



Resposta de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e à aplicação de um biofertilizante

Matheus Henrique Roman

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança
para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientado por

Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Professora Doutora Margarida Arrobas

Professora Doutora Taciane Finatto

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

Bragança

2017



Resposta de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e à aplicação de um biofertilizante

Matheus Henrique Roman

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança
para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientado por

Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Professora Doutora Margarida Arrobas

Professora Doutora Taciane Finatto

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

Bragança

2017

*“ Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas não sou mais o que era antes ” (Autor Desconhecido).*

Resumo

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa com grande importância na alimentação humana e na economia de vários países, pelo que melhorar sua produtividade é de fundamental importância. Dentro do manejo podem ser adotadas técnicas para melhorar a sua produção, sendo que o uso de nitrogênio é um dos mais importantes. Este trabalho teve como objetivo estudar a resposta de feijão-comum à adubação nitrogenada e à aplicação de um biofertilizante. Para isso se instalou um experimento a campo com esquema fatorial utilizando duas cultivares de feijão anão ('Foicinha' e 'Rajada') sob três regimes de adubação nitrogenada: T1 – 0 kg N ha⁻¹ (testemunha); T2 – 80 kg N ha⁻¹; T3 – 4 L de biofertilizante ha⁻¹. Se realizaram análises de macronutrientes (azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco) nos tecidos da planta e se quantificou a produção de matéria seca da parte aérea, sem os grãos, dos grãos e total aos 42, 53, 73 e aos 93 dias após a semeadura. Ao final do ciclo da cultura ainda se avaliaram os seguintes caracteres de rendimento agrônomico: número de vagens por planta; número de locos por vagem; número de locos falhos por vagem; número de grãos por vagem; massa de mil grãos; e rendimento de grãos. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro. Todos os caracteres de rendimento agrônomico, exceto número de locos por vagem, apresentaram diferenças significativas entre cultivares, porém nenhum apresentou diferença entre tratamentos. O rendimento de grãos foi superior na cultivar 'Rajada'. Na cultivar 'Foicinha' encontraram-se diferenças entre tratamentos, onde T1 foi superior, diferindo estatisticamente de T3. A maior produção de matéria seca total foi encontrada na cultivar 'Rajada' em T2 ao final do ciclo (93 DAS). No ponto de vistanutricional, destaca-se o nitrogênio, que apresentou diferenças significativas entre cultivares em todas as datas de coleta, sendo que a cultivar 'Foicinha' apresentou teores superiores em todas as coletas em relação 'Rajada', seja nos grãos ou na matéria seca da fitomassa. A dinâmica deste nutriente foi a mesma em ambas as cultivares, sendo que ocorreu um decréscimo do teor na fitomassa entre as coletas e um acréscimo do teor nos grãos. Com este trabalho pode concluir-se que a produção de grãos mostrou-se genótipo dependente, a massa de mil grãos foi o único caracter que apresentou resposta em relação às diferentes adubações, a matéria seca total foi superior na cultivar 'Foicinha' com uso

do biofertilizante e os teores de nitrogênio diferiram entre cultivares, enquanto que entre tratamentos não se registraram diferenças significativas.

Palavras-chave: Nitrogênio, rendimento de grãos, matéria seca.

Abstract

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a very important crop as human food and in the economy of many countries, so improving crop productivity has fundamental importance. New cropping techniques should be adopted to improve crop production, mineral nitrogen fertilization being one of the most important. The goal of this trial was to study the response of common bean to nitrogen fertilization and to the use of a biofertilizer. The experiment was conducted in field in a factorial design using two dwarf bean cultivars ('Foicinha' and 'Rajada') subjected to three fertilization treatments: T1 – 0 kg N ha⁻¹ (control); T2 – 80 kg N ha⁻¹; T3 – 4 L of biofertilizer ha⁻¹. Aboveground dry matter yield was assessed after had been separated into vines, grain and total at 42, 53, 73 and 93 days after sowing. Macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium) and micronutrients (boron, copper, iron, manganese and zinc) were analyzed in each plant part. Several crop yield components were analyzed at the end of the growing season, such as number of pods per plant; number of loci per pod; number of failed loci per pod; number of grains per pod; mass of grains; and grain yield. Data was submitted to analysis of variance (ANOVA) and means with significant differences compared by the Duncan test with a 5% probability of error. All the characters of yield components, except number of loci per pod showed significant differences among cultivars, but not between treatments. Grain yield was higher in 'Rajada' than in 'Foicinha' and in the 'Foicinha' cultivar we found differences between treatments, where T1 was higher and statistically differing from T3. The highest total dry matter yield was found with 'Rajada' in the T2 treatment at the end of the growing season (93 DAS). In the nutritional aspect, nitrogen was highlighted, since it presented significant differences between cultivars at all sampling dates, and the cultivar 'Foicinha' presented higher levels in all samplings than 'Rajada', either in grains or in dry matter of the phytomass. The dynamics of this nutrient was the same in both cultivars. It was observed a decrease in the phytomass of the vines during the growing cycle and an increase in the grain yield. From this work, it seems that grain yield was genotype dependent, the mass of grains was the only character that showed response to the different fertilization treatments. Total dry matter was higher in 'Foicinha' in the biofertilizer plots and nitrogen concentration differed among cultivars, while between treatments significant differences were not found.

Keywords: Nitrogen, yield, dry matter.

Lista de siglas e abreviaturas

CV	coeficiente de variação
DAS	dias após a semeadura
MMG	massa de mil grãos
MSFM	matéria seca da fitomassa
MST	máteria seca total
NLV	número de locos por vagem
NLF	número de locos falhos por vagem
NGV	número de grãos por vagem
NVP	número de vagens por planta
QME	quadrado médio do erro
RG	rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)

INDICE

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Importância do feijão na economia e alimentação humana.....	13
3.2 Nitrogênio e sua relação com características agronômicas, fisiologia e genética.....	14
3.3 Incorporação de nitrogênio na agricultura: eficiência vs sustentabilidade.....	16
3.4 Bioinformática e biotecnologia aplicada a agricultura.	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Caracterização das condições experimentais.....	21
4.1.1 Análise nutricional e acúmulo de matéria seca.....	22
4.1.1.1 Quantificação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês.	23
4.1.1.2 Quantificação de boro.....	24
4.1.1.3 Quantificação de nitrogênio.....	24
4.1.2 Componentes de rendimento e rendimento de grãos.....	24
4.2 Análises estatísticas.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1 Caracteres de rendimento agronômico e rendimento de grãos.....	26
5.2 Acúmulo de matéria seca.....	33
5.3 Absorção de macronutrientes.....	36
5.3.1 Nitrogênio.....	37
5.3.2 Fósforo.....	40
5.3.3 Potássio.....	42
5.3.4 Cálcio.....	45
5.3.5 Magnésio.....	47
5.4 Absorção de micronutrientes.....	50
5.4.1 Boro.....	51
5.4.2 Cobre.....	54
5.4.3 Ferro.....	56
5.4.4 Zinco.....	59
5.4.5 Manganês.....	61

6 CONCLUSÕES.....	64
7 REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Dentro do gênero *Phaseolus* o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie que tem maior impacto econômico pois é amplamente cultivado principalmente devido às suas propriedades nutricionais e rentabilidade gerada para os produtores. Apesar de rentável, é uma cultura exigente em termos de clima e nutrição. Entre os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura, o nitrogênio (N) é um dos que proporciona maior resposta ao feijão. A falta de nitrogênio prejudica o desenvolvimento da planta em qualquer etapa de crescimento, todavia durante o período da formação dos frutos é a etapa em que há mais demanda deste nutriente, por isso sua disponibilidade no sistema é de fundamental importância.

Apesar de ser uma espécie pertencente ao grupo das leguminosas, as quais são capazes de fixar nitrogênio da atmosfera, a cultura do feijão tem baixíssima eficiência e compatibilidade com as bactérias que desempenham este processo. Por isso, a maior parte do nitrogênio incorporado na cultura é na forma da fertilização química, porém emprega alto custo aos produtores e pode gerar danos ambientais. Para contornar esta situação podem ser utilizados adubos orgânicos que contribuam para o incremento de nitrogênio no sistema, com baixo impacto ambiental e menor custo de aplicação.

As diferentes fontes e doses de nitrogênio conferem diferentes respostas nas plantas, desde a estatura de planta, caracteres de rendimento até questões relacionadas a genética como a expressão de genes.

A produtividade do feijoeiro no Brasil cresceu 25 % na última década. Contudo, os dados de produtividade da safra 2014/15 de 1025 kg ha⁻¹ mostram que a média ainda está muito aquém do potencial produtivo das cultivares. Isto se deve, a interferência de fatores abióticos e bióticos, do emprego tecnológico pelos produtores e a erros no manejo nutricional.

2 OBJETIVOS

Avaliar a resposta de feijão-comum à adubação nitrogenada e à aplicação de um biofertilizante.

Observar o acúmulo de nutrientes na parte aérea de dois genótipos de feijão coletadas em diferentes estádios fenológicos e nos grãos em resposta às adubações referidas anteriormente.

Avaliar caracteres morfológicos relacionados aos componentes de rendimento sendo eles: número de vagens por planta; número de grãos por planta; peso dos grãos; e produtividade final da cultura comparando as adubações referidas anteriormente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância do feijão na economia e alimentação humana

O feijão é um alimento de extrema importância na alimentação humana por ser altamente nutritivo. Estudos com alguns genótipos chilenos de feijão realizados por Paredes et al. (2009) mostraram que o teor de proteína na maioria dos casos foi superior a 20 %. No entanto, os teores de proteína bruta podem chegar até 36 %, de acordo com Mesquita et al. (2007). Além disso, é fonte importante de ferro nas dietas correspondendo a mais de 50 % dos micronutrientes presentes nos grãos (Ribeiro et al., 2008). Estima-se que para uma porção de 100 g de semente de feijão os carboidratos pode representar até 64 % da composição dos grãos e seu valor energético pode chegar a 343 kcal (USDA, 2017).

Devido a esta grande importância das leguminosas secas como o feijão na alimentação humana do mundo inteiro, a 68ª Assembleia Geral da ONU (Organização das Nações Unidas) declarou “2016 o Ano Internacional das Leguminosas” (*International Year of Pulses*) com o tema: “Sementes Nutritivas para um Futuro Sustentável”. Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), as leguminosas secas (feijão, ervilha, grão-de-bico, lentilhas) representam uma fonte alternativa de proteínas mais barata do que as encontradas nas carnes. Elas também apresentam o dobro das proteínas do trigo (*Triticum aestivum* L.) e o triplo do arroz (*Oryza sativa* L.), sendo ricas em micronutrientes, aminoácidos e vitamina B, substâncias que tornam as leguminosas componentes essenciais de uma dieta saudável (FAO, 2015).

A produção mundial de feijão-verde (feijão-vagem) foi de 2,1 milhões de toneladas no ano de 2014, com uma área plantada de 1,5 milhão de hectares. Os maiores produtores neste mesmo ano foram China, Indonésia, Turquia, Índia e Tailândia. Em Portugal a produção total foi de 13.460 t (FAOSTAT, 2017). Já no Brasil, no ano de 2006, os dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontam uma produção de 56776 t. A média mundial de produtividade em 2014 foi de 14 t ha⁻¹ e os países que tiveram maiores produtividades neste ano foram Chipre (95 t ha⁻¹), Kuwait (78 t ha⁻¹), Luxemburgo (40 t ha⁻¹), Tajiquistão (31 t ha⁻¹) e China (26 t ha⁻¹). A produtividade em Portugal foi de 16 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2017), enquanto no Brasil em regiões produtoras

como Goiás e Minas Gerais ensaios experimentais mostraram que a produtividade média pode atingir 15 t ha⁻¹ (Peixoto et al., 1997).

Já para a produção em grãos, os maiores países produtores são Myanmar, Índia, Brasil, México e Estados Unidos (FAOSTAT, 2013) e entre os maiores consumidores encontram-se Burundi, Nicarágua, Ruanda, Uganda e Brasil (FAO, 2005). O consumo interno no Brasil na safra 2014/15, segundo a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), foi de aproximadamente 3,35 milhões de toneladas, e a produção foi de 3,25 milhões de toneladas. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) a área de plantio estimada para a safra de 2015/16 (1^a, 2^a e 3^a safras) em todo o país é de 3,0 milhões de hectares. A produtividade média brasileira é pouco maior que do que 1,0 t ha⁻¹ (CONAB, 2016) e em Portugal a produtividade média é de pouco mais que 0,5 t ha⁻¹, produtividade que é considerada baixa se comparada à de outros países como a Irlanda, onde a produtividade em 2011 chegou a 5,1 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2013).

Esta lacuna na produção pode ser explicada pelo baixo investimento em tecnologias, intempéries climáticas, e também pela falta de manejo adequado da fertilização, como no caso do nitrogênio que quando aplicado ao solo é facilmente volatilizado, desnitrificado e/ou lixiviado. Desta forma, o melhoramento genético, e técnicas de manejo inovadoras se fazem necessários para que maiores produtividades sejam alcançadas.

3.2 Nitrogênio e sua relação com características agronômicas, fisiologia e genética

O nitrogênio depois de carbono, hidrogênio e oxigênio, é o elemento mais abundante nas plantas. É utilizado na síntese da clorofila, está presente nos ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (Bloom, 2013). Por isso, sua deficiência causa redução no crescimento, e acarreta uma menor produção vegetal.

De acordo com Fernandes et al. (2005) uma estratégia para se aumentar a produção de grãos é aumentar as doses de nitrogênio aplicadas. Porém, o aumento excessivo das doses pode resultar em perdas na produtividade e uma menor eficiência do uso do nitrogênio (EUN), definida como a capacidade da planta usar o nitrogênio absorvido para produção de grãos. Corroborando esta afirmação, dados de Lassaletta et

al. (2014) mostraram que à medida que o percentual de nitrogênio sintético aplicado ao solo aumenta a EUN diminui, contrariamente, quanto maior o percentual de nitrogênio incorporado ao solo pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), maior a EUN. Zhu et al. (2016) encontraram esta mesma relação, sendo a EUN inversamente proporcional às doses de nitrogênio aplicadas ao solo.

Fageria et al. (2013) mostraram em um estudo com feijão que a EUN tem uma alta relação com o rendimento de grãos, além disso, os genótipos mais eficiente no uso de nitrogênio tiveram produções maiores tanto sem aplicação de nitrogênio quanto quando aplicada adubação nitrogenada.

Estratégias mais eficientes podem ser adotadas, como selecionar genótipos superiores em relação a EUN e em relação a eficiência de absorção de nitrogênio (EAN), definida como a capacidade da planta absorver o nitrogênio disponível (Souza et al., 2008; Cancellier et al., 2011). Estudos de Oliveira (2013) na cultura do milho (*Zea mays* L.) mostram que a EUN está associada à atividade das enzimas nitrato redutase e/ou glutamina sintetase, dependendo da disponibilidade de nitrogênio. Feng et al. (2017) verificaram que a super-expressão do gene *OsNRT2.3b* (um transportador de nitrato) em arroz aumentou o acúmulo de nitrogênio nas raízes e na parte aérea, principalmente sob baixas concentrações de fósforo. A super-expressão de genes que codificam transportadores de amônia, proteínas transportadoras de açúcar como a “STP13 protein” também se mostraram positivas na melhoria da EUN e na EAN (Yuan et al., 2007; Schofield et al., 2009), bem como os transportadores de nitrato.

A absorção de nitrogênio pelas plantas acontece, principalmente, pela presença de duas famílias de transportadores, a família de transportadores de nitrato (NRT) (Gojon et al., 2011) e a família dos transportadores de amônia (AMT) (Sohlenkamp et al., 2000; Sohlenkamp et al., 2002). Em ambas as famílias existem dois grupos de transportadores, os LATS (*Low Affinity Transporters*), que atuam quando a disponibilidade de nitrogênio é alta, e os HATS (*High Affinity Transporters*) quando a disponibilidade de nitrogênio é baixa (Gojon et al., 2011; Sohlenkamp et al., 2002). Outros transportadores estão envolvidos no processo de absorção como as bombas de prótons (PM H⁺-ATPases) e as proteínas reguladoras NAR (Sperandio, 2011).

