

Tabela 28. Adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro irrigado

N – Plantio		N – Cobertura (kg.ha ⁻¹)	
Produtividade esperada (t.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	Classe de respostas a N	
		Alta	Média e baixa
1,0 – 1,5	0	40	20
1,5 – 2,5	10	50	30
2,5 – 3,5	10	70	40
3,5 – 4,5	20	90	50

Fonte: Ambrosano et al., 1996

Classes de resposta: **(i)** alta: Culturas irrigadas; solos arenosos; cultivo após gramíneas; solo compactado; e **(ii)** média e baixa: Cultivo após leguminosas; cultivo após adubo verde (neste caso, se a quantidade de massa incorporada ao solo for grande, pode-se reduzir à metade a dose de N recomendada); solos em pousio por dois ou mais anos; solos que recebem adubações orgânicas elevadas e frequentes.

Aplicar o N de cobertura 15 a 30 dias após emergência das plantas. Em solos arenosos no período das águas ou em lavouras irrigadas, doses de N iguais ou maiores que 60 kg/ha podem ser parceladas em duas vezes, aplicando-se a última até, no máximo, 40 dias após a emergência. O N pode também ser aplicado através da água de irrigação, parcelado em três vezes, no intervalo entre 15 e 45 dias após emergência (AMBROSANO et al., 1996).

Cerrado

Para a região dos cerrados a recomendação da adubação nitrogenada, leva-se em consideração o sistema de plantio, conforme apresentado na Tabela 29.

Tabela 29. Recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro irrigado e em consórcio.

Sistema de plantio	Recomendação (N em kg.ha ⁻¹)		
	No plantio	20 a 30 DAG.C ¹	30 a 40 DAG.C ¹
Consórcio	10	-	-
Cultura irrigada	20	20 a 40	20

1 DAG.C: dias após germinação em cobertura

Fonte: EMBRAPA-CNPAP, 1998

Estado do Paraná

A recomendação para o Estado do Paraná está apresentada na tabela 30.

Tabela 30. Quantidade de nitrogênio recomendada para adubação da cultura do feijão.

Época de aplicação	
Plantio	Cobertura
N em kg.ha ⁻¹	
10 a 15	30 a 60

Fonte: COAMO & COODETEC (1998)

Estado de Minas Gerais

A recomendação oficial de adubação nitrogenada para o Estado de Minas Gerais está apresentada na Tabela 31.

Tabela 31. Recomendação de adubação nitrogenada (CFSEMG, 1999)

N – Semeadura ¹		N - Cobertura	
Produtividade esperada (kg.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	Produtividade esperada (t.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)
< 1200	20	< 1200	20 ²
1200 – 1800	20	1200 - 1800	30 ²
1800 – 2500	30	1800 - 2500	40 ³
> 2500	40	> 2500	60 ³

1 Aplicado junto com o fósforo e potássio

2 A adubação nitrogenada de cobertura deve ser feita 25 a 30 DAE, com o solo úmido

3 Parcelar a adubação nitrogenada em 2 ou 3 vezes

De modo geral, a adubação nitrogenada em cobertura deve ser feita no estágio V4, aproximadamente 30 dias após a emergência, conforme dados obtidos por Araújo et al. (1994) em seis experimentos desenvolvidos em Ponte Nova e Leopoldina, MG, utilizando 20 kg/ha de N no plantio e 40 kg/ha de N em cobertura..

Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CFS – RS/SC, 1994)

A adubação nitrogenada de plantio é recomendada nas doses de 10 a 20 kg/ha de N e o restante em cobertura, dependendo do teor de matéria orgânica do solo (Tabela 32), duas a três semanas após a emergência.

Tabela 32. Recomendação de adubação nitrogenada

Teor de matéria orgânica no solo	Adubação nitrogenada
%	kg. ha ⁻¹
≤ 2,5	100
2,6 – 3,5	85
3,6 – 4,5	60
4,6 – 5,5	35
> 5,5	≤ 20

1. Em áreas de fertilidade natural elevada, tem se observado que o feijoeiro pode apresentar boa nodulação e boa produtividade. Nestas condições, levando-se em conta os resultados da análise do solo (pH, matéria orgânica, teores de Ca e Mg, etc) e as condições climáticas ocorridas, pode se efetuar um ajustamento, reduzindo as doses de a aplicar.

2. Inoculante específico e condições favoráveis de clima (temperatura e precipitação), suprimir a adubação nitrogenada no plantio, aplicando o total recomendado em cobertura.

Fonte: CFS – RS/SC, 1994

Fósforo

Apesar de ser o macronutriente menos extraído pelo feijão é, normalmente, o nutriente que mais afeta a produção, sejam pelas funções na planta, bem como pela pobreza e dinâmica desse elemento no solo.

A seguir são apresentadas recomendações oficiais, levando em consideração a produtividade e teor desse elemento no solo

Estado de São Paulo.

Tabela 33. Recomendação de adubação fosfatada.

Produtividade esperada	P resina (mg. dm ⁻³)			
	0 – 6	7 - 15	16 - 40	> 40
t. ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg. ha ⁻¹)			
1,0 – 1,5	60	40	20	0
1,5 – 2,5	70	50	30	10
2,5 – 3,5	90	60	40	20
3,5 – 4,5	(1)	80	40	20

Fonte: Raij et al., 1996.

(1) É pouco provável a obtenção de alta produtividade em solos deficientes em P.

Região do Cerrado

Tabela 34. Recomendação de fósforo para o feijoeiro irrigado, de acordo com o teor de fósforo do solo e teor de argila.

Teor de Argila	Teor de P (mg.dm^{-3}) ¹			
	0 - 3	3 - 7	7 - 10	> 10
%	P_2O_5 (kg.ha^{-1})			
61 - 80	110 a 120	90 a 110	70 a 90	60 a 70
41 - 60	100 a 110	70 a 90	60 a 70	50 a 60
21 - 40	80 a 100	60 a 70	50 a 60	45 a 50
< 20	60 a 80	50 a 60	40 a 50	30 a 45

Fonte: EMBRAPA-CNPAF, 1998.

1 Recomendações baseadas no extrator de H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,5 N

Geralmente quando se cultiva feijão após o milho, recomenda-se reduzir a dose de adubação fosfatada, conforme dados da Tabela 35.

Tabela 35. Recomendação de fósforo para o feijoeiro cultivado em consórcio.

Teor de P no solo P_2O_5 (mg.dm^{-3})	P_2O_5 (kg.ha^{-1})
< 3	40 a 50
3 a 7	30 a 40
7 a 10	20 a 30
> 10	20

Fonte: EMBRAPA-CNPAF, 1998.

Estado do ParanáTabela 36. Quantidade de fósforo (P_2O_5) recomendado para adubação da cultura do feijão

Níveis ou Classes (mg.dm^{-3})			
Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
< 2,0	2,1 - 5,0	5,1 - 13,0	> 13,0
P_2O_5 (kg.ha^{-1})			
130	120	20	20

Fonte: COAMO - COODETEC, 1998.

Estado de Minas Gerais

Tabela 37. Recomendação de adubação fosfatada (CFSEMG, 1999)

Produtividade esperada kg.ha ⁻¹	Disponibilidade de P (mg.dm ⁻³)		
	Baixa	Média	Alta
	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)		
< 1200	70	50	30
1200 – 1800	80	60	40
1800 – 2500	90	70	50
> 2500	100	90	70

Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Tabela 38. Recomendação de adubação fosfatada.

