

ARMANDO JOSÉ DA SILVA

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
À ADUBAÇÃO NITROGENADA

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

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

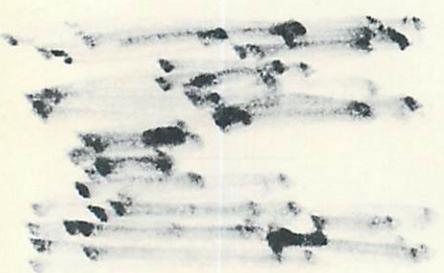
1988

cat

ALVARO JOSÉ DA SILVA

POSTA DE CULTIVARES DE FEIJOÃO
À ALUBAÇÃO NITROGENADA

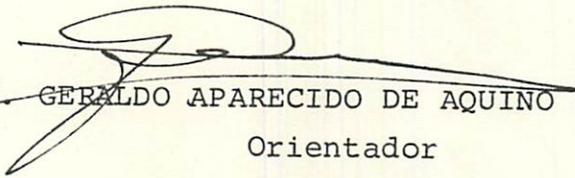
Presente o presente trabalho é dedicado aos
de Adolpho de Lacerda e ao
exatidão do Curso de Pós-graduação
em Agronomia, para o conhecimento em
Seis e Nitrato de Cálcio para a
do do grau de MESTRE.



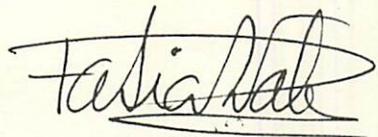
ESCALA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) À ADUBA-
ÇÃO NITROGENADA

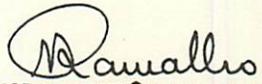
APROVADA:



Prof. GERALDO APARECIDO DE AQUINO GUEDES
Orientador



Prof. FABIANO RIBEIRO DO VALE



Prof. MAGNO ANTÔNIO PATTO RAMALHO

Aos meus pais, pelo amor e carinho

DEDICO

A Rosane Rodrigues de Freitas

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do Solo pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, pela valiosa colaboração e orientação durante todo o decorrer do curso.

Aos Professores Fabiano Ribeiro do Vale e Magno Antônio Patto Ramalho, pelas valiosas sugestões e colaborações.

Ao Prof. José Pires Dantas, do Centro de Ciências Agrárias - UFPB, que me iniciou nos caminhos da pesquisa.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE) pelo apoio financeiro na impressão deste trabalho.

Aos Professores do Departamento de Ciência do Solo pelos ensinamentos transmitidos e pela agradável convivência durante o decorrer do curso.

À Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa em Biologia do Solo (UAPNPBS-EMBRAPA), na pessoa do Dr. Helvecio De-Polli, pelo fornecimento do inoculante comercial.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pela colaboração e amizade.

Aos colegas do curso, pelo agradável convívio e amizade.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Dinâmica do Nitrogênio em Solos Cultivados com Feijoeiro	3
2.2. Resposta do Feijoeiro à Adubação Nitrogenada	5
2.3. Resposta de Cultivares de Feijão à Adubação Nitrogenada	7
2.4. Fixação simbiótica do N ₂ <i>versus</i> adubação nitrogenada do Feijoeiro	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Localização do Experimento	12
3.2. Cultivares Utilizadas	13
3.3. Tratamentos e Delineamento Experimental	13
3.4. Condução do Experimento	15
3.5. Características Avaliadas	16
3.6. Dinâmica do Nitrogênio no Solo	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20

	Página
4.1. Dinâmica do Nitrogênio no Solo	20
4.2. Nitrogênio na Planta e Diagnose Foliar	28
4.3. Análise de Crescimento	43
4.4. Produção de Grãos e Seus Componentes	50
5. CONCLUSÕES	62
6. RESUMO	63
7. SUMMARY	65
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Principais características químicas e físicas do solo onde foi instalado o experimento, antes das práticas da calagem e fosfatagem corretiva	12
2 Hábitos de crescimento e ciclos das cultivares utilizadas no experimento	13
3 Resumo da análise de variância referente aos teores de nitrato e amônio no solo durante o ciclo da cultura do feijão	24
4 Teores médios de nitrato detectados no solo em função de profundidades e em parcelas com diferentes cultivares de feijão	25
5 Teores médios de nitrato em diferentes camadas do solo em função de níveis de adubação nitrogenada	26
6 Estimativa de perdas por lixiviação de nitrato (kg/ha) por diferentes cultivares de feijão, com aplicação de 50 e 100 kg de N/ha	28

Tabela

7	Resumo da análise de variância referente ao teor de N-total na parte aérea durante o florescimento do feijoeiro, e índice de colheita para nitrogênio (ICN)	32
8	Valores médios de N-total na parte aérea durante o florescimento do feijoeiro, e índice de colheita para nitrogênio (ICN) de diferentes cultivares de feijão sob condições de adubação nitrogenada e inoculação	33
9	Teores médios de N-total na parte aérea em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação	33
10	Resumo da análise de variância referente ao estado nutricional do feijoeiro por ocasião do florescimento ...	38
11	Teores médios de P, K, Ca e S (%) no tecido foliar de três cultivares de feijão por ocasião da floração, em condições de adubação nitrogenada e inoculação	39
12	Resumo da análise de variância referente à produção de matéria seca da parte aérea e índice de área foliar (IAF) por ocasião da floração, e índice de colheita (IC) do feijoeiro	44
13	Características de crescimento de cultivares de feijão em condições de adubação nitrogenada e inoculação	48
14	Produção de matéria seca da parte aérea e índice de área foliar do feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação	49

Tabela

15	Resumo da análise de variância referente aos dados de número de sementes por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 sementes (g), produção de grãos (kg/ha) e proteína nos grãos (%) apresentados pela cultura do feijão	52
16	Valores médios de nº de sementes por vagem, nº de vagens por planta, peso de 100 sementes (g) e produção de grãos (kg/ha) apresentados por diferentes cultivares de feijão em condições de adubação nitrogenada e inoculação	54
17	Número de sementes por vagem, número de vagens por planta e produção de grãos (kg/ha) apresentados pela cultura do feijão em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação	56

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Precipitação pluviométrica (——) e temperatura máximas (---) e mínimas (-----) que ocorreram na área experimental durante a condução do experimento	14
2 Concentração de nitrogênio mineral a diferentes profundidades do solo antes da instalação do experimento	21
3 Nitrogênio total na parte aérea e índice de colheita para nitrogênio (ICN) apresentados pelo feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada	34
4 Acúmulo de N-total pela parte aérea de três cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação com bactérias fixadoras de N ₂ atmosférico (○—○ - 0 kg de N/ha, □—□ - 50 kg de N/ha, ▲—▲ - 100 kg de N/ha, ●—● - inoculação).....	35
5 Teores de N, P e Ca no tecido foliar do feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada	40

Figura		Página
6	Teor de magnésio no tecido foliar de duas cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada	42
7	Produção de matéria seca da parte aérea e índice de área foliar do feijoeiro na época do florescimento em função de níveis de adubação nitrogenada	46
8	Acúmulo de matéria seca pela parte aérea de três cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação com bactérias fixadoras de N_2 atmosférico (○—○ - 0 kg de N/ha, □—□ - 50 kg de N/ha, △—△ - 100 kg de N/ha, ●—● - inoculação)	47
9	Número de vagens por planta (V/P), número de sementes por vagem (S/V) e teor de proteína nos grãos (P.G.) apresentados pelo feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada	53
10	Produção de grãos de duas cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada	57

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) figura entre as leguminosas, como a de maior importância sócio-econômica para o Brasil e alguns países da América Latina, uma vez que o mesmo se constitui em excelente fonte de proteínas e representa, juntamente com o arroz, a base da alimentação do povo brasileiro.

Apesar de ser um dos maiores produtores mundiais, a produtividade média no Brasil é de apenas 500 kg de grãos por hectare, FIBGE, (6), rendimento muito aquém das reais possibilidades da cultura.

Este baixo rendimento é atribuído principalmente ao fato de ser o feijão essencialmente uma cultura de subsistência e, como consequência disso, pelo uso indiscriminado de cultivares inferiores, falta ou utilização inadequada de fertilizantes e corretivos e uso generalizado do plantio consorciado com outras culturas.

Com relação ao nitrogênio, muitos estudos têm demonstrado que esta cultura apresenta um grande potencial de fixação simbiótica do N_2 atmosférico GUSS & DÖBEREINER, (58), PONS *et alii*(90). Entretanto, a maioria dessas pesquisas indica que o sistema simbió

tico não é perfeitamente eficaz no sentido de suprir as necessidades da planta em nitrogênio, tendo-se que recorrer à adubação química. Além disso, a pesquisa em melhoramento genético tem sido voltada para melhorar a eficiência da planta em absorver o nitrogênio proveniente do solo e do fertilizante, fazendo com que as cultivares em uso atualmente pelos agricultores respondam melhor ao fertilizante nitrogenado do que aos inoculantes, PEREIRA (87).

Pesquisas realizadas com diversas culturas mostram que cultivares dentro de uma mesma espécie podem responder diferencialmente às adubações e, segundo JUNQUEIRA NETO (67), o fato de se conhecer muito pouco a respeito de como as cultivares de feijão respondem à adubação, não tem possibilitado fazer a recomendação da adubação em função da cultivar a ser utilizada.

Hipótese: OBJETIVOS

Desta forma, tendo como hipótese o fato de que diferentes cultivares de feijão podem absorver e/ou utilizar diferencialmente o nitrogênio disponível no solo, o presente trabalho ^{SEMP. REALIZADO ESTE TRABALHO} foi realizado, com os seguintes objetivos:

- a) Avaliar a dinâmica do N-mineral no solo.
- b) Verificar o comportamento de cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Dinâmica do Nitrogênio em Solos Cultivados com Feijoeiro

A disponibilidade de nitrogênio para as plantas depende essencialmente de sua dinâmica no sistema solo. De acordo com MENGEL & KIRKBY (78) ^{pl} muitos fatores e processos estão envolvidos no ciclo do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera, dividindo-se os mesmos em físico-químicos e biológicos.

Em linhas gerais, os processos responsáveis pela disponibilidade de nitrogênio no solo para as plantas são a mineralização, que se divide em amonificação e nitrificação, lixiviação, denitrificação e fixação biológica. Estes processos ocorrem tanto no nitrogênio aplicado ao solo via fertilizantes quanto no nitrogênio natural do solo e são governados por um grande número de fatores entre os quais destacam-se fatores ligados ao clima, solo e atividade dos microorganismos, SANCHEZ (99).

Em condições tropicais, pesquisas realizadas por GAMBOA *et alii* (51) e OSINAME *et alii* (85) demonstram uma baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados, devendo-se este fato principal

mente ao grande potencial de perdas que esses solos apresentam. Estas perdas ocorrem principalmente por lixiviação, denitrificação e volatilização da amônia.

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro, sendo que a maior demanda deste nutriente ocorre no período crítico da formação da semente, GALLO & MIYASAKA (50). Uma plantação de 220.000 plantas/ha para produzir 2.000 kg/ha de grãos precisa absorver cerca de 102 kg/ha de nitrogênio, COBRA NETO (29).

Para a adequada adubação nitrogenada do feijoeiro, faz-se mister conhecer a cinética das necessidades da cultura durante o seu desenvolvimento. Assim, pode-se determinar a oportunidade e forma de aplicação mais conveniente do fertilizante, para garantir maior eficiência de seu aproveitamento tendo em conta o alto custo dos adubos nitrogenados e riscos de poluição dos recursos hídricos naturais, (23, 51, 71, 77, 100).

Existem poucas informações a respeito das perdas de nutrientes por lixiviação em solos tropicais e sobre seu aproveitamento pelas culturas. Em nosso meio, MEIRELES *et alii* (77), estudando a absorção e lixiviação do nitrogênio em solo cultivado com feijão, observaram que a absorção máxima de nitrogênio pelo feijoeiro ocorreu 60 dias após a germinação, sendo que o máximo de eficiência do uso do fertilizante ocorreu 45 dias após a germinação, sugerindo que após esta época não é conveniente a aplicação de nitrogênio. Os autores observaram também que no solo em estudo, no

período de um ano, passaram à profundidade de 120 cm numa área de um hectare, praticamente 15 kg, sendo 1,35 kg/ha de N proveniente do fertilizante nitrogenado aplicado (100 kg de N/ha).

URQUIAGA CABALLERO *et alii* (110), estudando a dinâmica do nitrogênio em solo cultivado com feijão no município de Piracicaba (SP), concluíram que a concentração média de N-total e de N proveniente do fertilizante diminuíram marcadamente com a profundidade do solo. Estes autores observaram que ao final do ciclo da cultura, ficaram no solo 9,2 kg de N/ha do nitrogênio proveniente do fertilizante (22%), sendo que mais de 86% ficaram acumulados nas camadas superficiais (0-45cm) do perfil no solo.

2.2. Resposta do Feijoeiro à Adubação Nitrogenada

No Brasil, muitos trabalhos têm mostrado a importância do estudo e da prática da adubação nitrogenada do feijoeiro em diferentes regiões.

Dados fornecidos por VILLALOBOS (117) indicam que de 140 experimentos realizados no Estado de São Paulo envolvendo o nitrogênio como um dos nutrientes da adubação do feijoeiro, houve resposta positiva e significativa em 33% dos casos, sendo os adubos mais usados, o sulfato de amônio e o nitrocálcio.

No Rio de Janeiro, as referências sobre o assunto são escassas, podendo-se citar os trabalhos de EIRA *et alii* (41) e ALMEIDA *et alii* (1), que não encontraram resposta significativa do fei

joeiro à adubação nitrogenada.

No Rio Grande do Sul, trabalhos conduzidos por PONS(89); PONS *et alii* (90) e SILVA *et alii* (102) mostram resultados compensadores da adubação nitrogenada sobre a produção de grãos em feijoeiro.

A cultura do feijoeiro parece responder em maior proporção à adubação fosfatada do que nitrogenada. No Estado de Minas Gerais, muitos experimentos de adubação NPK na cultura do feijão têm revelado resposta unicamente à adubação fosfatada, (4, 15, 46, 103, 115).

Por outro lado, diversos estudos indicam a necessidade da adubação nitrogenada em Minas Gerais, uma vez que foram encontradas respostas positivas e significativas da cultura em relação à produção de grãos e outras características em diversos locais deste estado (7, 45, 54, 74, 100).

CARDOSO *et alii* (25) usando diferentes fontes de N em dois ensaios instalados no município de Tocantins e um em Viçosa, encontraram resposta linear para produção de grãos até as doses de 90 e 150 kg/ha de N respectivamente, sugerindo que a cultura do feijão pode responder a doses acima de 20 e 30 kg/ha de nitrogênio, as quais são indicadas por alguns pesquisadores para as condições de Minas Gerais, GUAZZELLI (57), VIEIRA (114).

Com o objetivo de testar doses crescentes de nitrogênio na cultura do feijão, VILLALOBOS *et alii* (118) instalaram ensaios

em seis municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. Em Viçosa, Ponte Nova e Leopoldina, a resposta foi linear e positiva; em Coimbra foi quadrática, com um máximo estimado de produção com aplicação de 133 kg de N/ha; em Rio Pomba e Raul Soares a adubação nitrogenada não surtiu efeito significativo.

Em dez ensaios de adubação NPK na cultura do feijão conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais, BRAGA *et alii* (16) concluíram que em apenas dois locais, a aplicação de nitrogênio deprimiu a produção. Nos outros locais o seu efeito foi linear e positivo.

BERGER (13) conduzindo ensaio sobre a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada e fosfatada no município de Coimbra (MG), observou que o adubo nitrogenado, na presença de 60 e 120 kg de P_2O_5 /ha favoreceu a produção de grãos, número de vagens por área e peso da palha.

2.3. Resposta de Cultivares de Feijão à Adubação Nitrogenada

Em diversas culturas, tem-se observado que dentro de uma mesma espécie, as diferentes cultivares podem se comportar de forma diversificada com relação à utilização dos nutrientes. É o caso da soja (8, 15, 44, 61, 62, 72, 81), milho (3, 39, 60, 68, 80, 82, 104, 112), arroz (CAYTON *et alii*, 26; BROADBENT *et alii*, 19), trigo (49, 70, 92, 121) e muitas outras.

No Brasil e nos demais países produtores, os ensaios relativos à resposta diferencial de cultivares de feijão à adubação

nitrogenada são escassos, talvez devido à falta de resultados consistentes nos poucos trabalhos realizados até agora.

Em um ensaio com 124 cultivares de feijão em condições de casa de vegetação, HAAG *et alii* (59) concluíram que houve resposta diferencial à adubação NP com relação à produtividade e cada um dos seus componentes. Em condições de campo, entretanto, os autores observaram resposta mais pronunciada ao fósforo do que ao nitrogênio.

Em pesquisa sobre a resposta diferencial de cultivares de feijão à adubação nitrogenada e fosfatada, JUNQUEIRA NETO (67) encontrou que, de 130 cultivares testadas, houve interação com a adubação fosfatada, o que nem sempre ocorreu com a adubação nitrogenada. POMPEU & IGUE (88) em experimento com diferentes linhagens de feijoeiro, verificaram que houve diferenças altamente significativas entre as mesmas em relação à adubação nitrogenada, sendo a linhagem 'preta 147' superior as demais linhagens em estudo.

Estudando a resposta de treze cultivares de feijão à adubação nitrogenada e fosfatada, SANTA CECÍLIA (100) concluiu que houve resposta diferencial entre as cultivares à fertilização nitrogenada apenas com relação à produção de matéria seca.