A taxa de absorção de nitrogênio varia de acordo com quantidade de raízes versus sua taxa de absorção por unidade de peso de raiz (moles NO₃⁻ ou NH₄⁺ h⁻¹ g⁻¹ raiz)

(Cregan e Berkum, 1984). Parte da variação na absorção também é explicada pelo uso de diferentes fontes de nitrogênio (NO_3^- ou NH_4^+), maior ou menor expressão de transportadores de NO_3^- , diferenças entre genótipos, disponibilidade de água e a tolerância ao deficit hídrico de cada cultivar (Devi et al., 2013) e também pela disponibilidade de outros nutrientes como o fósforo (Pereira e Bliss, 1987). Em arroz foram encontrados cinco genes (*OsA2*, *OsA7*, *OsNRT2.1*, *OsNRT2.2* e *OsNAR2.1*) relacionados à eficiência de aquisição de nitrogênio (Sperandio, 2011). Em um trabalho realizado por Plett et al. (2016) verificou-se uma grande diferença na quantidade de aminoácidos e na atividade das enzimas glutamato sintetase, glutamina sintetase, nitrito redutase e nitrato redutase em diferentes estádios fenológicos de plantas de milho. Sendo assim, o estágio fenológico e a atividade das enzimas chave no metabolismo do nitrogênio são fatores que determinam diferentes taxas de absorção e usos do nitrogênio.

Vários genes que estão envolvidos nas rotas metabólicas do nitrogênio nas plantas também são considerados *Quantitative traits loci* (QTL's), ou seja, sua expressão tem relação direta com caracteres agronômicos e com o rendimento de grãos em plantas. Em arroz Zhou et al. (2017) identificaram 13 genes relacionados a EUN e a EAN que tem correlação com a produção de grãos. Analisando raízes de milho Li et al. (2015) constataram que os grupamentos QTL's C11.3 (bin1.04), C12.2 (bin2.04), C13.5 (bin3.04), C13.6 (bin3.05/3.06), e C16.7 (bin6.07/6.08) têm relação direta com a EUN. Em feijão-preto, Heilig et al. (2017) encontraram QTL's relacionados a FBN em todos os cromossomos (exceto em *Pv02*) e na soja, Santos et al. (2013) identificaram quatro regiões genômicas que estão relacionadas ao controle da FBN. Outros trabalhos realizados também mostram que existe influência da adubação nitrogenada e fosfatada sobre a expressão destes QTL's em milho e trigo (Xu et al., 2014; Cai et al., 2012).

3.3 Incorporação de nitrogênio na agricultura: eficiência vs sustentabilidade

A fertilização nitrogenada é realizada na maioria dos casos com as fontes ureia, nitrato de amônia, sulfato de amônia. Em um estudo com estas fontes de nitrogênio, Carvalho (2001) encontraram a maior resposta na produtividade com a ureia. Diferentes doses e fontes nitrogenadas, ou a fixação biológica de nitrogênio são alternativas para melhorar a produtividade e a lucratividade. Pelegrin et al. (2009) demonstraram que a

utilização de 160 kg N ha⁻¹ teve a maior eficiência técnica quando comparada com todos os tratamentos (diferentes doses de nitrogênio e inoculação), em relação à testemunha sem utilização de nitrogênio e sem inoculação. O ganho na produção foi de 795 kg ha⁻¹.

Contrariamente, em um estudo de Mahfouz e Sharaf-Eldin (2007) feito com funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.), comparando a utilização de um fertilizante (NPK) isoladamente e a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio (*Azospirillum lipoferum*, *Azotobacter chroococcum* e *Bacillus megatherium*) e 50 % da dose de NPK padrão, mostrou que o mix de bactérias com NPK teve uma produção de 810 kg ha⁻¹ superior e um teor de óleo essencial 65 % maior. Na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) a combinação da fertilização inorgânica e orgânica se mostrou positiva no rendimento de óleo da cultura quando comparadas a fertilização orgânica ou fertilização inorgânica de forma isolada (Akabari et al., 2011).

El-Wakeil e El-Sebai (2009) compararam a utilização de NPK (150, 150 e 200 kg ha⁻¹, respectivamente) com a inoculação de bactérias na cultura de feijão-fava (*Vicia fabae* L.) e verificaram que a utilização de *R. leguminosarum* combinada com *Pseudomonas putida* proporcionou maiores valores para os parâmetros de crescimento (matéria fresca e matéria seca total, e comprimento da raiz) e para alguns caracteres de rendimento agrônômico como número de sementes e peso de sementes quando comparado a outras adubações, incluindo a dose de NPK convencional para a cultura.

A incorporação de nitrogênio através FBN é uma alternativa para uma produção sustentável. A FBN é realizada pelas leguminosas em simbiose com microrganismos procariontes. A FBN consiste na quebra da tripla ligação existente entre os dois átomos de N₂ (N atmosférico), de forma que a planta consiga assimilar este composto em seu metabolismo. Isso acontece pela presença de duas enzimas nas bactérias, a nitrogenase e a dinitrogenase redutase, que são responsáveis por um processo redox quebrando as ligações entre os átomos (Reis et al., 2006).

Estima-se que a FBN contribua com 65 % do nitrogênio introduzido nos sistemas agrícolas. Um dos maiores sucessos da FBN está na interação entre estirpes de *Bradyrhizobium* e a cultura da soja (*Glycine max.* L. Merr). Estudos apontam que 50-60 % da necessidade de nitrogênio da soja é suprida apenas pela fixação biológica, sendo que a utilização de estirpes altamente efetivas de *Bradyrhizobium* pode fixar até 250 kg N ha⁻¹ (Salvagiotti et al., 2008). Para a cultura do feijão têm-se selecionado algumas

estirpes (LBMP-4BR, LBMP-12BR) que tem melhorado a FBN, porém os resultados ainda não são tão efetivos como as associações em soja, e ainda apresentam instabilidade (Gonzalez et al., 2008).

Na cultura do feijão, a exportação de nitrogênio para uma produção de 2100 kg ha⁻¹ de grãos é de aproximadamente 65 kg N ha⁻¹, deste valor 3,19 % corresponde a quantidade relativa na parte exportável (grãos). Recomenda-se a aplicação de nitrogênio na semeadura e entre os estádios fenológicos v3 e v5. A quantidade recomendada de nitrogênio na cultura do feijoeiro é de 10 kg ha⁻¹ na semeadura variando de 20 a 90 kg ha⁻¹ em cobertura, conforme o rendimento almejado (Dourado Neto e Fancelli, 2000).

Ainda, em uma análise econômica de Ericsson et al. (2009), com dados do norte europeu, o uso de insumos nitrogenados chegou a 12,9 % dos custos de produção. Na cultura do feijoeiro no Brasil a fertilização de nitrogênio, fósforo e potássio corresponde a 12 % dos custos totais de produção, dentro destes insumos a aplicação de nitrogênio é a mais onerosa (Richetti et al., 2011).

Além de contribuir com grande parte dos gastos, se realizado um mal manejo deste nutriente, pode causar a poluição de águas subterrâneas e gerar quantidades elevadas de gases de efeito estufa. Um agravante é que por ser altamente dinâmico no ambiente, sofre várias transformações que o transformam em formas ainda mais móveis depois de aplicado ao solo (Randall et al., 2008). Atualmente 53 % do nitrogênio aplicado em terras cultivadas não é convertido em produção, ou seja, esta parcela é perdida no ambiente, valor este que é 60 % superior ao verificado no início dos anos 60, onde a perda era de 32 % (Lassaleta et al., 2014). Estudos mostram que as taxas de emissão de N₂O em lavouras adubadas com nitrogênio na forma de ureia podem variar de 6,57 kg ha⁻¹ (Flessa et al., 2002) a 13,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Jia et al., 2012), dependendo do manejo (forma, época e quantidade aplicada), da cultura instalada e das condições do local. Enquanto isso, para alguns biofertilizantes testados em feijão por Fernández-Luqueño et al. (2009) a taxa de emissão de N₂O variou de 0,58 kg ha⁻¹ a 2,92 kg ha⁻¹.

A EAN e a EUN são fatores que têm relação direta com o acúmulo de nitrogênio nas plantas. A interação entre as bactérias fixadoras de nitrogênio e os genótipos de feijão, acidez do solo e a disponibilidade de água, são alguns dos fatores mais determinantes para a nodulação e a fixação de nitrogênio (FBN), assim

influenciando no acúmulo desse elemento na planta (Mnasri et al., 2007; Figueiredo et al., 2008; Campanharo et al., 2010).

Além disso, as correntes orgânicas e agroecológicas têm ganhado força nos últimos anos, devido à procura de alimentos mais saudáveis e que tenham baixo impacto ambiental. Com isso, legislações e leis foram criadas para regularizar os produtores orgânicos. Uma das regras da produção orgânica na comunidade europeia (EU), de acordo com Regulamento (CE) n.º 834/2007 (28 de junho de 2007) sobre produção biológica e rotulagem dos produtos orgânicos, é a não utilização de fertilizantes nitrogenados de síntese industrial. Nos casos em que a FBN tem baixa eficiência, como no caso do feijão, a utilização de biofertilizantes é uma opção para os produtores.

Neste âmbito, há no mercado um novo fertilizante “Organomineral Classe A” disponível que, teoricamente, faz com que as plantas utilizem o N₂ da mesma forma que as bactérias, suprindo assim as necessidades da planta, sem que sejam estressadas pelo excesso de nitrogênio, e sem que sua disponibilidade seja limitada. A utilização de um fertilizante classificado como “Organomineral Classe A” pelo MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento do Brasil), que tem como característica utilizar matéria-prima de origem vegetal, onde não sejam utilizados no processo sódio (Na⁺), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos (MAPA, 2009), em substituição aos manejos convencionais de nitrogênio e a FBN, seria positiva tanto do ponto de vista técnico e econômico, quanto ambiental.

3.4 Bioinformática e biotecnologia aplicada a agricultura.

Uma das aplicações da bioinformática é o alinhamento de sequências, este é um processo comparativo de duas ou mais sequências de DNA (nucleotídeos ou proteínas) para observar seu nível de identidade e similaridade (Claverie e Notredame, 2007). Esta ferramenta pode ser utilizada para comparações dentro de um mesmo reino e entre diferentes reinos. Vários bancos de dados podem ser utilizados para o alinhamento genômico, entre os mais relevantes estão o “*GenBank*” (ncbi.nlm.nih.gov) e o “*Phytozome*” (phytozome.jgi.doe.gov) (Claverie e Notredame, 2007; Goodstein et al., 2012).

As comparações de genomas podem ser utilizadas também para comparações filogenéticas, como utilizado por Nock et al. (2011), que comparou o DNA

dos cloroplastos de algumas plantas do gênero *Oryzae* para construção de uma árvore filogenética analisando sua ancestralidade. Também foram realizadas comparações entre procariontes por Catanho e Miranda (2007) utilizando alguns bancos de dados, entre eles o “*MicrobesOnline*” (microbesonline.org) e o “*Kegg*” (genome.jp/kegg/) que é um banco de dados que compara e mostra rotas metabólicas.

Alguns alinhamentos feitos entre os reinos *Monera* e *Plantae* identificaram proteínas relacionadas a transportadores de folato com 52 % de identidade entre protozoários do gênero *Leishmania*, cianobactérias e *Arabidopsis* (Grécy-Lagard et al., 2007). Estudos de Klaus et al. (2005), realizados com *BLAST* (*Basic Local Alignment Sequence Tool*) no banco de dados *GenBank*TM, mostraram uma identidade maior que 56 % entre o gene “*folate/biopterin transporter (FBT)*” entre cianobactérias e plantas. Estes genes e proteínas homologas apresentam funções idênticas tanto nas bactérias em estudo, quanto nas plantas, podendo inferir relações evolucionárias.

A biotecnologia pode ser usada para seleção de genótipos de acordo com características específicas desejadas. Leite et al. (2012) usaram as regiões microssatélite (sequências de nucleótidos usados para identificação de regiões genômicas) para selecionar genótipos mais eficientes na EUN na cultura do feijão e encontraram vários marcadores, sendo os dois principais BMD-20 e PVBR-93. Os marcadores moleculares também podem ser usados para verificar as diferenças genéticas entre populações de plantas como realizado por Gao et al. (2017) em plantas de *Amorphophallus paeoniifolius*, para mapear a taxonomia e a traços de produtividade tal como realizado por Hake et al. (2017) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.).

Além destas aplicações a biotecnologia também pode estudar a influência dos genes através de sua super-expressão e/ou “*knock-out*” (não expressão). Cao et al. (2017) estudaram a super-expressão de dois genes (*ZmNLP6* e *ZmNLP8*) do metabolismo do nitrogênio do milho para entender o mecanismo regulatório do nitrato em *Arabidopsis*. Um estudo recente de Wang et al. (2017) realizado em *Arabidopsis* mostrou que o *knock-out* de um dos genes responsáveis pela produção de ferredoxina nas folhas aumenta a suscetibilidade da planta à bactéria *Pst* DC3000.

Estes estudos são fundamentais para entendermos de forma mais aprofundada a relação e a função dos genes no metabolismo das plantas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização das condições experimentais

A implantação do experimento foi realizada a campo, em uma área experimental do Instituto Politécnico de Bragança sob as coordenadas 41°47'N e 6°45'W com altitude média de 684 metros, do período de 05 de Junho a 07 de Setembro. O compasso utilizado foi de 0,50 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, totalizando o equivalente a 100.000 plantas ha⁻¹. As características físico-químicas do solo da área utilizada foram analisadas previamente a uma profundidade de 0-20 cm e podem ser vistas na tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas do solo (0-20 cm) da área utilizada coletados antes do início do experimento.

Propriedades do solo		Propriedades do solo	
Argila (%)	23,9	^a P extraível (mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹)	30,00
Limo (%)	21,8	^a K extraível (mg K ₂ O) kg ⁻¹)	61,9
Areia (%)	54,4	^b B extraível (mg kg ⁻¹)	0,9
pH (H ₂ O)	6,3	^c K trocável (cmolc kg ⁻¹)	0,26
pH (KCl)	5,3	^c Na trocável (cmolc kg ⁻¹)	0,38
^d C oxidável (g kg ⁻¹)	5,6	^c Ca trocável (cmolc kg ⁻¹)	10,69
^e C orgânico total (g kg ⁻¹)	28,3	^c Mg trocável (cmolc kg ⁻¹)	3,62
		^c Acidez trocável (cmolc kg ⁻¹)	0,13

^aEgner-Rhien; ^bAzometina-H; ^cAmônio acetato pH 7; ^dWalkley-Black; ^eIncineração.

O experimento foi conduzido em um fatorial (cultivares x sistema de adubação), sendo incluídas duas cultivares, três sistemas de adubação e três repetições (figura 1). As cultivares avaliadas foram ‘Foicinha’ e ‘Rajada’ (ambas cultivares anãs) e os diferentes regimes de adubação nitrogenada foram os seguintes: T1 - testemunha sem utilização de N; T2 - utilização de um adubo formulado (10-10-10) nas quantidades equivalentes a 80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O; T3 – biofertilizante comercial classificado como Organo-mineral “Classe A” na dosagem equivalente a 4,0 L ha⁻¹ diluído em água totalizando uma calda equivalente a 110 L ha⁻¹ e então aplicado no sulco do plantio. Além disso foram aplicadas quantidades equivalente a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O.