Teor de P no solo	Classe de solo								
	1			2			3		
	Cultivo								
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
	kg P ₂ O ₅ . ha ⁻¹								
Limitante	140	75	50	130	60	40	120	50	40
M.baixo	105	60	40	95	40	30	85	30	R
Baixo	75	50	30	65	30	R	55	R	R
Médio	50	R	R	40	R	R	30	R	R
Suficiente	30	R	R	20	R	R	20	R	R
Alto	≤20	≤R	R	≤20	≤R	R	≤10	≤R	R

Teor de P no solo	Classe de solo					
	4			5		
	Cultivo					
	1º	2º	3º	1º	2º	3º
	kg P ₂ O ₅ . ha ⁻¹					
Limitante	120	50	40	130	60	40
M.baixo	85	30	R	95	40	30
Baixo	55	R	R	65	30	R
Médio	30	R	R	40	R	R
Suficiente	20	R	R	20	R	R
Alto	≤10	≤R	R	≤20	≤R	R

Valor R (reposição): 20 kg P₂O₅.ha⁻¹

Fonte: CFS – RS/SC (1994)

Potássio

Apesar de baixas respostas a esse elemento em vários experimentos, a utilização intensa do solo e o conseqüente esgotamento, a adubação potássica é importante, principalmente em cultivos irrigados com altas produtividades

Estado de São Paulo

Tabela 39. Recomendação de adubação potássica para o feijão irrigado

Produtividade esperada t.ha ⁻¹	K trocável (mmol _c .dm ⁻³)			
	0 – 0,7	0,8 – 1,5	1,6 – 3,0	> 3,0
	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)			
1,0 – 1,5	40	20	0	0
1,5 – 2,5	50	30	20	0
2,5 – 3,5	80	50	30	20
3,5 – 4,5	100	60	40	20

Fonte: Raij et al., 1996.

CerradoTabela 40. Recomendação de adubação potássica (K₂O em kg.ha⁻¹) para o feijão irrigado e para feijão consorciado com milho.

K ₂ O no solo Mehlich (mg.dm ⁻³)	K ₂ O em kg.ha ⁻¹	
	Cultura consorciada	Cultura irrigada
0 a 25	40	60
25 a 50	30	50
50 a 75	20	40
> 75	10	30

Fonte: EMBRAPA-CNPAP, 1998.

Estado do ParanáTabela 41. Quantidade de potássio (K₂O) recomendado para a adubação do feijão irrigado

Níveis ou Classes (cmol _c .dm ⁻³)			
Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
< 0,10	0,11 – 0,30	0,31 – 0,60	> 0,60
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)			
45	30	15	0

Fonte: COAMO – COODETEC, 1998.

Estado de Minas Gerais

Tabela 42. Recomendação de adubação potássica (CFSEMG, 1999)

Produtividade esperada kg.ha ⁻¹	Disponibilidade de K (mg.dm ⁻³)		
	Baixa	Média	Alta
	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)		
< 1200	30	20	20
1200 – 1800	30	20	20
1800 – 2500	40	30	20
> 2500	50	40	20

Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Tabela 43. Recomendação de adubação potássica.

Teor de K no solo	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
	Adubação potássica (kg K ₂ O.ha ⁻¹)		
Limitante	120	70	50
Muito baixo	90	60	R
Baixo	70	50	R
Médio	60	R	R
Suficiente	50	R	R
Alto	≤ 40	≤ R	R

Valor R (reposição): 40 kg K₂O.ha⁻¹

Fonte: CFS – RS/SC, 1994.

Micronutrientes

Com relação as respostas do feijoeiro ao uso de micronutrientes, tem-se observado na prática das análises químicas de solo e da planta, que as deficiências mais importantes são as de B e Zn, em menor frequência de Cu, e Mn. As duas últimas tendem a aumentar com o uso de calagem, principalmente no sistema de plantio direto.

Guazzelli et al. 1973, citam que respostas positivas à aplicação de mistura de micronutrientes na forma de “fritas” têm sido observadas em latossolo sob cerrado do Brasil Central, nas culturas de soja e feijão, Ambrosano et al. reafirma tal citação em 1996.

Segundo Lopes, (1984), citado por Ambrosano et al.,1996, cita que dentre os micronutrientes, o zinco é aquele cuja deficiência é quase generalizada nos solos sob cerrados no Brasil Central, sendo a maioria desses solos formados por latossolo e podzólico altamente intemperizados, ácidos e com baixa capacidade de troca de cátions.

Em trabalhos mais recentes tem-se constatado um efeito pronunciado do molibdênio na produtividade do feijoeiro, sendo que Berger et al. (1993a) observaram aumentos de produtividade da ordem de 54% para a dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo em uma localidade e de 164% para a dose de 79 g.ha⁻¹ de Mo em outra.

Amane et al. (1994), concluíram que o Mo pode até mesmo substituir a adubação em cobertura de N, em solos da zona da mata em Minas Gerais, conforme dados da Tabela 44.

Tabela 44. Resultados dos experimentos realizados em Viçosa (feijão das águas) e Coimbra (feijão de inverno).

Tratamentos	Locais			
	Viçosa		Coimbra	
	Produção	N foliar	Produção	N foliar
1	624 (100%)	3,95 B (100%)	1896 B (100%)	3,41 (100%)
2	1184 (190%)	4,53 A (126%)	2668 A (141%)	4,64 (136%)
3	1020 (163%)	4,25 A (125%)	2495 A (132%)	4,40 (129%)

1 testemunha (Sem N e Mo)

2 20 kg/ha de N no plantio + 20 g/ha de Mo (aplicação foliar aos 25 dias)

3 20 kg/ha de N no plantio + 30 kg/ha de N aos 25 dias.

Ambrosano et al. (1996), concluíram que a produtividade do feijoeiro irrigado pode ser incrementada pela adição da mistura de micronutrientes FTE-BR-12 na dosagem de 30 Kg. ha⁻¹, sendo esse incremento mais acentuado nos solos com menor fertilidade, como o de Pindorama (Tabela 45). A aplicação da mistura de micronutrientes, incluindo o molibdênio, pode contribuir efetivamente para o aumento nos teores de nitrogênio das folhas de feijoeiro irrigado cultivados em solo com baixa fertilidade natural como o de Pindorama.

Tabela 45. Análise foliar de macro e micronutrientes em feijociro (IAC-Carioca), em Pindorama (média de 2 anos).

Tratamentos	Macronutrientes					Micronutrientes	
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	B
	g. kg ⁻¹					mg. kg ⁻¹	
Borogran ¹	28,8bc	4,3	25,6ab	14,2	13,6	55,8bc	74,0 ^a
Zincogran	30,4b	3,5	26,1ab	14,4	3,3	78,0a	41,0d
FTE 12 30	36,1 ^a	3,9	28,2 ^a	14,1	3,4	66,2ab	48,4cd
FTE 12 60	36,9 ^a	4,2	26,8ab	13,8	3,5	64,8b	60,6b
NPKp ²	28,4bcd	3,8	27,6 ^a	13,5	3,4	50,4c	40,8d
NPKpm ³	35,2 ^a	4,0	27,6 ^a	13,4	3,4	58,6bc	38,8d
Taa	26,1cd	3,9	23,9b	15,0	3,5	49,0cd	39,2d
Tsa	25,1d	4,0	20,7c	13,8	3,6	37,2d	58,2bc
CV (%)	8,11	13,30	8,35	10,79	10,84	16,89	16,36

Médias seguidas de letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

1 Borogran = 20Kg ha⁻¹ de Borogran (8% B)

2 NPK p: pulverizado

3 NPK pm: pulverizado + micronutrientes (B, Mo, Zn)

Zincogran = 20Kg ha⁻¹ de Zincogran (20% Zn).

FTE 12 30: 30 Kg ha⁻¹ de FTE-BR-12.

FTE 12 60: 60 Kg ha⁻¹ de FTE-BR-12.

Taa: Testemunha com adubação básica, sem micronutrientes.

Tsa: Testemunha sem adubação básica, sem micronutrientes.

A seguir são apresentadas as recomendações oficiais para a utilização de micronutrientes em feijão: **(a)** via solo: para as condições de cerrados, a EMBRAPA/CNPAP (1996) fornece as seguintes recomendações, as quais deverão ser aplicadas juntamente com os macronutrientes no plantio de feijão; **(b)** via foliar: a correção (ou prevenção) de micronutrientes por via foliar, modificado de Malavolta & Lima Filho (1997) pode ser feita de acordo com o apresentado na Tabela 46. Ambrosano et al. (1996) sugere a aplicação de 3kg/ha de Zn quando seu teor no solo (DTPA) for menor que 0,6 mg/dm³ e 1,0 kg/ha de B, quando o seu teor (água quente) for inferior a 0,21 mg/dm³. Em diversos experimentos, citados em Vitti et al. (1999), com aplicação de Mo foliar, conclui-se que a dose de 70 g/ha aplicado entre 14 e 28 dias após a emergência tem revelado maiores rendimentos econômicos; e **(c)** via semente: no tratamento de sementes, podem ser usados produtos comerciais que contenham Mo e Co, nas dosagens de 15g/ha de Mo e 0,25g/ha de Co.