2.4. Fixação Simbiótica de N_2 *versus* adubação Nitrogenada do Feijoeiro

A fixação do nitrogênio atmosférico por bactérias asso

ciadas ao sistema radicular do feijoeiro tem sido objeto de inúmeras pesquisas (20, 37, 55, 63, 72, 76, 93, 94).

O feijoeiro forma nódulos com *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, que é específico para esta cultura, sendo mais frequentemente encontrado nos nossos solos do que o *Rhizobium* da soja, DE-POLLI & FRANCO (35).

O melhoramento do feijão no Brasil e no resto do mundo não considerou a capacidade desta planta em fixar nitrogênio. Isto se deve à sensibilidade do feijoeiro a muitos fatores ambientais de um lado, e do outro, à suposição, de que o ciclo curto do feijoeiro não permite a acumulação de quantidades de nitrogênio suficientes para promover produções através da fixação biológica (20, 36, 87).

De acordo com BRAKEL (17) o sucesso da inoculação depende da estirpe de *Rhizobium* utilizada, e algumas vezes a inoculação com estirpes não eficientes pode prejudicar a produção. Corroborando esta assertiva, BUSHBY (21) afirma que um dos principais problemas da inoculação é a competição pelos sítios de infecção nodular entre as estirpes inoculadas e aquelas nativas do solo.

GRAHAN (56) afirma que um dos aspectos limitantes à fixação do nitrogênio é o curto período de atividade das bactérias, normalmente limitado até o início da floração pela senescência dos nódulos.

Um aspecto que deve ser considerado neste campo de pesqui

sa é a antecipação do período de fixação. FRANCO & MUNS (48) observaram que plantas de feijão cultivadas em condições que tinham como fonte de nitrogênio exclusivamente aquele proveniente da fixação biológica apresentavam sintomas de deficiência deste nutriente na fase inicial de seu desenvolvimento.

A presença no meio de nitrogênio mineral, por outro lado, pode comprometer seriamente o sucesso da fixação. ORCUTT & WILSON (84) observaram que o nitrogênio mineral pode inibir a nodulação e conseqüentemente a fixação do N_2 , e o grau de inibição varia com a leguminosa hospedeira, sendo que, de acordo com RUSCHEL & REUSZNER (95), o feijoeiro comum é extremamente sensível ao N-mineral. Essa influência pode ocorrer de duas formas. NUTMAN (83) e TANNER & ANDERSON (105) sugerem que o nitrato tem um efeito externo, prejudicando a nodulação. Isto ocorre, segundo LIMA (73) porque o *Rhizobium* reduz o nitrato a nitrito e este destrói o AIA, não havendo o encurvamento do pelo radicular, que é essencial ao início da nodulação. A segunda forma se deve ao amônio, que afeta a síntese e regulação da nitrogenase, enzima responsável pela redução do N_2 a NH_3 , YATES (122).

Em linhas gerais, solo e fatores nutricionais, genótipo da planta, estirpe de bactéria e demais fatores limitantes da fixação, fazem com que a prática da inoculação seja desacreditada por nossos agricultores, sendo ainda uma realidade a utilização do adubo nitrogenado na cultura do feijão em nossas condições. De qualquer forma, na medida do possível, as pesquisas envolvendo a eficiência do uso do nitrogênio pelo feijoeiro não podem deixar de con-

siderar as duas formas possíveis de suprimento deste nutriente às plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do Experimento

O experimento foi instalado em condições de campo, no início de novembro de 1987, em solo classificado como Latossolo Roxo distrófico, localizado no Campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras, em Lavras, Minas Gerais. As principais características químicas e físicas do solo utilizado no experimento estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Principais características químicas e físicas do solo onde foi instalado o experimento, antes e após as práticas da calagem e fosfatagem corretiva.

Características	Antes da Calagem ^{1/}	Após a Calagem ^{1/}
a) Químicas		
pH em água	5,2 AcM	5,8 AcM
Fósforo (ppm)	2,6 B	12,0 M
Potássio (ppm)	28,3 B	39,0 M
Cálcio + Magnésio (meq/100 cc)	1,4 B	1,7 M
Alumínio trocável (meq/100 cc)	0,3 B	0,1 B
Matéria Orgânica (%)	2,6 M	2,6 M
b) Físicas		
Areia (%)	12,0	12,0
Limo (%)	19,0	19,0
Argila (%)	69,0	69,0
Classe Textural	Argila	Argila

^{1/} As iniciais AcM, M e B indicam acidez média, teores médio e baixo respectivamente para cada característica química.

Os dados de precipitação pluviométrica e temperaturas máximas e mínimas que ocorreram na área experimental durante a condução do experimento, podem ser observados na Figura 1.

3.2. Cultivares Utilizadas

Foram utilizadas as cultivares 'Eriparza', 'Rio Tibagi' e 'Carioca' cujas características relativas ao ciclo e hábito de crescimento estão apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2 - Hábitos de crescimento e ciclos das cultivares utilizadas no experimento.

Cultivar	Hábito de crescimento	Ciclo (dias)
Eriparza	Determinado	60 a 70
Rio Tibagi	Indeterminado guia curta	80 a 90
Carioca	Indeterminado guia longa	80 a 90

3.3. Tratamentos e Delineamento Experimental

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições, segundo esquema fatorial $3 \times 3 + 3$.

Os tratamentos foram resultantes da combinação das três cultivares de feijão descritas anteriormente, com três níveis de adubação nitrogenada (0, 50 e 100 kg de N/ha). Os tratamentos adicionais cons

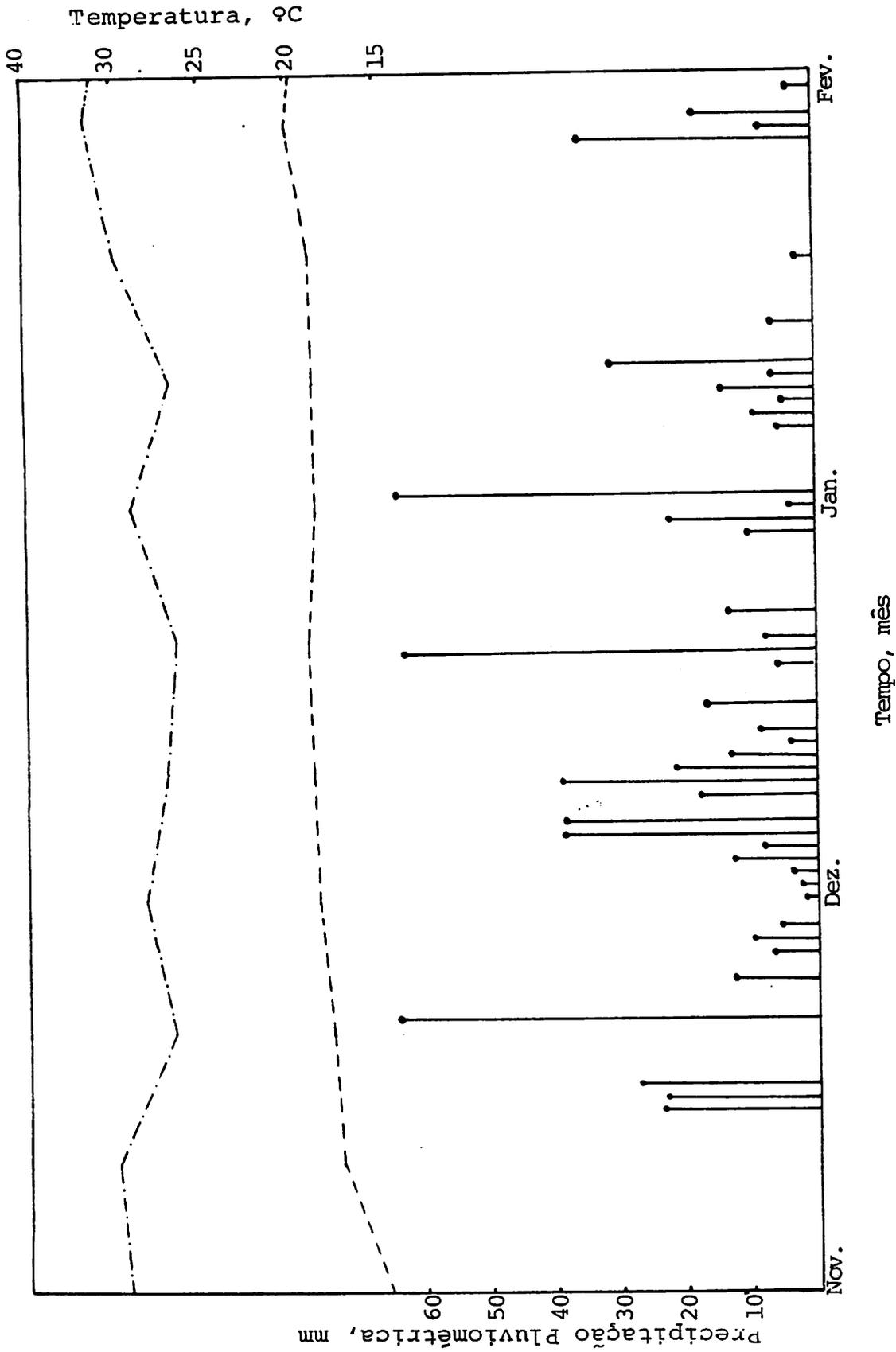


FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica (—) e temperatura máximas (-.-.-) e mínimas (-----) que ocorreram na área experimental durante a condução do experimento.

taram das três cultivares de feijão submetidas à inoculação com uma mistura de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico da espécie *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, recebendo 20 kg de N/ha por ocasião do plantio para suprir as necessidades da planta até o estabelecimento da simbiose.

A unidade experimental foi constituída de 7 linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, sendo as linhas laterais e 0,5 m das extremidades, consideradas como bordadura. Utilizou-se a fileira central para a avaliação da produção de grãos e seus componentes, sendo as demais fileiras úteis utilizadas para a determinação da matéria seca e do nitrogênio total no tecido vegetal.

3.4. Condução do Experimento

Três meses antes do plantio foi realizada calagem e trinta dias antes, fosfatagem corretiva, ambas as operações com base em análise do solo. A quantidade de calcário utilizada foi baseada no método da elevação da saturação de bases (para o feijão, $V = 70\%$) e a fosfatagem foi realizada levando-se em consideração o teor de argila do solo (para cada 1% de argila aplicou-se 5 kg de P_2O_5 /ha).

No ato do plantio foi feita uma adubação com 120 kg/ha de P_2O_5 , 80 kg/ha de K_2O e 10 kg/ha de sulfato de zinco com base na análise do solo.

A adubação nitrogenada foi parcelada em duas vezes, sendo 1/3 do nitrogênio aplicado no plantio e os 2/3 restantes, em

cobertura quando as plantas apresentavam três pares de folhas definitivas. A fonte de nitrogênio utilizada foi o sulfato de amônio.

Por ocasião do plantio, foi realizada a inoculação das sementes dos tratamentos adicionais com um inoculante proveniente da Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa em Biologia do Solo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (UAPNPBS - EMBRAPA).

Foram plantadas 15 sementes por metro linear, espaçadas de 0,5 m resultando em uma população de 300.000 plantas/ha.

3.5. Características Avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características:

- a) Produção de matéria seca da parte aérea *
- b) Nitrogênio total na parte aérea *
- c) Índice de área foliar (IAF)
- d) Macronutrientes nas folhas maduras (diagnose foliar)
- e) Índice de colheita (IC) *
- f) Índice de colheita para nitrogênio (ICN) *
- g) Número de vagens por planta
- h) Número de sementes por vagem
- i) Peso de 100 sementes *
- j) Produção de grãos *
- l) Proteína nos grãos.

Para a determinação da produção de matéria seca e nitro

gênio total na parte aérea, foram realizadas 5 coletas com intervalos aproximados de 20 dias. As plantas foram separadas primeiramente em caule e folhas e posteriormente, em caule, folhas, flores e frutos.

O N-total na parte aérea foi determinado pelo método semi-micro Kjeldhal, a partir da digestão de 200 mg de matéria seca com solução digestora de ácido sulfúrico e posterior destilação, segundo metodologia descrita por TEDESCO (106).

Para a determinação da área foliar foram amostradas 10 folhas por parcela, sendo a mesma determinada pelo método do disco. O índice de área foliar foi obtido pela razão entre a área foliar da planta e a área no terreno ocupada por esta planta.

Os macronutrientes nas folhas maduras foram determinados amostrando-se um folíolo por planta no terço médio da mesma e na época do florescimento, de acordo com metodologia proposta por TRANI *et alii* (107), sendo amostradas 30 plantas por parcela.

O índice de colheita (IC), conceito definido por DONALD (38) e WALLACE & MUNGER (119) como a proporção do rendimento biológico que representa o rendimento agrícola, foi obtido pela expressão:

$$IC = \frac{\text{Produção de grãos}}{\text{Produção de grãos} + \text{Produção de palha}}$$

O índice de colheita para nitrogênio (ICN), razão entre o nitrogênio contido na semente e o nitrogênio presente na planta

inteira na época da maturidade (palha), de acordo com conceito proposto por CANVIN (24) foi obtido pela expressão:

$$\text{ICN} = \frac{\text{N-grãos}}{\text{N-grãos} + \text{N-palha}}$$

O número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes foram determinados a partir de uma amostra de 10 plantas coletadas na fileira central de cada parcela.

Para a avaliação da produção de grãos, foram coletadas todas as plantas da fileira central de cada parcela. Posteriormente, as plantas foram secas ao ar, pesadas e os grãos retirados e pesados, corrigindo-se o teor de umidade para 13% para determinação da produção em kg/ha.

O teor de proteína nos grãos foi obtido multiplicando-se a concentração de N-total nos grãos pelo fator 6,25.

3.6. Dinâmica do Nitrogênio no Solo

Para o estudo da dinâmica do nitrogênio no solo foram estabelecidos dois esquemas de amostragens, determinando-se basicamente os teores de nitrato e amônio no solo.

No primeiro esquema de amostragem, determinaram-se aleatoriamente três pontos da área experimental. O solo foi amostrado até 1,2 m de profundidade, sendo as coletas realizadas a cada 20cm. Esta amostragem foi realizada um dia antes da instalação do experi

mento.

No segundo esquema de amostragem, as amostras foram reti radas ao longo do ciclo da cultura, aproximadamente a cada 20 dias. O solo foi amostrado em função da profundidade, dos níveis de adu bação nitrogenada e das cultivares, ou seja, foram escolhidos alea toriamente pontos representativos dos três níveis de nitrogênio e das três cultivares em estudo, realizando-se as coletas nas mesmas profundidades do esquema anterior. Foi usado um fatorial 6 x 3 x 3 sem repetição, sendo a análise estatística efetuada de acordo com GOMES (53).

O solo foi coletado com um trado holandês, acondicionado em sacos plásticos, sendo as amostras conduzidas imediatamente ao laboratório, onde foram pesadas e tratadas com solução de KCl 2 N para extração dos íons NH_4^+ e NO_3^- , de acordo com método proposto por BREMNER (18).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dinâmica do Nitrogênio no Solo

Os teores de nitrato e amônio detectados nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 e 100-120 cm antes da instalação do experimento podem ser observados na Figura 2. Apesar dos baixos teores de nitrogênio mineral detectados no perfil do solo, percebe-se que as diferentes formas de nitrogênio apresentaram um comportamento distinto, sendo observada uma maior variação no teor de nitrato no perfil em relação ao teor de amônio.

Na Figura 2 observa-se ainda que o nitrato apresenta-se mais concentrado na camada superior, de 0 a 20 cm, baixando gradualmente nas camadas subsequentes e voltando a aumentar nas camadas inferiores. Este comportamento se explica pelo fato da camada superior conter a maior parte da matéria orgânica do solo, a qual representa uma fonte potencial de nitrogênio para as plantas, pois a mesma, em condições favoráveis, sofre processos de mineralização e o nitrogênio aí contido é convertido às formas inorgânicas ou minerais. O nitrato produzido nas camadas superiores, ficando livre na solução do solo, é lixiviado no perfil, tendendo acumular nas

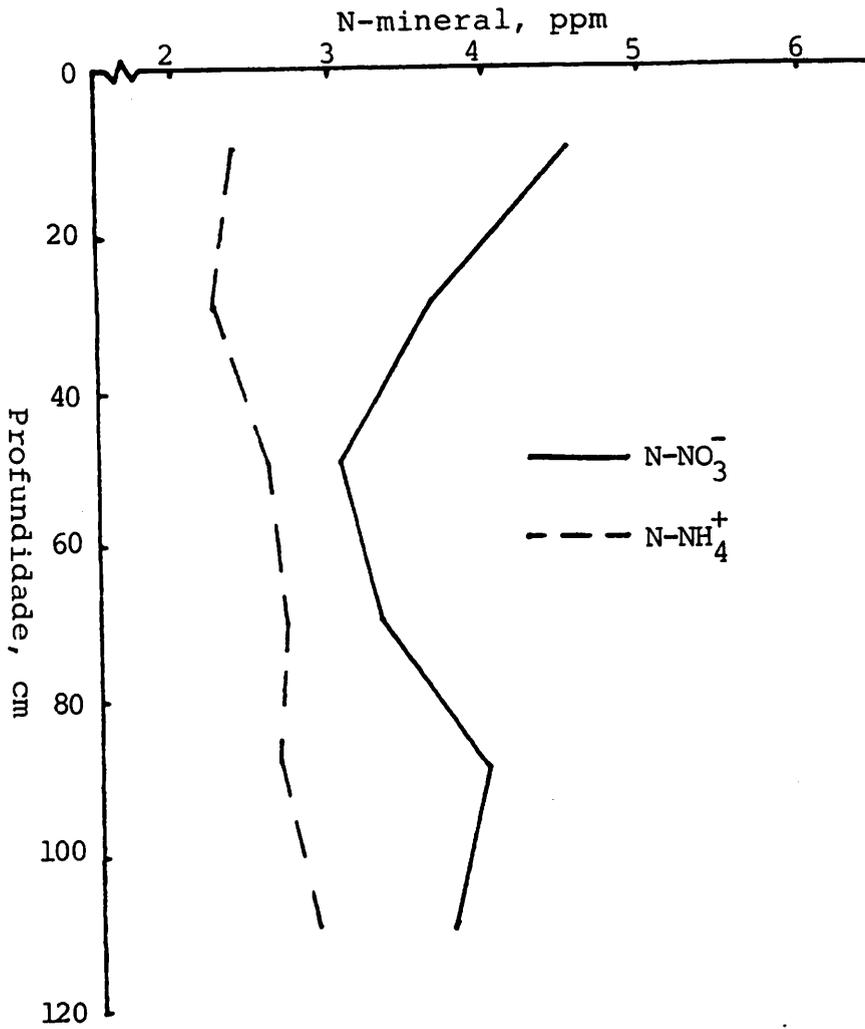


FIGURA 2 - Concentração de nitrogênio mineral a diferentes profundidades do solo antes da instalação do experimento.

camadas inferiores, pois estas, como sugerem GARDNER (52), PRAIT (91) e WILD (120) apresentam maiores proporções de argilas sesquioxídicas, menores teores de matéria orgânica e menores valores de pH, apresentando conseqüentemente um maior número de cargas positivas, as quais parecem exercer uma certa influência sobre a retenção do íon nitrato no solo.