As parcelas foram irrigadas com auxílio de regadio por gotejamento com linhas de gotejadores espaçadas em 0,5 m e 0,2 m na linha, com vazão por gotejador de 34 ml min⁻¹. Foram realizados tratamentos culturais contra ácaros utilizando o produto comercial Talstar (bifentrina do grupo dos piretróides) na dose equivalente a 1,0 L ha⁻¹ e uma calda de 1200 L ha⁻¹, de acordo com as recomendações técnicas do fabricante. A eliminação de infestantes foi realizada de forma manual conforme a necessidade.



Figura 1 - Genótipos de feijão (Foicinha e Rajada) conduzidos em condições de campo no período de Junho a Setembro. Bragança, Portugal, 2017.

4.1.1 Análise nutricional e acúmulo de matéria seca

Para quantificação dos nutrientes e para o acúmulo da matéria seca foram realizadas quatro coletas em diferentes estádios fenológicos, os quais foram determinados de acordo com a escala "*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*" (BBCH-Scale) (Meier, 2001). A primeira coleta ocorreu 42 dias após a semeadura (DAS) no estágio 67 (final da floração/maioria das flores secas ou caídas) para

ambas as variedades. A segunda coleta foi realizada 53 DAS no estádio 69 (primeira vagem visível) para a cultivar 'Foicinha' e no estádio 73 (20 % das vagens atingiram seu tamanho típico) para a cultivar 'Rajada'. 73 DAS foi realizada a terceira coleta enquanto a cultivar 'Foicinha' se encontrava no estádio 78 (80 % das vagens atingiram seu tamanho típico) e a cultivar 'Rajada' encontrava-se no estádio 83 (30 % das vagens maduras). A quarta coleta foi realizada 93 DAS no estádio 89 (maturação total dos grãos). Para cada coleta foram realizadas três repetições, e cada repetição foi composta por duas plantas, exceto a primeira onde foram coletadas três plantas.

Após cada uma das coletas as plantas foram secas em estufa a 60 °C até atingirem peso constante, separadas manualmente em fitomassa (planta sem raízes e sem os grãos) e grãos e então mensurada a matéria seca total (MST), matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa seca dos grãos (RG), que é equivalente ao rendimento de grãos. Posteriormente a fitomassa e os grãos foram triturados separadamente em um crivo metálico e submetidos a análises químicas para quantificar o acúmulo dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, ferro, zinco e manganês.

4.1.1.1 Quantificação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês.

Pesou-se 0,25 g das amostras (secas e moídas) que foram transferidos para tubos de digestão aos quais se adicionaram 10 ml de ácido nítrico (HNO₃). Os tubos foram fechados e então levados para digestão em micro-ondas. Após a digestão, o líquido foi transferido para um tubo e então completado com água deionizada até a marca de 50 ml. Pegou-se 1,0 ml da solução diluída em água deionizada, transferiu-se para tubos de vidro. Nesta etapa foram quantificados os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês em espectrofotômetro de absorção atômica. Para a determinação do fósforo após a diluição adicionaram-se 4,0 ml da solução molibdato de amônio azul com ácido ascórbico. Depois de 35 minutos foram realizadas as leituras em espectrofotômetro com um comprimento de onda de 882 nm. (Walinga et al., 1989).

4.1.1.2 Quantificação de boro

Pesou-se 1,0 g das amostras (secas e moídas) que foram transferidas para cadinhos onde adicionou-se 0,10 g de carbonato de cálcio (CaO) e misturou-se de forma até que a amostra ficasse homogênea. Posteriormente realizou-se a queima das amostras em mufla a temperatura de 500 °C durante 90 minutos. Após a queima adicionou-se 10,0 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e depois de 30 min filtrou-se as amostras em papel filtro. Depois de filtradas transferiu-se 1,0 ml das amostras para tubos de 10 ml de polipropileno e então foram adicionados 2,0 ml do tampão (acetato de amônio, EDTA, ácido acético glacial). Após esta etapa adicionaram-se 2,0 ml da solução de mudança de cor (azometina-H), e após 30 minutos realizaram-se as leituras das amostras em espectrofotômetro com comprimento de onda de 420 nm (Walinga et al., 1989).

4.1.1.3 Quantificação de nitrogênio

Pesou-se 1,0 g das amostras (secas e moídas) que foram transferidas para tubos de digestão, então adicionou-se 7,0 g de um catalisador (selênio) e 15,0 ml de ácido sulfúrico concentrado (95-97 %). Em seguida as amostras foram aquecidas a 400 °C durante 70 minutos. Após arrefecidas realizou-se a destilação das amostras utilizando hidróxido de sódio (NaOH) e adicionou-se ácido bórico (H₃BO₃) como indicador. Em seguida foi realizada a titulação com ácido clorídrico (HCl) até a troca de cor da solução (Bremner, 1996).

4.1.2 Componentes de rendimento e rendimento de grãos

A colheita foi realizada quando as plantas atingiram total maturação dos grãos (estádio 89 *BBCH-Scale*) em três repetições, e cada repetição foi composta de três plantas. Os componentes de rendimento avaliados foram: número de vagens por planta (NVP); número de locos por vagem (NLV); número de locos falhos por vagem (NFV); número de grãos por vagem (NGV); massa de mil grãos (MMG); e rendimento de grãos

(RG). O RG em kg ha⁻¹ foi estimado para uma população de 100.000 plantas por hectare, utilizando-se a seguinte fórmula (1):

$$(1) \quad RG = NVP \times NGV \times MMG \times 100.000$$

4.2 Análises estatísticas

Após a obtenção dos dados, estes foram tabulados e organizados. Aplicou-se então uma análise de variância (ANOVA) e realizou-se uma comparação de médias com os três diferentes regimes de adubação entre as duas cultivares, utilizando o programa estatístico WinStat (Machado e Conceição, 2002). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade de erro.

Os gráficos foram construídos com o programa SigmaPlot versão 12.0 (Systat Software, Inc., San Jose California USA) e as tabelas com auxílio do Excel®.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracteres de rendimento agrônômico e rendimento de grãos

Na análise de variância (tabela 2) foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as cultivares para todos os caracteres avaliados, exceto para NLV. Não houve efeito do regime de adubação para todos caracteres em estudo e apenas MMG apresentou interação entre cultivares e regime de adubação.

A cultivar ‘Rajada’ foi a que apresentou maior NVP, sendo este valor em T2 com o número de 20 vagens por planta, na cultivar ‘Foicinha’ o valor para T2 foi de 15,22 vagens por planta (figura 2). O menor valor foi encontrado para a cultivar ‘Foicinha’ em T3 (12,11). Não foram encontradas diferenças entre tratamentos em ambas as cultivares.

Tabela 2 – ANOVA com os valores de probabilidade (p) dos tratamentos e interação e o quadrado médio do erro (QME) para os caracteres avaliados no experimento.

Fonte de Variação	NLV	NFV	NGV	NVP	MMG	RG
Cultivar	0,291	4,29E-007	0,006	0,005	0,025	0,004
Regime de adubação	0,532	0,131	0,816	0,102	0,144	0,223
Cultivar x Regime adubação	0,342	0,500	0,350	0,931	0,040	0,260
QME	0,296	0,048	0,293	6,863	2408,8	200768,1
CV (%)	9,68	13,00	13,75	16,72	13,98	21,10

NLV: número de locos por vagem; NFV: número de locos falhos por vagem; NGV: número de grãos por vagem; NVP: número de vagens por planta; MMG: massa de mil grãos; RG: rendimento de grãos.

Estudos de Singh et al. (2011) e Valdez-Pérez (2011) obtiveram resultados equivalentes. Comparando o uso de fertilizantes nitrogenados inorgânicos, vermicompost e lodo não encontraram diferenças significativas entre si e também não diferiram do controle sem adubação nitrogenada. Em um trabalho realizado por Fernandez-Luqueño et al. (2010) foram observados resultados semelhantes, porém, estes autores encontraram

diferenças significativas quando comparado ao controle (sem aplicação de nitrogênio), sendo que todos os tratamentos foram superiores ao controle.

Fageria et al. (2013) testaram a inoculação de rizóbios e a adubação nitrogenada com ureia em 16 genótipos de feijão e encontraram diferenças significativas para NVP sendo que o uso de ureia teve o maior número (9,40) e o controle (sem inoculação e sem ureia) o menor (7,18). Também foram encontradas diferenças significativas entre cultivares, onde a cultivar ‘Diamante negro’ apresentou maior NVP (9,64).

A falta de resposta de ambas as cultivares para os diferentes tratamentos, e as diferenças encontradas entre cultivares neste estudo podem ser explicadas por fatores genéticos, ou seja, o genótipo é mais determinante para o NVP do que as condições experimentais aplicadas. Como relatado por Neupane et al. (2005) em um estudo realizado com 100 acessos de feijões de germoplasmas da China e da Índia, puderam ser identificadas diferenças no NVP variando entre 5 e 32 vagens por planta entre o valor máximo e mínimo encontrado por estes autores, o que pode indicar as mesmas questões genéticas.

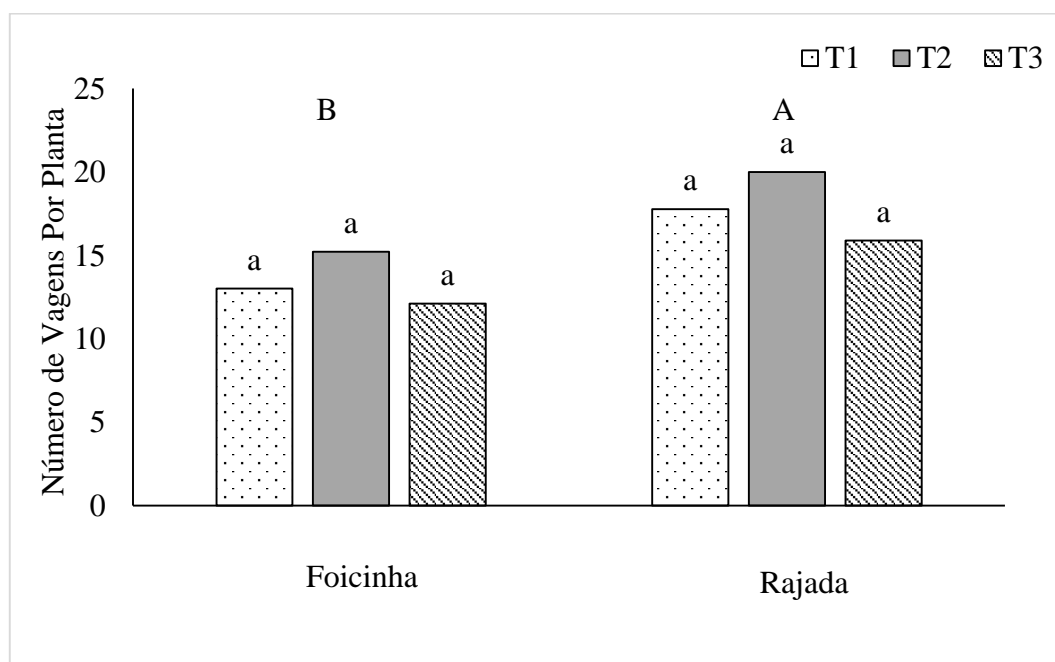


Figura 2 – Número de vagens por planta para as cultivares ‘Foicinha’ e ‘Rajada’. T1 - testemunha sem utilização de N; T2 - utilização de 80 kg N ha⁻¹; T3 – 4 L ha⁻¹ de biofertilizante. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre os tratamentos e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as cultivares.

Para NGV ocorreram diferenças apenas entre cultivares no controle (T1) onde a cultivar ‘Rajada’ foi superior, com 4,56 grãos por vagem e a cultivar ‘Foicinha’ apresentou 3,25 grãos por vagem (figura 3). Estes valores coincidem com o máximo e mínimo NGV, respectivamente, encontrados para este caracter.

Pesquisas de Singh e Chauhan (2009) encontraram valores máximos de NGV iguais a 9,40 sendo que estes valores foram obtidos em tratamentos com fertilização orgânica isolada e associada a adubação NPK inorgânica. De acordo com Kumar e Singh (2014) a utilização de 50 % da adubação nitrogenada na forma de NPK inorgânico e 50 % da adubação nitrogenada na forma de biocomposto foi o tratamento que apresentou menor NGV (4,69) enquanto a utilização de 75 % do nitrogênio usado na forma NPK e 25 % na forma deste mesmo biocomposto resultou no maior NGV (6,55).

Fageria et al. (2014) testaram 16 cultivares e constataram que o uso de ureia reduziu o NGV (4,22), sendo que, a inoculação com rizóbios (4,78), a associação de ureia com rizóbios (4,67) e o controle não diferiram entre si (4,68). Além disso, estes autores encontraram diferenças significativas para NGV entre cultivares, sendo que o valor máximo foi encontrado na cultivar ‘Diamante negro’ com 5,17 grãos por vagem e o menor valor foi de 3,51 na cultivar ‘BRS Estilo’.

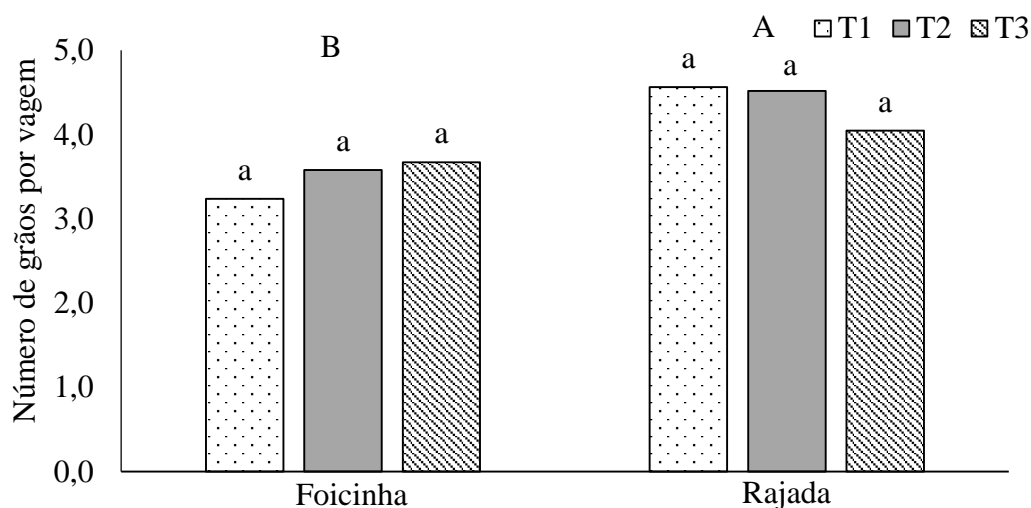


Figura 3 - Número de grãos por vagem para as cultivares ‘Foicinha’ e ‘Rajada’. T1 - testemunha sem utilização de N; T2 - utilização de 80 kg N ha⁻¹; T3 - 4 L ha⁻¹ de biofertilizante. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre os tratamentos e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as cultivares.

Tanto para tratamento quanto entre cultivares não houveram diferenças significativas para o caracter NLV (figura 4). O valor máximo encontrado foi 5,83 locos por planta na cultivar ‘Foicinha’ em T3 e o menor valor foi 4,98 na cultivar ‘Rajada’ também em T3.

Estudos com fertilização orgânica (dejetos suínos) e mineral (ureia) apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, sendo que o uso de ureia foi superior no NLV (16,65) enquanto o uso de dejetos suínos (9,88) e o controle (7,58) não tiveram diferenças entre si (Suzana et al., 2012).

Em uma caracterização com 25 genótipos de feijão do sul de Itália realizada por Scarano et al. (2014) foi encontrada grande variabilidade genética para o NLV, sendo que foram encontrados valores máximos de 7,6 locos por vagem e valores mínimos de 2,6. Scarano et al (2014) ainda realizaram um agrupamento de genótipos (clusters), identificando grupos semelhantes entre si quanto a caracteres quantitativos. A falta de resposta entre cultivares pode ser justificada por estas variedades podem pertencer ao mesmo cluster, ou a um cluster próximo.

