

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA
DO FEIJÃO COM DIFERENTES DISPONIBILIDADES
DE NITROGÊNIO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Vinícius Toso

Santa Maria, RS, Brasil

2012

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO FEIJÃO COM DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE NITROGÊNIO

Vinícius Toso

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Jerônimo Luiz Andriolo

Santa Maria, RS, Brasil

2012

© 2012

Todos os direitos autorais reservados a Vinícius Toso. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: R. Saldanha Marinho, nº19, Bairro Braganholo, Carazinho, RS.

CEP: 99500000

Endereço eletrônico: vinciustoso@yahoo.com.br

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

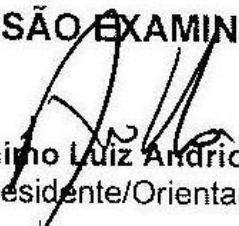
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

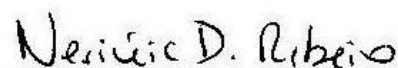
**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO FEIJÃO COM
DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE NITROGÊNIO**

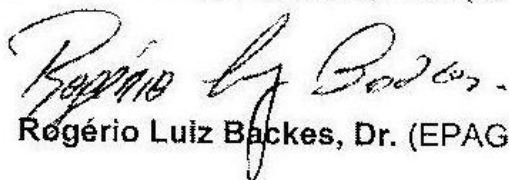
elaborada por
Vinícius Toso

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA


Jerônimo Luiz Andriolo, Dr.
(Presidente/Orientador)


Nerineia Dalfollo Ribeiro, Dra. (UFSM)


Rogério Luiz Backes, Dr. (EPAGRI)

Santa Maria, 31 de julho de 2012.

*“As pessoas que sempre
confiaram e me apoiaram nessa
caminhada...
dedico.”*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho de dissertação é um processo decorrente de vários anos de dedicação e aprendizado, iniciados ainda durante a graduação e que se perpetuam até hoje. Por isto dedico tal trabalho àqueles cuja amizade, paciência e carinho tornaram o caminho mais leve e tranquilo a fim de transformar o conhecimento abstrato em massa concreta para a fundamentação científica.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria, onde seus ensinamentos são referências em diversas áreas do conhecimento, além de sua assistência socioeconômica que permitiram a minha chegada até esse momento. Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço aos nossos mestres, os quais não medem esforços para transmitir seus ensinamentos, principalmente ao meu orientador, que além de excelente professor é também uma pessoa de grande humanidade e detentor de alguns refletimentos sobre nossas “vidas” que levarei para o restante da minha caminhada.

Agradeço também a minha família, cujo apoio e amor levou me em busca do conhecimento e é ícone principal nas vitórias alcançadas e igualmente aos amigos, dentre os quais incluem-se os colegas de graduação e de pós-graduação que sempre foram companheiros de risadas, chimarrão, restaurante universitário (RU) e, é claro, muito trabalho.

Aos colegas do grupo de pesquisa em olericultura, local onde a amizade e o trabalho sempre estiveram em consonância.

Enfim, com certeza teria que citar muitos personagens que fizeram parte desse cenário, mas os quais podem se sentir inclusos.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO FEIJÃO COM DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE NITROGÊNIO

AUTOR: VINÍCIUS TOSO

ORIENTADOR: JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 31 de julho de 2012.

O feijão é considerado uma planta exigente em nutrientes. Para atingir o potencial de produtividade dessa leguminosa é necessária adubação equilibrada com macro e micronutrientes. O nitrogênio (N) é o segundo mineral a ser extraído em maior quantidade pela cultura. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito do N mineral fornecido pela adubação no crescimento e produtividade e inferir critérios de manejo da adubação dessa cultura. Os experimentos foram conduzidos em duas épocas no interior de um abrigo tipo guarda-chuva e coberto com polietileno. A primeira época foi de 02 março a 03 junho de 2011 (outono) e a segunda de 21 setembro a 23 dezembro 2011 (primavera). As cultivares empregadas foram a BRS Valente e Pérola, e a semeadura foi realizada em vasos contendo areia como substrato. As concentrações de N de 5,12 (T1); 7,6 (T2); 10,12 (T3); 12,62 (T4) e 15,12 (T5) mmol L⁻¹ foram fornecidas por fertirrigação através de uma solução nutritiva completa. Foram observadas diferenças significativas na rendimento de grãos, no número de vagens, na massa de mil grãos e no crescimento da parte aérea da planta, os quais foram mais elevados na primavera. O rendimento de grãos, número de grãos por planta e crescimento da parte aérea de ambas as cultivares decresceram linearmente com o aumento da disponibilidade de N na primavera. No outono, decresceram somente na cultivar BRS Valente. O número de nódulos por planta e o crescimento das raízes decresceu em ambas as cultivares. Concluiu-se que o fornecimento de N mineral inibe a nodulação das plantas, que o aumento das disponibilidades desse nutriente não aumenta o crescimento e o rendimento de grãos da cultura e que não deve ser feita adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Nodulação. Nutrição mineral.

ABSTRACT

Master's Thesis
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

GROWTH AND YIELD OF COMMON BEAN UNDER DIFFERENT NITROGEN AVAILABILITIES

AUTHOR: VINÍCIUS TOSO

ADVISOR: JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO

Date and Place: Santa Maria, July 31th, 2012.

The common bean has been considered a high nutrient demanding crop. To reach high grain yield, a balanced macro and micronutrient fertilization is essential. Nitrogen (N) is the second mineral to be extracted in greater quantities by the crop. The aim of this study was to determine the effect of mineral nitrogen supplied by fertilization on growth and yield and inferring criteria to better managing fertilization practices for this crop. Experiments were conducted in two growing periods, inside an umbrella type polyethylene greenhouse. The first was from 02 March to 03 June, 2011 (autumn) and the second from September 21 to December 23, 2011 (spring). Cultivars were BRS Valente and Pérola, planted in pots using sand as substrate. Nitrogen concentrations of 5.12 (T1); 7.6 (T2); 10.12 (T3); 12.62 (T4) and 15.12 (T5) mmol L⁻¹ were supplied by fertigation using a complete nutrient solution. Significant differences were observed in grain yield, number of pods, weight of thousand kernels and shoot growth, being higher in spring. Grain yield and number and shoot growth of both cultivars decreased linearly by effect of increased N availability in the spring, but decreased only in the cultivar BRS Valente in autumn. Number of nodules per plant and root growth decreased in both cultivars. It was concluded that nodulation is inhibited by mineral N, increasing its availability does not enhance growth and grain yield and that nitrogen fertilization after planting this crop can be avoided.