Em condições naturais no solo em estudo, a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ foi de aproximadamente 1/1, com exceção da camada arável, onde esta relação aumentou sensivelmente (Figura 2). Esta maior concentração de nitrato na camada superior deve-se provavelmente à prática da calagem realizada na área experimental antes da amostragem, pois como apregoam CORNFIELD (31), DANCER *et alii* (34), KIEHL & COBRA NETO (69) e CHITOLINA & GLÓRIA (28), a calagem favorece de forma bastante acentuada a atividade dos microorganismos nitrificantes. Desta forma, a calagem na camada de 0 a 20 cm parece ter acentuado o processo da nitrificação, o que não ocorreu no subsolo.

A Tabela 3 apresenta os quadrados médios e respectivos níveis de significância relativos aos teores de nitrato e amônio detectados na área experimental no decorrer do desenvolvimento da cultura. Observa-se grande variação do nitrato no sistema solo em todas as amostragens, sendo sua concentração afetada pela profundidade, cultivares e em menor grau, pelos níveis de nitrogênio aplicados ao solo. A concentração de amônio não sofreu variações expressivas, sendo significativo apenas o efeito de níveis e interação C x N na terceira amostragem. Os coeficientes de variação referen

tes à concentração de nitrato e amônio observados na Tabela 3 dão uma idéia da grande variação apresentada pelo nitrato em comparação com o amônio.

Na primeira amostragem, realizada 25 dias após o plantio, quando foi aplicado 1/3 do nitrogênio, a camada de 0 a 20 cm apresentou os menores teores de nitrato, enquanto que nas demais camadas praticamente não houve diferença na concentração deste ânion (Tabela 4). Isto se deve ao fato de a camada superior abrigar o maior número de raízes ativas, as quais estão em constante processo de absorção de íons. Esta tendência se confirma nas coletas posteriores, quando se observa que o nitrato se concentra principalmente abaixo de 40 cm de profundidade.

Devido ao fato da segunda amostragem ter sido realizada 15 dias após a aplicação da segunda dose de nitrogênio, a interação P x N foi altamente significativa, sendo que o comportamento descrito acima com relação à concentração de nitrato nas camadas superiores foi confirmado (Tabela 3).

É interessante notar, que a partir dos 60 cm de profundidade, a concentração de nitrato aumenta com o aumento do nível de nitrogênio (Tabela 5), indicando que há uma correlação positiva entre as profundidades abaixo de 60 cm e os níveis de adubação nitrogenada, isto é, quanto maior o nível de N, mais nitrato pode acumular nas camadas mais profundas. Isto também foi observado por MEIRELES *et alii* (77) e LIMA FILHO & NEPTUNE (74) os quais alertaram para o fato de que adubações pesadas com fertilizantes nitrogena

TABELA 3 - Resultado da análise de variância referente aos teores de nitrato e amônio no solo, durante o ciclo da cultura do feijão.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio							
		N-NO ₃ ⁻ (ppm)				N-NH ₄ ⁺ (ppm)			
		1	2	3	4 ^{1/}	1	2	3	4 ^{1/}
Profundidade (P)	5	5,4001*	13,1171**	11,9606**	15,4913**	0,0234	0,0266	0,0090	0,0857
Cultivares (C)	2	5,8386*	2,2964**	4,3441*	2,7384*	0,0138	0,0143	0,0524	0,0078
Níveis de N (N)	2	1,6218	1,0831	4,7137	0,7422	0,0652	0,0010	0,3745**	0,2663
P x C	10	2,0776	1,4621	0,8826	0,6244	0,0117	0,0135	0,0110	0,0211
P x N	10	0,5084	3,1034	1,7573	1,6092	0,0119	0,0165	0,0231	0,1200
N x C	4	2,0478	0,5432	0,9729	0,7330	0,0241	0,0180	0,0839*	0,1831
Resíduo (PxNxN)	20	1,2451	0,6446	0,8117	0,4817	0,0191	0,0152	0,0239	0,1015
Média		4,22	3,99	4,01	3,85	3,16	2,38	2,59	2,21
CV (%)		26,38	20,08	22,44	18,02	4,37	5,16	5,96	14,39

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

^{1/} Amostragem com 20, 40, 60 e 80 dias após a germinação, respectivamente.

dos, além de acarretar maiores perdas de nitrogênio podem provocar a poluição dos recursos hídricos naturais.

TABELA 4 - Teores médios de nitrato detectados no solo em função de profundidades e em parcelas com diferentes cultivares de feijão.

Parâmetros	N-NO ₃ ⁻ (ppm)			
	1	2	3	4 ^{1/}
Profundidade (cm)				
0 - 20	2,78 b	-	2,65 b	2,29 c
20 - 40	4,90 a	-	2,84 b	2,34 c
40 - 60	4,10 a	-	4,66 a	3,53 b
60 - 80	4,25 a	-	4,99 a	4,69 ab
80 - 100	4,40 a	-	4,59 a	5,17 a
100 - 120	4,82 a	-	5,49 a	5,08 a
Cultivar				
Carioca	3,51 b	3,65 b	3,61 b	3,47 a
Eriparza	4,58 a	4,36 a	4,46 a	3,80 ab
Rio Tibagi	4,53 a	3,97 a	4,47 a	4,27 a

Em cada coluna, médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^{1/} 1, 2, 3, 4 - Amostragem com 20, 40, 60 e 80 dias após a germinação, respectivamente.

TABELA 5 - Teores de nitrato detectados na 2a. amostragem (ppm) em diferentes camadas do solo em função de níveis de adubação nitrogenada.

Profundidades	Níveis de N (kg/ha)		
	0	50	100
0 - 20	2,63 b	2,89 b	2,23 b
20 - 40	2,41 b	2,47 b	2,21 b
40 - 60	5,11 a	5,90 a	3,01 b
60 - 80	4,29 a	4,80 a	5,96 a
80 - 100	3,88 b	4,06 b	5,90 a
100 - 120	3,37 b	4,36 b	5,82 a

Nas colunas, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação à concentração de nitrato nas parcelas correspondentes às cultivares, observa-se que em todas as amostragens, os menores teores de nitrato foram detectados nas áreas cultivadas com a cultivar Carioca, não havendo diferença significativa entre os teores deste íon nas áreas cultivadas com as demais cultivares (Tabela 4). Estes resultados sugerem que a cultivar Carioca foi mais eficiente na absorção do nitrato, uma vez que as concentrações médias desse íon nas parcelas plantadas com essa cultivar foram menores.

A Tabela 6 apresenta uma estimativa das perdas de nitrato por lixiviação nas parcelas onde estavam localizadas as cultiva

res em estudo com a aplicação de 50 a 100 kg de N/ha. Esta estimativa foi realizada tomando-se como base a diferença entre o teor final de nitrato nas camadas abaixo de 60 cm e o teor inicial, também abaixo de 60 cm. Os dados desta Tabela vêm confirmar os resultados anteriores, evidenciando a superioridade da cultivar Carioca na absorção de nitrogênio, uma vez que as parcelas desta cultivar foram as que apresentaram as menores perdas por lixiviação de nitrato, vindo logo após, as parcelas com Rio Tibagi e Eriparza.

Este comportamento pode estar associado a fatores fisiológicos e/ou morfológicos da própria planta. A cultivar Carioca, devido ao seu maior porte, pode apresentar um sistema radicular mais volumoso e agressivo, explorando conseqüentemente um maior volume de solo. Estes resultados vêm corroborar a assertiva de URQUIAGA CABALLERO (109), segundo a qual, plantas com alta produção de biomassa e de maior sistema radicular são mais eficientes no aproveitamento do nitrogênio, tendo grande influência no movimento do N no perfil do solo e nas perdas por lixiviação. Observa-se ainda na Tabela 6, que as perdas de nitrogênio por lixiviação aumentam com o nível de adubação nitrogenados.

O íon amônio, em condições climáticas e edáficas próprias é rapidamente convertido a nitrato. Como as condições experimentais estavam adequadas, com temperaturas ideais para o desenvolvimento das bactérias nitrificantes, além de boas condições de precipitação e umidade do solo (Figura 1), este processo não sofreu qualquer impedimento, pois os teores de amônio logo se estabiliza

ram em níveis bem inferiores aos de nitrato no decorrer do desenvolvimento da cultura (Tabela 3). Apenas na terceira amostragem, realizada 30 dias após a cobertura, é que houve diferença significativa entre níveis e interação N x C, indicando que os teores de amônio no solo variaram em função da ação conjunta de níveis e cultivares.

TABELA 6 - Estimativa de perdas por lixiviação de nitrato (kg/ha) por diferentes cultivares de feijão, com aplicação de 50 a 100 kg de N/ha.

Cultivar	Nível de N (kg/ha)		Média
	50	100	
Carioca	2,08	7,70	4,89
Rio Tibagi	3,64	10,02	6,83
Eriparza	10,18	11,78	10,98

4.2. Nitrogênio na Planta e Diagnose Foliar

Para o estudo do nitrogênio na planta foi feita uma análise do teor de nitrogênio total na parte aérea do feijoeiro na época do florescimento e uma avaliação do acúmulo de nitrogênio pelas diferentes partes da planta durante o desenvolvimento da cultura. A eficiência do feijoeiro na translocação do nitrogênio da parte vegetativa para a parte reprodutiva foi avaliada através do

índice de colheita para nitrogênio (ICN), conceito proposto por CANVIN (24) que representa a proporção de nitrogênio carregada para os grãos.

O efeito de cultivares sobre o acúmulo de N-total na parte aérea foi altamente significativo. Em condições de adubação nitrogenada, a cultivar Carioca acumulou mais nitrogênio que a cultivar Rio Tibagi, não diferindo da Eriparza. Em condições de inoculação, embora ocorrendo a mesma tendência, não houve diferença significativa entre as cultivares (Tabela 7 e 8). De um modo geral, esses resultados indicam que a cultivar Carioca foi mais eficiente na absorção de nitrogênio, o que vem reforçar os resultados apresentados anteriormente sobre a dinâmica do nitrogênio na área experimental.

Os níveis de nitrogênio afetaram de forma altamente significativa a concentração de N-total na parte aérea do feijoeiro independentemente da cultivar, sendo esta relação expressa por uma regressão quadrática (Figura 3). A influência da adubação nitrogenada sobre o aumento da concentração de nitrogênio total no tecido vegetal do feijoeiro também foi observada por PECK & MacDONALD(86).

Embora não tenha sido detectada diferença significativa entre adubação nitrogenada e inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio, o teor médio de N-total das plantas inoculadas foi inferior ao observado nas plantas que receberam as maiores doses de nitrogênio, apesar de terem acumulado 53% mais nitrogênio do que a testemunha (Tabela 9). De acordo com EDJE *et alii* (40) e SAMENI

et alii (98), um aumento na absorção de nitrogênio proporcionado pela adubação nitrogenada, sugere que a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico não é suficiente para o suprimento adequado de nitrogênio ao feijoeiro. Ressalta-se entretanto que as plantas inoculadas receberam por ocasião do plantio, 20 kg de N/ha e a testemunha não recebeu nada, não sendo possível saber se o aumento no teor de N-total na parte aérea foi devido à ação das bactérias ou ao nitrogênio empregado. Pode-se afirmar todavia, que as plantas inoculadas, mesmo com a ajuda de uma dose inicial de nitrogênio acumularam menos nitrogênio na parte aérea do que as plantas que receberam 50 e 100 kg de N/ha, o que evidencia a pequena contribuição da simbiose *Rhizobium-Phaseoli* no suprimento de nitrogênio para o feijoeiro, como observado por EDJE *et alii* (40) e SAMENI *et alii* (98).

A Figura 4 permite uma melhor visualização da concentração de N-total nas partes vegetativas e reprodutivas (vagens) do feijoeiro, considerando as diferentes cultivares e níveis de nitrogênio. Observa-se que de um modo geral, até os 20 dias após a germinação (DAG), o acúmulo de nitrogênio tanto nas folhas quanto no caule foi baixo, aumentando linearmente até os 56 DAG para as cultivares Carioca e Rio Tibagi, e até os 44 DAG para a cultivar Eriparza. Estes dados indicam que até esta idade (dependendo do ciclo da cultivar) o feijoeiro absorve de forma bastante acentuada o nitrogênio do solo, o que concorda com os resultados obtidos por HAAG *et alii* (59). Estes autores mostraram que todo o nitrogênio

que o feijoeiro necessita é absorvido aproximadamente nos primeiros 50 dias após a germinação. Este comportamento tem importantes implicações na forma de aplicação do adubo nitrogenado, uma vez que o nitrogênio sofre constantes transformações no sistema solo, sendo aconselhável o seu parcelamento ao longo do ciclo da cultura de forma a minimizar as perdas e proporcionar um maior aproveitamento pelas plantas.

Após atingir o pico máximo de acumulação nas partes vegetativas há um aumento no teor de nitrogênio nas partes reprodutivas, indicando que o nitrogênio está sendo translocado para os grãos, o que também foi observado por COBRA NETO *et alii* (30) em estudo sobre absorção de nutrientes pelo feijoeiro.

Na Figura 4, observa-se que de um modo geral, houve efeito da adubação nitrogenada e da inoculação sobre o acúmulo de nitrogênio não só nas partes vegetativas, mas também nas partes reprodutivas das diferentes cultivares de feijão. Os resultados mostram que houve uma tendência de maior acúmulo de nitrogênio nas partes vegetativas da cultivar Carioca com os maiores níveis de nitrogênio, enquanto que a cultivar Rio Tibagi acumulou mais nas vagens.

Com relação ao efeito da inoculação sobre a acumulação de nitrogênio total na parte aérea, observa-se ainda na Figura 4 que um modo geral, os tratamentos inoculados suplantaram os tratamentos sem nitrogênio, mas não foram superiores aos tratamentos que receberam 50 e 100 kg de N/ha. Para a cultivar Rio Tibagi todavia, o efeito da inoculação parece ter sido mais expressivo, uma vez

que os teores médios de N-total nas folhas e principalmente nas vagens desta cultivar quando inoculada ficaram bem próximas do nível mais elevado de nitrogênio. Isto parece sugerir que a simbiose entre a cultivar Rio Tibagi e as estirpes de *Rhizobium* presentes no solo foi mais efetiva em relação à simbiose com as demais cultivares. A especificidade hospedeira na simbiose *Rhizobium-Phaseoli* já está bem estabelecida na literatura, tendo sido observada por vários pesquisadores (47, 63, 96).

TABELA 7 - Resumo da análise de variância referente ao teor de N-total na parte aérea durante o florescimento do feijoeiro, e índice de colheita para nitrogênio (ICN).

	GL	Quadrado Médio	
		N-Total (kg/ha)	ICN
Cultivares (C)	2	504,58**	0,02617**
Níveis (N)	2	3.059,19**	0,00213**
Linear	1	5.583,77**	0,00320*
Quadrático	1	534,61**	0,00106
C x N	4	145,31	0,00097
Cultivares Inoculadas	2	113,70	0,01614*
Adubadas VS Inoculadas	1	202,73	0,00165
Resíduo	22	80,18	0,00044
Média		48,15	0,72
CV (%)		18,59	2,88

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

TABELA 8 - Valores médios de nitrogênio total na parte aérea durante o florescimento do feijoeiro, e índice de colheita para nitrogênio de diferentes cultivares de feijão sob condições de adubação nitrogenada e inoculação.

Cultivares	N- Total (kg/ha)	ICN
a) Com Nitrogênio		
Carioca	57,23 a	0,75 b
Eriparza	49,04 ab	0,67 c
Rio Tibagi	42,28 b	0,78 a
b) Com Inoculação		
Carioca	49,75 a	0,72 b
Eriparza	44,84 a	0,60 c
Rio Tibagi	37,72 a	0,79 a

Em cada coluna, valores seguidos por letras diferentes, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 9 - Teores médios de N-total na parte aérea do feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação.