Tabela 46. Recomendação de adubação com micronutrientes para cerrados (EMBRAPA - CNPAF, 1996)

Boro			Cobre		
Muito baixo	baixo	crítico	muito baixo	baixo	crítico
mg/dm^3					
< 0,5	0,5 – 1,0	1,0	< 0,3	0,3 – 0,6	0,6
kg/ha					
1,00	0,50	0,25	3,00	1,50	0,75
Manganês			Zinco		
Muito baixo	baixo	crítico	muito baixo	baixo	crítico
mg/dm^3					
< 2,5	2,5 – 5,0	5,0	< 2,0	2,0 – 4,0	4,0
kg/ha					
2,00	1,00	0,50	4,00	2,00	1,00

Fonte: EMBRAPA/CNPAF (1996).

Tabela 47. Recomendação de adubação para o estado de São Paulo (Ambrosano et al., 1996)

Elemento	Solo	kg/ha
Zn (DTPA)	< 0,6 mg/dm^3	3
B (água quente)	< 0,21 mg/dm^3	1

Tabela 48. Doses¹ de micronutrientes para aplicação foliar.

Elemento	kg/ha	Observação
Cobre (Cu)	1	dividido em 2-4 aplicações
Manganês (Mn)	2	dividido em 2-4 aplicações
Molibdênio (Mo)	0,07	dividida em 2 aplicações
Zinco (Zn)	1	dividida em 2 aplicações

1 Em função de desenvolvimento, sintomas, análise folhas e quando as fontes de Cu, Mn e Zn forem quelados, usar 2/3 da dose do elemento.

Conclusões

Analisando os fatores de produtividade, verifica-se que o feijoeiro dispõe de material genético, bem como de condições climáticas, luz, temperatura, água (irrigação), assim o fator limitante passa a ser a parte nutricional, dependendo de manejo adequado do solo.

As práticas a serem adotadas visando altas produtividades podem ser assim enumeradas: (i) amostragem de solo e de folha, além do histórico da área; (ii) práticas corretivas como calagem, gessagem e fosfatagem; (iii) rotação de culturas; (iv) adubação mineral no sulco de plantio (N, P_2O_5 , K_2O

e S); (v) adubação nitrogenada em cobertura; (vi) aplicação foliar de Mo e provavelmente utilização de micronutrientes metálicos (Cu, Mn e Zn); (vi) aplicação via semente de Mo e Co; c (vii) plantio direto.

Referências bibliográficas

- AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; ARAÚJO, G.A. de A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molibídica. **Revista Ceres**, v.41, n.234, p.202-216, 1994.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H. A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CATARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. (ed.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.187-203.
- BERGER, P. G. VIEIRA, C.; ARAUJO, G.A. de A. Adubação molibídica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de doses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., Londrina, 1993.
- CFSEMG. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5a. aproximação. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.C. (Ed), Viçosa, MG, 1999. 359p.
- CFS-RS/SC – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. Ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, R. **Guia de fertilidade do solo**. – versão multimídia. Lavras: UFLA/ANDA/POTAFOS, 1999.
- MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Nutrição e Adubação do feijoeiro. In **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO, D. (Ed.) Piracicaba. ESALQ-USP. 1997 p.22-51.
- MAIA, R.H.; ARRAES P.P.A. VI RENAFE, Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, Anais, v.1, Goiânia, GO, 1999.
- OLIVEIRA, E. F. de. ; COSTA, J. M. Treinamento de fertilidade e nutrição de plantas. Campo Mourão-Curitiba, COODETEC/COAMO, 1998, 59p.
- ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Soja o doutor do seu feijoeiro. Arquivo do Agrônomo n.7. **Encarte de Informações Agrônomicas**, n.68. POTAFOS. 1994. 1-16p.
- SCHERER, E.E.; BARTZ, H.R. Adubação do feijoeiro com esterco de aves, nitrogênio, fósforo e potássio. 2ª ed. Florianópolis, EMPASC, 1982. 15p. (**Boletim Técnico**, 10).
- SILVEIRA, P.M. da; Cobucci, T.; RIOS, G.P.; STONE, L.F; SILVA, O.F. da. **Sistemas agrícolas irrigados no cerrado**, Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 63p.

- SILVEIRA, P.M. da.; SILVA, J.G. da. Efeito do preparo do solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia/GO. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CPAF, 1996. V.1, p.462-464. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 69).
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; MIRANDA, L.N. de. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para as culturas anuais nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado técnico, 51).
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica 32).
- THUNG, D.T.M.; OLIVEIRA, P.I. Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle, EMBRAPA-CNPAF, Santo Antônio de Goiás, GO, p.105-134, 1998.
- VITTI, G.C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja, n.90, Encarte de Informações Agronômicas, POTAFOS. 1999. 1-16p.
- VITTI, G.C. O enxofre no solo . In: BULL, L.T.; ROSOLEM, C.A. (ed). **Interpretação de análise química do solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. P.129-175.
- VITTI, G. C.; MALAVOLTA, E.; REZENDE, L. O. de; TREVISAN, W. Manejo da fertilidade do solo na cultura do feijão irrigado. In: Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO, D. (Ed.). Piracicaba: Publique, 1999. p.108-125.

ECOFISIOLOGIA: IMPLICAÇÕES PRÁTICAS DE MANEJO

ANTÔNIO LUIZ FANCELLI

Engenheiro Agrônomo. MSc. Dr., Professor do Departamento de Produção Vegetal.
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo.
Cx.Postal. 9 - Piracicaba, SP - 13418-900
alfancel@carpa.ciagri.usp.br

DURVAL DOURADO-NETO

Engenheiro Agrônomo. MSc. Dr., Professor do Departamento de Produção Vegetal.
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo.
Cx.Postal. 9 - Piracicaba, SP - 13418-900
dourado@carpa.ciagri.usp.br

Introdução

A tecnologia de produção de feijão, no Brasil, vem evoluindo acentuadamente, principalmente no que concerne aos aspectos relativos ao manejo do sistema como um todo. Assim, a observação detalhada dos fenômenos intrínsecos ao processo produtivo, bem como sua efetiva compreensão exige, cada vez mais, intervenções fundamentadas no holismo.

Portanto, a sólida formação científica, a contínua atualização, o intercâmbio de experiência, a acuidade de observação, bem como a elevada capacidade de integração de informações e conhecimento, com certeza, serão os diferenciais para o desencadeamento de uma agricultura racional, rentável, produtiva, e sustentável.

Exigências climáticas básicas

O clima constitui-se em fator preponderante no desenvolvimento das plantas, visto que determina condições para a manutenção da dinâmica da vida. No caso do feijoeiro os fatores que mais interferem na duração das etapas de desenvolvimento são a temperatura e a água. A temperatura média ideal para a cultura do feijão corresponde a 21 °C, sendo consideradas regiões aptas para o seu cultivo aquelas que apresentem valores médios de temperaturas entre 15 e 29 °C.

Na Tabela 1 pode-se observar a influência da temperatura no prolongamento do período para o florescimento, por parte do feijoeiro cultivado em diferentes localidades.

Tabela 1. Média do Intervalo de dias entre a germinação (V_0) e o início da floração (R_5) de 20 variedades de feijão cultivadas em diferentes condições de temperatura (Fernández et al., 1985).

Local	Temperatura média anual	Dias para o florescimento
Palmira - CIAT	24 ° C	49
Popayán - CIAT	19 ° C	55
La selva - ICA	17 ° C	66
Obonuco - ICA	13 ° C	99

Temperaturas inferiores a 12°C reduzem de forma significativa a taxa e a velocidade de germinação das sementes, bem como contribuem para o aumento do número de plântulas anormais. Por outro lado, valores de temperatura próximos a 25°C, favorecem consideravelmente o processo de germinação e emergência.

Ainda, plantas de feijão expostas a temperaturas noturnas entre 5 e 10°C, manifestam, no dia seguinte, severa redução na taxa fotossintética e alteração no ponto de compensação, acompanhado de menor potencial hídrico, menor fixação de CO_2 e menor taxa transpiratória (Crookston et al., 1974).