Key words: *Phaseolus vulgaris*. Nodulation. Mineral nutrition.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Rendimento de grãos (REND), massa seca total (MST), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), número de grãos (NG), número de vagens (NV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão cultivado no outono e na primavera com as cultivares Pérola e BRS Valente. Santa Maria (RS), 2011.	25
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Rendimento de grãos e número de grãos por planta do feijão cultivado em diferentes disponibilidades de N e relação entre o rendimento de grãos e número grãos por planta, para as cultivares Pérola (A, C e E) e BRS Valente (B, D e F) nas épocas de cultivo de outono e primavera. Santa Maria (RS), 2011.26

Figura 2- Massa seca de parte aérea (PA), massa seca de raiz e número de nódulos por planta do feijão cultivado em diferentes disponibilidades de N, para as cultivares Pérola (A, C e E) e BRS Valente (B, D e F) nas épocas de cultivo de outono e primavera. Santa Maria (RS), 2011.27

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
MATERIAS E MÉTODOS	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS.....	28

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de grãos de feijão corresponde a 16% da produção mundial, alcançando produtividades médias ao redor de $0,99 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2011), a qual é inferior àquelas encontradas pela pesquisa (SILVA et al., 2009).

As baixas produtividades devem-se principalmente aos fatores climáticos temperatura e precipitações. Tanto as baixas como as elevadas temperaturas prejudicam o florescimento e comprometem a futura formação dos frutos. A ocorrência de déficit hídrico altera componentes de rendimento do feijão, como o número de vagens por planta (MAPA, 2012).

Outro fator relevante que contribui para a baixa produtividade do feijão é atribuído aos solos inadequados destinados ao cultivo dessa leguminosa. O feijão requer solos com média a alta fertilidade, pH próximo ao neutro, preferencialmente, entre 5,8 e 6,2, com altos teores de fósforo, cálcio e magnésio, baixa concentração de alumínio e manganês. Os solos com teor de matéria orgânica (MO) superior a 2% são os mais indicados para a produção do feijão, pelo maior aporte de minerais como nitrogênio(N), fósforo (P) e enxofre (S) (EMBRAPA, 2005).

A nutrição mineral afeta o crescimento, a produtividade e a nodulação do feijão (ANDRADE et al., 1998; SILVA et al., 2009; SOUZA et al., 2011). Essa planta é considerada exigente em nutrientes em decorrência do sistema radicular superficial e do ciclo curto de desenvolvimento. Os nutrientes devem ser disponibilizados à planta no momento adequado e nas doses corretas (AMBROSANO, 1996). Para a manutenção do nível de produtividade do feijão é necessária adubação equilibrada com macro e micronutrientes. Entre os macronutrientes o nitrogênio é o segundo mineral a ser extraído em maior quantidade pela cultura (HAAG, 1967).

No Brasil, o preço do adubo é um dos componentes que incide fortemente no custo final da produção do feijão. Por isso, a prática da adubação tem sido orientada para a busca da máxima eficiência econômica (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DOS ESTADOS DO RS E SC, 2004). Na cultura da soja, a inoculação com microorganismos capazes de realizar a fixação biológica do N atmosférico (FBN) é uma prática consolidada que permite reduzir as quantidades de fertilizantes

nitrogenados a serem fornecidos à cultura. Isso faz com que toda produção de soja no Brasil obtém do ar todo N necessário para manutenção das altas produções. De maneira diferente da soja, o feijão se caracteriza pela rápida senescência dos nódulos e pela redução significativa da FBN logo após o período de floração (URQUIAGA, 2006).

Dessa maneira, na cultura do feijão não está clara a contribuição da FBN e dos nutrientes provenientes da mineralização da MO e, conseqüentemente, das quantidades que devem ser complementadas pela adubação.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar o efeito das doses de nitrogênio no crescimento e o rendimento de grãos do feijão nos cultivos de outono e de primavera.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A disponibilidade de N para as culturas pode se dar de maneira diferenciada, dependendo da espécie. O N pode ser extraído do solo pelas culturas nas formas de NH_4^+ e NO_3^- . Outra maneira que algumas espécies encontram para incorporar N em seus tecidos é mediante a FBN, utilizando o nitrogênio atmosférico (N_2). O ar é rico em N_2 , com cerca de 78% da sua composição, embora não esteja prontamente disponível para as plantas na forma gasosa (NEVES, 1981). Muitas espécies leguminosas obtêm a maior parte do N necessário ao crescimento pela fixação simbiótica. No entanto, apesar de a inoculação do feijão ser uma técnica difundida pela pesquisa, é pouco utilizada pelos agricultores, devido a falta de consistência nos resultados das pesquisas (ANDRADE, 1998; ARAÚJO et al., 2007).

O sucesso no processo de formação de nodulos é mediado por fatores internos como fitohormônios e a disponibilidade de fotoassimilados e por fatores externos como a temperatura radicular, o teor de oxigênio no nódulo, a disponibilidade hídrica e a disponibilidade de nutrientes para a planta (FAGAN, 2007).

A maior parte da quantidade de N necessária ao feijão é disponibilizada pelo solo através da mineralização da matéria orgânica e da fixação biológica de N_2 (FBN), mediante a associação das raízes com bactérias genericamente denominadas de rizóbios, formando um complexo enzimático que quebra a ligação tripla do N do ar, transformando-o em amônia que é uma forma disponível as plantas. (FRANCO et al., 2002; SILVA et al., 2006; BRITO et al., 2010). Porém, na cultura do feijão, as quantidades de N originárias da fixação simbiótica podem suprir a demanda da planta somente a partir de 35 - 40 dias após a emergência, devido a falta de sincronização entre o período em que ocorre o esgotamento do N nos cotilédones e o início da fixação do N_2 atmosférico (HUNGRIA, 1991). Dessa forma, a adubação nitrogenada deve ser efetuada antes desse período, para evitar diminuição na produtividade de grãos (ROSOLEM et al., 1994).