Suprimento de N	Nível de N (kg/ha)			Média
	0	50	100	
N mineral	28,76	55,81	63,71	49,42
Inoculação	-	-	-	44,03

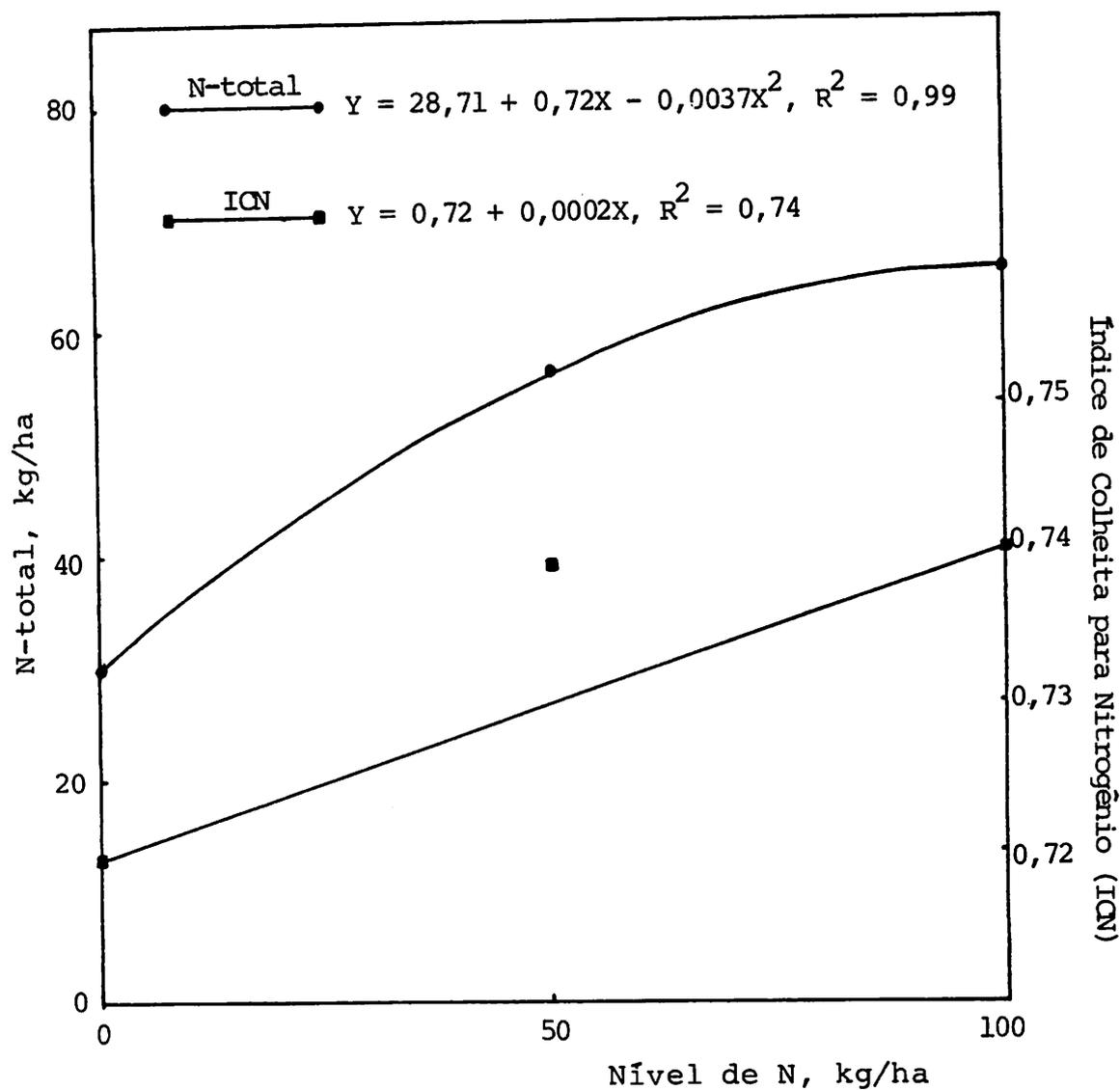


FIGURA 3 - Nitrogênio total na parte aérea e índice de colheita para nitrogênio (ICN) apresentados pelo feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada.

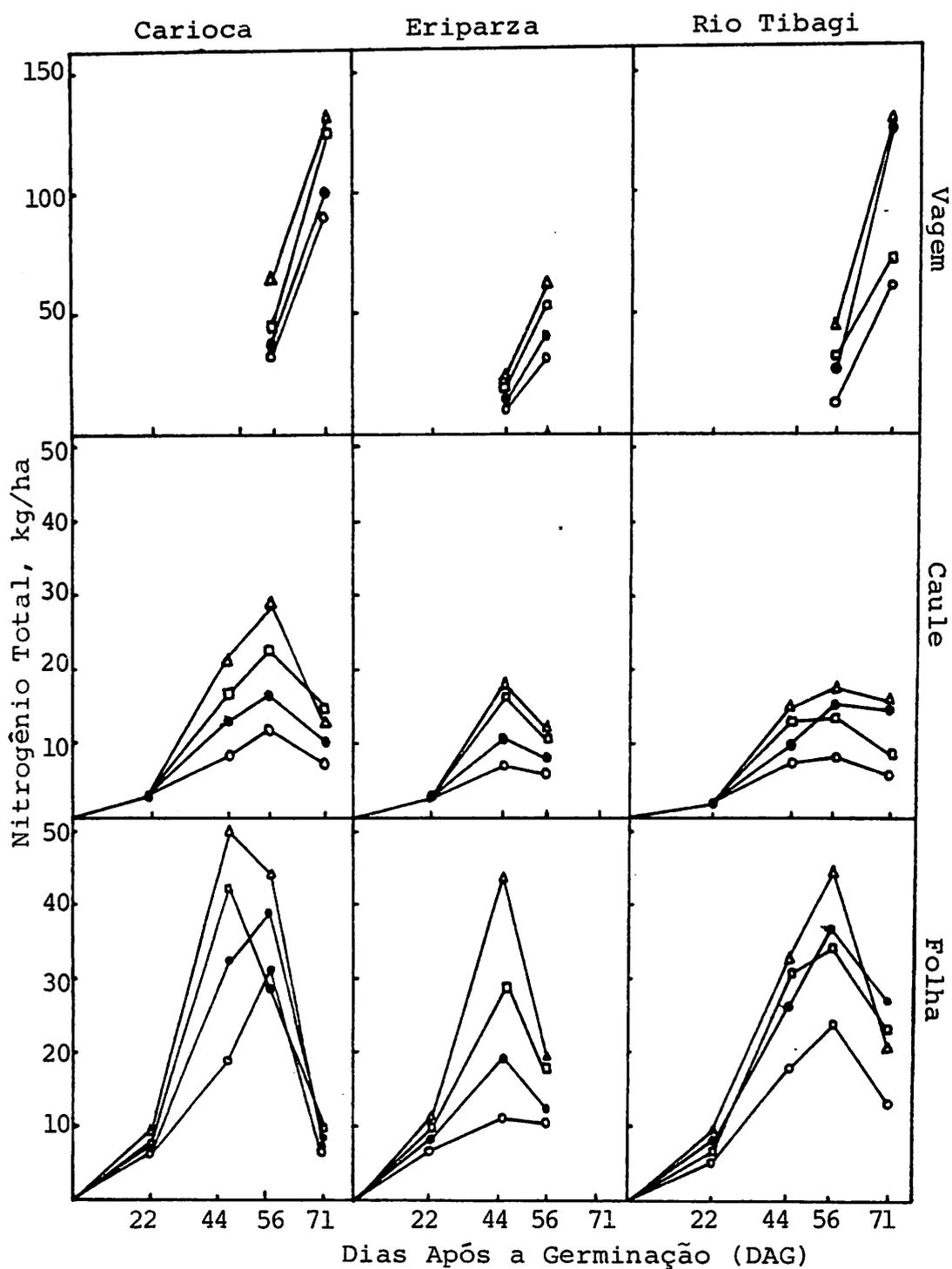


FIGURA 4 - Acúmulo de nitrogênio total pela parte aérea de 3 cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação com bactérias fixadoras de N_2 atmosférico (○—○ - 0 kg de N/ha, □—□ - 50 kg de N/ha, △—△ - 100 kg de N/ha, ●—● - inoculação).

O efeito de cultivares foi altamente significativo sobre o índice de colheita para nitrogênio, sendo esta característica também influenciada significativamente pelos níveis de adubação nitrogenada e pelas cultivares inoculadas (Tabela 7).

Na Tabela 8 percebe-se a grande variação entre as cultivares para o índice de colheita para nitrogênio. Tanto em condições de adubação nitrogenada quanto em condições de inoculação, a cultivar Rio Tibagi foi a que apresentou maior ICN, vindo a seguir a cultivar Carioca e por último, a Eriparza. Estes resultados sugerem, como apregoam JEPPSON *et alii* (66), que há diferenças genéticas entre cultivares de uma mesma espécie vegetal em relação ao índice de colheita para nitrogênio. Estas diferenças são resultantes da mobilização diferencial de nitrogênio dos órgãos vegetativos para os reprodutivos. BEAUCHANP *et alii* (12) trabalhando com diferentes híbridos de milho, observou diferenças entre os mesmos na translocação de nitrogênio do tecido foliar para o desenvolvimento dos grãos o que acarretou índices de colheita para nitrogênio específicos para cada híbrido estudado.

Com relação ao efeito dos níveis de nitrogênio sobre o índice de colheita para nitrogênio, nota-se na Figura 3 que o coeficiente de regressão (b) foi linear e positivo entre esses dois fatores, indicando que com o aumento do nitrogênio aplicado no solo há uma maior eficiência na utilização desse nutriente pela planta.

O nitrogênio foi o nutriente mais absorvido pelo feijoei

ro, seguido do potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre (Tabela 10). Resultados semelhantes foram obtidos por GALLO & MIYASAKA (50) e COBRA NETO *et alii* que observaram de um modo geral, a mesma sequência de absorção. O efeito de cultivar foi significativo para todos os nutrientes, com exceção do nitrogênio, que não apresentou significância estatística. A adubação nitrogenada afetou a absorção de quase todos os nutrientes; apenas o potássio não sofreu influência do nitrogênio. A interação N x C foi significativa apenas para o magnésio. Em relação ao efeito da inoculação, as cultivares diferiram entre si apenas em relação à absorção do fósforo e potássio (Tabela 10).

Em condições de adubação nitrogenada, a cultivar Carioca foi superior na absorção do fósforo, não havendo diferença entre as outras cultivares. Em condições de inoculação, a cultivar Rio Tibagi se igualou à Carioca, sobrepujando a cultivar Eriparza (Tabela 11). Em relação à absorção de potássio, a cultivar Eriparza foi superior em ambas as situações (com nitrogênio e inoculação) não sendo constatada diferença estatística entre as demais cultivares. As cultivares Rio Tibagi e Eriparza foram as que menos absorveram cálcio e enxofre respectivamente, em condições de adubação nitrogenada, enquanto que em condições de inoculação não houve diferença estatística entre as cultivares na absorção destes elementos (Tabela 11).

Estes resultados sugerem que as cultivares podem diferir na eficiência de absorção não apenas do nitrogênio, mas também de

TABELA 10 - Resumo da análise de variância referente ao estado nutricional do feijoeiro por ocasião do florescimento

Fonte de	GL	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Quadrado Médio							
Cultivares (C)	2	0,3099	0,01957**	0,8362**	0,3411**	0,0571**	0,0033*
Níveis (N)	2	2,1259**	0,00496*	0,0342	0,2543*	0,0714**	0,0004
Linear	1	4,0328**	0,00802**	-	0,4224**	0,1300**	-
Quadrático	1	0,1493	0,00189	-	0,0763	0,0127	-
C x N	2	0,1055	0,00058	0,0596	0,1087	0,0113*	0,0002
N:Carioca	1	-	-	-	-	0,0572**	-
Linear	1	-	-	-	-	0,0988**	-
Quadrático	1	-	-	-	-	0,0156*	-
N:Eruparza	2	-	-	-	-	0,0002	-
N:Rio Tibagi	2	-	-	-	-	0,0343**	-
Linear	1	-	-	-	-	0,0682**	-
Quadrático	1	-	-	-	-	0,0004	-
Cultivares Inoculadas	2	0,1649	0,00563*	0,4755**	0,0217	0,0034	0,0019
Aduçadas vs Inoculadas	1	0,1311	0,00718	0,3192*	0,0138	0,0081	0,0005
Resíduo	22	0,1170	0,00063	0,0535	0,0553	0,0032	0,0006
Media		4,21	0,43	2,88	1,79	0,48	0,25
CV (%)		8,04	5,83	8,01	12,25	11,78	9,90

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

TABELA 11 - Teores médios de P, K, Ca e S (%) no tecido foliar de 3 cultivares de feijão, por ocasião da floração, em condições de adubação nitrogenada e inoculação.

Cultivar	P	K	Ca	S
a) Com nitrogênio				
Carioca	0,48 a	2,77 b	1,93 a	0,27 a
Eriparza	0,39 b	3,16 a	1,89 a	0,23 b
Rio Tibagi	0,41 b	2,56 b	1,51 b	0,25 a
b) Com inoculação				
Carioca	0,50 a	2,69 b	1,75 a	0,28 a
Eriparza	0,41 b	3,48 a	1,80 a	0,23 a
Rio Tibagi	0,46 a	2,97 b	1,92 a	0,26 a

Em cada coluna, valores seguidos por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

outros nutrientes, o que já está bem estabelecido para diversas culturas, como o milho, trigo, soja e arroz (9, 19, 65, 75).

A Figura 5 apresenta a concentração de N, P e Ca no tecido foliar do feijoeiro por ocasião do florescimento em função de níveis de adubação nitrogenada. Como era de se esperar, houve uma regressão linear e positiva entre o teor de nitrogênio no tecido foliar e os níveis de adubação nitrogenada, o que indica que quanto maior a disponibilidade de nitrogênio no solo, maior a absorção deste elemento pelo feijoeiro. Esta relação já foi objeto de numerosos trabalhos de pesquisa, tendo sido observada em plantas de feijão por RIES (92) e CACKETT (22) e em milho por SILVA (101).

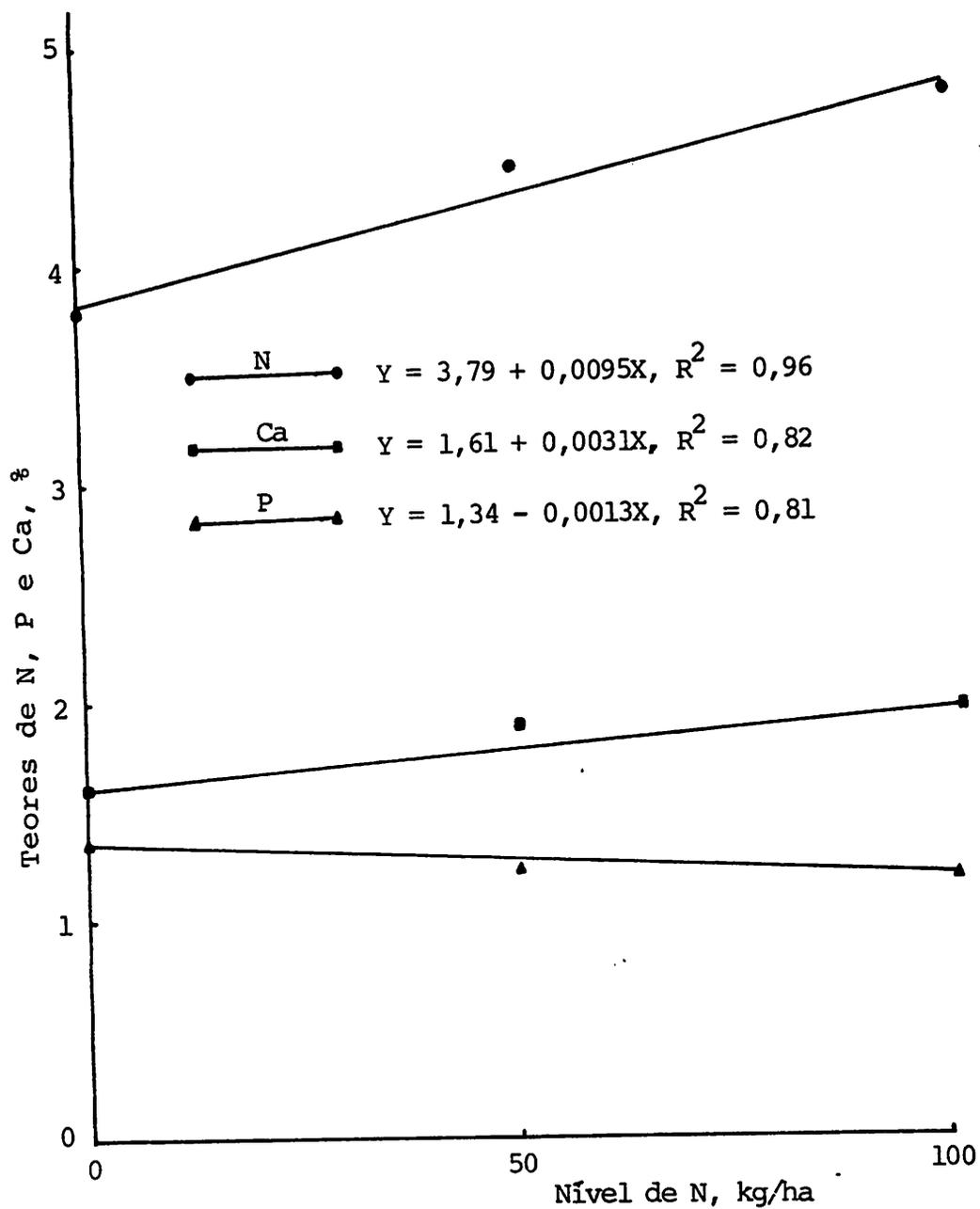


FIGURA 5 - Teores de nitrogênio, fósforo e cálcio no tecido foliar do feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada.