Feijoeiros submetidos à temperaturas noturnas inferiores a 15°C, reduzem seu porte e a angulação dos ramos axilares (laterais), assumindo aspecto arbustivo. Todavia em função da redução da área foliar da planta, nessas condições, recomenda-se o aumento da população, acompanhado da melhoria da distribuição espacial dos indivíduos na área.

Ainda, na fase vegetativa, temperaturas elevadas (superior a 32°C) provocará a elevação da taxa de fotorrespiração, decréscimo da expansão foliar e redução do acúmulo de clorofila nas folhas, culminando na alteração de partição de fotoassimilados. Contudo, apesar da variabilidade de comportamento determinado pelo genótipo e evidenciado em condições de campo, a tolerância demonstrada por determinadas variedades comerciais de feijão a temperaturas elevadas, não pode ser considerada significativa e estável; principalmente se os valores de temperatura considerados elevados (superior a 32°C) ocorrerem por ocasião da formação do saco embrionário, que corresponde, aproximadamente, entre 8 e 5 dias antes do aparecimento dos botões florais (Monterroso, 1990).

No florescimento, a predominância de temperaturas baixas pode afetar o processo de fecundação das flores. A germinação do pólen do feijoeiro é reduzida por temperaturas inferiores a 10 °C, ao passo que temperaturas abaixo de 16,8°C concorrem para a redução do crescimento do tubo polínico interferindo no processo de fertilização (Farlow et al., 1979). Temperaturas baixas (inferior a 12°C) também resultam na redução do número de vagens por planta e de sementes por vagens (Farlow et al., 1981).

Durante o dia, de acordo com Stobbe et al. (1966), temperaturas superiores a 35°C, durante o estágio correspondente ao início de formação de vagens, contribuirá para a máxima taxa de abortamento de vagens jovens. Da mesma forma, Kay (1979) afirma que temperaturas superiores a 30°C, durante o dia, e 25°C no período noturno, favorecem consideravelmente para o incremento do fato mencionado.

Temperaturas elevadas (superior a 30°C), além de resultar no aumento da taxa respiratória, provoca sensível redução no número de grãos por vagem (Dickson & Boettger, 1984), bem como podem promover o incremento da concentração de etileno na planta, composto esse relacionado ao processo de abscisão ou queda de folhas, flores e vagens (Abeles & Gahagan, 1968).

Com relação à água, o feijoeiro é considerado como sendo uma espécie pouco tolerante a deficiências hídricas, o que pode afetar a duração de algumas etapas de seu desenvolvimento, culminado, frequentemente na redução do ciclo biológico da planta e na queda sensível de rendimento.

O feijoeiro exige um mínimo de 400 mm de precipitação para que produza à contento, sem a necessidade de utilização da prática de irrigação. Assim, as regiões cujas precipitações oscilem entre 250 a 500 mm anuais são consideradas aptas para a implantação da mencionada espécie, embora tal limitação encontre-se mais diretamente condicionada à distribuição, do que à quantidade total de chuvas ocorrida no período.

Deficiências hídricas no início da fase de desenvolvimento vegetativo (entre o 4º e o 6º trifólio) poderão restringir significativamente o porte e o índice de área foliar do feijoeiro; porém os efeitos relacionados à disponibilidade de água (e nutrientes) estão diretamente relacionados à população de plantas utilizadas.

O genótipo, a temperatura, fotoperíodo e, sobretudo, restrições hídricas constituem-se nos principais elementos determinantes da formação e do momento do aparecimento dos botões florais, sendo que para diversos autores (Dubetz & Mahalle, 1969; Magalhães et al., 1979 e Hostalácio & Válio, 1984), a referida fase pode ser considerada como uma das mais críticas à falta de água.

Inúmeros trabalhos de pesquisa relatam que o estresse hídrico ocorrido entre R₅ (botões florais) e R₆ (florescimento), além de retrain bruscamente a emissão de novas folhas por parte de plantas de hábito de crescimento indeterminado, provocam perdas de produção entre 15 a 55 %.

O consumo de água por parte do feijoeiro, raramente excede 3,0 mm/dia, enquanto a planta estiver nos estádios iniciais de desenvolvimento (V₁, V₂ e V₃). Contudo, durante o pleno crescimento (V₄), florescimento (R₅/R₆) e enchimento de vagens (R₇ e R₈), seu consumo pode se elevar para 4,0 a 5,0 mm diários.

Com relação ao excesso de água, Silva (1982) verificou que todos os componentes da produção foram afetados pela inundação do sistema radicular. Na etapa de florescimento, o encharcamento por 2, 4 e 6 dias ocasionaram, respectivamente, reduções de produção correspondentes a 48%, 57% e 68%. Ainda, constatou-se que as fases de início de florescimento e início de formação de vagens apresentam maior sensibilidade às condições de excesso de umidade no solo.

A etapa de formação de vagens é também extremamente influenciada pelas condições climáticas reinantes, além de ser também considerada como uma das mais importantes quanto à falta de água. Deficiências hídricas nesse estágio proporcionam a diminuição da produção, pela acentuada queda de folhas, pela redução da fotossíntese e pela diminuição da taxa de transporte de fotoassimilados, que culminará na queda de vagens jovens (abortamento) e na retração do tamanho das vagens em franca fase de crescimento. Garrido et al. (1979) observaram perdas variáveis entre 40 e 60% quando a limitação hídrica ocorreu no período efetivo de formação de vagens (R_7).

No estágio R_8 (enchimento de vagens) o tamanho da vagem já se encontra definido e a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis, principalmente falta de água, nitrogênio (N) e fósforo (P), poderão concorrer para a redução da produção, em número e densidade de grãos.

Componentes da produção

A produtividade de qualquer cultura é dependente de três fatores básicos, quais sejam : a) Genótipo; b) Clima e c) Manejo. No aspecto genético encerra-se o potencial de produção inerente ao material vegetal considerado ou à variedade selecionada. Todavia, esse potencial de produção, para ser manifestado, depende de inúmeras condições determinadas pelo clima, tais como: temperatura adequada, disponibilidade de água, qualidade e intensidades de luz, além de outros. Da mesma forma, cumpre ressaltar que essas condições deverão apresentar valores específicos para cada etapa da vida da planta e para cada espécie considerada. Assim, cabe ao fitotecnista o estabelecimento de estratégias de manejo objetivando a adequação e a satisfação dessas exigências, as quais estão relacionadas à escolha da região, da época de semeadura, da população de plantas, da adubação a ser empregada, além de outras.

Os componentes da produção dependentes de manejo (componentes plásticos ou variáveis) são: a) número de nós/área; b) área foliar; c) duração da área foliar e d) vagens/planta, dentre os quais destaca-se como sendo um dos mais importantes para a garantia de rendimentos satisfatórios aquele relativo à duração de área foliar. Assim, quando o feijoeiro atinge o ponto de maturidade fisiológica ainda bastante enfolhado, a produção é, frequentemente, satisfatória. Por esta razão, deve-se procurar manter as

folhas do feijoeiro sadias (livres de patógenos e pragas) desde o início da cultura mas, sobretudo, após o florescimento.

Por essa razão, a aplicação de fungicidas tardiamente na lavoura de feijão (vagens com 2/3 de enchimento) tem contribuído para o aumento da produção em até 15%, devido à manutenção de folhas fotossinteticamente ativas até o R₉. Ainda, se o fungicida aplicado na fase mencionada pertencer ao grupo dos triazóis, pode-se esperar o prolongamento do ciclo da planta por período variável entre 4 e 7 dias (Fancelli, 1997).

A estratégia a ser utilizada para os componentes da produção relacionados ao manejo é de otimização, ou seja, não se objetiva alcançar valores máximos para cada componente (por exemplo, o maior tamanho de planta possível); mas sim, o valor ótimo para o componente considerado (por exemplo, o porte adequado de plantas), que por sua vez depende da população utilizada, do programa de adubação adotado, da disponibilidade de água e luz, dentre outros.

Com relação aos componentes de produção de natureza genética (componentes pouco variáveis), a estratégia se refere à maximização desses componentes, objetivando sempre atingir o máximo valor inerente à variedade (genótipo) utilizada.