Os processos de absorção e assimilação do N na planta ocorrem com altos valores energéticos, os quais são induzidos pela demanda da parte aérea em aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, nucleotídeos e enzimas necessárias à

síntese da massa seca (TAIZ; ZEIGER, 2004). Embora o N possa ser armazenado nos vacúolos na forma de NO_3^- , as quantidades estocadas são pequenas quando comparadas com a demanda para o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2004). Isso significa que o manejo da adubação nitrogenada deve ser feita de forma a ajustar doses de acordo com a produção de biomassa da cultura nas diferentes fases do seu ciclo de crescimento e desenvolvimento (FOGAÇA, 2007).

A distribuição da massa seca (MS) pelos órgãos da planta é dependente das condições de crescimento. Elevadas doses de N estimulam o crescimento vegetativo e podem alterar a morfologia da planta, particularmente quando a concentração é alta na fase inicial de crescimento da planta (MARSCHNER, 1995).

A falta de N pode favorecer o crescimento radicular em detrimento do aéreo, assim como a acumulação de MS em outros órgãos aéreos em detrimento das folhas, reduzindo a área foliar. Também são observados sintomas como clorose generalizada, hábito de estiolado, crescimento lento e retardado são os sintomas da deficiência de N. As partes maduras da planta são as primeiras a se tornar afetadas, pois o N transloca de regiões mais velhas as mais jovens, que crescem ativamente (EPSTEIN, 2006).

Em solos inférteis devido as limitações nutricionais o crescimento radicular é mínimo, a medida que a disponibilidade de nutrientes aumenta, as raízes começam a se multiplicar. Quando os nutrientes do solo excedem o nível ótimo, o crescimento radicular se torna limitado pela falta de carboidratos e eventualmente cessa. Assim a planta pode diminuir a alocação de recursos orgânicos para as raízes, enquanto aumenta a parte aérea e estruturas reprodutivas (EPSTEIN, 2006). A busca por equilíbrio entre a concentração do carbono (C) fixado pela fotossíntese e do N oriundo da absorção pelas raízes regula o crescimento da parte aérea e das raízes das plantas, conforme proposto por Thornley (1998). O aumento da concentração de C estimula o crescimento de raiz e o aumento da concentração de N favorece o crescimento da parte aérea.

A análise de crescimento é uma ferramenta para melhor conhecimento da planta e que permite manejar, racionalmente, as espécies cultivadas para expressão do seu potencial de produção. Também permite avaliar o crescimento da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. A partir dos dados de crescimento, pode-se inferir sobre a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente

diferentes, ou entre plantas semelhantes crescendo em ambientes diferentes. Estudos indicam que o N atua como sinalizador para o controle da partição da massa seca entre a parte aérea e as raízes em plantas (ANDREWS, 2006). São escassos na literatura os resultados sobre a partição da massa seca na planta do feijão.

Para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina é recomendado o uso de N para o feijão, quando não é feita a inoculação das sementes com o rizóbio específico ou quando a inoculação é ineficiente. O suprimento de N pela FBN é adequado quando observam-se nas raízes do feijão mais de 20 nódulos por planta, localizados principalmente na coroa da raiz, com coloração interna avermelhada, entre 15 e 20 dias após a emergência e as folhas devem apresentar cor verde intensa (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DOS ESTADOS DO RS E SC, 2004). Se não for observada a nodulação ou sendo esta insuficiente, recomenda-se realizar a adubação de cobertura com N, sendo feita com base no teor de MO do solo e da expectativa de rendimento de grãos. As quantidades de N variam de 20 a 50 Kg ha⁻¹, dependendo do teor de MO do solo, para uma expectativa de produtividade de 1,5 t ha⁻¹. A primeira parcela da adubação nitrogenada deve ser feita em conjunto com a semeadura, a segunda em cobertura entre os estádios de desenvolvimento do feijão de primeira folha trifolialada aberta (V3) e terceira folha trifolialada aberta (V4), ou seja, cerca de 2 a 3 semanas após a emergência das plantas (CTSBF, 2009).

O cultivo do feijão no Rio Grande do Sul buscando altas produtividades, deve ser realizado preferencialmente em locais sem restrições quanto a deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento do feijão ou excesso hídrico quando em maturação fisiológica. Durante o desenvolvimento do feijão a temperatura média deve ser igual ou inferior a 24°C. Esses critérios definem o zoneamento agrícola e indicam a zona preferencial de cultivo do feijão no RS (CTSBF, 2009).

No entanto não estão claras na literatura as doses de adubação necessárias para atingir a produtividade potencial da cultura do feijão. Tem-se obtido respostas à adubação nitrogenada, entretanto, a frequência e a amplitude da resposta variam de região para região e, ainda, dentro da mesma região, em função do clima e das condições fitossanitárias (FRANCO et al., 2002; VIEIRA, 1998). A resposta também depende do fertilizante empregado. A uréia, quando utilizada como fonte de nitrogênio, deve ser incorporada visando evitar perdas por volatilização, as quais

podem atingir 25 a 60% do total aplicado (VIEIRA, 1998). Trabalhando com adubação nitrogenada em feijão cultivado em solo tipo Terra Roxa Estruturada e usando o sulfato de amônio como fonte de nitrogênio, Meirelles et al. (1980) mostraram que essas perdas foram de 70%.

A mineralização da matéria orgânica do solo e a fixação simbiótica de N são fatores apontados para explicar resultados contraditórios de pesquisas sobre adubação nitrogenada no feijoeiro. No experimento feito por Nascimento et al. (2004), não foi observado efeito de doses de até 90 Kg de N ha⁻¹ e foi obtido rendimento de grãos de 2000 Kg ha⁻¹ num Latossolo Vermelho Distrófico com 2,5 % de matéria orgânica. Naquele experimento, embora não tenha sido feita inoculação das sementes com bactérias do gênero *Rhizobium*, foi observada a presença de nódulos no sistema radicular das plantas devido a presença de estirpes de rizóbios nativos no solo (ANDRADE et al., 1998; NASCIMENTO et al., 2004; SILVA et al., 2009).

Há resultados de pesquisas indicando que a formação de nódulos em raízes do feijão tende a diminuir com o aumento da concentração de amônio e nitrato (EPSTEIN, 2006; SILVA et al., 2009). Essa redução ocorre logo após a infecção do rizóbio na raiz, inibindo a divisão das células corticais e a posterior formação do nódulo. Resultado semelhante foi observado em alfafa, com acentuada diminuição do número de nódulos nas raízes quando as concentrações de NO₃⁻ aumentaram de 0 a 20 mM L⁻¹ (LIGEIRO, 1991). Em cultivo a campo num Latossolo Vermelho distroférico, com 3,6% de MO, Silva et al. (2009) testou doses de zero até 120 kg ha⁻¹ de N e observou que o aumento das doses de N diminuiu de forma linear a nodulação. A fixação simbiótica permitiu obter um número de vagens por planta e produtividade de grãos semelhante às parcelas que receberam adubação nitrogenada. Entretanto, a eficiência dos nódulos depende também da atividade fotossintética da planta, pois esqueletos de carbono e ATP (adenosina trifosfato) são necessários para a redução do N₂ em NH₃⁺. Embora as estruturas dos nódulos representem uma pequena proporção da massa da planta, consomem de 13 a 28% dos fotossintatos totais da planta (VANCE et al, 2005).