Ainda na Figura 5, observa-se que quanto maior o nível de nitrogênio no solo, mais cálcio é absorvido pelo feijoeiro, o que também foi observado por BARTLETT (10), FENN & MIYAMOTO (42), COX & SEELEY (33) e FENN *et alii* (43). Várias hipóteses foram propostas para explicar este fenômeno, sendo que no caso do trabalho em foco, o nitrogênio parece ter promovido uma maior proliferação do sistema radicular do feijoeiro, o que é crucial para a absorção de cálcio, uma vez que este nutriente é absorvido predominantemente por raízes jovens na região meristemática.

Com relação à absorção de fósforo, observa-se (Figura 5) um coeficiente de regressão linear e negativo entre o teor deste elemento no tecido foliar e os níveis de nitrogênio. Um efeito semelhante foi observado por COBRA NETO *et alii* (30). As causas desta regressão ainda estão muito obscuras na literatura. No presente trabalho, como os teores médios dos elementos no tecido foliar foram determinados em porcentagem, uma provável hipótese para explicar esta correlação é que pode ter havido um efeito de diluição provocado pela adubação nitrogenada, isto é o nitrogênio proporcionou um maior crescimento da planta, causando uma diluição na concentração de fósforo no tecido vegetal.

As três cultivares apresentaram um comportamento diferencial com relação à influência do nitrogênio sobre a concentração de magnésio no tecido foliar, tendo sido observado um efeito quadrático para a cultivar Carioca e linear para a Rio Tibagi. A absorção de magnésio pela cultivar Eriparza não foi afetada pela aduba-

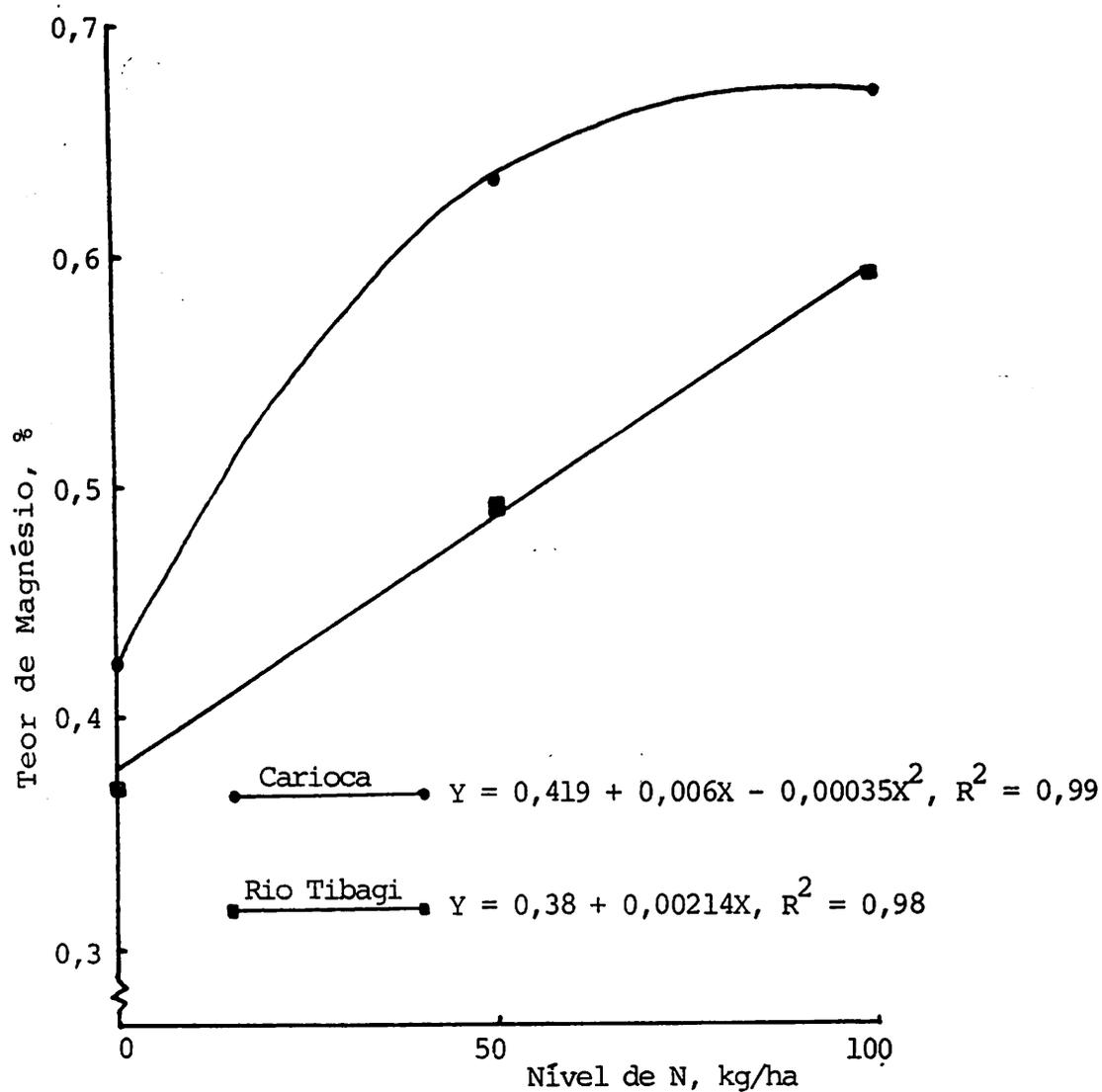


FIGURA 6 - Teor de magnésio no tecido foliar de duas cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada.

ção nitrogenada (Tabela 10 e Figura 6). Estes resultados indicam que a cultivar Carioca foi mais eficiente na utilização do nitrogênio visando maior absorção de magnésio. A cultivar Rio Tibagi por outro lado, foi mais responsiva para esta característica, pois quanto maior o nível de N, mais magnésio foi absorvido por esta cultivar.

4.3. Análise de Crescimento

Para o estudo do crescimento do feijoeiro foram feitas análises da produção de matéria seca da parte aérea e índice de área foliar (IAF) por ocasião do florescimento, e índice de colheita ao final do ciclo da cultura, bem como uma avaliação do acúmulo de matéria seca ao longo do desenvolvimento da cultura.

A produção de matéria seca foi altamente influenciada pelos níveis de nitrogênio, não sendo notada diferença entre as cultivares para esta característica durante a floração. A matéria seca do feijoeiro aumentou linearmente com os níveis de nitrogênio (Tabela 12 e Figura 7). Isto pode ser explicado pelo fato de que na floração a planta ainda está em franco crescimento, precisando de altos níveis de nitrogênio para manter suas atividades metabólicas. O efeito do nitrogênio sobre a produção de matéria seca vem evidenciar a ação deste nutriente na formação dos tecidos e órgãos que compõem a planta, o que já está bem estabelecido não só no caso do feijoeiro, mas também para diversas outras culturas (13, 75, 81, 101).

TABELA 12 - Resumo da análise de variância referente à produção de matéria seca da parte aérea e índice de área foliar (IAF) por ocasião da floração, e índice de colheita (IC) do feijoeiro.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		MS (g/planta)	IAF	IC
Cultivares (C)	2	1,6709	1,9118*	0,0265**
Níveis (N)	2	26,3046**	6,8115**	0,0001
Linear	1	49,7336**	12,1853**	-
Quadrático	1	2,8658	1,3035*	-
C x N	4	0,8772	0,3495	0,0002*
Cultivares inoculadas	2	0,4177	0,6240	0,0131**
Açubadas VS Inoculadas	1	3,4710	1,0200	0,0008
Resíduo	22	1,0132	0,3004	0,0002
Média		4,91	0,72	2,45
CV (%)		20,50	22,37	2,88

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

Como já foi mencionado, até a floração, as diferenças entre as cultivares ainda não haviam se manifestado em termos de produção de matéria seca, mas as mesmas se acentuaram com o desenvolvimento da planta. Até os 22 dias após a germinação (DAG), o acúmulo de matéria seca nas folhas e caules foi bastante lento, indicando um baixo crescimento das plantas neste período. Dos 22 aos 56 DAG houve um rápido crescimento das cultivares Carioca e Rio Tibagi, o que também foi observado para a cultivar Eriparza até 44 DAG.

Para as cultivares Carioca e Rio Tibagi o peso seco do caule e folhas começa a cair acentuadamente aos 56 DAG, momento em que o desenvolvimento das vagens se acentua, o que também foi observado por COBRA NETO *et alii* (30). Nesta ocasião as folhas começam a entrar em processo de senescência, sendo os nutrientes aí armazenados, translocados para as vagens em formação. Devido à sua precocidade, a cultivar Eriparza assume este comportamento mais cedo, aproximadamente aos 44 dias após a germinação (Figura 8).

Para a produção de matéria seca, observa-se que as cultivares em estudo se comportaram de forma diferenciada, sendo a cultivar Carioca a que apresentou as maiores produções na maioria das situações (Figura 8). É interessante observar que houve uma tendência de maior eficiência da inoculação na cultivar Rio Tibagi, uma vez que neste caso, as plantas inoculadas suplantaram as plantas que receberam 50 kg de N/ha, igualando-se às que receberam o nível mais elevado de nitrogênio. Este comportamento já havia sido observado com relação ao acúmulo de N-total pela cultivar Rio Tibagi o que reforça a hipótese de que há uma simbiose mais eficiente desta cultivar com as estirpes de *Rhizobium* presentes no solo.

Com relação ao índice de área foliar (IAF), observa-se um efeito altamente significativo dos níveis de nitrogênio, e significativo das cultivares. Tendo sido detectado efeito quadrático dos níveis de N sobre esta característica (Figura 7). Com a adubação nitrogenada, as cultivares Carioca e Rio Tibagi apresentaram os

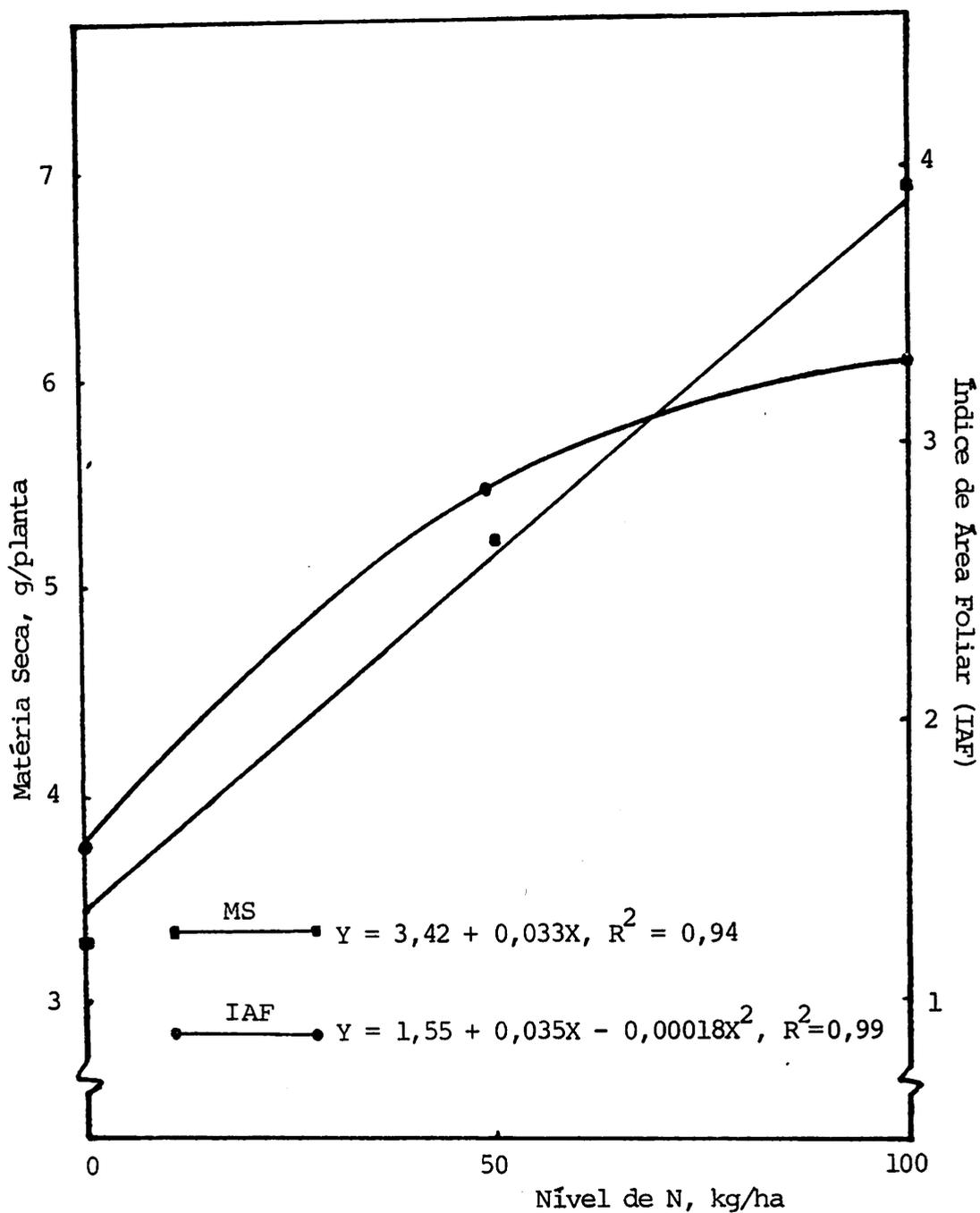


FIGURA 7 - Produção de matéria seca da parte aérea e índice de área foliar (IAF) do feijoeiro na época do florescimento, em função de adubação nitrogenada.

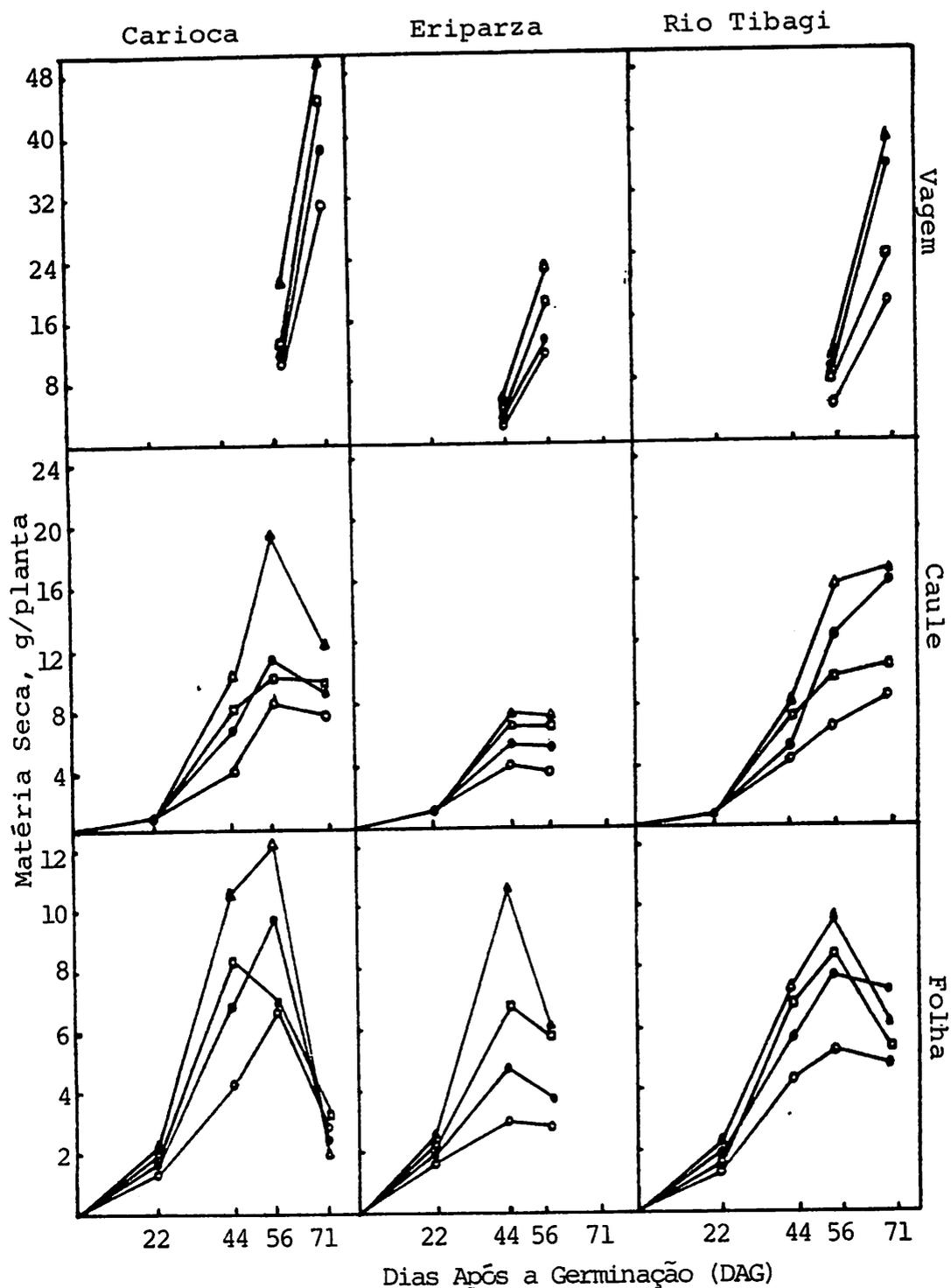


FIGURA 8 - Acúmulo de matéria seca na parte aérea de 3 cultivares de feijão, em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação com bactérias fixadoras de N_2 atmosférico (○—○ - 0 kg de N/ha, □—□ - 50 kg de N/ha, △—△ - 100 kg de N/ha, ●—● - inoculação).

maiores índices de área foliar, superando a cultivar Eriparza. Embora sem significância estatística, a mesma tendência foi observada em condições de inoculação (Tabela 13).