Potencial da cultura *versus* estresse

De acordo com evidências científicas, a espécie *Phaseolus vulgaris* L., denominado de feijoeiro comum, em condições ideais, pode alcançar a produtividade de grãos relativa a 5-6 toneladas por hectare. No entanto, o mencionado rendimento dificilmente poderá ser obtido em lavouras comerciais visto que inúmeros fatores poderão exercer sua influência no desempenho da planta.

A interferência desses fatores de natureza diversa, é genericamente denominado de estresse, que pode ser provocado por agentes abióticos (elementos minerais, poluentes e elementos de clima) e por agentes bióticos (insetos-praga, patógenos e outros organismos vivos), que implicam em diferentes graus de interferência na vida da planta, em função da natureza, duração e intensidade do estresse, do genótipo e do estágio fenológico considerado, bem como das condições reinantes no período de recuperação.

Estresse é definido como sendo o *conjunto de reações de um organismo a agressões de ordem física, fisiológica ou outra, capaz de interferir em seu estado de equilíbrio* (homeostase), sendo denominado, **estressor** o agente ou elemento responsável pela ação de estresse.

Assim, na prática, apesar da tecnologia disponível e dos conhecimentos acumulados, até o presente, o rendimento almejado raramente deverá exceder a faixa de 60 a 70 sacos por hectare (3600 a 4200 kg/ha). Salienta-se, contudo que, rendimentos superiores ao mencionado, em algumas situações, poderão ser obtidos, porém à custa de elevado custo energético,

que fatalmente acarretará na redução drástica da lucratividade da cultura, além de contribuir na fragilização efetiva do sistema.

Portanto, o desafio no manejo racional da cultura se resume na habilidade e capacidade do fitotecnista conciliar a manifestação do potencial produtivo da espécie e a implementação de estratégias que assegurem a supressão ou a minimização das ações de estresse, com o menor disdêndio de energia possível e exigido para tal fim.

Ainda, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por ser uma espécie de metabolismo C₃, apresenta algumas deficiências quanto aos processos de respiração, fotossíntese, transpiração e partição de fotoassimilados, sobretudo quando submetido a condições desfavoráveis, quando comparado às plantas C₄.

Portanto, qualquer condição ou ação que promova a elevação desnecessária da taxa respiratória, poderá reduzir significativamente o potencial de produção do feijoeiro, bem como torná-lo mais suscetível à incidência de doenças e pragas.

Estresse e manejo

Em função da importância da água para a vida vegetal, a garantia do suprimento adequado desse recurso no sistema, o desenvolvimento satisfatório de raízes e a garantia do correto funcionamento dos estômatos, assumem importância vital para o desempenho ótimo da planta.

Porém, apesar dos esforços despendidos no desenvolvimento de inúmeras técnicas relacionadas à economia de água pelas plantas, ainda o desenvolvimento efetivo do sistema radicular, em densidade e profundidade, pode ser considerado como o principal elemento determinante de maior tolerância a condições de baixa disponibilidade hídrica.

Portanto, a preocupação com as raízes das plantas, assume fundamental importância objetivando o desempenho satisfatório das culturas, principalmente do feijoeiro; e se constitui, no momento, em um dos mais relevantes fatores determinantes de sucesso para o desenvolvimento da atividade agrícola racional em condições tropicais e sub-tropicais.

Inúmeros são os fatores que interferem na restrição de crescimento do sistema radicular, dentre os quais podem ser citados: a) calagem excessiva; b) calagem incorporada superficialmente; c) quantidades elevadas de cloreto de potássio (>60 kg/ha de K₂O) na semeadura; d) baixa disponibilidade de sulfato de cálcio (Ca e S) em programas de adubação; e) compactação (baixa aeração); f) Má distribuição do cálcio ao longo do perfil do solo; g) estreita relação Ca/Mg, no solo; h) elevada concentração de alumínio tóxico, além de outras. Quanto a essas interferências, salienta-se que em trabalho desenvolvido por Fancelli et al. (no prelo) determinou-se que o emprego de quantidades superiores a 30 kg/ha de cloreto de potássio mal posicionados no sulco de semeadura, afetou significativamente a arquitetura radicular do feijoeiro.

Em contrapartida, alguns fatores poderão favorecer o crescimento rápido do sistema radicular dentre os quais merece especial destaque a utilização de 15 a 20 kg/ha de nitrogênio por ocasião da semeadura. O efeito desse elemento no crescimento de raiz está relacionado a duas razões básicas: a) a redução da atividade da reductase do nitrato resulta na necessidade de degradação de proteínas para a disponibilização de nitrogênio reduzido para a síntese de enzimas e proteínas estruturais e b) a redução da atividade da reductase do nitrato resulta na menor disponibilidade de nitrogênio metabólico afetando a síntese de citocinina (estimulante de crescimento radicular) pela planta

Ainda, trabalho recente desenvolvido por Fancelli et al (2001), verificou-se que a utilização de inoculante com estirpes eficientes, acrescido da adição de cobalto e molibdênio, substituiu até 60 kg/ha de nitrogênio, em lavoura de feijão sob pivô central.

A nodulação (número e massa de nódulos) e a fixação biológica de nitrogênio, reveste-se de fundamental importância para a manifestação do potencial de produção da cultura de feijão, pois o suprimento de nitrogênio exigido pela planta a partir do R7/R8 não pode ser compensado (dentro de certos limites) pelo fornecimento de N mineral (Fancelli et al., 2001).

Entretanto, a recomendação anteriormente discutida não dispensa, em hipótese alguma, o uso de inoculantes específicos e de Cobalto (Co) e Molibdênio (Mo), nas sementes. Todavia, trabalhos recentes tem evidenciado que a utilização de molibdênio na forma de sais (molibdato de sódio ou molibdato de amônio), pode afetar a viabilidade do inoculante.

Plantas com sistema radicular menos desenvolvido apresentam maior resistência estomática à difusão de gases (CO_2 e O_2).

Outros mecanismos que contribuem para a tolerância à seca incluem a capacidade de orientação das folhas, ajustes osmóticos e características que podem auxiliar na redução da perda de água por parte da planta tais como reduzida área foliar, elevada taxa de compensação e baixa densidade de estômatos.

O equilíbrio hídrico da planta favorece a absorção de água pelas células-guarda dos estômatos, conferindo às mesmas a turgescência necessária para o aumento do potencial de pressão e de sua dimensão longitudinal, resultando na orientação radial das microfibrilas de celulose presentes nas paredes dessas células. Essas modificações acarretam a abertura do poro estomático, denominado de ostíolo.

A permeabilidade à água das células-guarda é determinada pela aumento da concentração iônica dessas células (principalmente K^+), o que provoca sensível redução no potencial osmótico (-40 a -50 bares), com conseqüente diminuição do potencial de água do sistema. Essa condição resulta no movimento de água das células adjacentes para as células-guarda, aumentando o seu potencial de pressão. Assim, valores próximos a +50

bares promovem a dilatação das células-guarda, promovendo a abertura dos estômatos. (Awad & Castro, 1983).

Ainda, segundo Meidner & Mansfield (1968), a abertura estomática também depende de processos fotoquímicos, sendo função da densidade de fluxo quântico, além da diferença de tensão de vapor de água da folha e do ar, da concentração de anidrido carbônico, da velocidade do vento e do estado hídrico da folha.

Desta feita, o pleno funcionamento dos estômatos e a redução das perdas de água por parte da planta, exigem teores adequados de potássio, uso de quebra-ventos e fornecimento de sílica, via adubação de semeadura.

A ocorrência de estresse hídrico, independentemente do estágio fenológico da planta, afeta significativamente o rendimento, principalmente pela ampliação do período de tempo em que a planta permanece com os estômatos fechados.

O baixo conteúdo de água no solo, também pode provocar a antecipação da morte de raízes, pela dessecação da camada de solo envolvente do sistema radicular e pelo acúmulo de magnésio e boro, que em concentrações elevadas podem se tornar danosos à vida vegetal, além de ocasionar a murcha temporária ou permanente das plantas (Schwartz & Gálvez, 1980).