A técnica de inoculação do feijão com o rizóbio específico não é uma prática de rotina entre os agricultores. Entretanto, embora uma quantidade de 50 kg de N ha⁻¹ obtida pela fixação biológica possa ser considerada modesta, na ausência da simbiose seria necessário fornecer às plantas 100 kg ha⁻¹ de N fertilizante,

considerando-se que a eficiência de utilização do N raramente excede 50% (BLISS et al, 1993).

Os resultados disponíveis na literatura sobre o efeito da adubação nitrogenada no crescimento e na produtividade do feijão não são conclusivos. Isso decorre principalmente das dificuldades metodológicas em determinar a contribuição do N proveniente da mineralização da matéria orgânica e daquele proveniente da FBN, quando os experimentos são feitos no solo em condições similares às daquelas das lavouras de produção. Para elucidar a contribuição do N proveniente da matéria orgânica, da FBN e da adubação mineral e de suas interações, experimentos em condições controladas devem ser conduzidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no interior de um abrigo de 200 m² tipo guarda-chuva, com 65% de superfície de ventilação, coberto com polietileno aditivado anti-UV de 200 µm de espessura, localizado no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (latitude 29°43'S, longitude 53°48'W e altitude de 95 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes (MORENO, 1961).

Foi empregado o dispositivo fechado de cultivo fora do solo (GODOI et al., 2009) constituído de telhas de fibrocimento com 3,6m de comprimento e 1,1m de largura. As telhas foram apoiadas sobre suportes, permanecendo a 1m de altura do solo com declividade de 1%. Os canais das telhas foram preenchidos com brita basáltica média para permitir a drenagem da solução. Um reservatório de fibra de vidro com capacidade para 500L foi instalado próximo à extremidade inferior das telhas, para armazenar a solução nutritiva. As plantas foram cultivadas no interior de vasos de polietileno com 2,5dm³ preenchidos com areia e colocados sobre as telhas, no espaçamento de 0,3m entre plantas na linha e 0,27m entre linha, correspondente à densidade de 12 vasos por metro quadrado.

A granulometria da areia utilizadas nos vasos situou-se entre 0,001 e 0,003 m e a capacidade de retenção de água foi de 24%, determinadas no Laboratório de Física do Solo. Antes de ser empregada, a areia foi lavada em água corrente, desinfestada com hipoclorito de sódio a 1% (PEDROSO, 2009) e solarizada (BARROS et al, 2004) no período entre 17/01/2011 e 16/02/2011.

Os experimentos foram conduzidos em duas épocas. A primeira de 02 março de 2011 a 03 junho de 2011 (outono) e a segunda de 21 setembro de 2011 a 23 dezembro 2011 (primavera). As cultivares empregadas foram a BRS Valente e Pérola. Ambas foram obtidas e são mantidas pela EMBRAPA (Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira). A cultivar BRS Valente, pertence ao grupo comercial preto, apresentando porte ereto, com adaptação a colheita mecanizada, ciclo de 90 dias (intermediário) e tipo de planta II (hábito de crescimento indeterminado). Possui resistência ao mosaico comum e de moderada suscetibilidade à antracnose e

ferrugem. Em relação à qualidade tecnológica do grão, possui tempo de cozimento de 28 minutos e 19,3% de proteína (DEL PELOSO, 2003).

A cultivar Pérola, foi registrada e lançada em 1996 e cinco anos após ocupava em torno de 70% da área brasileira cultivada com feijão do grupo comercial carioca, isto é, grãos de cor creme com rajas marrom. Tem como diferencial o crescimento vigoroso e a tolerância à murcha de fusarium. Apresenta ciclo intermediário e suas plantas são do tipo II e III (hábito de crescimento indeterminado e porte semi-ereto). Tem adaptação a diversos sistemas de produção e por isso é recomendada para cultivo em 17 estados do Brasil (DEL PELOSO, 1994).

Quatro sementes desinfestadas com hipoclorito a 1% (PEDROSO, 2009) foram semeadas em cada vaso. Após o aparecimento das primeiras folhas unifolioladas (FERNÁNDEZ et al, 1985) realizou-se o desbaste, mantendo-se uma planta por vaso. A água e os nutrientes foram fornecidos através de um tubo gotejador no centro de cada vaso, com vazão equivalente a $1,3 \text{ L h}^{-1}$. A frequência das fertirrigações foi determinada com base na demanda hídrica da cultura, estimada por unidade de radiação solar e de área foliar de hortaliças cultivadas no mesmo local, em ambiente protegido, pois não há referência para o feijão (DALSASSO et al., 1997) e a capacidade de retenção do substrato determinada segundo Andriolo (2002). O manejo das plantas e o controle de pragas e doenças seguiram as indicações técnicas para o cultivo do feijão na Região Sul Brasileira (CTSBF, 2009).

Os tratamentos foram constituídos por cinco concentrações de N na solução nutritiva em cada época, em mmol L^{-1} : 5,5 (T1); 8,05 (T2); 10,55 (T3); 13,05 (T4); 15,55 (T5). Os demais nutrientes foram fornecidos nas concentrações: 8,3 de K^+ , 1,75 de Ca_2^+ , 1,2 de H_2PO_4^- , 0,7 de Mg_2^+ e 0,7 mmol L^{-1} de SO_4^{2-} ; e de 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn e 1 mg L^{-1} de Fe. As fontes de nutrientes foram o nitrato de potássio, fosfato monopotássico, nitrato de cálcio, cloreto de potássio, sulfato de magnésio e nitrato de amônio. Em T1 foi empregado também o sulfato de potássio. As fontes de micronutrientes e a metodologia de cálculo das quantidades de fertilizantes, empregadas para atingir as concentrações de cada tratamento, foram descritas por Andriolo (1999).