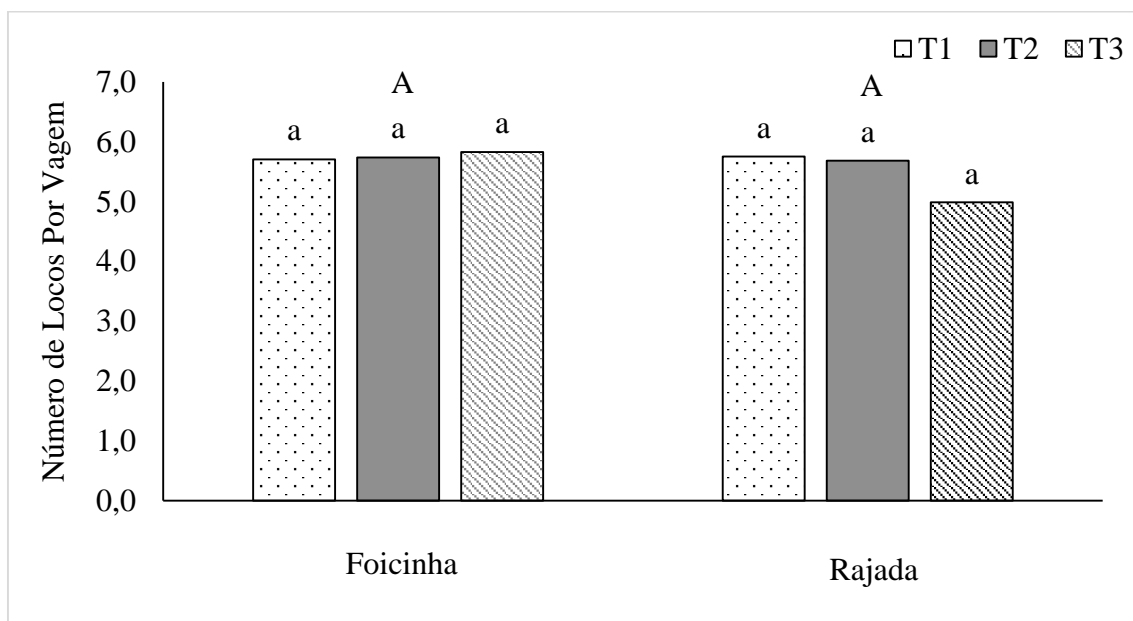


Figura 4 - Número de locos por vagem para as cultivares ‘Foicinha’ e ‘Rajada’. T1 - testemunha sem utilização de N; T2 - utilização de 80 kg N ha⁻¹; T3 – 4 L ha⁻¹ de biofertilizante. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre os tratamentos e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as cultivares.

Para NLF (figura 5) não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos para nenhuma das cultivares. Entre as cultivares a que teve um maior número de locos falhos foi a cultivar ‘Foicinha’. O maior número de locos falhos foi para T1, a cultivar ‘Foicinha’ que teve o maior valor com 2,47 locos falhos por vagem e a cultivar ‘Rajada’ com 1,18 locos falhos por vagem. Para a MMG, na cultivar ‘Foicinha’ o tratamento com adubação formulada (T2) e aplicação do biofertilizante (T3) foram superiores a testemunha (T1), sendo que T3 foi superior em 126 g a cada mil grãos, com PMG de 460 g (figura 6). Já para a cultivar ‘Rajada’ não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. Entre cultivares foram encontradas diferenças em T2 e T3, sendo que a cultivar ‘Foicinha’ foi superior em ambos os tratamentos.

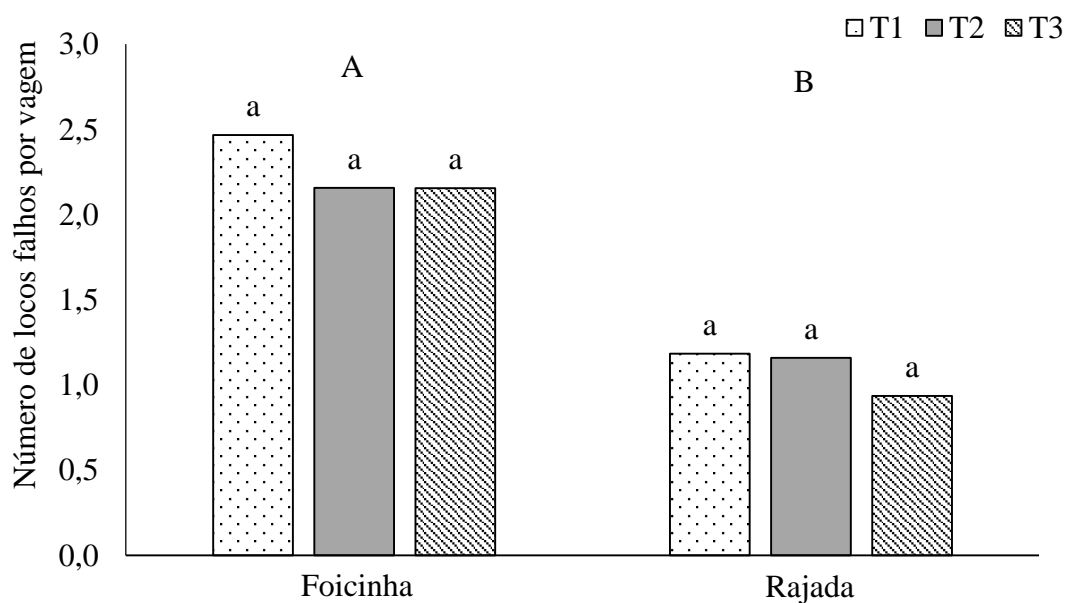


Figura 5 – Número de locos falhos por vagem para as cultivares ‘Foicinha’ e ‘Rajada’. T1 - testemunha sem utilização de N; T2 - utilização de 80 kg N ha⁻¹; T3 – 4 L ha⁻¹ de biofertilizante. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre os tratamentos e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as cultivares.

Os resultados de MMG obtidos na cultivar ‘Rajada’ confirmam alguns dados encontrados na literatura, onde não há diferenças entre os tratamentos, como indicam estudos de Mulas et al. (2011) e Suzana et al. (2012) que compararam diferentes fertilizações orgânicas (inoculação com rizóbio, uso de dejetos suínos) com a fertilização

NPK convencional e verificaram que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha. Mulas et al. (2011) encontraram valores de MMG próximos a 465 g a cada mil grãos e Suzana et al. (2012) encontraram valores na ordem de 200 g.

Porém, a cultivar ‘Foicinha’ teve um comportamento diferente dos reportados por estes autores. Como pode ser observado na figura 10, a cultivar ‘Foicinha’ respondeu as diferentes fontes nitrogenadas, ou seja, a aplicação de nitrogênio (seja na forma orgânica ou inorgânica) resultou em um aumento da MMG.

Uma possível explicação para a resposta da cultivar ‘Foicinha’ e a falta de resposta da cultivar ‘Rajada’, em relação aos diferentes tipos de fertilização, é que estas sejam cultivares responsivas e não responsivas a adubação nitrogenada, respectivamente. Como demonstrado por Salgado et al. (2012), existem cultivares de feijão responsivas e não responsivas à adubação nitrogenada.

Além disso, estudos de caracterização de cultivares e linhagens de feijão mostram a grande variabilidade entre genótipos para este caractere, sendo que foram encontrados valores de 50 a 670 g dependendo do genótipo (Scarano et al., 2014; Mulas et al., 2011).

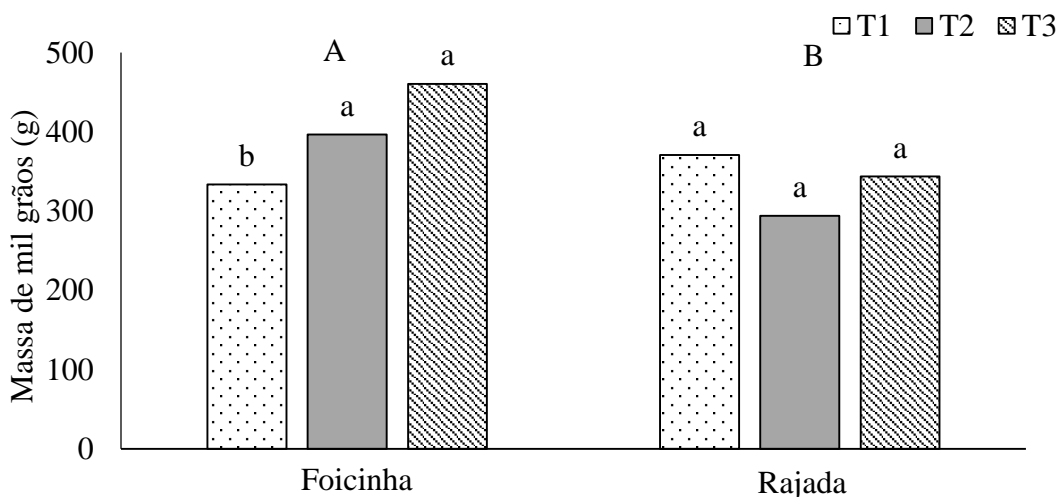


Figura 6 - Massa de mil grãos expressa em gramas para as cultivares ‘Foicinha’ e ‘Rajada’. T1 - testemunha sem utilização de N; T2 - utilização de 80 kg N ha⁻¹; T3 – 4 L ha⁻¹ de biofertilizante. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre os tratamentos e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as cultivares.

No rendimento de grãos houve diferença significativa apenas na cultivar ‘Foicinha’ onde T2 e T3 foram superiores a T1. O uso de 80 kg N ha⁻¹ teve uma produção equivalente a 755 kg ha⁻¹ superior à testemunha (figura 7). Não se registraram diferenças significativas entre as cultivares.

Os resultados do RG para a cultivar ‘Foicinha’ corroboram com os dados encontrados por Fernández-Luqueño et al. (2009) que testaram a fertilização orgânica e inorgânica em feijão, onde o uso de fertilização (seja orgânica ou inorgânica) foi superior à não utilização de nitrogênio na adubação. Já para a cultivar ‘Rajada’ não se registraram diferenças entre a utilização de fertilização, seja orgânica ou inorgânica, e a não fertilização. Neste mesmo estudo de Fernández-Luqueño et al. (2009) foram encontradas diferenças significativas entre a fonte orgânica e a inorgânica de nitrogênio, contrariamente aos resultados obtidos neste trabalho.

Este resultado pode ser explicado pelo mesmo fator citado anteriormente para MMG, a responsividade (ou não) de cada uma das cultivares onde genótipos responsivos respondem a adubação nitrogenada com o incremento da produção de grãos enquanto genótipos não responsivos não aumentam sua produtividade.

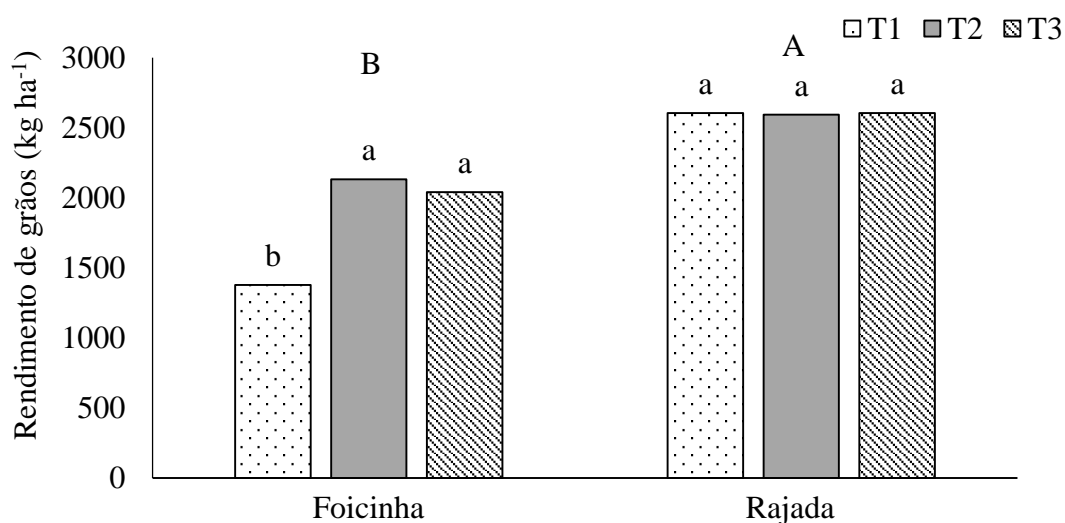


Figura 7 – Rendimento de grãos expresso em kg ha⁻¹ para as cultivares ‘Foicinha’ e ‘Rajada’. T1 - testemunha sem utilização de N; T2 - utilização de 80 kg N ha⁻¹; T3 – 4 L ha⁻¹ de biofertilizante. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre os tratamentos e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre as cultivares.

O cálculo de RG é determinado pela seguinte fórmula: $NVP \times NGV \times MMG \times 100.000$. O único caractere que mostrou diferença significativa entre tratamentos foi MMG na cultivar 'Foicinha', sendo assim MMG foi a variável determinante para a diferença entre tratamentos na cultivar 'Foicinha', enquanto na cultivar 'Rajada' nenhum destes caracteres mostrou diferença entre tratamentos.

5.2 Acúmulo de matéria seca

Na análise de variância do acúmulo de matéria seca (tabela 3) foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) na matéria seca total e da fitomassa entre os diferentes tratamentos em todos os tempos de coleta, exceto aos 93 DAS e para a matéria seca dos grãos não se registaram diferenças significativas. Para a RG foram encontradas diferenças entre cultivares aos 73 e 93 DAS.

Registaram-se diferenças significativas para MSFM e RG entre cultivares aos 73 e para RG aos 93 DAS. Também houve interação significativa entre cultivar e regime de adubação aos 42 e 73 DAS para MST e MSFM.

Os acúmulos de MST, MSFM e RG para as cultivares 'Foicinha' e 'Rajada' podem ser observados nas figuras 8 e 9. O acúmulo máximo de MST foi encontrado na cultivar 'Rajada' com uso do fertilizante inorgânico (T2) aos 93 DAS quando atingiu 8.031 kg ha^{-1} e o menor valor aos 93 DAS foi para a cultivar 'Foicinha' com uso do biofertilizante (T3) com valor de 5.339 kg ha^{-1} .

No RG o maior valor foi obtido na cultivar 'Rajada' com 2.605 kg ha^{-1} em T1 e o menor valor em T1 na cultivar 'Foicinha' com 1.376 kg ha^{-1} . Na cultivar 'Foicinha' o comportamento de RG foi semelhante ao encontrado por Pelegrin et al. (2009) onde o uso de nitrogênio na forma orgânica ou inorgânica não diferiu entre si, apenas da testemunha.

Para MSFM o acúmulo máximo foi observado na cultivar 'Foicinha' sendo T2 o maior valor (5.589 kg ha^{-1}) e o menor em T3 (3.782 kg ha^{-1}). Corroborando os dados deste trabalho, Pelegrin et al. (2009) não verificaram diferenças na MSFM entre o controle, aplicação de N na forma química e inoculação. Já Fernández-Luqueño et al. (2010) encontraram resultados onde o uso de fertilização orgânica (vermicompost) foi o

que apresentou maior MST, MSFM e RG ao final do ciclo valor, diferindo do controle e não diferindo do uso de ureia.

Tabela 3 – ANOVA com os valores de probabilidade (p) dos tratamentos e interação e o quadrado médio do erro (QME) para a matéria seca total (MST), matéria seca da fitomassa (MSFM) e matéria seca dos grãos (RG) aos 42, 53, 73 e 93 dias após a semeadura (DAS).