O estresse de água acontece quando a perda de água pela planta excede a sua capacidade de absorção. Contudo, a maioria das plantas está sujeita a períodos de deficiência hídrica ao longo do dia, acompanhada de eventual recuperação à noite. Assim, segundo Sutcliffe (1980), a presença de reservas de água dentro dos vacúolos das células ou no xilema possibilita à planta suportar níveis severos de falta de água, dentro de certos limites.

A garantia da manutenção de água nas células, em situações críticas de estresse, somente é conseguido às custas do aumento da razão de hidrólise de amido a açúcar e de proteínas a aminoácidos, por parte da planta; pois tal mecanismo (defesa fisiológica) tende a reduzir o potencial da água das células e, conseqüentemente, ampliar sua capacidade de retenção de água nos tecidos. Todavia, na prática, esse processo aumenta a suscetibilidade da planta a agentes de destruição, pois pode favorecer, sobremaneira, a maior incidência de doenças (principalmente fungos) e de pragas (principalmente insetos sugadores), devido à acentuada disponibilidade de aminoácidos e açúcares livres presentes na folha. Tal fato pode ser comumente constatado imediatamente após o término do período de estresse. Sendo assim, logo após esse período, a planta necessita ser devidamente protegida.

Condições drásticas de deficiência hídrica podem também provocar a abscisão abundante de folhas, exceto daquelas dispostas no ápice da planta, pois os meristemas são, frequentemente, os tecidos da planta mais resistentes à seca, devido a sua maior capacidade de retenção de água por maior período de tempo.

Ainda, umidade excessiva (encharcamento) afeta o desempenho e o rendimento da cultura, pois pode provocar a lixiviação de nutrientes, a redução do conteúdo de oxigênio às raízes, induzir a clorose generalizada da planta e aumentar os níveis de subprodutos tóxicos resultantes do metabolismo anaeróbico. Ainda, quando esta condição está aliada à temperatura alta, a taxa respiratória se eleva rapidamente (Schwartz & Gálvez, 1980). Os estádios V2, V3, R5, R6 e R7 são os mais sensíveis ao excesso de água.

O dano resultante do efeito da baixa temperatura no feijoeiro pode ser reversível ou irreversível, conforme o grau de exposição e o estágio fenológico considerado.

Assim, o efeito de baixas temperaturas, isoladamente ou associada a estresse de luz, segundo Griffith et al (1994) pode provocar injúrias morfológicas, fisiológicas, anatômicas e bioquímicas à planta. A alteração morfológica encontrada em plantas de tomate, amendoim e feijão (Siebencichler, 1996) é o espessamento da folha, representado pela formação de camadas extras de parênquima paliçádico.

Temperaturas baixas alteram o estado físico das membranas, passando do estado de cristal líquido para um gel mais espesso, reduzindo sua fluidez. Trabalhos recentes têm sustentado a idéia de que a alteração da composição lipídica da membrana constitui-se em eficiente estratégia preventiva da planta, no intuito de resistir aos rigores impostos pelas baixas temperaturas.

A fotossíntese também é restringida pela ocorrência de baixas temperaturas, possivelmente pela redução da formação da protoclorofila, pela redução da condutância estomática e pela interferência na cadeia de transporte de elétrons (Wolfe, 1991).

Quando submetidas a baixas temperaturas, algumas plantas podem produzir e acumular substâncias crioprotetoras, dentre as quais destacam-se os trissacarídeos, polióis, sorbitol, poliaminas e prolina (Koster & Lynch, 1992).

A prolina é considerada como sendo a principal substância relacionada a efeitos de estresses de natureza diversa (hídrico, salino e térmico) e, portanto, também funciona como um crioprotetor.

A prolina confere maior estabilidade à membrana celular, tornando a célula mais tolerante à desidratação, à deformação e à compressão e possui tendência de acúmulo nas folhas mais jovens e nos tecidos meristemáticos.

Ainda, os efeitos de queda de produção atribuídos à baixa temperatura são resultantes da redução da taxa de translocação dos fotoassimilados, a qual é decorrente de provável impedimento físico, representado pela obstrução dos poros da placa crivada do floema. A baixa temperatura, segundo Taiz & Zieger (1991), aumenta a viscosidade da membrana e suscita a formação de vesículas aderidas à parede celular, acarretando a obstrução dos poros da placa crivada do floema.

Desta feita, apesar do feijoeiro tolerar mais temperaturas baixas que elevadas, o conhecimento pleno do comportamento climático da região produtora e a definição da época de semeadura, poderá favorecer a obtenção de rendimentos satisfatórios, pois não se dispõe de nenhuma estratégia de manejo para neutralizar os efeitos inerentes à temperatura baixa.

Quanto aos efeitos advindos de temperaturas altas, evidências científicas apontam que são mais intensos durante a noite, pois nessa condição a planta apresenta maior concentração de etileno e evidencia maior taxa de abscisão de flores e vagens jovens. (Sauter et al., 1990). A redução do abortamento de botões florais e de flores, em condições de alta temperatura, foi obtida na cultura da pimenta (*Capsicum frutescens*), por Wein (1988), com a aplicação de ethefon.

A ocorrência de temperaturas elevadas também reduz em 16% a viabilidade do grão de pólen e, sobretudo do crescimento do tubo polínico, sendo que os efeitos mais danosos às estruturas reprodutivas citadas ocorrem quando a temperatura for mais elevada na ausência de luz (Halterlein et al., 1980).

Para a espécie *Phaseolus vulgaris*, o período de pré-fertilização, correspondente a aproximadamente 4 a 7 dias antes da antese, constitui-se na fase mais sensível à ocorrência de temperatura elevada, resultando em cerca de 40 a 82% de taxa de abscisão de flores e vagens jovens. (Monterroso, 1990).

Da mesma forma, o transporte de elétrons e o funcionamento das mitocôndrias também são afetados pela ação de altas temperaturas, sendo a espécie *Phaseolus acutifolius* menos sensível a essa alteração fisiológica que o *Phaseolus vulgaris*. (Lin & Markhart, 1990).

A influência das altas temperaturas em feijão pode ser minimizada através de mecanismos relacionados à movimentação das folhas por parte do feijoeiro, cujo fenômeno é denominado de heliotropismo. Esse controle parcial da temperatura da folha através de movimento heliotrópico é independente da umidade da atmosfera, da concentração de anidrido carbônico, bem como do potencial de água da folha e da taxa transpiratória. O referido movimento de orientação da lâmina foliar é determinado pela sensibilização da região do pulvino pela temperatura. Assim, o aumento da temperatura provoca a disposição mais oblíqua das folhas na planta, em relação à fonte de luz. Ressalta-se que em condições de escuro (ausência de luz) e em dias frios o movimento heliotópico das folhas não se processa (Fu & Ehleringer, 1989).

Altas temperaturas também afetam as funções fotossintéticas da planta, pois geram efeitos sobre a variação das reações químicas e a organização estrutural das células, podendo também serem responsáveis por modificações na membrana, alterando não somente as propriedades físico-químicas, mas também sua organização funcional. O fotossistema II,

particularmente, é o componente mais sensível do sistema fotossintético, visto que alta temperatura altera o funcionamento do O_2 envolvido no sistema, resultando na liberação dos íons manganês do complexo como resultado de reduções das peroxidases ou superoxidases.

A distribuição de energia por diferentes estruturas dos tilacóides, a atividade do Ciclo de Calvin e outros processos metabólicos como a fotorrespiração e a síntese de produtos são significativamente afetados pela elevação da temperatura.

Ainda, ressalta-se que, os tilacóides, por serem estruturas altamente sensíveis ao calor, se desorganizam a partir de temperaturas entre 30 e 35°C, acarretando o aumento do nível de excitação do fotossistema I, induzindo um incremento no transporte cíclico do elétron e o decréscimo no suprimento do NADPH, resultando na limitação da assimilação do carbono por parte da planta. (Pastenes & Horton, 1996).

De ordem prática, quando a superfície do solo encontra-se muito aquecida (temperatura alta) as plantas e, principalmente plântulas, podem apresentar lesões (anelamento) ao nível do colo, provocado pelo fenômeno denominado *Albedo*. A análise visual de um conjunto de plantas evidenciando necroses de colo ou anelamentos à mesma altura (ou posição), frequentemente, descarta a possibilidade de diagnóstico de incidência de doenças.