Cada uma das soluções nutritivas foi preparada em um reservatório separado, ao qual foi conectada uma motobomba, as quais foram controladas por um único

programador horário, de forma a fertirrigar, concomitantemente, todas as plantas na área experimental.

As condutividades elétricas (CE) médias da solução nutritiva durante os experimentos foram de 1,29, 1,33, 1,55, 1,72 e 1,86 dS m⁻¹, para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente, no outono e de 1,16; 1,27; 1,41; 1,52; 1,7 dS m⁻¹ na primavera. A CE igualmente permaneceu próximo ao valor inicial, tolerando-se um desvio de 10%, utilizando para suas correções, água ou alíquotas de nova solução nutritiva, dependendo da necessidade. O pH foi mantido entre os limites de 5,5 e 6,0 nas duas épocas. O volume de solução nutritiva no interior do reservatório foi completado sempre que o volume consumido pelas plantas atingiu a fração de 50% do volume inicial (LONDERO, 2000). O pH foi mantido no valor obtido no momento da preparação da solução inicial, tolerando-se um desvio de 0,2 unidades, mediante adição de NaOH ou H₂SO₄ na concentração 1N. Não foram feitos descartes de solução nutritiva durante todo o período do experimento.

Foram coletadas quatro plantas em cada tratamento aos 65 (R8-enchimento das vagens) e 93 (R9-maturação fisiológica) dias após a emergência (DAE) no outono e aos 59 (R8) e 87(R9) DAE na primavera, para determinação em gramas da massa de matéria seca. Imediatamente após a coleta no estágio de desenvolvimento do feijão R8, as folhas, hastes, raízes e vagens foram separados e posteriormente secos em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60°C até massa seca constante entre duas pesagens consecutivas. Nesse mesmo estágio o número de nódulos foi determinado. O rendimento de grãos foi determinado em R9, considerando um teor de umidade de 13% e a produtividade em Kg ha⁻¹ foi determinada através de extrapolação dos valores obtidos do rendimento de grãos.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. O fator principal nas parcelas foi a concentração de N e as cultivares constituíram o fator secundário nas subparcelas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o Programa Sisvar, versão 4.3 (FERREIRA, 2008). As médias entre cultivares e épocas foram comparadas pelo teste (DMS), a 5% de probabilidade, e os efeitos das doses de N foram avaliados por meio de análise de regressão, tendo se utilizado como critério para escolha do modelo, a magnitude dos coeficientes de regressão, significativos a 5% de probabilidade pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas no crescimento e no rendimento de grãos por efeito da disponibilidade de nitrogênio, das épocas e das cultivares. Foram observadas diferenças significativas no rendimento de grãos, no número de vagens, no peso de mil grãos e no crescimento da parte aérea da planta, os quais foram mais elevados na primavera. No entanto, o número de grãos por vagem foi menor na primavera (Tabela 1). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas no crescimento radicular das plantas e no número de grãos por planta entre as médias do outono e da primavera. Com relação às cultivares, houve interações com as épocas. No outono, o número de vagens foi mais elevado na cultivar BRS Valente, com médias mais baixas do número de grãos por vagem e do peso médio de grãos. Na primavera, essa mesma cultivar apresentou médias inferiores para todas as variáveis, exceção feita para a massa de raízes e o número de grãos por vagem que não diferem estatisticamente. O número de grãos por vagem mais baixo na primavera é atribuído às variações de temperatura do ar. Na primavera, a oscilação de temperatura máxima e mínima do ar durante o período de floração atingiu valores de 23,4°C, enquanto no outono esse valor foi de 17,8°C. Esses resultados confirmam observações anteriores de outros autores (GONÇALVES et al., 1997), que evidenciaram o efeito negativo das temperaturas do ar acima de 30°C e abaixo de 12 °C sobre o número de grãos por vagem na planta do feijão.

O rendimento de grãos de ambas as cultivares decresceu linearmente com o aumento da disponibilidade de N na primavera (Figura 1 A e B). No outono, decresceu somente na cultivar BRS Valente. Uma produção de grãos mais elevada na ausência de adubação nitrogenada foi obtida por Corrêa et al (2001). Entretanto, esses autores empregaram a cultivar Carioca MG e o experimento foi feito em vasos de 3 dm³ com solo Glei Húmico. Esses autores também ajustaram uma relação linear decrescente entre a produtividade de grãos e as doses de N, a qual foi atribuída ao excesso de N fornecido nas doses mais elevadas. O teor de matéria orgânica no solo onde o experimento foi realizado foi elevado e a as quantidades de N provenientes da mineralização da matéria orgânica podem ter sido elevadas, embora os autores não a tenham quantificado. No mesmo trabalho, as mesmas

doses empregadas em solos com teor mais baixo de matéria orgânica apresentaram respostas polinomiais na produtividade de grãos.

A maior parte dos resultados de pesquisas sobre o efeito de doses de N na produtividade do feijão é proveniente de experimentos feitos no solo em condições de campo e indicam tanto resposta positiva como ausência de resposta, porém, sem redução de produtividade (NASCIMENTO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2007; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009; KANEKO et al., 2010; SOUZA et al., 2011). Esses resultados têm sido atribuídos tanto à FBN como ao N proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, os quais poderiam suprir integralmente a necessidade de N da cultura. O experimento atual realizado em areia eliminou a hipótese da mineralização da matéria orgânica. A inoculação não foi realizada e a areia foi desinfestada e mesmo assim observou-se a presença de nódulos nas raízes. Em experimento utilizando a cultivar IAC Alvorada em Latossolo Vermelho distroférico com quatro doses de N (zero, 35, 70 e 140 kg ha⁻¹) e sem inoculação, Souza et al. (2011) também observaram a presença de nódulos e ausência de resposta na produtividade de grãos. Esses resultados são importantes porque indicam o elevado potencial de disseminação natural dos microorganismos responsáveis pela FBN, provavelmente pela água de irrigação nesse experimento. Indicam também que esses microorganismos seriam suficientemente eficientes para suprir a necessidade de N das plantas quando esse elemento encontra-se em baixa concentração, mesmo sem terem passado por uma seleção prévia seguida de inoculação. Essa constatação não confirma a hipótese levantada por outros autores (SOUZA et al., 2011; KANEKO et al., 2010), de que as espécies nativas de rizóbios seriam menos eficientes na fixação biológica do N do que aquelas provenientes da inoculação. Esses autores têm argumentado que o processo de infecção, formação de nódulos e assimilação do N pela planta é limitado frequentemente por fatores como acidez do solo, concentrações elevadas de alumínio tóxico e competição com os demais microrganismos (DERNADIN et al., 1991; MARTINEZ-ROMERO et al., 1991; MERCANTE et al., 1993; PELEGRIN et al., 2009). Verificou-se a presença de 570 nódulos por raiz, considerado a média das épocas e cultivares com a menor concentração de N (Figura 2 E e F), número que extrapola os 35,7 obtidos por Araujo et al. (2007) e confirmam as conclusões daqueles autores, porque o cultivo em areia e com solução nutritiva eliminou a maior parte das limitações que podem ocorrer no solo.