42 DAS			
Fonte de Variação	MST	MSFM	RG
Cultivar	0,366	0,366	-
Regime de adubação	0,001	0,001	-
Cultivar x Regime adubação	0,036	0,036	-
QME	51230,5	51230,5	
CV (%)	20,06	20,06	-
53 DAS			
Cultivar	0,062	0,062	-
Regime de adubação	0,001	0,001	-
Cultivar x Regime adubação	0,060	0,060	-
QME	159049	159049	
CV (%)	14,47	14,47	-
73 DAS			
Cultivar	0,262	2,912E-005	5,514E-005
Regime de adubação	0,002	0,006	0,139
Cultivar x Regime adubação	0,002	0,018	0,223
QME	16,10	15,79	12,76
CV (%)	7,69	10,82	23,10
93 DAS			
Cultivar	0,284	0,975	0,004
Regime de adubação	0,107	0,117	0,103
Cultivar x Regime adubação	0,145	0,774	0,425
QME	200,7	124,8	18,2
CV (%)	20,50	23,81	19,24

Apesar das coletas terem sido realizadas com o mesmo número de DAS, as cultivares tinham estádios fenológicos diferentes no momento das coletas, podendo isso explicar as diferenças na MSFM entre cultivares aos 42, 53 e 73 DAS. O baixo acúmulo de MSFM é explicado pelo fato de todas as coletas terem sido realizadas no período reprodutivo, pois como indicado por Peixoto e Peixoto (2009) as plantas, em geral, tem 15 % do seu acúmulo total durante o período reprodutivo, pois ao atingirem o

tamanho definitivo inicia-se a senescências das folhas diminuindo o índice de área foliar e consequentemente menor MSFM.

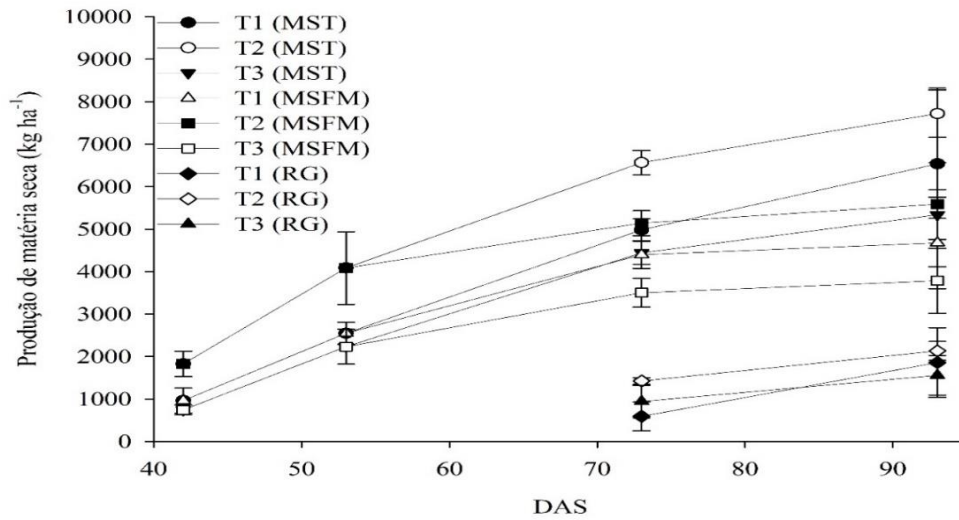


Figura 8 – Acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}) durante a fase reprodutiva, em dias após a semeadura (DAS) para a cultivar ‘Fócinha’. MST: matéria seca total; MSFM: matéria seca da fitomassa (sem grãos); RG: matéria seca dos grãos.

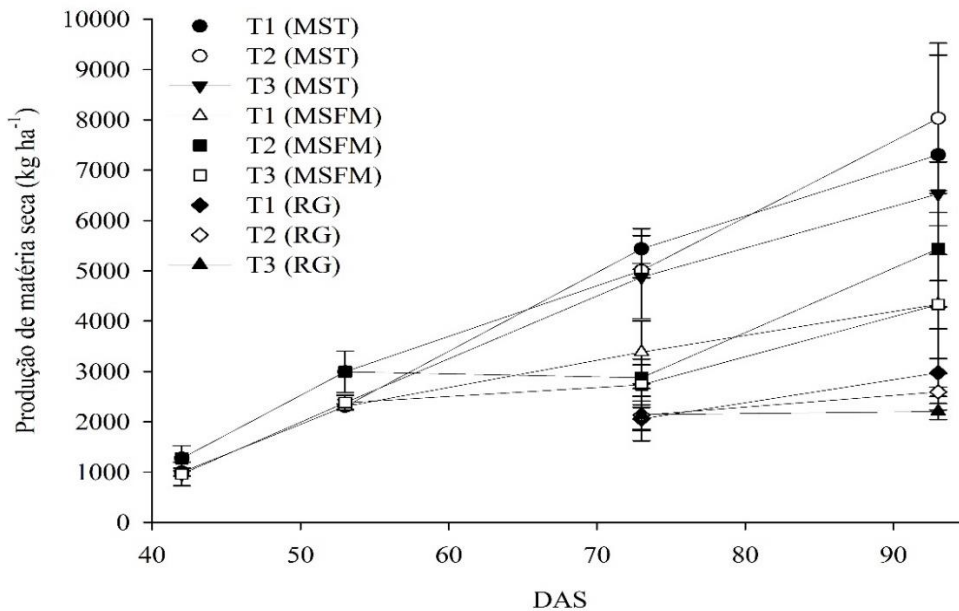


Figura 9 – Acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}) durante a fase reprodutiva, em dias após a semeadura (DAS) para a cultivar ‘Rajada’. MST: matéria seca total; MSFM: matéria seca da fitomassa (sem grãos); RG: matéria seca dos grãos.

5.3 Absorção de macronutrientes

A tabela 4 corresponde a ANOVA para os macronutrientes nas quatro coletas realizadas (42, 53, 73 e 93 DAS). Aos 42 DAS foram identificadas diferenças significativas entre as cultivares para nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio e entre tratamentos apenas para o cálcio. Aos 53 DAS o nitrogênio apresentou diferenças significativas entre cultivares, tratamento e sua interação, e para os demais nutrientes apenas houve efeito do tratamento para o potássio e para o magnésio. Aos 73 DAS registaram-se diferenças entre cultivares para todos os nutrientes exceto potássio, e diferenças entre tratamentos para fósforo e cálcio. Não se registaram diferenças significativas para interação. Com 93 DAS foram encontradas diferenças apenas para o nitrogênio entre as cultivares e para potássio entre tratamentos.

Tabela 4 – ANOVA com os valores de probabilidade (p) dos tratamentos e interação e o quadrado médio do erro (QME) para os macronutrientes avaliados na fitomassa aos 42, 53, 73 e 93 dias após a semeadura (DAS).

42 DAS					
Fonte de Variação	N	P	K	Ca	Mg
Cultivar	0,035	0,125	0,001	0,025	0,027
Tratamento	0,122	0,476	0,124	0,006	0,052
Cultivar*Tratamento	0,038	0,034	0,098	0,470	0,388
QME	0,100	0,001	0,053	0,011	0,001
CV (%)	12,18	8,65	9,46	8,30	10,36
53 DAS					
Cultivar	0,001	0,238	0,964	0,752	0,552
Tratamento	5,949E-005	0,753	0,005	0,940	0,008
Cultivar*Tratamento	0,009	0,402	0,648	0,801	0,168
QME	0,017	0,001	0,126	0,009	0,001
CV (%)	5,70	16,68	20,24	8,30	8,76
73 DAS					
Cultivar	3,118E-005	3,261E-005	0,594	0,013	0,001
Tratamento	0,161	0,024	0,014	0,778	1,315E-005
Cultivar*Tratamento	0,627	0,231	0,398	0,164	0,287
QME	0,037	0,001	0,145	0,029	0,001
CV (%)	10,10	7,16	18,66	13,16	5,97
93 DAS					
Cultivar	0,002	0,410	0,825	0,785	0,666
Tratamento	0,586	0,669	0,005	0,844	0,475
Cultivar*Tratamento	0,352	0,469	0,951	0,889	0,548
QME	0,027	0,001	0,132	0,107	0,005
CV (%)	10,09	14,76	19,56	24,53	17,14

Na tabela 5 observa-se a ANOVA para os macronutrientes avaliados nos grãos aos 73 e aos 93 DAS. Aos 73 DAS foram encontradas diferenças significativas apenas para o nitrogênio entre as cultivares e a interação entre cultivar e tratamento. Já aos 93 DAS observam-se diferenças significativas apenas entre cultivares para nitrogênio e cálcio, e entre tratamentos apenas para potássio. Não ocorreram diferenças significativas para interação cultivar e tratamento.

Tabela 5 – ANOVA com os valores de probabilidade (p) dos tratamentos e interação e o quadrado médio do erro (QME) para os macronutrientes avaliados nos grãos aos 73 e 93 dias após a semeadura (DAS).

73 DAS					
Fonte de Variação	N	P	K	Ca	Mg
Cultivar	2,275E-005	0,559	0,532	0,210	0,331
Tratamento	0,085	0,134	0,801	0,500	0,662
Cultivar*Tratamento	0,022	0,060	0,693	0,775	0,624
QME	0,011	0,006	0,214	0,002	0,006
CV (%)	3,34	15,31	28,94	34,55	48,77
93 DAS					
Cultivar	9,643E-005	0,286	0,067	0,001	0,567
Tratamento	0,524	0,087	0,044	0,596	0,774
Cultivar*Tratamento	0,058	0,159	0,183	0,104	0,082
QME	0,022	0,005	0,020	0,001	6,33E-005
CV (%)	4,36	14,96	8,16	13,28	4,87

5.3.1 Nitrogênio

Na primeira coleta (42 DAS) a maior concentração de nitrogênio na fitomassa na ‘Foicinha’ foi de 3,14 % no tratamento com adubo formulado e o menor valor observado foi 2,22 % no tratamento com biofertilizante (figura 10). Apesar destas diferenças, estas não foram significativas entre tratamentos na primeira coleta a 5 % de probabilidade de erro.

Aos 53, T1 e T2 foram superiores a T3, sendo que o maior valor foi 2,71 % (T2) e o menor 2,04 % (T3). Aos 73 DAS não houveram diferenças significativas entre os três tratamentos onde os valores ficaram entre 2,32 % (T1) e 2,15 % (T3).

No final do ciclo (93 DAS) os valores de nitrogênio na fitomassa verificados na cultivar ‘Foicinha’ variaram entre 1,91 % (T1) e 1,66 % (T2). Para os grãos os valores aos 73 DAS foram de 3,58 % (T1), 3,40 % (T2) e 3,27 (T3) e ao final do ciclo os valores foram de 3,66 % (T1), 3,53 % (T2) e 3,64% (T3).

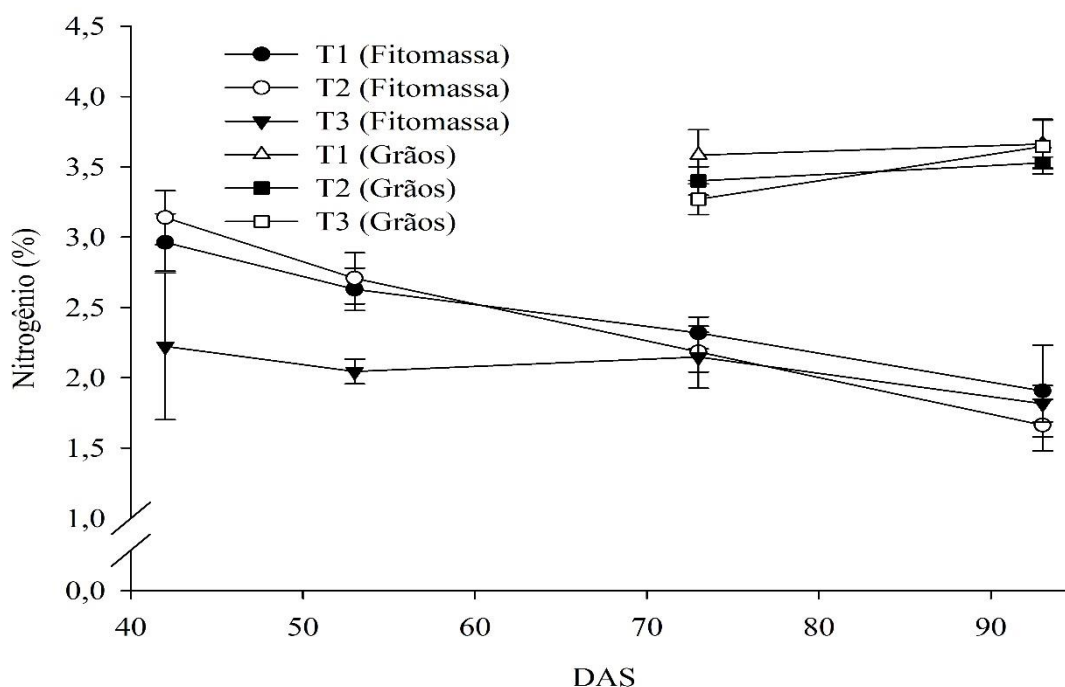


Figura 10 – Teor de nitrogênio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Para a cultivar ‘Rajada’ aos 42 DAS, as concentrações de nitrogênio (figura 11) variaram entre 2,49 (T3) e 2,36% (T2), sem diferenças significativas entre os tratamentos. Aos 53 DAS T1 foi superior a T2 e T3, sendo que os valores foram 2,43 %, 2,00 % e 1,88 %, respectivamente. Aos 53 DAS a concentração de nitrogênio na MSFM

variou de 1,73 % em T1 a 1,41% em T2 e aos 93 DAS os valores ficaram entre 1,50 % (T2) e 1,45 % (T1).

Nos grãos aos 73 DAS os valores encontrados foram de 2,96 % (T1), 3,16 % (T2) e 3,01% (T3) e no fim do ciclo os valores foram de 3,12 % (T1), 3,37 % (T2) e 3,05 % (T3). Sem diferenças significativas entre tratamentos em ambas as coletas.

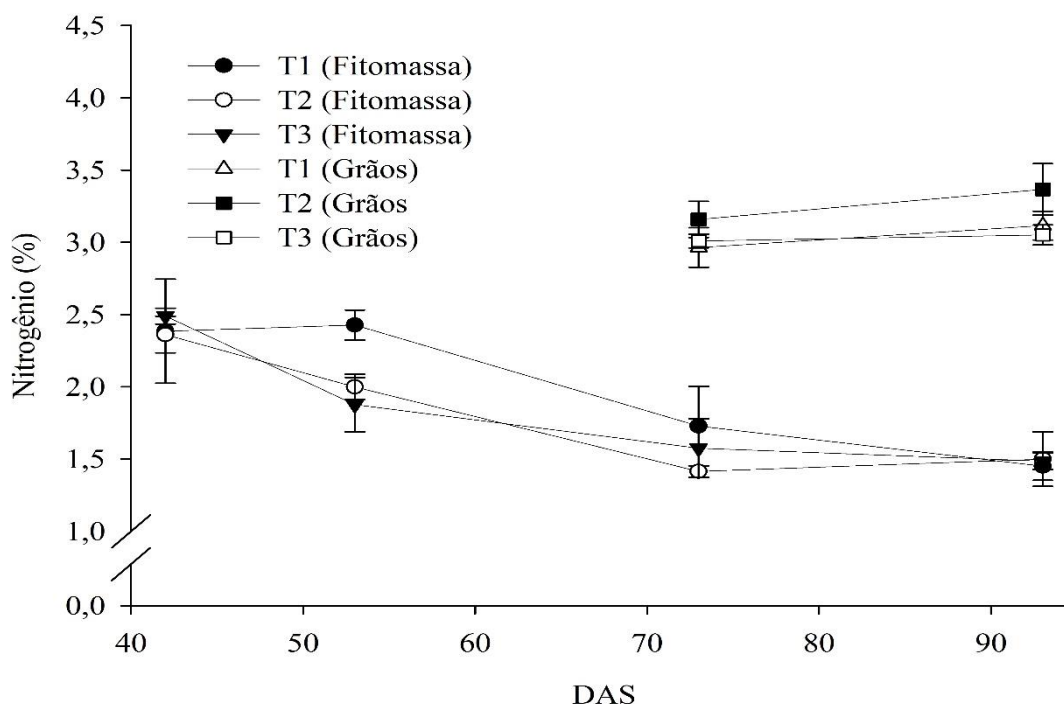


Figura 11 – Teor de nitrogênio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

De acordo com Dourado Neto e Fancelli (2000), o teor de nitrogênio crítico na cultura do feijão é de 2 a 3 %, sendo assim os valores obtidos neste trabalho encontraram-se dentro dos limites esperados, ou seja, o nitrogênio não foi um fator limitante, mesmo na testemunha.