Temperaturas altas aliadas à elevada intensidade luminosa pode provocar escaldaduras (queimaduras), principalmente após períodos de alta umidade e nebulosidade. Os sintomas comumente relacionados a esse tipo de estresse são representados por pequenas manchas aquosas nas partes expostas à luz, as quais evoluem para lesões maiores de coloração avermelhadas ou castanhas, culminando na necrose dos tecidos afetados (Schwartz & Gálvez, 1980). A consideração do histórico climático da área e da lavoura reveste-se de suma importância para o não confundimento dos sintomas acima descritos com o ataque de ácaros e com o efeito de contaminantes do ar.

Ainda, cumpre salientar a importância do processo de distribuição de fotoassimilados entre as diferentes partes do feijoeiro (partição), o qual é fundamentado na relação fonte-dreno e na hierarquia de perpetuação da espécie. Assim, as estruturas reprodutivas têm prioridade máxima, seguidas das folhas, raízes e, posteriormente, do talo.

As primeiras flores apresentam normalmente maior probabilidade e capacidade de originarem vagens, em função da ordem de prioridade de formação dessas estruturas reprodutivas. Aquelas correspondentes ao meio e final do florescimento estão sujeitas a maior índice de abortamento ou maior taxa de chochamento.

Porém, a folha, que, normalmente é considerada como fonte, pode se transformar em dreno, quando jovem, visto que sua capacidade de

translocação de carboidratos é baixa. Apenas quando a folha atingir 60 % do seu tamanho normal e estiver plenamente desdobrada (folha adulta) é que a mesma poderá funcionar como fonte.

Nesse contexto, o manejo da lavoura de feijão deverá antes de tudo, preservar o equilíbrio entre as fases de desenvolvimento da planta (Vegetativa e Reprodutiva), objetivando o não favorecimento da produção desnecessária de folhas, em detrimento das estruturas reprodutivas. O estímulo à emissão de folhas novas após o florescimento, poderá contribuir para o estabelecimento de um estado de competição interna na planta, por fotoassimilados, ocasionando a redução do potencial produtivo e o aumento da taxa de grãos mal formados e pequenos (“bandinhas”)

Ainda, o rendimento em grãos para a cultura de feijão, é mais influenciado pela duração da área foliar (folhas fotossinteticamente ativas até o estágio R₉) do que pelo índice de área foliar propriamente dito, conforme demonstrado por Fancelli (2001).

Tabela 3. Índice de área foliar e Rendimento de grãos (kg/ha) obtidos com a variedade pérola cultivada em Piracicaba, SP – média de 4 repetições (Fancelli et al., 2001)

Tratamento	IAF		Rendimento	
Testemunha	4,73	b	2581	a
Inoculante	4,74	b	3459	b
Inoculante + 60 Kg/ha N (cobertura)	5,24	ab	3490	b
COMO (na semente)	4,76	b	3626	b
COMO (na semente) + 60 Kg/ha N (cob.)	5,54	ab	3670	b
Inoculante + COMO (na semente)	5,03	b	3617	b
Inoculante + COMO + 60 kg/ha N (cob.)	5,75	ab	3687	b
Ausência de N (semead.) + 60 kg/ha N (cob.)	5,09	b	3492	b
20 Kg/ha N (semead.) + 60 kg/ha N (cob.)	6,28	a	3518	b

Considerações finais

A manifestação do potencial produtivo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L), e de outras espécies vegetais, é diretamente influenciado pelas condições reinantes no ambiente de produção (solo, clima e organismos).

Assim, imperiosamente, a cultura de feijão irrigado deverá ser conduzida com técnicas e tecnologia apropriadas ao sistema de produção, objetivando a garantia do desempenho satisfatório de plantas e a redução dos níveis de estresse de natureza diversa. E, portanto, o manejo baseado em recomendações pré-estabelecidas (“receita de bolo”) e pacotes tecnológicos deverá ser definitivamente abominado.