Os resultados dos presentes experimentos sugerem também que o teor de matéria orgânica do solo não seria uma variável de importância no manejo da adubação do feijão caso a inoculação das sementes seja realizada com estirpes eficientes para a FBN. Fica, portanto confirmada a recomendação de Ferreira et al. (2000) da não utilização de nitrogênio mineral em cobertura na cultura do feijão.

O número de grãos por planta apresentou resposta ao aumento da disponibilidade de N que foi semelhante àquela observado no rendimento de grãos, com decréscimo apenas na primavera na cultivar Pérola e em ambas as épocas na cultivar BRS Valente (Figura 1 C e D). Esses resultados estão em desacordo com aqueles encontrados por Araújo et al. (2007), onde as diferentes doses de N não causaram diferenças significativas no número de grãos por planta. Uma relação linear foi ajustada entre o número de grãos por planta e o rendimento de grãos, obtendo R^2 de 0,98 e 0,92 para cultivar Pérola e 0,92 e 0,95 para BRS Valente, considerando as épocas de outono e primavera respectivamente (Figura 1 E e F), indicando que para os presentes experimentos o componente que melhor representa o rendimento de grãos é o número de grãos por planta.

A massa seca da parte aérea das plantas também apresentou resposta ao aumento da disponibilidade de N que foi semelhante àquela observada no rendimento de grãos, com decréscimo apenas na primavera na cultivar Pérola e em ambas as épocas na cultivar BRS Valente (Figura 2 A e B). Entretanto, o crescimento das raízes decresceu em ambas as cultivares, de forma polinomial em ambas as épocas na cultivar Pérola e linear na cultivar BRS Valente (Figura 2 C e D).

Uma das hipóteses que pode ser levantada para explicar a queda do rendimento de grãos com o aumento das doses de N é o efeito indireto da salinidade. A salinidade no meio radicular atua como um fator de estresse hídrico, especialmente sob elevada radiação solar e demanda evaporativa da atmosfera. Na cultura da soja, foi observado que a salinidade afeta inicialmente o crescimento e expansão foliar e por consequência a fotossíntese e produtividade (WANG et al., 2001). Caso o estresse salino tivesse ocorrido nas plantas do experimento de primavera na maior concentração de N, essas deveriam ter apresentado crescimento e rendimento de grãos inferiores. Isso não ocorreu, pois no outono o crescimento da planta e o rendimento de grãos foram inferiores, tendo sido,

portanto, pouco provável que a salinidade no meio radicular tenha afetado a resposta ao nitrogênio.

A produtividade média alcançada para as diferentes disponibilidades de N, épocas e cultivares foi de 6.320 kg ha⁻¹, superior às produtividades máximas citadas na literatura em cultivo no solo, as quais foram da ordem de 1.783 kg ha⁻¹ (SOUZA et al., 2011), 1.386 kg ha⁻¹ (ARAÚJO et al., 2007), 2.191 kg ha⁻¹ (NASCIMENTO et al., 2004) e 3.762 kg ha⁻¹ (PELEGRIN et al., 2009). Essas diferenças podem ser explicadas pela otimização das condições para o crescimento das raízes e do suprimento de água e nutrientes no cultivo fora do solo.

Conclusões

- a) O fornecimento de N mineral inibe a nodulação das plantas de feijão.
 - b) O aumento da disponibilidade de N mineral reduz o crescimento e o rendimento de grãos da cultura nos cultivos de outono e de primavera.
 - c) Os resultados confirmam a recomendação de Ferreira et al. (2000) da não utilização de nitrogênio mineral em cobertura na cultura do feijão.
- .

Tabela 1- Rendimento de grãos (REND), massa seca total (MST), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), número de grãos (NG), número de vagens (NV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão cultivado no outono e na primavera com as cultivares Pérola e BRS Valente. Santa Maria (RS), 2011.

Época	Cultivar	REND	MST	MSR	MSPA	NG	NV	NGV	MMG
		-----g planta ⁻¹ -----				-----número planta ⁻¹ -----		--g--	
Outono	Pérola	44,7 A ^{1/}	80,7 A	4,3 A	76,3 A	144,2 A	26,9 B	5,4 A	310,2 A
	BRS Valente	40,8 A	75,7 A	5,4 A	70,9 A	165,9 A	34,1 A	4,8 B	247,3 B
	Média	42,7 b	78,2 b	4,8 a	73,6 b	155,1 a	30,5 b	5,1 a	278,8 b
Primavera	Pérola	63,9 A	118,4 A	5,9 A	112,5 A	182,4 A	43,3 A	4,3 A	354,7 A
	BRS Valente	37,3 B	72,9 B	5,6 A	67,1 B	145,0 B	34,8 B	4,2 A	249,9 B
	Média	50,6 a	95,69 a	5,7 a	89,8 a	163,6 a	39,0 a	4,2 b	302,3 a
CV(%)	-	30,0	19,8	42,1	19,1	30,2	26,0	15,5	11,6

^{1/}Médias seguidas de mesma letra, minúscula e maiúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade, para época e cultivar, respectivamente.