Ainda, observa-se em ambas cultivares um decréscimo do percentual de nitrogênio nas folhas ao longo do ciclo (DAS), chegando a uma diminuição de 1,48 % entre os 42 e 93 DAS, como na cultivar ‘Foicinha’ em T2. Este comportamento é esperado e ocorre por que durante o período reprodutivo os fotoassimilados (onde grande parte são

compostos por nitrogênio) são realocados das folhas para flores, vagens e grãos, assim aumentado a concentração de nitrogênio nos grãos, tal aumento também pode ser observado em ambas as cultivares. Pegoraro et al. (2014) também constatou a diminuição da concentração de nitrogênio em folhas de feijão, entre os 40 e 50 dias após a emergência, coincidindo com o aumento de nitrogênio nos grãos.

5.3.2 Fósforo

Os valores de fósforo na fitomassa da cultivar ‘Foicinha’ com 42 DAS ficaram entre 0,23 % à 0,27 % não diferindo significativamente entre si (figura 12). Também não diferiram dos teores aos 53 DAS que foram de 0,19 % em T1 a 0,21 % em T2 e T3. Aos 73 DAS diferiram dos valores dos 53 DAS, sendo que os valores encontrados foram de 0,35 % (T1), 0,30 % (T2) e 0,37 % (T3). Aos 93 DAS os valores tiveram um decréscimo, sendo que variaram de 0,27 % em T1 a 0,26 % em T2 e T3.

Nos grãos os valores encontrados foram superiores aos encontrados na fitomassa e o valor máximo foi de 0,57 % em T1 aos 93 DAS e o menor valor foi de 0,40 % em T3 aos 93 DAS.

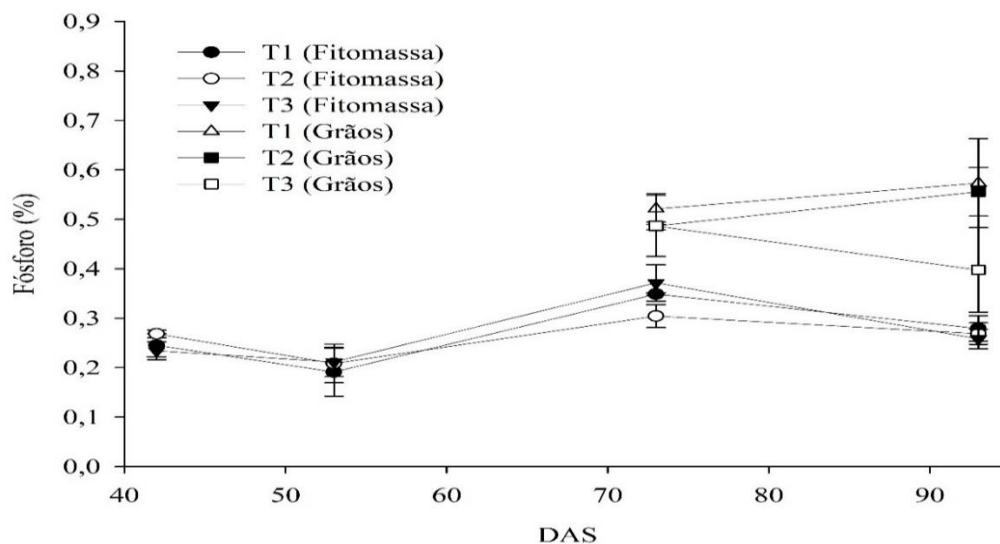


Figura 12 – Teor de fósforo na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Na cultivar ‘Rajada’ os teores de fósforo na fitomassa foram praticamente constantes durante todas as coletas, não diferindo significativamente entre os tratamentos e DAS (figura 13). O menor valor foi observado foi de 0,21 % em T2 aos 42 e 53 DAS e o maior valor foi de 0,28 % em T1 aos 73 DAS.

Para os grãos, os valores encontrados foram superiores aos encontrados na fitomassa sendo que o maior valor foi encontrado em T2 aos 73 DAS (0,64 %). Nos demais tratamentos, em ambas as épocas, os valores tiveram pouca variação, sendo que os valores variaram de 0,44 % a 0,48 %.

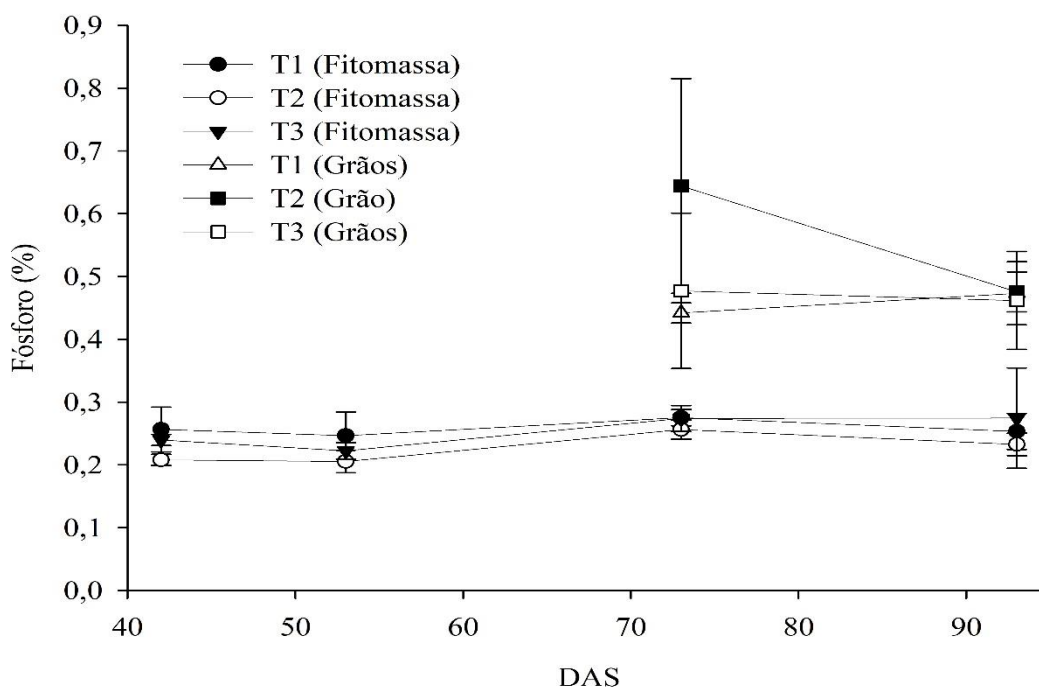


Figura 13 – Teor de fósforo na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

De acordo com Dourado Neto e Fancelli (2000) os valores de fósforo encontrados na fitomassa estão dentro dos limites ideais que são de 0,20 % a 0,39 %. Pegoraro et al. (2014) identificaram um comportamento (sigmoide) semelhante na fitomassa onde houve uma variação da concentração de fósforo na planta sem que haja

um padrão no comportamento. Zucareli et al. (2006) demonstraram que o fósforo é um nutriente importante durante todo o ciclo da cultura, por isso os valores tendem a ser constantes ou apresentarem variações durante todo o ciclo.

A presença do fósforo nos fosfolípidos que compõem as membranas vegetais e por ser componente essencial em todas as reações energéticas da planta (ATP), inclusive em alguns transportes ativos de nutrientes e fotoassimilados, podendo explicar o fato das concentrações de fósforo terem este comportamento (Bloom, 2013).

5.3.3 Potássio

O teor de potássio na fitomassa da cultivar ‘Foicinha’ aos 42 DAS corresponde aos seguintes valores: 2,89 % em T1, 2,84 % para T2 e 2,38 % para T3 (figura 14). Aos 53 DAS o maior valor de potássio continuou sendo em T1 (2,27 %) seguido de T2 (1,63 %) e então T3 (1,36 %). Aos 73 DAS o potássio em T1 mostrou-se praticamente constante, enquanto T2 e T3 tiveram ligeira alta, chegando aos 2,25 % e 1,70 % respectivamente. Aos 93 DAS os valores de T1 mantiveram-se constantes, enquanto T2 e T3 diminuíram em relação aos 73 DAS para 1,97 % e 1,37 %, respectivamente.

Para os grãos a testemunha e a fertilização inorgânica tiveram um acréscimo na concentração de potássio entre os 73 e os 93 DAS, porém com a fertilização orgânica ocorreu um decréscimo no teor de potássio. Em T1 o valor subiu de 1,51 % para 1,76 %, em T2 subiu de 1,60 % para 2,02 % e T3 teve uma redução de 1,89 % para 1,66 %.

A concentração de potássio na fitomassa da cultivar ‘Rajada’ aos 42 DAS foi de 2,31 % (T1), 2,02 % (T2) e 2,21 % (T3) (figura 15). Aos 53 DAS o valor de T1 se manteve constante e os valores de T2 e T3 decresceram para 1,43 % e 1,56 %, respectivamente. Com 73 DAS todos os tratamentos tiveram um acréscimo no percentual de potássio apresentando valores de 2,56 %, 1,87 % e 1,55 %, respectivamente para T1, T2 e T3. Ao final do ciclo os valores foram de 2,28 % (T1), 1,86 % (T2) e 1,39 % (T3).

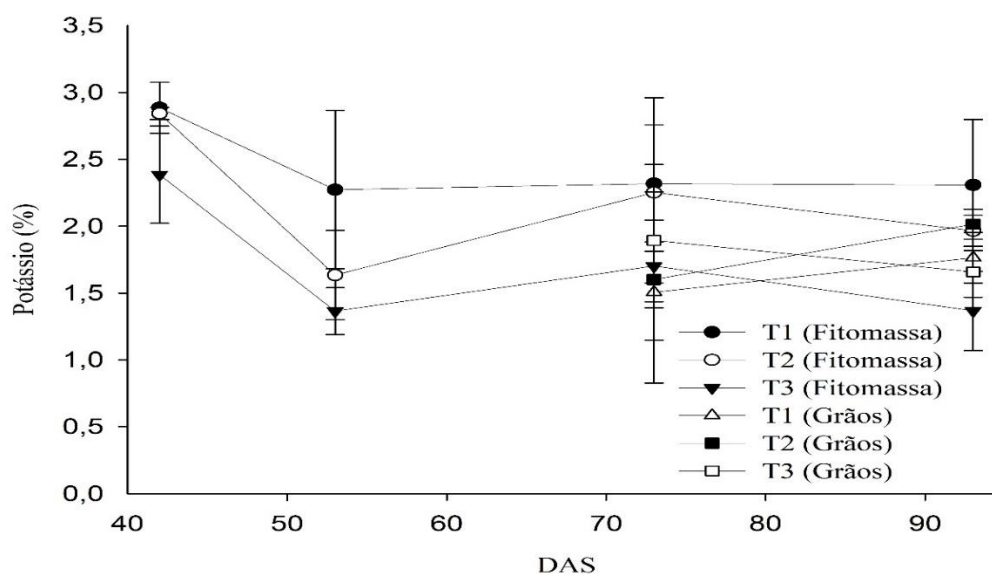


Figura 14 – Teor de potássio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Nos grãos as concentrações foram crescentes entre os 73 e os 93 DAS. T1 passou de 1,51 % para 1,76 %, enquanto T2 foi de 1,59 % para 1,69 % e T3 variou de 1,48 % para 1,57 %.

Dourado Neto e Fancelli (2000) relataram que os valores adequados de potássio na fitomassa de feijão são de 2,0 % a 2,6 %. Como verificado neste trabalho os valores nos períodos reprodutivos iniciais estão dentro do adequado para a cultura.

Autores como Pegoraro et al. (2014) e Ramos Junior (2006) verificaram que o teor de potássio em partes áreas de feijão decresce durante o período reprodutivo da cultura. As cultivares testadas apresentaram um decréscimo na concentração de potássio dos 42 DAS em relação aos 53 DAS. Depois dos 53 DAS não se registaram diferenças significativas entre coletas. Isto pode indicar que todo o potássio foi remobilizado entre as duas primeiras coletas.

Entre cultivares houveram diferenças significativas apenas aos 42 DAS. Este fato pode ser explicado por que as cultivares tinham estádios fenológicos diferentes no momento das coletas, assim a cultivar ‘Rajada’ por estar em um estágio fenológico

mais avançado poderia ter remobilizado maior quantidade de potássio do que a cultivar ‘Foicinha’.

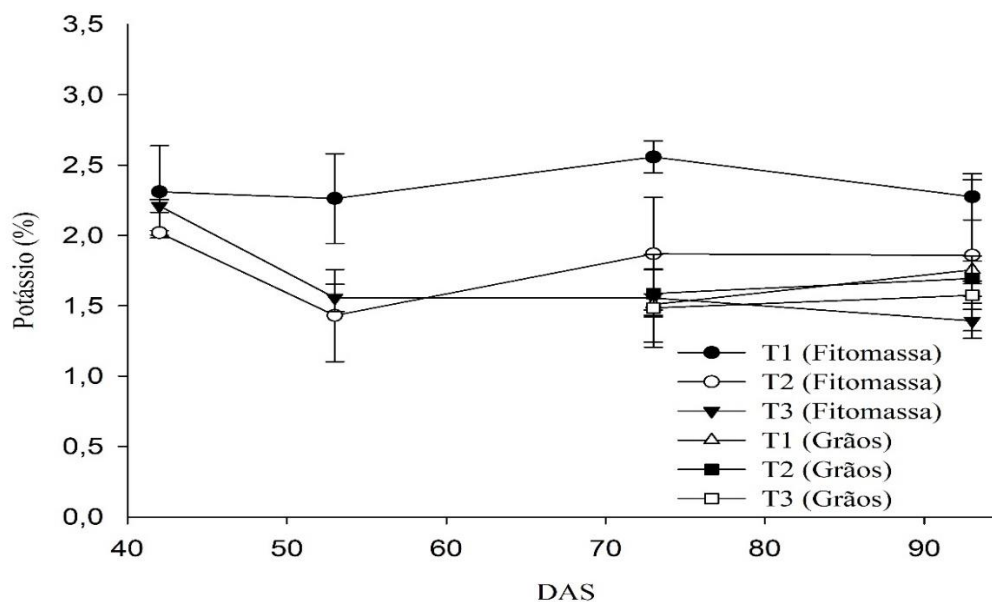


Figura 15 – Teor de potássio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

Apesar da concentração de potássio nas folhas não ter apresentado um comportamento similar ao dos outros autores, pode ser explicado por que o potássio tem papel na regulação osmótica das células vegetais, além de estar envolvido na respiração e fotossíntese (Bloom, 2013), por isso, é esperado que seus teores aumentem no período vegetativo e diminuam, ou sejam constantes, durante o período reprodutivo.

Os teores de potássio nos grãos aumentaram conforme o número de DAS, sendo este comportamento também relatado por Pegoraro et al. (2014) em feijão-comum, e por Neves et al. (2008) em feijão-de-corda. Este comportamento nos grãos é normal, pois a planta tende a realocar este nutriente nos grãos com o objetivo de deixar o maior número de descendentes (sementes) viáveis no ambiente.