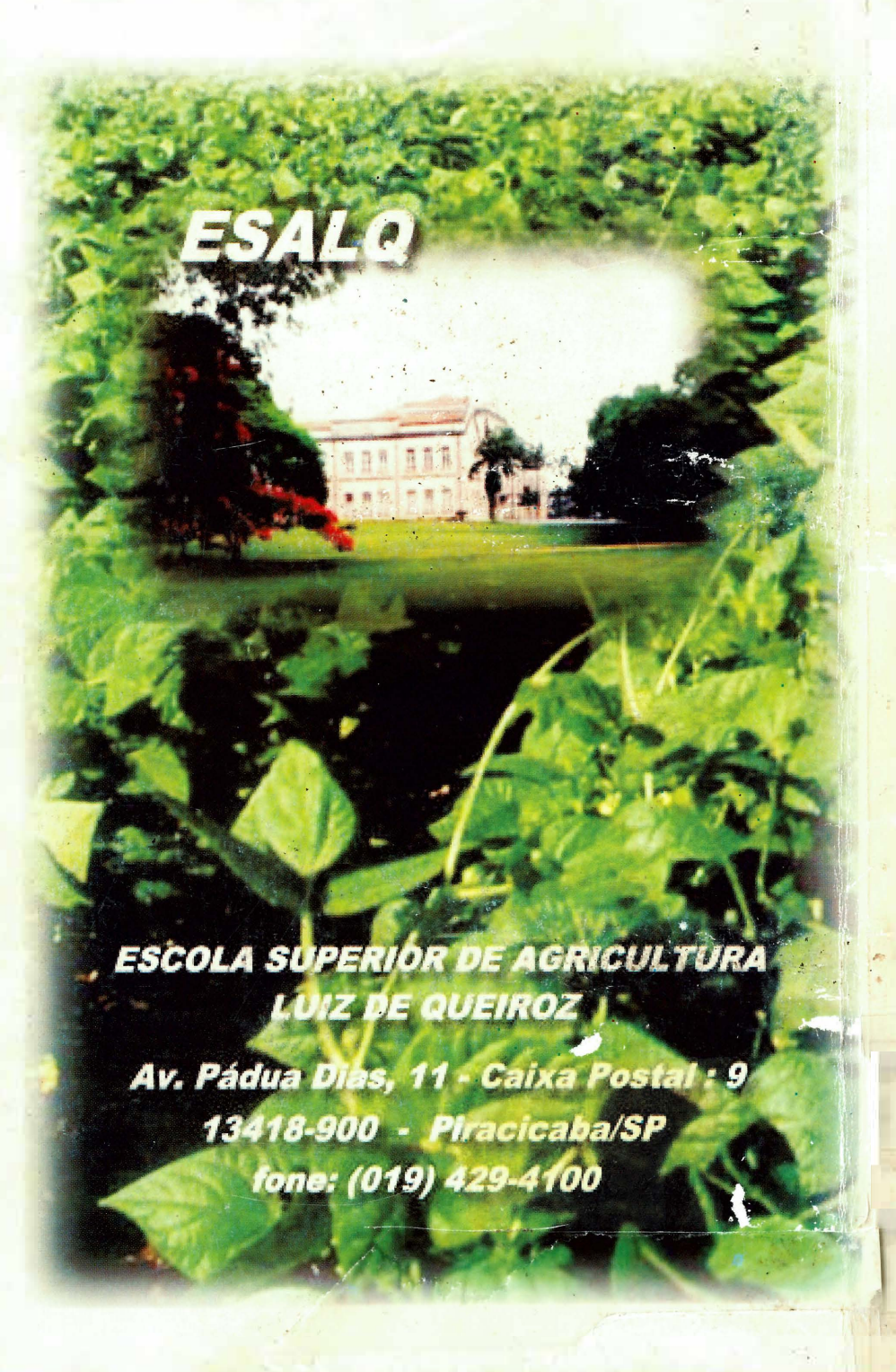
Referências bibliográficas

- ABELES, F.B.; GAHAGAN, H.E. Abscission; the role of ethylene, ethylene analogues, carbon dioxide and oxygen. **Pl. Physiol.**, v.43, p.1255-8, 1968.
- ASPINALL, D.; PALEG, G. Proline accumulation; physiological aspects. In: PALEG, G.; ASPINALL, D. (Eds.) **The Physiology and biochemistry of drought resistance in plants**. Sidney. Academic Press. 1981. p.206-42.
- AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. Introdução à fisiologia vegetal. São Paulo. Editora Nobel. 1983. 177p.
- BERGAMASCHI, H. Perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo e na atmosfera. Piracicaba. 1984. 204 p. (Tese de Doutorado-ESALQ/USP)
- BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; ANGELOCCI, L.R.; OMETTO, J.C.; BRUNINI, O. Efeito de variáveis micrometeorológicas e disponibilidade hídrica no solo sobre a resistência estomática à difusão gasosa em feijoeiro. **Turrialba**. v.41, n.4, p.445-51, 1991.
- BRANDES, D.; VIEIRA, C.; MAESTRI, M.; GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).III. Interceptação de luz e eficiência de conversão da energia solar. **Experientiae**, Viçosa, v.15, n.1, p.23-30.
- CAIXETA, T.J. Irrigação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.46, p. 36-40, 1978.
- CIAT. **Morfologia de la planta de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali, Colombia, 1981. 50p. (Guia de Estudio).
- CIRINO, V.M.; KRANZ, W.M.; LOLLATO, M.A.; OLIARI, L.; RIBEIRO, P.G.F. Escolha e zoneamento de cultivares. In: **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. p. 43-53. (Circular Técnica, 23).
- CROOKSTON, R.K.; TREHARNE, K.J.; LUDFOR, P.; OZBUN, J.L. Response of beans of shading. **Crop Sci.**, v. 15, p. 412-6, 1975.
- CROOKSTON, R.K.; O' TOOLE, J. ;OZBUN, J.L. Characterization of the bean pod as a photosynthetic organ. **Crop Sci.**, v.14, p. 708-12, 1974.
- DAVIS, J.F. The effects of some environmental factors on the set of pods and yield of white cowpea beans. **J. Agric. Research**. v.70, n.7, p.237-49, 1945.
- DICKSON, M.K.; BOETTGER, M.A. Effect of high and low temperatures on pollen germination and seed set in snaps beans. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** v.109, n.3, p.372-4, 1984.
- DUBETZ, S.; MAHALE, R.S. Effect of soil water stress on busch beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. **J. Americ. Soc. Hort. Sci.** v.94, p.479-81, 1969.

- FANCELLI, A.L. **Instruções básicas para a cultura do feijão**. Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Agricultura, 1988. 19p.
- FANCELLI, A.L. **Cultura do feijão**. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1987. 138 p.
- FANCELLI, A.L. **Feijão irrigado**. Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1992. 177 p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba. Publique.FEALQ/ESALQ/USP. Departamento de agricultura, 1997. 153p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Feijão Irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba.Publique.FEALQ/ESALQ/USP. Departamento de agricultura, 1999. 194p.
- FANCELLI, A.L. **Cercospora: uma doença em acelerada expansão**. Piracicaba. ESALQ/USP-Monsanto.2001. 25p. (relatório)
- FANCELLI, A.L.; CARVALHO, E.; SOARES, M.A. **Efeitos da interação nitrogênio-inoculação-cobalto-molibdênio, no desempenho e rendimento do feijoeiro irrigado (*Phaseolus vulgaris* L.) 2001 (no prelo)**
- FIELD, R.J. A relationship between membrane permeability and ethylene production of high temperature in leaf tissue of *Phaseolus vulgaris* L. **Ann. Bot.**, London, v.48, p.33-9, 1981.
- FU, Q.A.; EHLERINGER, J.R. Heliotropic leaf movements in common beans controlled by air temperature. **Plant Physiology**. v.91, p.1162-7, 1989.
- GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C.; LIMA, C.A.S. **Efeitos de diferentes regimes de irrigação sobre o rendimento do feijoeiro na região Norte de Minas Gerais**. In: EPAMIG. Projeto feijão: relatório 77/78. Belo Horizonte. p.27-9, 1979.
- GEPTS, P. & FERNÁNDEZ, F. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali, Colombia, CIAT, 1982. 10p.(mimcografado).
- GRIFFITH, M.; BOESE, S.R.; HUNER, N.P.A. Chilling sensitivity of the frost-tolerant potato *Solanum commersonii*. **Plant Physiology**. v.90, p.319-26, 1994.
- HALTERLEIN, A.J. ; CLAYBERG, C.D.; TEARE, I.D. Influence of high temperature on pollen grain viability and pollen tube growth in styles of *Phaseolus vulgaris* L.). **J. Amer.Soc. Hort. Sci.** v.105, n.1, p.12-4, 1980.
- HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I.F.M. **Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação**. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.19, n.2, p.211-8, 1984.
- KANEMASU, E.T.; TANNER, C.B. Stomatal diffusion resistance of snap beans. II. Effect of light. **Plant Physiology**. v.44, p.1542-6, 1969

- KOSTER, K.L.; LYNCH, D.V. Solute accumulation and compartmentation during the cold acclimation of puma rye. **Plant Physiology**. v.98, p.108-13, 1992.
- LIN, T.Y.; MARKHART, A.B. Temperature effects on mitochondrial respiration in *Phaseolus acutifolius* A. Gray and *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**. v.94, p.54-8, 1990.
- MAGALHÃES, A.C.; CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. **Bragantia**, Campinas, v.31, n.32, p.19-26, 1972.
- MAGALHÃES, A.C.; MILLAR, A.A.; CHOUDHURY, E.N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. **Turrialba**, Costa Rica, v.29, n.4, p.269-73, 1979.
- MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: **O feijão no Paraná**. Londrina, IAPAR, 1989. p.25-42. (Circular Técnica, 23).
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego. Academic Press. 1986. 674p.
- MEIDNER, H.; MANSFIELD, T.A. **Physiology of stomata**. London. Mc Hill. 1978. 179 p.
- MIYASAKA, S.; INFORZATO, R.; MASCARENHAS, H.A.A.; KIEHL, R.A.S. Alongamento do caule do feijoeiro estimulado pela incorporação ao solo de massa vegetal de plantas de tremoço (*Lupinus albus* L.). **Bragantia**, Campinas, v.26, n.25, p.27-31, 1967.
- MONTERROSO, V.A.; WIEN, H.C. Flower and pod abscission due to heat stress in beans. **J. Amer.Soc. Hort. Sci.** v.115, n.4, p.631-4, 1990.
- PASTENES, C. & HORTON, P. Effect of high temperature on photosynthesis in bean. **Plant Physiology**. v.112, p.1245-51, 1996.
- SALISBURY, F.C.; ROSS, C. **Plant Physiology**. 4^a ed. Belmont: Wadsworth, 1991. 682 p.
- SAUTER, K.J.; DAVIS, D.W.; LI, P.H.; WALLERSTEIN, I.S. **HortScience**. v.25, n.10, p.1282-4, 1990.
- SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. **Problemas de producción del frijol**. Cali, Colômbia, CIAT, 1980. 424p.
- SIEBENEICHLER, S.C. Alterações bioquímicas e fisiológicas induzidas por baixa temperatura em feijoeiros (*Phaseolus vulgaris* L.). Viçosa, 1996. 55p. (Dissertação de Mestrado - UFV).
- SILVA, E.L. Suscetibilidade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Goiano Precoce à inundações temporárias do sistema radicular em diferentes fases do seu ciclo vegetativo. Piracicaba, 1982. 76p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ/USP).
- SUTCLIFFE, J. **As plantas e a água**. São Paulo. EPU/Ed. Universidade de São Paulo, 1980. 126 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. California. The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 189p.

- WHITE, J.W. Conceptos básicos de fisiología del frijol. In: **Frijol: investigación y producción**. LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; van SCHOONHOVEN. Colômbia. CIAT. 1985. p.43-60.
- WIEN, H.C. Screening techniques for stress-induce flower bud abscission in bell peppers. ASHS/CSHS. Annu. Mtg., East Lansing, Mich., **Prog. & Abstr.HortScience**. v.23, n.3, p.800[584], 1988.
- VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1978. 146p.



ESALQ

**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
LUIZ DE QUEIROZ**

**Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal : 9
13418-900 - Piracicaba/SP
fone: (019) 429-4100**