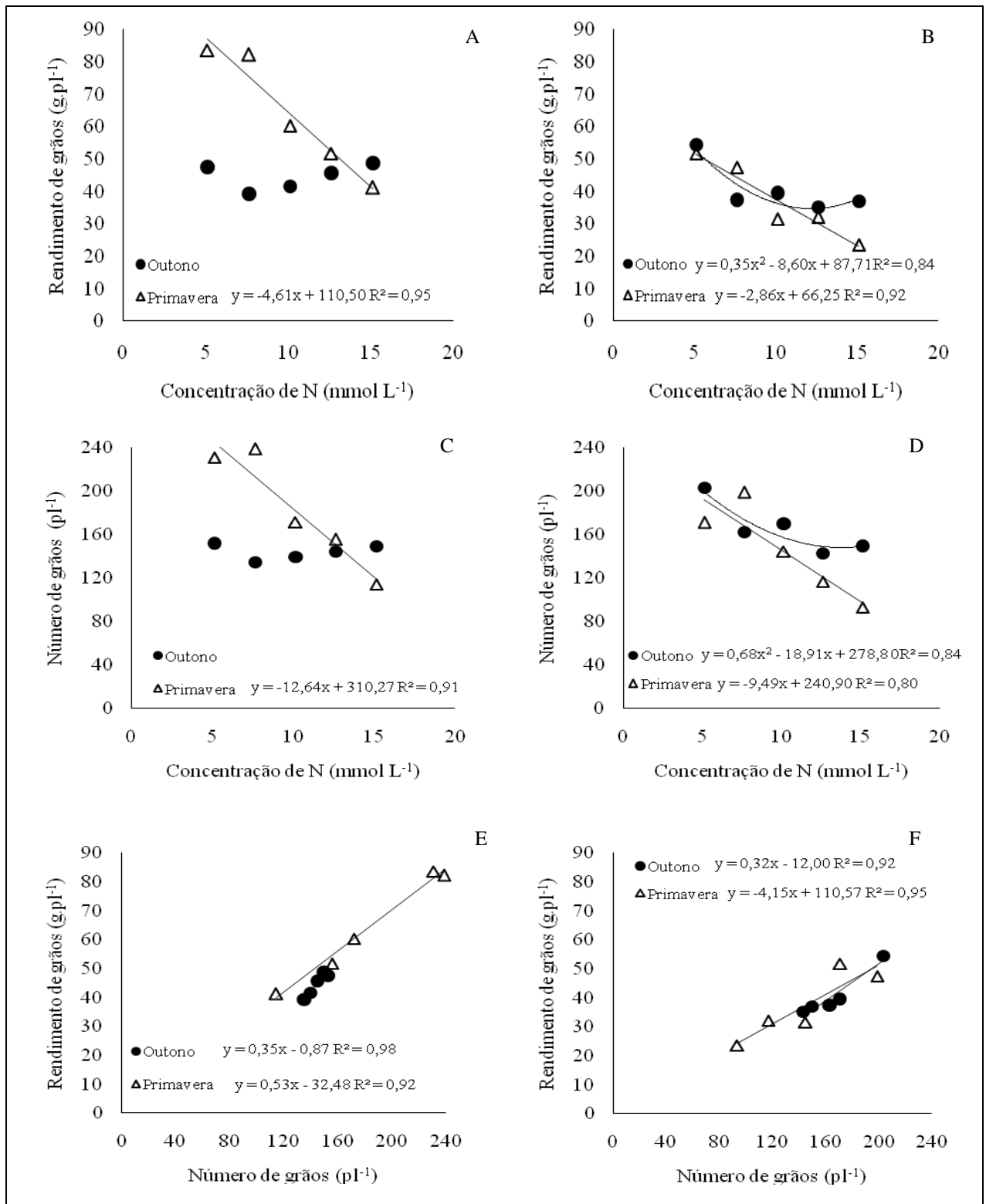


Figura 1- Rendimento de grãos e número de grãos por planta do feijão cultivado em diferentes disponibilidades de N e relação entre o rendimento de grãos e número grãos por planta, para as cultivares Pérola (A, C e E) e BRS Valente (B, D e F) nas épocas de cultivo de outono e primavera. Santa Maria (RS), 2011.