5.3.4 Cálcio

Aos 42 DAS a maior concentração de cálcio na fitomassa da cultivar ‘Foicinha’ foi encontrada em T3 (1,29 %), enquanto T2 apresentou um valor de 1,12 % e T1 atingiu 1,16 % (figura 16). Aos 53 DAS os valores ficaram próximos à 1,05 %. Aos 73 DAS os valores encontrados foram de 1,13 % em T1, 1,25 % para T2 e 1,13 % para T3. Aos 93 DAS as concentrações de cálcio chegaram a seus valores máximos, que foram de 1,40 % para T1, 1,30 % em T2 e 1,20 % para T3.

Nos grãos os valores não tiveram grande variação tanto entre tratamentos quanto entre cultivares, sendo que a gama de valores variou de 0,10 % em T1 na 1ª e 2ª coleta dos grãos e 0,14 % em T3 na 1ª coleta dos grãos.

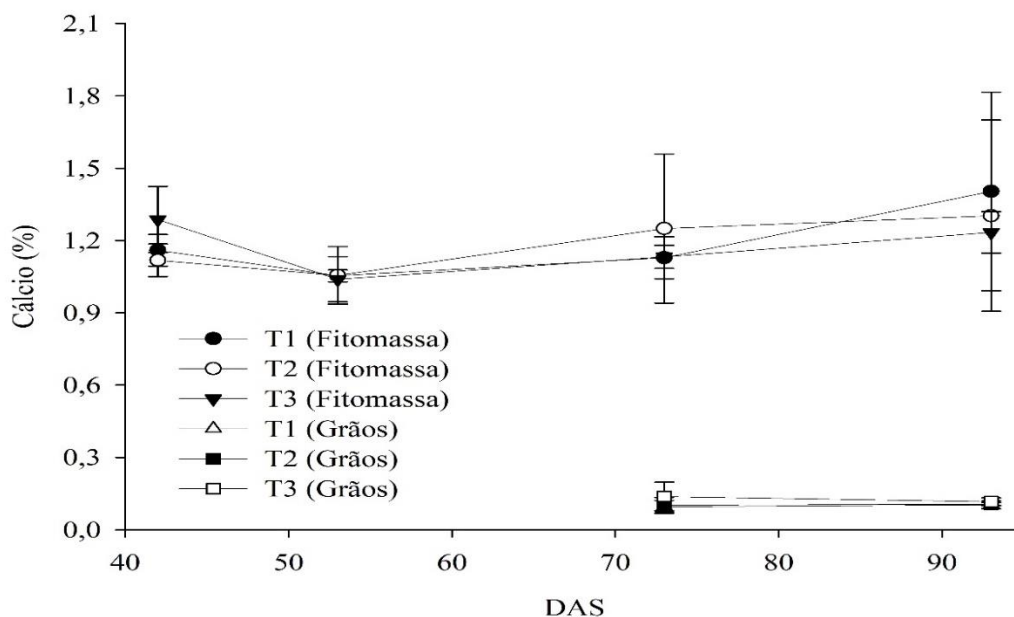


Figura 16 – Teor de cálcio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Na cultivar ‘Rajada’ os teores de cálcio na fitomassa (figura 17) aos 42 DAS foram de 1,30 % (T1), 1,17 % (T2) e 1,49 % (T3). Com 53 DAS os teores em todos os tratamentos diminuiram sendo que foram os menores valores encontrado entre coletas

os teores chegaram a 1,05 % em T1 e T2 e 1,10 % em T3. Aos 73 DAS o teor de cálcio em T1 foi de 1,45 %, em T2 1,26 % e em T3 1,56 %, o qual foi o maior valor encontrado durante as coletas. Ao final do ciclo os valores foram de 1,40 % para a testemunha (T1), 1,30 % com o uso da fertilização inorgânica (T2) e 1,38 % com o uso de biofertilizante (T3).

Nos grãos os teores foram constantes entre as coletas. O menor valor foi de 0,13 % em T1 (42 DAS) e T3 (73 DAS) e o maior valor também em T1 chegando ao valor de 0,16 % aos (73 DAS).

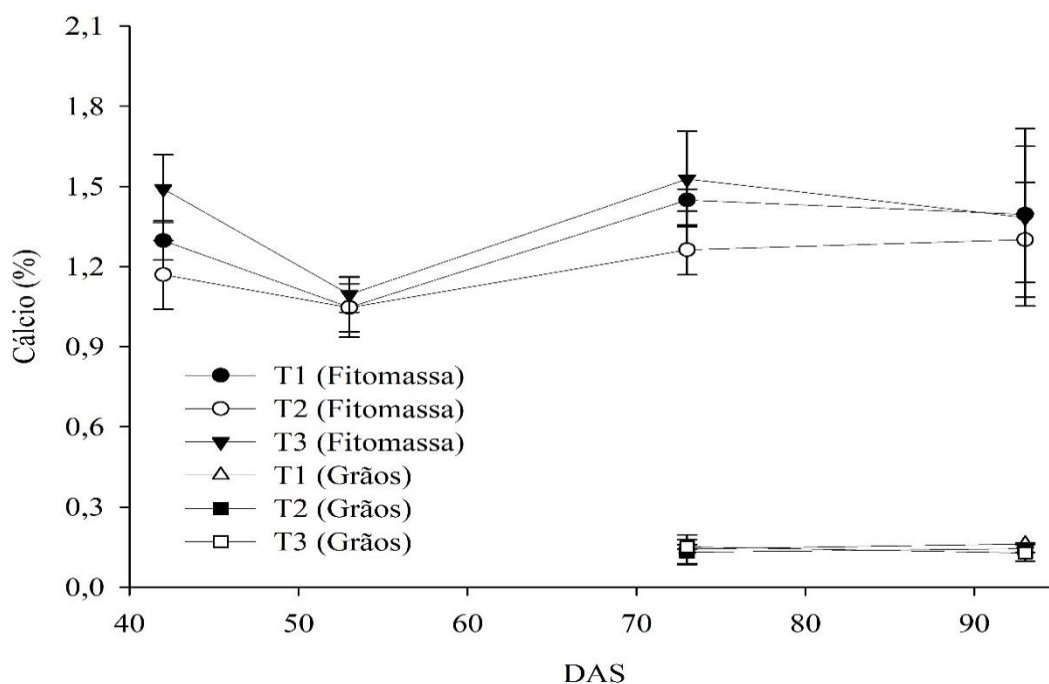


Figura 17 – Teor de cálcio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar 'Rajada'. DAS: dias após a semeadura.

Os teores ideais de cálcio na parte aérea para a cultura do feijão são de 1,5 % a 2,4 % (Dourado Neto e Fancelli, 2000). Pode-se verificar que estes teores estiveram abaixo do recomendado ou próximos ao limite inferior em ambas as cultivares. Sendo assim, este pode ter sido um nutriente limitante da produtividade, em todos os tratamentos.

Apesar de não apresentar diferenças significativas entre nenhum dos tempos de coleta (exceto na cultivar 'Rajada' aos 53 DAS) observa-se que o teor final de cálcio na fitomassa é superior ao valor inicial. Resultados semelhantes de Ramos Junior (2006) apontam um acúmulo crescente de cálcio nas partes áreas do início ao final do ciclo. Contrariamente, Pegoraro et al. (2014) encontraram um acúmulo máximo de Ca nas plantas antes do período reprodutivo, sendo que durante os estádios reprodutivos os valores foram decrescentes.

Nos grãos não ocorreram alterações nos teores entre as duas coletas realizadas. Pegoraro et al. (2014) encontraram resultados onde ocorreu um acúmulo de cálcio nos grãos conforme o avanço dos estádios fenológicos.

5.3.5 Magnésio

Observa-se na figura 18 que na fitomassa da cultivar 'Foicinha' aos 42 DAS os teores de magnésio foram de 0,30 % em T1, 0,34 % em T2 e 0,33 % em T3. Na segunda coleta (53 DAS) encontraram-se valores na fitomassa de 0,26 % (T1), 0,33 % (T2) e 0,31 % (T3). Aos 73 DAS houve um incremento significativo em T1 e T3, sendo que T1 chegou ao teor de 0,34 %, enquanto T2 manteve-se praticamente igual (0,34 %) e T3 chegou a 0,43 %. Ao final do ciclo os teores aumentaram, porém não significativamente comparados aos 73 DAS, sendo que os valores foram de 0,44 % em T1, 0,41 % em T2 e 0,47 % em T3.

Nos grãos a quantidade de magnésio aos 73 DAS foi de 0,22 % em T1, 0,14 % em T2 e 0,16 % em T3, passando para valores de 0,16 % em T1 e para 0,17 % em T2 e T3.

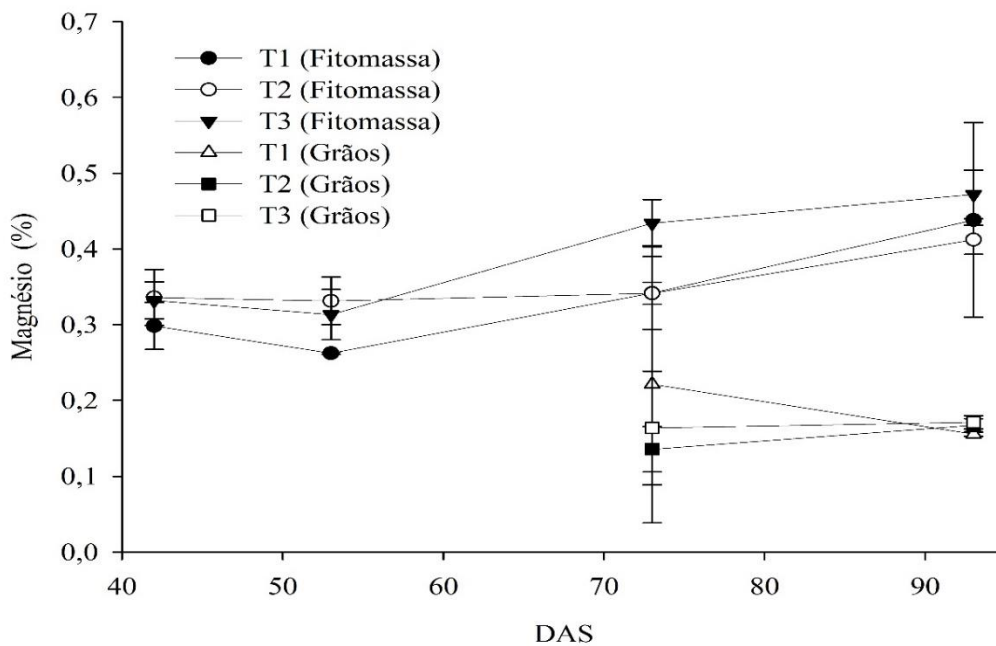


Figura 18 – Teor de magnésio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Para a cultivar ‘Rajada’ pode-se observar os teores de magnésio na figura 19. Na fitomassa aos 42 DAS os valores encontrados foram de 0,33 % para T1, 0,35 % em T2 e 0,41 % em T3. Com 53 DAS verifica-se uma redução em T1 e T3, sendo os valores de 0,30 %, 0,35 % e 0,29 %, para T1, T2 e T3 respectivamente. Aos 73 DAS houve um aumento significativo de magnésio em todos os tratamentos, sendo que os valores encontrados foram de 0,38 % para T1, 0,42 % para T2 e 0,53 %. Com 93 DAS os valores foram de 0,38 % para T1 e 0,45 % para T2 e T3.

Nos grãos os valores foram praticamente constantes. Na primeira coleta todos os tratamentos apresentaram a concentração de 0,14 %. Ao fim do ciclo o valor de T1 foi de 0,17 % e para T2 e T3 0,16 %.

Durante as coletas os nutrientes mantiveram-se dentro dos limites críticos para a cultura que são de 0,20 % a 0,29 % (Dourado Neto e Fancelli, 2000).

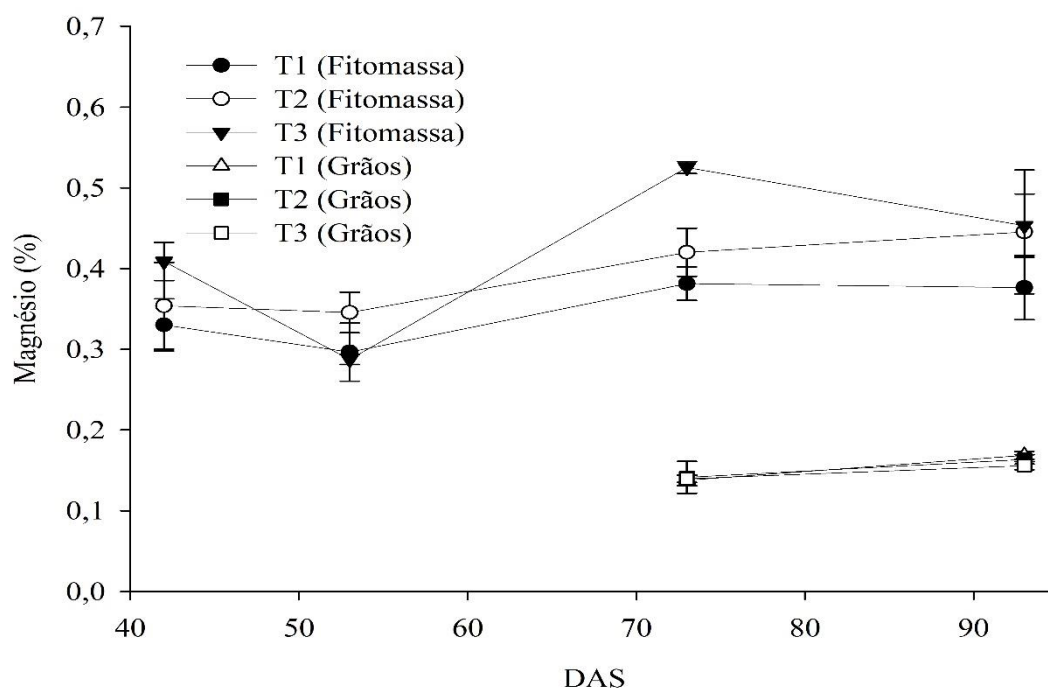


Figura 19 – Teor de magnésio na fitomassa e nos grãos expresso em percentual em relação a matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

A maior taxa de acúmulo de magnésio na fitomassa ocorreu no fim do ciclo para todos os tratamentos, em ambas as cultivares exceto para T3 na cultivar ‘Rajada’ que teve um decréscimo entre os 73 e os 93 DAS. Comportamento semelhante foi observado por Ramos Junior (2006) onde a concentração cresceu linearmente do início ao fim do ciclo da cultura. Pegoraro et al. (2014) verificaram um comportamento semelhante, onde ocorreu o acúmulo de magnésio até os 60 dias após a emergência, porém, entre os 60 e os 70 dias após a emergência ocorreu uma remobilização de magnésio, assim diminuindo o teor deste nutriente.

Nos grãos ocorreu um aumento na concentração de magnésio nos três tratamentos em ambas as cultivares, exceto para T1 na cultivar ‘Foicinha’. Porém este acréscimo não foi significativo, podendo indicar que a maior parte da remobilização de magnésio para os grãos ocorra em estágios anteriores a este. Pegoraro et al. (2014) encontraram resultados onde o acúmulo de magnésio nos grãos foi crescente durante o ciclo, principalmente nos estádios reprodutivos. Ainda, relataram que o magnésio dos grãos representou aproximadamente 60 % do magnésio total da planta.

5.4 Absorção de micronutrientes

Na tabela 6 pode-se observar o quadrado da ANOVA para os micronutrientes avaliados na fitomassa aos 42, 53, 73 e 93 DAS.

Aos 42 DAS verificaram-se diferenças significativas entre tratamentos e a interação entre tratamento e cultivar em todos os nutrientes, e entre cultivares registaram-se diferenças significativas apenas para o manganês. Aos 53 DAS observaram-se diferenças significativas apenas para o cobre entre os tratamentos.

Já aos 73 DAS observaram-se diferenças entre cultivares para o boro e para o zinco entre tratamentos. Aos 93 DAS foram encontradas diferenças significativas para o zinco entre cultivares e entre tratamentos.