TABELA 13 - Características de crescimento de cultivares de feijão em condições de adubação nitrogenada e inoculação.

Cultivar	MS (g/planta)	IAF	IC
a) Com Nitrogênio			
Carioca	5,47 a	2,93 a	0,37 a
Eriparza	5,18 a	2,03 b	0,27 c
Rio Tibagi	4,62 a	2,67 a	0,34 b
b) Com Inoculação			
Carioca	4,78 a	2,58 a	0,36 a
Eriparza	4,29 a	1,67 a	0,24 c
Rio Tibagi	4,04 a	2,81 a	0,34 b

Em cada coluna, valores seguidos por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando-se a adubação nitrogenada em contraste com a inoculação, observa-se que não houve diferença estatística entre esses dois modos de fornecimento de nitrogênio para as plantas em termos de produção de matéria seca e índice de área foliar (Tabela 12). Quando se compara os tratamentos inoculados com os níveis de nitrogênio isoladamente, constata-se todavia, que a inoculação mais 20 kg de N/ha aumentou em 37% e 38% a produção de matéria seca e índice de área foliar respectivamente, em relação à testemunha (Tabela 14), não superando os tratamentos que receberam os níveis

mais elevados de nitrogênio. Desta forma, a exemplo do que se observou em relação ao N-total no tecido vegetal, apesar de não se poder afirmar que as plantas inoculadas foram superiores às plantas que não receberam nitrogênio, pode-se dizer que as plantas que receberam 50 e 100 kg de N/ha foram as que apresentaram um maior crescimento e maior área foliar em relação às plantas inoculadas, o que sugere que a prática da inoculação não pode substituir a adubação nitrogenada nas condições em que foi realizado o trabalho.

TABELA 14 - Produção de matéria seca da parte aérea e índice de área foliar do feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação.

Característica	Nível de N (kg/ha)			Média
	0	50	100	
a) Matéria seca				
N mineral	3,19	5,54	6,52	5,08
Inoculação	—	—	—	4,37
b) Índice de Área Foliar				
N mineral	1,56	2,85	3,21	2,54
Inoculação	—	—	—	2,15

O índice de colheita transmite uma idéia da capacidade da planta em converter os nutrientes absorvidos para a produção de grãos. Segundo VIEIRA *et alii* (116) e ANDRADE (5), elevado índice de colheita é uma característica que tem atraído os melhoristas vi

The first part of the document is a letter from the Secretary of the State to the Governor, dated the 1st day of January, 1862. The letter is addressed to the Governor and is signed by the Secretary of the State. The letter contains the following text:

Sir, I have the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 29th inst. in relation to the matter of the

application of the

The second part of the document is a letter from the Governor to the Secretary of the State, dated the 1st day of January, 1862. The letter is addressed to the Secretary of the State and is signed by the Governor. The letter contains the following text:

Sir, I have the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 29th inst. in relation to the matter of the

application of the

sando altos rendimentos agrícolas para a cultura do feijão. O efeito da cultivares tanto em condições de adubação nitrogenada quanto em condições de inoculação foi altamente significativo, não sendo detectado efeito dos níveis de adubação sobre esta característica (Tabela 12).

Os resultados obtidos neste trabalho em relação ao índice de colheita apontaram a cultivar Carioca como sendo a mais eficiente na translocação do nitrogênio para a produção de grãos, uma vez que a mesma apresentou o mais alto índice de colheita em relação às demais cultivares. A diferença entre cultivares em relação a esta característica já está bem estabelecida por um grande número de trabalhos de pesquisa (5, 116, 119).

Um argumento bastante utilizado baseia-se no fato de que quando se aumenta a disponibilidade de nitrogênio para as plantas, ocorre um excessivo incremento da parte vegetativa em detrimento da parte reprodutiva, o que deveria contribuir para reduzir o índice de colheita nos maiores níveis de nitrogênio. Tal fato não foi observado nesse trabalho, indicando a inconsistência desse argumento.

4.4. Produção de Grãos e Seus Componentes

Com relação aos componentes primários da produção de grãos, isto é, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes, observou-se teste F altamente signi

ficativo para cultivares. O efeito dos níveis de adubação foi significativo para todos os componentes da produção, com exceção do peso de 100 sementes, apesar deste caráter ter mostrado uma boa precisão ($CV \% = 5,79$). A interação C x N foi não significativa para todas as três características (Tabela 15).

Quando se compara o desempenho das cultivares quando adubadas em relação às inoculadas, observa-se que apenas o número de sementes por vagem foi afetado (Tabelas 15 e 17). Constatou-se que na média das três cultivares, o material que recebeu apenas a inoculação apresentou um número médio de sementes por vagem 12% inferior ao do adubado. Considerando apenas as cultivares quando adubadas, observa-se que as cultivares Carioca e Rio Tibagi apresentaram comportamento semelhante para o número de sementes por vagem e número de vagens por planta. Já para o peso de 100 sementes, como era esperado, houve diferença significativa entre as três cultivares, sendo a Eriparza a que apresentou as maiores sementes (Tabela 16).

Para a característica número de vagens por planta, o feijoeiro respondeu linearmente aos níveis de adubação aplicados, considerando o desempenho médio das três cultivares (Figura 9). Considerando que este caráter é o que normalmente apresenta maior correlação positiva com a produção de grãos (87, 94, 100, 113) é esperado que este comportamento se reflita na produção de grãos. Para o número de sementes por vagem por outro lado, a resposta do feijoeiro aos níveis de nitrogênio foi quadrática (Figura 9). Estes

TABELA 15 - Resumo da análise de variância referente aos dados de número de sementes por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 sementes (g), produção de grãos(kg/ha) e proteína nos grãos (%) apresentados pela cultura do feijão.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Nº Sem./Vag.	Nº Vag./Pl.	Peso 100 Sem.	Prod. Grãos
Cultivares (C)	2	4,7525**	39,5392**	175,2174**	2.851.817,0**
Níveis (N)	2	5,4774**	37,4581**	2,1772	911.183,4**
Linear	1	8,3368**	70,8050**	-	1.655.957,3**
Quadrático	1	2,6180**	4,1112	-	166.408,9
C x N	4	0,1737	4,8648	1,2975	249,075,5*
N:Carioca	2	-	-	-	798.713,1**
Linear	1	-	-	-	1.060.526,2**
Quadrático	1	-	-	-	536.900,1*
N:Eriparza	2	-	-	-	49.378,5
N:Rio Tibagi	2	-	-	-	561.242,3**
Linear	1	-	-	-	1.041.383,3**
Quadrático	1	-	-	-	81.093,0
Cultivares Inoculadas	2	1,9084**	7,4544	46,6259**	812,804,5*
Inoculadas vs Adubadas	1	1,8699**	5,9270	0,2112	5.804,5
Resíduo	22	0,2872	4,1983	1,5189	83.390,3
Média		4,80	8,50	21,26	1.361,2
CV (%)		10,97	23,88	5,79	21,21
					22,22
					4,48

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

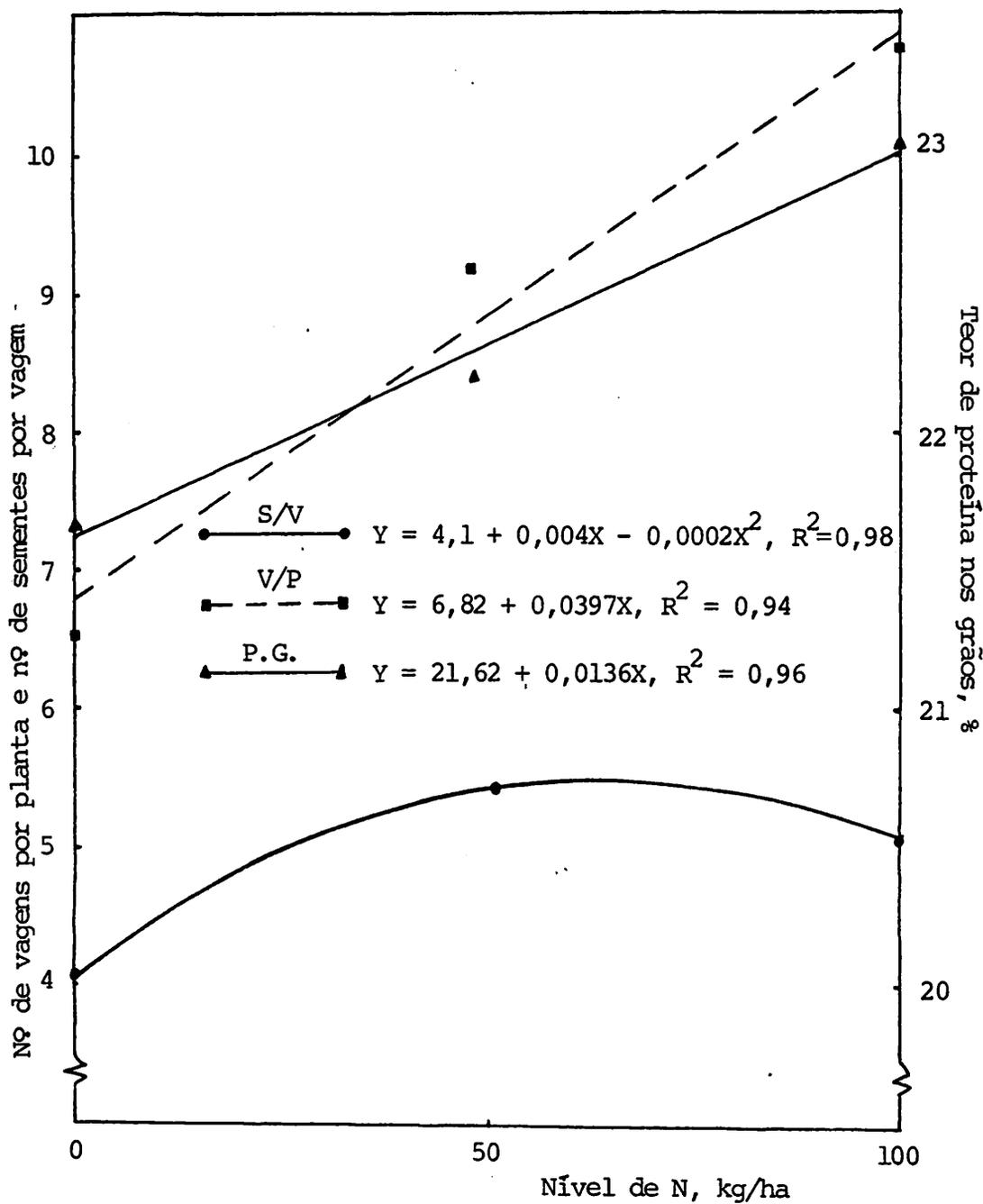


FIGURA 9 - Nº de vagens por planta (V/P), nº de sementes por vagem (S/V) e teor de proteína nos grãos (P.G.) apresentados pelo feijoeiro em função de níveis de adubação nitrogenada.

resultados concordam em parte com os obtidos por VILLALOBOS (117) que encontrou regressão linear e positiva entre os componentes da produção e níveis de adubação nitrogenada nos municípios de Viçosa, Ponte Nova e Leopoldina, e quadrática em Coimbra, todos no Estado de Minas Gerais.

TABELA 16 - Valores médios de número de sementes por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 sementes (g) e produção de grãos (kg/ha) apresentados por diferentes cultivares de feijão em condições de adubação nitrogenada e inoculação.

Cultivar	Nº Sem./Vag.	Nº Vag./Pl.	Peso 100 Sem.	Prod. Grãos
a) Com Nitrogênio				
Carioca	5,64 a	9,13 a	22,58 b	—
Eriparza	4,23 b	6,57 b	24,78 a	—
Rio Tibagi	5,09 a	10,74 a	16,28 c	—
b) Com Inoculação				
Carioca	4,80 a	8,30 a	22,89 b	1.720 a
Eriparza	3,58 b	6,13 a	24,41 a	748 b
Rio Tibagi	4,48 a	9,20 a	16,93 c	1.551 a

Em cada coluna, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O uso de inoculantes em uma leguminosa tem por finalidade suprir pelo menos em parte as exigências da planta por nitrogênio mineral. Já foi mencionado que em média os tratamentos adubados fo

ram superiores aos inoculados para o número de sementes por vagem, não havendo diferença para os demais componentes da produção. Observando a Tabela 17 contudo, é possível fazer outras inferências com relação ao possível efeito da inoculação. Constata-se por exemplo, que quando se compara os tratamentos inoculados com aqueles que não receberam nitrogênio, os primeiros propiciaram aumento de 9%, 20% e 33% em relação aos demais, para o número de sementes por vagem, número de vagens por planta e produção de grãos, mostrando o efeito positivo do inoculante. Entretanto, como não foram obtidos dados sobre a eficiência da simbiose neste trabalho, o efeito positivo da inoculação sobre estas características não pode ser atribuído apenas às bactérias fixadoras de nitrogênio, mas à ação conjunta de nitrogênio + inoculante, pois de acordo com recomendações de FRANCO & MUNS (48), LIMA (73) e RUSCHEL *et alii* (96) as plantas inoculadas receberam 20 kg de N/ha para suprir suas necessidades em nitrogênio até o estabelecimento do sistema simbiótico. Deve-se salientar contudo, que quando se usou 50 ou 100 kg de N/ha, o desempenho dos feijoeiros foi sempre superior ao do inoculado para as características em foco.

Com relação à produtividade de grãos, o teste de F foi altamente significativo para cultivares e níveis, sendo a interação entre esses dois fatores também significativa ao nível de 5% de probabilidade. A decomposição da interação C x N revelou efeito quadrático dos níveis sobre a produção de grãos da cultivar Carioca, e linear sobre a produção de grãos da cultivar Rio Tibagi. A produção de grãos da cultivar Eriparza não foi afetada pelos ní

TABELA 17 - Número de sementes por vagem, número de vagens por planta e produção de grãos (kg/ha) apresentados pela cultura do feijão em função de níveis de adubação nitrogenada e inoculação.

Característica	Níveis de N (kg/ha)			Média
	0	50	100	
a) Nº Sem./Vag.				
N mineral	4,11	5,45	5,47	5,01
Inoculação	—	—	—	4,48
b) Nº Vag./Pl.				
N mineral	6,55	9,36	10,52	8,81
Inoculação	—	—	—	7,87
c) Prod. Grãos				
N mineral	1.010	1.479	1.615	1.368
Inoculação	—	—	—	1.340

veis de adubação nitrogenada (Tabela 15 e Figura 10). Quando inoculadas as cultivares também diferiram entre si, sendo a Carioca e a Rio Tibagi as que apresentaram as maiores produções, superando a cultivar Eriparza (Tabela 16).