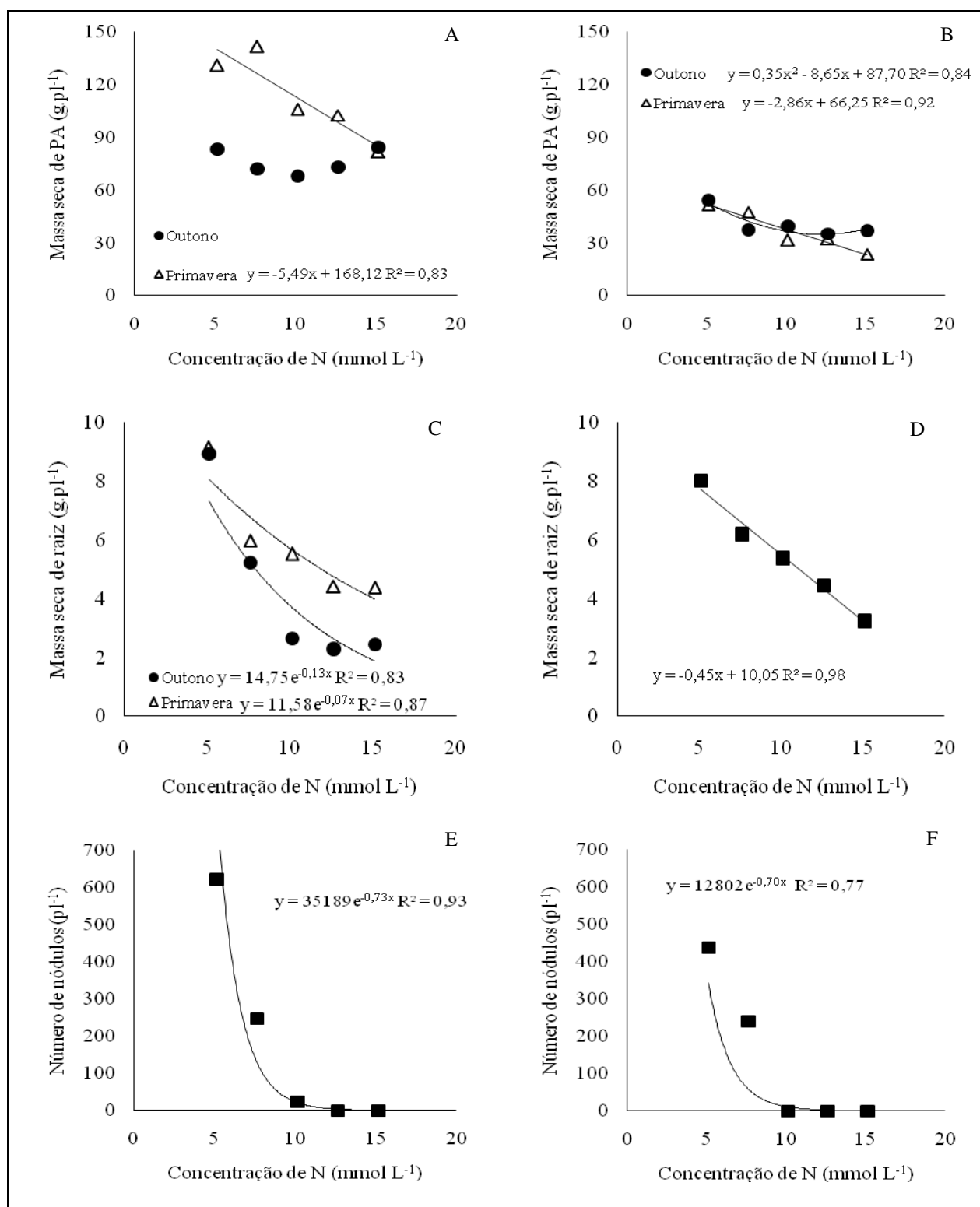


Figura 2- Massa seca de parte aérea (PA), massa seca de raiz e número de nódulos por planta do feijão cultivado em diferentes disponibilidades de N, para as cultivares Pérola (A, C e E) e BRS Valente (B, D e F) nas épocas de cultivo de outono e primavera. Santa Maria (RS), 2011.

REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E.J. et al. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2-3, p.338-341, 1996.

ANDRADE, M. J. B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.

ANDREWS, M. et al. A role for shoot protein in shoot–root dry matter allocation in higher plants. **Annals of Botany**, v. 97, p. 3-10, 2006.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura Geral: Princípios e Técnicas**. Santa Maria: UFSM, 2002.

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

BARROS, B. C. et al. Solarização do solo com filmes plásticos com e sem aditivo estabilizador de luz ultravioleta. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, abr./jun. 2004.

BLISS, F.A. et al. Utilizing the potential for increased nitrogen fixation in common bean. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 157-160, 1993.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.206-215, 2010.

CORRÊA, F. S. et al. Adubação nitrogenada em feijoeiro cultivado em solos de várzea. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.6, p.1265-1272, nov./dez. 2001.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DOS ESTADOS DO RS E SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 2004. 224p.

COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO. CTSBF. **Informações técnicas para o cultivo do feijão na Região Sul brasileira**. Florianópolis: EPAGRI, 2009. 164 p.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, safra 2010/2011**. Brasília, 2011. 47p.

DALSASSO, L.C.M. et al. Consumo de água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.61-67, 1997.

DEL PELOSO, M. J. et al. Cultivar de feijoeiro comum Pérola. 1994.

DEL PELOSO, M. J. et al.. BRS Valente - black common bean.. 2003.

DERNADIN, N.D. **Seleção de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli tolerantes a fatores de acidez e resistentes a antibióticos**. 1991. 89f. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Santo Antônio de Góias, 2005. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/index.htm>> Acesso em 03 de abr. 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. 2. Ed. Califórnia: Davis, 2006. 403 p.

FAGAN, E. B. et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja-revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.1, p. 89-106, 2007

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em La planta de frijol. In: López, m., FERNÁNDEZ, F.; SCHINHOVEN, A. van. Frijol: Investigación y producción. Calli: Ciat, 1985. p.61-78, 1985.

FERREIRA, A.N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.507-512, 2000.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v. 6, p.36-41, 2008.

FOGAÇA, M. A. F. **Manejo do nitrogênio na cultura do melão**. 2007. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

FRANCO, M.C. et al. Nodulação em feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1145-1150, 2002.

GODOI, R.S. et al. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1039-1044, 2009.

GONÇALVES, S. L. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 99-107, 1997.

HAAG, H.P. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. 30, p. 381-391, 1967.

HUNGRIA, M.; BARRADAS, C.A.; VALLSGROVE, R.M. Nitrogen fixation, assimilation and transport during the initial growth stage of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.839-844, 1991.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em Sistema Plantio Direto. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.125-133, 2010.

LIGERO, F. et al. Nitrate inhibition of nodulation can be overcome by the ethylene inhibitor aminoethoxyvinylglycine. **Plant Physiol.**, v. 97, p.1221-1225, Apr 1991.

LONDERO, F.A.A. **Reposição de nutrientes em soluções nutritivas no cultivo hidropônico da alface**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Perfil do feijão no Brasil**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 11 set. 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, p.889, 1995.

MARTÍNEZ-ROMERO et al. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* spp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.5, p.417-426, 1991.

MEIRELLES, N.M.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em uma cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, p.83-8,1980.

MERCANTE, F.M. et al. **Uso de *Leucaena leucocephala* na obtenção de *Rhizobium* tolerante a temperatura elevada para inoculação do feijoeiro**. 1993. 149f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1993.

MORAES, L.B. et al. Máquinas para colheita e processamento de grãos. Pelotas: UFPel, 1996. 153p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 46 p.

NASCIMENTO, M.S. et al. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum Agronomy**., Maringá, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.

NEVES, M.C.P. Interdependência fisiológica entre os componentes do sistema simbiótico *Rhizobium* Leguminosas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, p.79-92, 1981.

PEDROSO, D. C. **Associação de *Alternaria* spp. com sementes de apiáceas: métodos de inoculação e influência na qualidade fisiológica**. 2009. 121f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 219-226, 2009.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: **Encarte do Informações Agrônomicas**, n.68, p.16, dez. 1994.

SILVA, V.N.; SILVA, L.E.S.F.; FIGUEIREDO, M.V.B. Coinoculação de sementes de caupi com *Bradyrhizobium* e *Paenibacillus* e sua eficiência na absorção de cálcio, ferro e fósforo pelas plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.2, p.95-99, 2006.

SILVA, E.F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, v.68, p.443-451, 2009.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.4, p.370-377, abr. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

TEIXEIRA, I. R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.2, p.399-408, abr./jun. 2000.

THORNLEY, J. H. M. Modelling shoot : root relations: the only way forward. **Annals of Botany**, n.81, p. 167- 171, 1998.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Ed. Gênese, 2000. 110 p.

VANCE, C. P. et al. Carbon and nitrogen metabolism in legume nodules. In: MODEL LEGUME CONGRESS, 2005, Califórnia. **Abstract...** Califórnia: USDA/ARS, 2005. P. 43.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C. et al. (Ed). Feijão: aspectos gerais e cultura do Estado de Minas. Viçosa: UFV, p.123-152, 1998.

WANG, D.; SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. **Field Crops Research**, v. 69, p. 267-277, 2001.