Estes resultados mostram que as cultivares de feijão podem responder de forma diferenciada à adubação nitrogenada, o que também foi observado por POMPEU & IGUE (88). Estes autores apontaram a linhagem de feijão Preto 147 como sendo superior em termos de produção de grãos e seus componentes quando comparada com outras linhagens, em experimento com níveis crescentes de adubação nitro

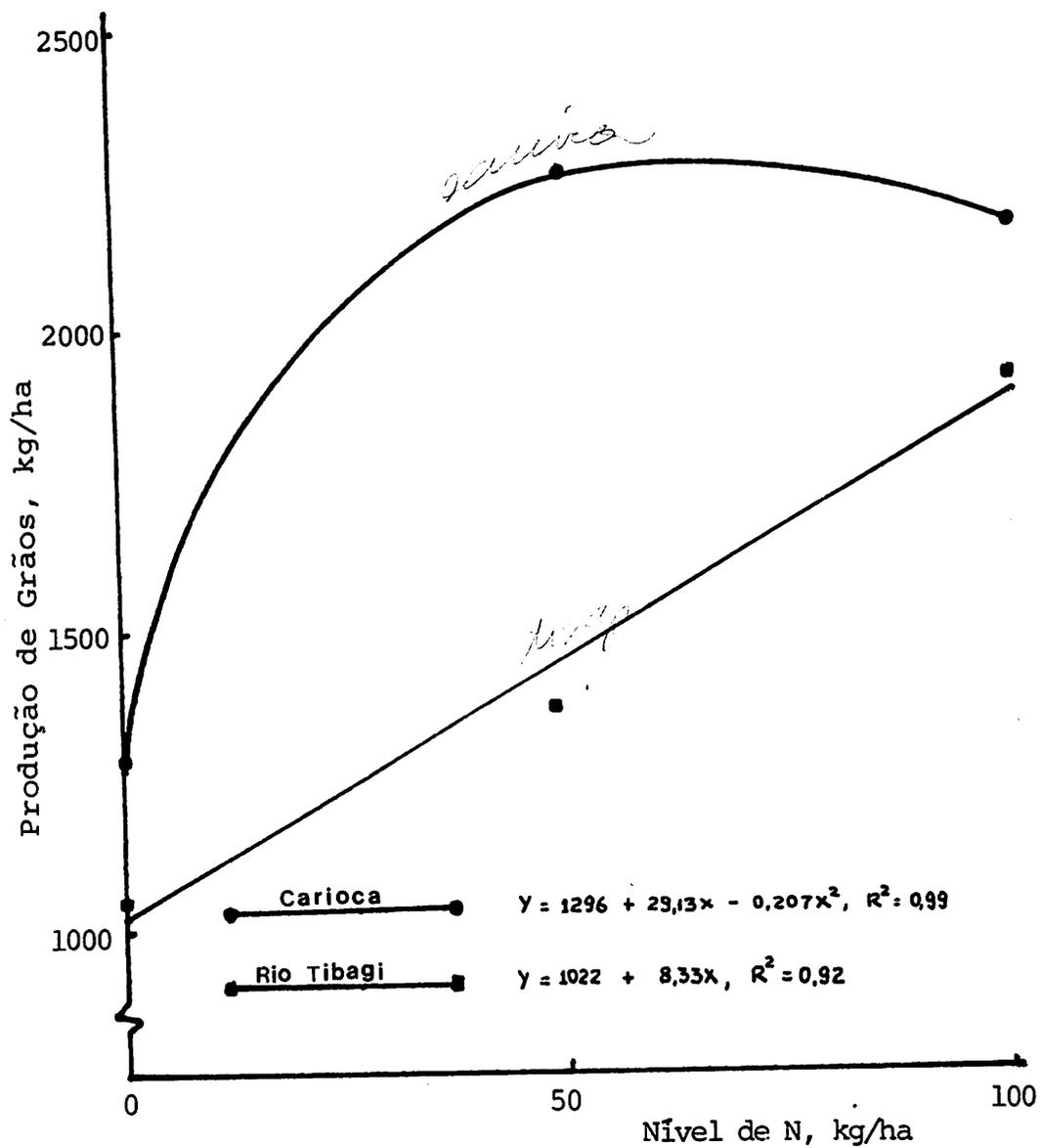


FIGURA 10 - Produção de grãos de duas cultivares de feijão em função de níveis de adubação nitrogenada.

genada.

Entre as cultivares estudadas, a Carioca revelou-se a mais produtiva, o que vem confirmar informações fornecidas por ALMEIDA (2), COSTA (32) e BARROS (11). De acordo com estes pesquisadores, a cultivar Carioca tem se destacado em todo o país, colocando-se entre as mais produtivas na maioria dos ensaios de competição entre cultivares. Esta superioridade deve-se provavelmente a uma maior eficiência na utilização do nitrogênio para a formação das vagens e grãos, como ficou bem evidenciado pelos altos índices de colheita e índice de colheita para nitrogênio apresentados anteriormente. Além disso, sendo uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado (Tipo III), a Carioca apresenta um vigoroso crescimento vegetativo, com seu sistema radicular explorando um maior volume de solo e apresentando conseqüentemente maior eficiência na absorção do nitrogênio.

A produção de grãos da cultivar Rio Tibagi aumentou linearmente com os níveis de nitrogênio (Figura 9), mostrando que a cultura do feijão pode responder a doses bem mais elevadas do que as recomendadas por alguns pesquisadores para o Estado de Minas Gerais VIEIRA (114), GAZZELLI (57). Corroborando esses resultados, SILVA et alii (102) observaram que a cultivar Rio Tibagi respondeu linearmente em termos de produção de grãos até a dose de 120 kg de N/ha, atingindo a produção de 2.200 kg de grãos por hectare com o nível mais elevado de nitrogênio, resultado bem próximo portanto, ao obtido neste trabalho para esta cultivar em termos de produção

de grãos, que foi de 1.920 kg por hectare com a dose de 100 kg de N/ha.

A ausência de resposta da cultivar Eriparza à adubação nitrogenada talvez esteja relacionada com sua baixa eficiência na absorção e utilização do nitrogênio disponível no solo. A alta produção de matéria seca e baixos índices de colheita e índice de colheita para nitrogênio apresentados anteriormente são indícios dessa baixa eficiência. Com relação ao aproveitamento do nitrogênio, os dados da Tabela 6 sugerem que esta cultivar foi menos eficiente em relação às demais cultivares na absorção do nitrogênio do solo. Isto se deve provavelmente a um sistema radicular pouco desenvolvido característica do seu hábito de crescimento, e ao curto ciclo de vida que a mesma apresenta, pois devido à sua precocidade, esta cultivar provavelmente para de absorver os nutrientes antes das demais.

Com a dose de 50 kg de N/ha a cultivar Carioca atingiu a produção de 2.250 kg de grãos/ha, enquanto que a Rio Tibagi, com 100 kg de N/ha produziu 1.920 kg de grãos/ha. Estes dados mostram que a cultivar Rio Tibagi é mais responsiva à adubação nitrogenada, porém menos eficiente na utilização do nitrogênio, e que a cultivar Carioca responde menos ao nitrogênio, mas é muito mais eficiente na utilização do nitrogênio para produção de grãos.

O uso de uma leguminosa como o feijão na alimentação, visa suprir as necessidades protéicas da população. Sendo assim, é importante conhecer não apenas o efeito das cultivares e dos níveis

de nitrogênio no aumento da produtividade de grãos, mas também no teor protéico dos mesmos.

Constatou-se que não houve diferença significativa entre as cultivares, mas os níveis de N afetaram a percentagem de proteína nos grãos, sendo a resposta linear (Tabela 15 e Figura 10). RIES (93) e EDJE *et alii* (40) também observaram um aumento no teor de proteína em grãos de feijão proporcionado pela adubação nitrogenada, concluindo que o teor de proteína nos grãos está intimamente relacionado com a quantidade de nitrogênio aplicada no solo.

Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas entre as cultivares em relação à concentração de proteína nos grãos, numerosos trabalhos têm demonstrado que esta característica pode variar em função da cultivar utilizada (97, 108, 117). De acordo com VILLALOBOS (117), muitos fatores, entre os quais clima e solo, parecem determinar o maior ou menor aproveitamento do nitrogênio aplicado na formação de proteína nos grãos. BARROS (11) afirma que este caráter é controlado geneticamente e desse modo, cada cultivar apresenta um potencial diferente para utilizar o nitrogênio disponível no solo para a formação de proteína nos grãos.

Em termos percentuais não houve diferença significativa entre as cultivares em relação à concentração de proteína nos grãos. Contudo, como as cultivares diferiram entre si em termos da produtividade de grãos, elas evidentemente apresentando a mesma percentagem de proteína, devem produzir diferentes quantidades de proteína por área. Dessa forma, a cultivar Carioca apresentou

uma produtividade média de proteína de 420,5 kg/ha, que foi 146% e 29% superior à obtida pelas cultivares Eriparza e Rio Tibagi, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

Da análise e interpretação dos resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

1. O íon amônio foi rapidamente convertido a nitrato, sendo que a concentração deste no solo foi influenciada pelas profundidades, cultivares e níveis de nitrogênio.

2. As cultivares responderam diferentemente aos níveis de adubação nitrogenada. A Carioca mostrou-se mais eficiente na utilização do nitrogênio, porém menos responsiva, sendo que o contrário ocorreu com a cultivar Rio Tibagi. A cultivar mais precoce, Eriparza não respondeu à adubação nitrogenada.

3. A recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro, deverá ser feita levando-se em consideração a cultivar utilizada.

6. RESUMO

Em experimento realizado em condições de campo, em Latos solo Roxo localizado na Escola Superior de Agricultura de Lavras, estudou-se a dinâmica do nitrogênio mineral no solo e o efeito de níveis crescentes de nitrogênio sobre o comportamento de três diferentes cultivares de feijão: Carioca, Eriparza e Rio Tibagi. Foram utilizados os níveis 0, 50 e 100 kg de N/ha, sendo adotado o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições segundo esquema fatorial $3 \times 3 + 3$. Os tratamentos adicionais constituíram-se da inoculação das sementes de feijão, mais a aplicação de 20 kg de N/ha por ocasião do plantio. Para o estudo do nitrogênio no solo, foram coletadas amostras na área experimental ao longo do ciclo da cultura, sendo a amostragem realizada a cada 20 cm, até 1,2 m de profundidade, levando-se em consideração também as cultivares e níveis de nitrogênio.

Foram avaliadas as seguintes características: a) produção de matéria seca da parte aérea; b) acúmulo de N-total na parte aérea; c) índice de colheita para nitrogênio; d) índice de área foliar; e) macronutrientes nas folhas maduras; f) produção de grãos e seus componentes e g) índice de colheita.

Os resultados obtidos permitiram verificar que: a) o íon amônio foi rapidamente convertido a nitrato, sendo que a concentração deste no solo foi influenciada pelas profundidades, cultivares e níveis de nitrogênio; b) as cultivares responderam diferentemente aos níveis de adubação nitrogenada. A Carioca mostrou-se mais eficiente na utilização do nitrogênio, porém menos responsiva, sendo que o contrário ocorreu com a cultivar Rio Tibagi. A cultivar mais precoce (Eriparza) não respondeu à adubação nitrogenada; c) a recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro, deverá ser feita levando-se em consideração a cultivar utilizada.

7. SUMMARY

RESPONSE OF CULTIVARS OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) TO FERTILIZER NITROGEN

A field experiment was conducted in an oxisol with the objective of evaluating the dynamic of mineral nitrogen in soil and the effects of crescent rates of nitrogen on the behaviour of three cultivars of bean: Carioca, Eriparza, and Rio Tibagi. The rates of N utilized were 0, 50, and 100 kg of N/ha. The experimental design was in randomized blocks with 3 replicates under factorial scheme $3 \times 3 + 3$. The additional treatments were established by the seed of bean inoculated with *Rhizobium* plus an application of 50 kg of N/ha at the planting time. For the study of nitrogen, soil samples were collected in the experimental area along the cycle of crop culture, being the sample obtained at each 20 cm till the depth of 1,2 m taking also in account the cultivars and nitrogen levels.

The following characteristics were evaluated: a) dry matter yield of aerial part; b) Total-N accumulation of the aerial part; c) leaf area index; d) harvest nitrogen index; e) macro

nutrients in mature leaves; f) yield of grain and its componentes;
g) harvest index.

Based on the results obtained it was possible conclude:

a) the ammonium ion was quickly converted to nitrate and the concentration of this ion in soil was influenced by depht, cultivars, and nitrogen levels; b) the cultivars responded differently to levels of fertilizer nitrogen. The cv. Carioca was the most efficient in nitrogen utilization but, it was the less responsive and the contrary occurred with the cv. Rio Tibagi. The cultivar more precoce (Eriparza) didn't respond to fertilizer nitrogen; c) the fertilizer nitrogen recomendation to bean crop would be done by taking in account the cultivar to be used.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, D.L. de; PESSANHA, G.G. & PENTEADO, A. de F. Efeito da calagem e da adubação fosfatada e nitrogenada na nodulação e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; Série Agronomia, Rio de Janeiro, 8 (7):127-30, 1973.
2. _____; LEITÃO FILHO, H.F. & MIYASAKA, S. Características do feijão Carioca, um novo cultivar. *Bragantia*, Campinas, 30 (7):23-9, abr. 1971.
3. ANDERSON, E.L.; KAMPRATH, E.J.; MOLL, R.H. & JACKSON, W.A. Effect of N fertilization on silk synchrony, ear number and growth of semiprolific maize genotypes. *Crop Science*, Madison, 24(4):663-6, July/Aug. 1984.
4. ANDRADE, M.E. & COIMBRA, R.C. Experimentos de adubação do feijão NPK. In: REUNIÃO DOS TÉCNICOS EM EXPERIMENTAÇÃO, 10, Belo Horizonte, 1953. *Anais...* Belo Horizonte, 1953. p.11.

5. ANDRADE, M.J.B. de *Competição entre variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.) em diferentes níveis de adubação*. Viçosa, UFV, 1976. 70p. (Tese MS).
6. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1984. Rio de Janeiro, FIBGE, v. 45, 1985.
7. ARRUDA, H. Adubação química do feijoeiro. *Boletim de Agricultura, Minas Gerais*, 9(1/2):57-62, 1960.
8. ATHOW, K.L. & SWEARINGIN, M.L. *Efeito da aplicação de calcário e fósforo na produção de duas variedades de soja em algumas localidades de Minas Gerais*. Viçosa, Universidade Estadual de Minas Gerais, 1969. 3p.
9. BALKO, L.G. & RUSSEL, W.A. Response of maize inbred lines of N fertilizer. *Agronomy Journal*, Madison, 72(5):723-8, Sept./Oct. 1980.
10. BARTLETT, R.J. Importance of carbon dioxide in uptake of calcium by plants receiving only a nitrate source of nitrogen. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 29(4)555-8, July/Aug. 1965.
11. BARROS, L.G. de. *Caracterização de alguns dos cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) indicados para o Brasil*. Viçosa, UFV, 1980. 105p. (Tese MS).

12. BEAUCHANP, E.G.; KANNENBERG, L.W. & HUNTER, R.B. Nitrogen accumulation in corn genotypes following silking. *Agronomy Journal*, Madison, 68(3):418-22, May/June. 1976.
13. BERGER, P.G. *Resposta da cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) à adubação nitrogenada e fosfatada*. Viçosa, UFV, 1983. 67p. (Tese MS).
14. BOLSANELLO, J. *Ensaio de adubação NP e competições entre variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.) na Zona Metalúrgica de Minas Gerais*. Viçosa, UFV, 1975. 42p. (Tese MS).
15. BOONKERD, N.; WEBER, D.F. & BEZDICEK, D.F. Influence of *Rhizobium japonicum* strains and inoculation methods on soybeans grown in rhizobia-populated soil. *Agronomy Journal*, Madison, 70(3):547-9, May/June. 1978.
16. BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V.; VIEIRA, C. & FONTES, L.A.N. Vinte ensaios de adubação NPK da cultura do feijão na Zona da Mata, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 20(111):370-80, set./out. 1973.
17. BRAKEL, J.L. Fixation symbiotique de l'azote chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Buletin Reserche Agronomie*, Gembloux, 1:525-33, 1966.
18. BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D. ; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.2. p.1149-176. (Agronomy 9).

19. BROADBENT, F.E.; DE DATTA, S.K. & LAURELES, E.V. Measurement of nitrogen utilization efficiency in rice genotypes. *Agronomy Journal*, Madison, 79(5):786-91, Sept./Oct. 1987.
20. BURTON, J.C.; ALLEN, O.N. & BERGER, K.C. Response of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to inoculation with natural or effective and ineffective rhizobia. *Proceedings of the Soil Science Society of America*, Washington, 18(1):156-9, 1954.
21. BUSHBY, H.V.A. Ecology. In: BROUGHTON, W.J. *Nitrogen fixation*. Oxford, Clarendon Press, 1982. v.2, p.35-75.
22. CACKETT, K.E. Winter production of seed beans in the lowland. *Rhodesia Agricultural Journal*, Salisbury, 62:69-73, 1965.
23. CALVACHE, A.M. *Absorção, translocação e eficiência de utilização do nitrogênio fertilizante $CO(^{15}NH_4)_2$ por cultivares de milho (*Zea mays*, L.)*. Piracicaba, ESALQ, 1981. 85p. (Tese MS).
24. CANVIN, D.T. Interrelationships between carbohydrate and nitrogen metabolism. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GENETIC IMPROVEMENT OF SEED PROTEIN, Washington, 1976. *Proceedings...* Washington, National Academy of Sciences-Natl. Res. Council, 1976. p.172-95.
25. CARDOSO, A.A.; FONTES, L.A.N. & VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, 23(139):292-5, maio/jun. 1978.

26. CAYTON, M.T.C.; REYES, E.D. & VEUE, H.U. The mineral nutrition of rices differing in tolerance to zinc deficiency as affected by zinc fertilization. *Philippine Journal of Crop Science*, Manila, 9(2):143-7, 1984.
27. CHAGAS, J.M. & VIEIRA, C. Efeitos de intervalos de plantio e de níveis de adubação sobre o rendimento e seus componentes em algumas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, 22:244-63, jul./set. 1965.
28. CHITOLINA, J.C. & GLORIA, N.A. da. Efeitos da uréia coberta com enxofre sobre a perda de nitrogênio por lixiviação em um Latossol Roxo. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 27:719-35, 1980.
29. COBRA NETO, A. *Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. roxinho)*. Piracicaba, ESALQ, 1967. 67p. (Tese Doutorado).
30. _____; ACCORSI, W.R. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. roxinho). *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 28:259-74, 1971..
31. CORNFIELD, A.H. The mineralization of the nitrogen of soil during incubation: influence of pH, total nitrogen, and organic carbon contents. *Journal of the Science of Food Agriculture*, London, 3:343-9, Aug. 1952.

32. COSTA, M.S.S. da.; WESTPHALEN, S.L. & BRUSAMOLIN, E.P. Variedades recomendadas para o Rio Grande do Sul. *IPAGRO Informa*, Porto Alegre, 14 :24-5, 1976.
33. COX, D.A. & SEELEY, J.G. Ammonium injury to poinsettia: effects of $\text{NH}_4\text{-N}$ ratio and pH control in solution culture on growth, N absorption, and N utilization. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 109(1):57-62, Jan. 1984.
34. DANCER, W.S.; PETERSON, L.A.; CHESTERS, G. Ammonification and nitrification of N as influenced by pH and previous N treatments. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 37(1):67-9, Jan./Feb. 1973.
35. DE-POLLI, H. & FRANCO, A.A. *Inoculação de sementes de leguminosas.* Rio de Janeiro, EMBRAPA-UAPNPBS, 1985. 31p. (Circular Técnica, 1).
36. DÖBEREINER, J. & DUQUE, F.F. Contribuição da pesquisa em fixação biológica do nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(3):447-60, jul./set. 1980.
37. _____ & RUSCHEL, A.P. *Fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico em feijão (Phaseolus vulgaris L.). I - Influência do solo e da variedade.* Rio de Janeiro, Instituto de Ecologia e Experimentação, 1961. 16p. (Comunicação Técnico, 10).

38. DONALD, C.M. In search of yield. *Journal Australian Institute of Agricultural Science*, Sidney, 28:171-8, Jan. 1962.
39. EBELHAR, S.A.; KAMPRATH, E.J. & MOLL, R.H. Effects of nitrogen and potassium on growth and cation composition of corn genotypes differing in average ear number. *Agronomy Journal*, Madison, 79(5):875-81, Sept./Oct. 1987.
40. EDJE, O.T.; MUGHOGHO, L.K. & AYONOADU, U.W.U. Responses of dry beans to varying nitrogen levels. *Agronomy Journal*, Madison, 67(2):251-5, Mar./Apr. 1975.
41. EIRA, P.A. da; PESSANHA, G.G.; BRITO, D.P.P. de S. & CARBAJAL, A. R. Comparação de esquemas experimentais em experimentos de adubação mineral de nitrogênio e fósforo na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; Série Agronomia, Rio de Janeiro, 8(7):121-5, 1973.
42. FENN, L.B. & MIYAMOTO, S. Ammonia loss and associated reactions in calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 45(6):537-40, Nov./Dec. 1981.
43. _____; TAYLOR, R.M. & HORST, G.L. *Phaseolus vulgaris* growth in an ammonium-based nutrient solution with variable calcium. *Agronomy Journal*, Madison, 79(1):89-91, Jan./Feb. 1987.
44. FLETCHER, H.F. & KURTZ, L.T. Differential effects of phosphorus fertility on soybean varieties. *Soil Science Society of America Proceedings*, Washington, 28(2):225-8, Mar./Apr. 1964.

45. FONTES, L.A.N. Nota sobre os efeitos da aplicação de adubo ni trogenado e fosfatado, calcário e inoculante na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, 19 (103):211-6, maio/jun. 1972.
46. _____; GOMES, F.R. & VIEIRA, C. Resposta do feijoeiro a aplicação de N, P, K e calcário na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 12(71):265-85, jul./ago. 1965.
47. FRANCO, A.A. & DOBEREINER, J. Especificidade hospedeira na sim biose com *Rhizobium*-feijão e influência de diferentes nutrien tes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 2:467-74, 1967.
48. _____ & MUNS, D.N. Nodulation and growth of *Phaseolus vulga* ris in solution culture. *Plant and Soil*, Baltimore, 66(1): 149-60, 1982.
49. FRANK, A.B. & BAUER, A. Cultivar, nitrogen, and soil water effects on apex development in spring wheat. *Agronomy Jour nal, Madison, 76(4):656-60, July/Aug. 1984.*
50. GALLO, J.R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à matura - ção. *Bragantia*, Campinas, 20(40):867-84, set. 1961.
51. GAMBOA, J.; PAREZ, G. & BLASCO, M. Um modelo para descrever los describir los procesos de retencion y lixiviacion em los suelos. *Turrialba*, Turrialba, 21(3):312-16, jul./set. 1971.

52. GARDNER, W.R. Movement of nitrogen in soil. In: BARTHOLOMEW, W. V. & CLARK, F.E., eds. *Soil nitrogen*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.555-72.
53. GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba, Nobel, 1985. 466p.
54. GOUVEIA, F.C.; ANDRADE, M.E. & COIMBRA, R.D. Feijão; adubação NPK. *Boletim de Agricultura*, Belo Horizonte, 3(11/12):67-8, 1954.
55. GRAHAN, J.P. & ROSAS, J.P. Growth development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. *The Journal of Agricultural Science, London*, 88:503-8, Apr. 1977.
56. GRAHAN, P.H. *Importância del hospedeiro en la nodulation y fijacion de nitrogeno por leguminosas con algunas sugerências para mejorar-lo*. Cali, CIAT, 1980. 28p. (Mimeografado).
57. GUAZZELLI, R.J. *Cultura do feijão*. Sete Lagoas, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro Oeste, 1975. 38p. (Circular, 14).
58. GUSS, A. & DÖBEREINER, J. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação nitrogenada em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira; Série Agronomia*, Rio de Janeiro, 7(1):87-92, 1972.

59. HAAG, W.L.; ADAMS, M.W. & PINCHINAT, A.M. Differential response among bean varieties to nitrogen and phosphorus. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, 14(1):38-9, 1971.
60. HARRIS, R.E.; MOLL, R.H. & STUBER, C.W. Control and inheritance of prolificacy in maize. *Crop Science*, Madison, 16(6):843-50, Nov./Dec. 1976.
61. HOWEL, R.W. Phosphorus nutrition of soybean. *Plant Physiology*, Washington, 29(5):447-83, Sept. 1954.
62. HOWLE, P.K.W.; SHIPE, E.R. & SKIPPER, H.D. Soybean specificity for *Bradyrhizobium japonicum* strain 110. *Agronomy Journal*, Madison, 79(4):595-8, July/Aug. 1987.
63. HUNGRIA, M. & NEVES, M.C.P. Interação entre cultivares de *Phaseolus vulgaris* e estirpes de *Rhizobium* na fixação e transporte do nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 21(2):127-40, fev. 1986.
64. _____ & _____. Ontogenia da fixação biológica do nitrogênio em *Phaseolus vulgaris*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 21(7):715-30, jul. 1986.
65. ISRAEL, D.W. Cultivar and *Rhizobium* strain effects on nitrogen fixation and remobilization by soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, 73(3):509-16, May/June. 1981.

66. JEPSON, R.G.; JOHNSON, R.R. & HADLEY, H.H. Variation in mobilization of plant nitrogen to the grain in nodulating and non-nodulating soy-bean genotypes. *Crop Science*, Madison, 18:1059-62, Nov./Dec. 1978.
67. JUNQUEIRA NETO, A. *Resposta diferencial de variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.) à adubação nitrogenada e fosfatada.* Viçosa, UFV, 1977. 99p. (Tese Doutorado).
68. KAMPRATH, E.J.; MOLL, R.H. & RODRIGUEZ, N. Effects of nitrogen fertilization and recurrent selection on performance of hybrid populations of corn. *Agronomy Journal*, Madison, 74(5):955-8, Sept./Oct. 1982.
69. KIEHL, J.C. & COBRA NETO, A. Nitrificação da amônia em alguns solos do Município de Piracicaba. *O solo*, Piracicaba, 58:32-9, 1976.
70. LAMB, C.A. & SALTER, R.M. Response of wheat varieties to different fertility levels. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 53(2):129-44, July 1936.
71. LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Destino da Uréia aplicada a um solo tropical. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 2(1):1-9, jan./abr. 1978.
72. LIMA, L.A. de P. *Resposta diferencial de quatro variedades de soja à adubação fosfatada e potássica, em três localidades do Estado de Minas Gerais.* Viçosa, UFV, 1973. 40p. (Tese MS).

73. LIMA, M.H. *Eficiência da fixação biológica x evolução do H_2 x respiração dos nódulos de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Piracicaba, ESALQ, 1981. 189p. (Tese MS).
74. LIMA FILHO, S.A. de & NEPTUNE, A.M.L. Efeitos da adubação nítrica e amoniacal no transporte de nitrato em solo cultivado com *Vigna unguiculata* (L.) walp. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 39:1047-87, 1982.
75. MACKAY, A.D. & MARBER, S.A. Effect of nitrogen on root growth of two corn genotypes in the field. *Agronomy Journal*, Madison, 78(4):699-703, July/Aug. 1986.
76. MACKIE, W.W. Determining the effectiveness of commercial cultures of nodule-forming bacteria on the yield of pink beans (*Phaseolus vulgaris*), blackeye beans (*Vigna sinensis*), and wilbur beans (*Phaseolus lunatus*): *Journal of America Society of Agronomy*, Washington, 30:543-4, 1938.
77. MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 4(2):83-8, maio/ago. 1980.
78. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Nitrogen. In: _____. *Principles of plant nutrition*. 3.ed. Bern, International Potast Institute, 1982. p.335-59.

79. MILLER, S.F.; BAUWIN, G.R. & GUAZZELLI, R.J. Avaliação econômica de um experimento com feijão comum. Uberaba, Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; Série Agromonia, Rio de Janeiro, 7:19-26, 1972.
80. MIRANDA, L.T. Híbridos e variedades. In: _____. *Cultura e adubação do milho*. São Paulo, Instituto Brasileiro da Potassa, 1966. p.153-73.
81. MIYASAKA, S.; DEMATTÊ, J.D. & IGUE, T. Estudo da interação das variedades de soja Pelicano e Mineira com diferentes níveis de adubação mineral. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOJA, 1, Campinas, 1969. p.24-5.
82. MODERS, C.A. The agronomic placement of varieties. *Journal of America Society of Agronomy*, Washington, 13:337-52, 1921.
83. NUTMAN, P.S. Symbiotic effectiveness in nodulated red clover. I. Variation in host and in bacteria. *Heredity*, Harlow, 8(1):35-46, 1954.
84. ORCUTT, F.S. & WILSON, P.W. The effect of nitrat-nitrogen on the carboydrate metabolism of inoculated soybeans. *Soil Science*, Baltimore, 39(4):289-96, 1935.
85. OSINAME, O.; VAN GIJN, H. & VLEK, P.L.G. Effect of nitrification inhibitors on the forte and efficiency of nitrogenous fertilizers under simulated humid tropical onditions. *Tropical Agriculture*, Trinidad, 60(3):211-7, 1983.

86. PECK, N.H. & MACDONALD, G.E. Snap bean plant responses to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, Madison, 76(2):247-53, Mar./Apr. 1984.
87. PEREIRA, P.A.A. Fixação biológica do feijoeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 8(90):41-8, jun. 1982.
88. POMPEU, A.S. & IGUE, T. Comportamento de linhagens de feijoeiro a níveis diferenciais de adubação. *Bragantia*, Campinas, 27:LXXI-LXXX, 1968. (Nota, 18).
89. PONS, A.L. Efeito da calagem e da adubação nitrogenada em feijoeiro. *Agricultura Sulriograndense*, Porto Alegre, 12(2):251-7, 1975.
90. _____; GOEPFERT, C.F. & OLIVEIRA, F.C. Efeito da adubação nitrogenada em feijoeiro. II - Solo vila. *Agricultura Sulriograndense*, Porto Alegre, 12(2):201-6, 1976.
91. PRATT, P.F.; JONES, W.W. & HUNSAKER, V.E. Nitrate in deep profiles in relation to fertilizer rates and leaching volume. *Journal of the Environmental Quality*, Maryland, 1(1):97-102, 1972.
92. REITZ, L.P. & MIERS, H.E. Response of wheat varieties to applications of superphosphate fertilizer. *Journal of America Society of Agronomy*, Washington, 36(11):928-36, 1944.

3. RIES, S.K. The relationship of protein content and size of bean with growth and yield. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, Maryland, 96:557-60, 1971.
94. RONZELLI JÚNIOR, P. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à calagem e adubação fosfatada. Viçosa, UFV, 1985. 63p. (Tese MS).
95. RUSCHEL, A.P. & REUSZER, H.W. Fatores que afetam a simbiose *Rhizobium phaseoli-Phaseolus vulgaris*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; Série Agronomia, Rio de Janeiro, (8):287-92, 1973.
96. _____; SAITO, S.M.T. & TULMAN NETO, A. Eficiência da nodulação de *Rhizobium* em *Phaseolus vulgaris* L. I. Efeito de fontes de nitrogênio e cultivares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3(1):13-7, jan./abr. 1979.
97. SALADO-NAVARRO, L.R.; HINSON, K. & SINCLAIR, T.R. Nitrogen partitioning and dry matter allocation in soybeans with different seed protein concentration. *Crop Science*, Madison, 25(3):451-5, May/June 1985.
98. SAMENI, A.M.; MAFTOUN, M.; BASSIRI, A. & SEPASKHAN, A.R. Growth and chemical composition of dry beans as affected by soil salinity and N fertilization. *Plant and Soil*, Netherlands, 54(1):217-22, 1980.

99. SANCHEZ, P.A. ed. Nitrogen fertilization. In: _____. *A re view of soils research in tropical Latin American*. Raleigh, North Carolina Agr. Exp. Sta., 1973. p.90-125. (Tech. Bull, 119).
100. SANTA CECÍLIA, F.C. *Resposta de treze variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.) à adubação nitrogenada e fosfatada*. Viçosa, UFV, 1972. 38p. (Tese MS).
101. SILVA, A.J. da. *Caracterização da resposta do milho (Zea mays L.) à adubação nitrogenada*. Areia, UFPB, 1985. 61p. (Tese Graduação).
102. SILVA, M.T.; DARIVA, T.; KAMINSKI, J. & XAVIER, T.M. Efeito de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 7(4):395-401, dez. 1971.
103. SILVA, T. & GOUVEIA, F.C. Ensaio de adubação NPK para feijão. *Boletim de Agricultura*, Belo Horizonte, 4(11/12):139, 1955.
104. STRINGFIELD, G.H. & SALTER, R.M. Differential response of corn varieties to fertility levels and to seasons. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 49(11):991-1000, Dec. 1934.
105. TANNER, J .W. & ANDERSON, J.C. An external effect of inorganic nitrogen in root nodulation. *Nature*, London, 198(4877):303-4, 1963.

106. TEDESCO, M. *Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão por $H_2O_2 - H_2SO_4$* . Porto Alegre, UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1982. 11p. (Informativo Interno).
107. TRANI, P.E.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; THOMAZIELLO, R.A.; OLIVEIRA, E. G.; TOLEDO FILHO, J.A.; CAMPOS, J.S.; NEGRI, J.D. de; PRATES, M.S. & DIAS, C.A.C. *Análise química e adubação foliar*. Campinas, CATI, 1979. 32p. (Boletim Técnico, 110).
108. URBEN FILHO, G.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N. & THIEBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, 27(151):302-12, maio/jul. 1980.
109. URQUIAGA CABALLERO, S.S. *Dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca*. Piracicaba, ESALQ, 1982. 118p. (Tese Doutorado).
110. _____; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; MATSUI, E. & VICTORIA, R.L. Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 20(9):1031-40, set. 1985.
111. _____; _____; _____; MORAES, S.O. & VICTÓRIA, R.L. Variação do nitrogênio nativo e do proveniente do fertilizante em terra roxa estruturada, durante o desenvolvimento de uma cultura de feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8(2):223-27, maio/ago. 1984.

112. VIEGAS, G.P.; ANDRADE SOBRINHO, J. de & VENTURINI, W.R. Com -
portamento dos milhos Hc999, Asteca e Cateto em três níveis
de adubação e três espaçamentos em São Paulo. *Bragantia*,
Campinas, 22(18):201-36, 1963.
113. VIEIRA, C. *Cultura do feijão*. Viçosa, UFV, 1978. 146p.
114. _____. *Instruções práticas sobre a cultura do feijão em Mi-
nas Gerais*. Viçosa, UFV, 1974. 11p. (Série Técnica. Bole-
tim, 46).
115. _____; GOMES, F.R. Ensaio de adubação química do feijoei-
ro. *Revista Ceres*, Viçosa, 11(65):253-64, jul./dez. 1961.
116. _____; SANTA CECÍLIA, F.C. & SEDIYAMA, C.S. Índice de co-
lheita de alguns cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*).
Revista Ceres, Viçosa, 20(108):120-8, abr. 1973.
117. VILLALOBOS, R.A. *Estudos sobre adubação nitrogenada da cultu-
ra do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona da Mata de Mi-
nas Gerais*. Viçosa, UFV, 1980. 68p. (Tese MS).
118. _____; VIEIRA, C.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, A.A. & BRUNE,
W. Adubação nitrogenada na cultura do feijão (*Phaseolus vul-
garis* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Ceres*,
Viçosa, 28(156):134-49, mar./abr. 1981.

- . WALLACE, D.H. & MUNGER, H.M. Studies of the physiological ba
ses for yield differences. II. Variation in dry matter
distribution among serial organs for several dry bean varieie
ties. *Crop Science*, Madison, 6(6):503-7, Nov./Dec. 1966.
- . WILD, A. Nitrate leaching under bare fallow an a site in North
hern Nigéria. *Journal of Soil Science*, Oxford, 23:315-24,
Sept. 1972.
- . WOODWARD, R.W. Responses of some semi-dwarf spring weats to
nitrogen and phosphorus fertilizer. *Agronomy Journal*, Madisi
son, 58(1):65-6, Jan./Feb. 1966.
- . YATES, M.G. Biochemistry of nitrogen fixation. In: _____. *The*
chemistry of plants. London, Academic Press, 1980. p.1-64.