Tabela 6 – ANOVA com os valores de probabilidade (p) dos tratamentos e interação e o quadrado médio do erro (QME) para os micronutrientes avaliados na fitomassa (parte aérea sem os grãos) aos 42, 53, 73 e 93 dias após a semeadura (DAS).

42 DAS					
Fonte de Variação	B	Cu	Fe	Zn	Mn
Cultivar	0,307	0,164	0,236	0,856	0,032
Tratamento	0,001	2,121E-005	2,876E-005	0,005	0,001
Cultivar*Tratamento	0,003	0,001	0,001	0,147	0,044
QME	3,220	1,205	71274,9	1,896	77,509
CV (%)	7,40	9,66	21,54	5,52	15,21
53 DAS					
Cultivar	0,188	0,918	0,303	0,908	0,644
Tratamento	0,536	0,023	0,529	0,090	0,250
Cultivar*Tratamento	0,017	0,693	0,788	0,790	0,774
QME	4,664	0,868	18212,9	5,802	49,413
CV (%)	8,97	11,98	39,94	10,43	20,13
73 DAS					
Cultivar	0,011	0,365	0,212	0,291	0,183
Tratamento	0,338	0,327	0,939	0,008	0,184
Cultivar*Tratamento	0,626	0,995	0,100	0,853	0,061
QME	4,626	0,714	4209,1	18,29	19,74
CV (%)	7,96	10,03	33,81	14,00	14,27
93 DAS					
Cultivar	0,718	0,680	0,853	0,023	0,994
Tratamento	0,788	0,126	0,789	0,003	0,243
Cultivar*Tratamento	0,807	0,363	0,149	0,939	0,301
QME	7,592	1,829	59448,7	2,517	61,82
CV (%)	9,74	15,7	72,62	5,39	26,97

Na tabela 7 pode-se observar o quadro da ANOVA para os micronutrientes avaliados nos grãos aos 73 e 93 DAS. Nos grãos não se registaram diferenças significativas para os micronutrientes.

Tabela 7 – ANOVA com os valores de probabilidade (p) dos tratamentos e interação e o quadrado médio do erro (QME) para os micronutrientes avaliados nos grãos aos 73 e 93 dias após a semeadura (DAS).

73DAS					
Fonte de Variação	B	Cu	Fe	Zn	Mn
Cultivar	0,082	0,840	0,153	0,545	0,207
Tratamento	0,449	0,406	0,111	0,189	0,635
Cultivar*Tratamento	0,292	0,897	0,141	0,815	0,775
QME	3,812	4,380	1842,1	196,3	2,497
CV (%)	17,09	25,43	39,84	34,18	36,00
93 DAS					
Cultivar	0,123	0,246	0,122	0,863	0,750
Tratamento	0,129	0,979	0,117	0,841	0,191
Cultivar*Tratamento	0,082	0,492	0,941	0,370	0,626
QME	1,428	4,810	1008,6	274,9	4,352
CV (%)	10,29	19,98	20,47	22,69	36,52

5.4.1 Boro

Os teores de boro na fitomassa e nos grãos da cultivar ‘Foicinha’ podem ser observados na figura 20. Aos 42 DAS o teor de boro na fitomassa foi de 23,39 mg kg⁻¹ para T1, 24,85 mg kg⁻¹ em T2 e 24,13 mg kg⁻¹ para T3. Com 53 DAS, as concentrações foram de 21,97 mg kg⁻¹ em T1, 27,66 mg kg⁻¹ em T2 e 24,72 mg kg⁻¹ para T3. Aos 73 DAS os valores obtidos foram de 25,21 mg kg⁻¹, 24,95 mg kg⁻¹ e 26,14 mg kg⁻¹, para T1, T2 e T3, respectivamente. Ao final do ciclo foram encontrados os maiores valores de boro na fitomassa, sendo que os teores encontrados foram de 27,39 mg kg⁻¹ (T1), 28,63 mg kg⁻¹ (T2) e 28,13 mg kg⁻¹ (T3).

Nos grãos os valores se mostraram constantes entre as coletas e sem diferenças significativas entre tratamentos. O teor mínimo observado foi de 9,78 mg kg⁻¹ aos 73 DAS em T2 e o maior valor foi de 11,59 mg kg⁻¹ aos 93 DAS também em T2.

Na cultivar ‘Rajada’ as concentrações encontradas na fitomassa e nos grãos podem ser visualizados na figura 21. Aos 42 DAS observou-se o maior teor de boro na fitomassa o qual foi de 30,33 mg kg⁻¹ em T3, enquanto T2 chegou a 23,15 mg kg⁻¹ e T1 atingiu o valor de 20,61 mg kg⁻¹. Aos 53 DAS os teores foram de 24,51 mg kg⁻¹ (T1), 21,44 mg kg⁻¹ (T2) e 24,08 mg kg⁻¹ (T3). Com 73 DAS a concentração de boro na fitomassa foi de 29,59 mg kg⁻¹ para T1, 26,88 mg kg⁻¹ para T2 e 29,31 mg kg⁻¹ para T3. Ao fim do ciclo os teores encontrados foram de 28,07, 27,98 e 29,56 mg kg⁻¹, em T1, T2 e T3, respectivamente.

Nos grãos os teores de boro em T1 se mantiveram praticamente constantes entre a primeira e a segunda coleta (13,71 mg kg⁻¹ aos 73 DAS e 13,89 mg kg⁻¹ aos 93 DAS). Em T2 a concentração de boro reduziu de 12,61 mg kg⁻¹ para 10,85 mg kg⁻¹ entre 73 e os 93 DAS. Para T3 houve um acréscimo (não significativo) na concentração de boro nas folhas, passando de 10,63 mg kg⁻¹ aos 73 DAS para 11,53 mg kg⁻¹ aos 93 DAS.

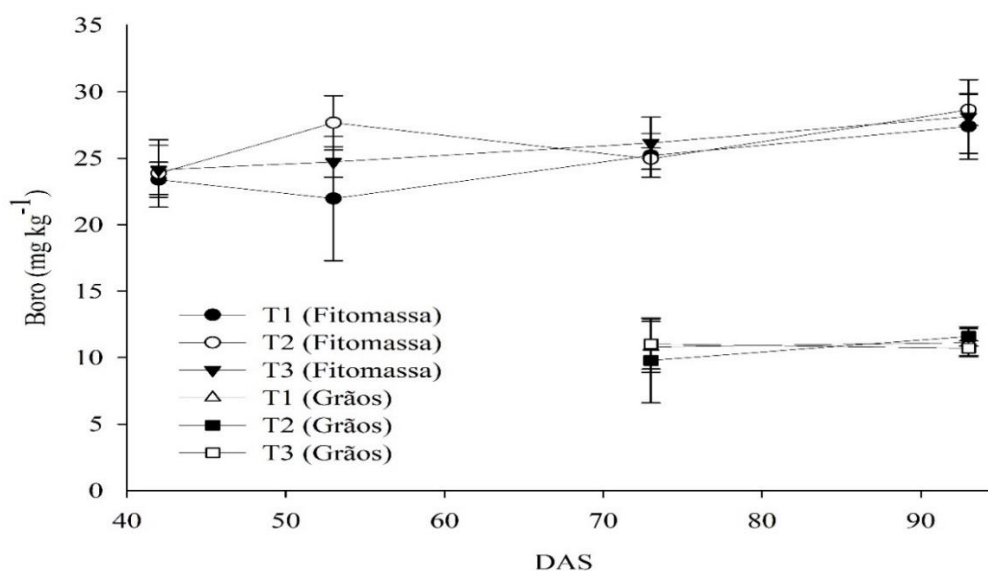


Figura 20 – Quantidade de boro na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg⁻¹ de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

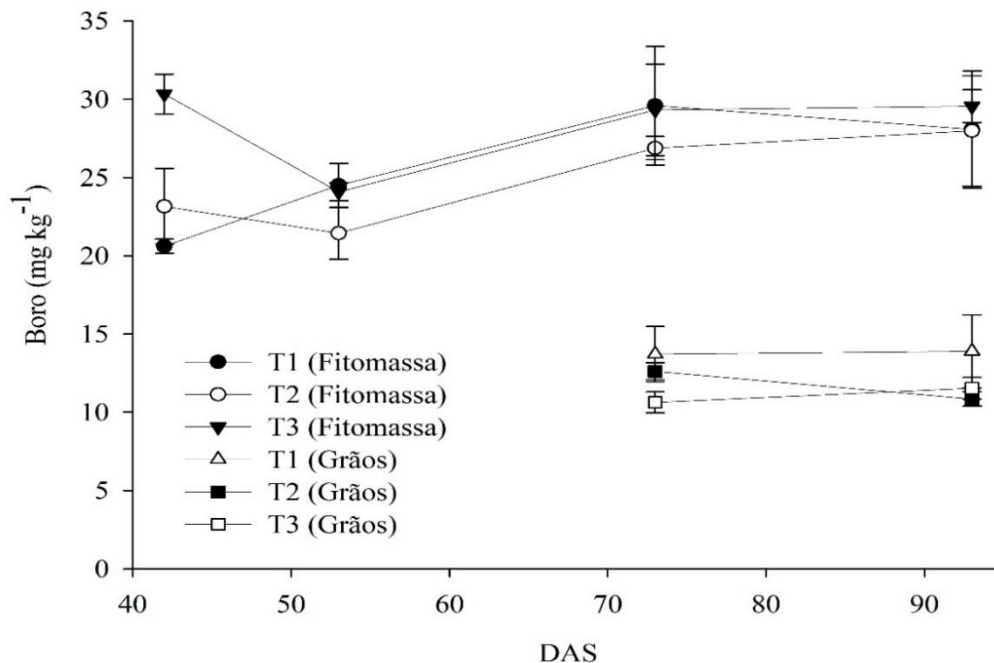


Figura 21 – Quantidade de boro na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg^{-1} de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

De acordo com CFSEMG (1999) os teores de boro estão abaixo do limite mínimo para a produção de feijão, que seria entre os valores de 100 a 150 mg kg^{-1} . Em ambas as cultivares houve um aumento de boro na fitomassa durante os períodos de coleta. Isto pode ser explicado por que o boro desempenha um papel desde o alongamento celular, o funcionamento de membranas, além de ter uma função importantíssima durante o pegamento das flores (inibidor da calose) (Bloom, 2013), por isso é fundamental a presença de boro nos tecidos vegetais durante todo o ciclo.

Nos grãos não houve aumento significativo das concentrações de boro entre as duas coletas em nenhum dos tratamentos, indicando que quantidade de boro remobilizada é constante (a quantidade de boro remobilizada é proporcional ao aumento da matéria seca dos grãos). Também pode indicar que a maior parte de boro seja remobilizada em estádios fenológicos mais precoces.

5.4.2 Cobre

Os teores de cobre da cultivar ‘Foicinha’ podem ser observados na figura 22. Aos 42 DAS o maior valor encontrado foi em T1 (13,13 mg kg⁻¹), seguido de T3 (12,73 mg kg⁻¹) sendo que estes tratamentos diferiram significativamente de T1 (9,39 mg kg⁻¹). Com 53 DAS os teores diminuíram para 7,04 mg kg⁻¹, 7,19 mg kg⁻¹ e 9,01 mg kg⁻¹ em T1, T2 e T3, respetivamente. Aos 73 DAS os teores se mantiveram praticamente constantes sendo que T1 foi o menor (7,88 mg kg⁻¹), seguido por T2 (8,20 mg kg⁻¹) e por T3 (8,61 mg kg⁻¹). Ao final do ciclo T2 apresentou maior valor de cobre na fitomassa com o valor de 9,83 mg kg⁻¹, seguido por T1 com 9,02 mg kg⁻¹ e T3 com 7,39 mg kg⁻¹.

Nos grãos houve um incremento significativo de cobre nos grãos entre os 73 e os 93 DAS. Para T1 o teor de cobre passou de 8,20 para 10,87 mg kg⁻¹, em T2 os teores foram de 7,46 para 12,63 mg kg⁻¹ e em T3 de 9,33 para 11,34 mg kg⁻¹.

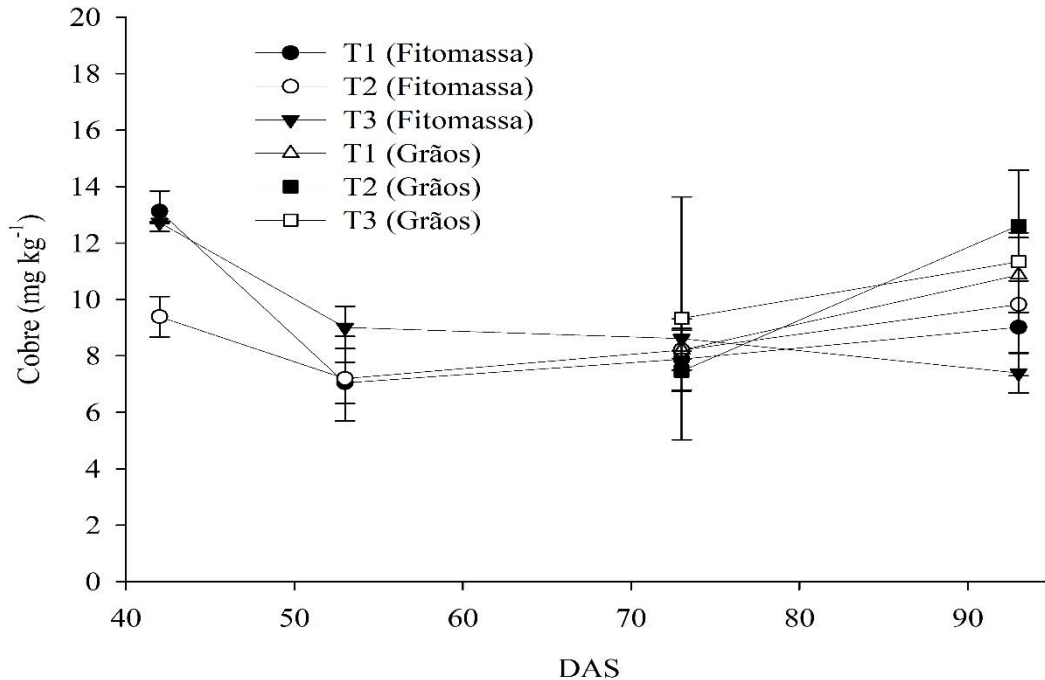


Figura 22 – Quantidade de cobre na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg⁻¹ de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Na cultivar ‘Rajada’ os teores de cobre podem ser observados na figura 23. O maior teor de cobre na fitomassa foi de 16,21 mg kg⁻¹ aos 42 DAS em T3, diferindo significativamente dos demais tratamentos, enquanto T1 chegou ao valor de 7,73 mg kg⁻¹ e T2 a teores de 8,97 mg kg⁻¹ aos 42 DAS. Aos 53 DAS os valores encontrados na fitomassa foram de 7,12 mg kg⁻¹, 7,70 mg kg⁻¹ e 8,58 mg kg⁻¹ para T1, T2 e T3, respectivamente. Com 73 DAS observaram-se teores de 8,20 mg kg⁻¹ (T1), 8,61 mg kg⁻¹ (T2) e 9,02 mg kg⁻¹ (T3). Aos 93 DAS T1 apresentou o maior valor com 9,42 mg kg⁻¹ seguido por T2 com 8,20 mg kg⁻¹ e T3 com 7,80 mg kg⁻¹.

Nos grãos houve um incremento significativo de cobre entre os 73 e os 93 DAS em todos os tratamentos. Em T1 o teor de cobre passou de 8,61 mg kg⁻¹ para 10,91 mg kg⁻¹ (valor máximo observado), em T2 o aumento foi de 7,15 mg kg⁻¹ para 9,62 mg kg⁻¹ e em T3 passou de 8,62 mg kg⁻¹ para 10,48.

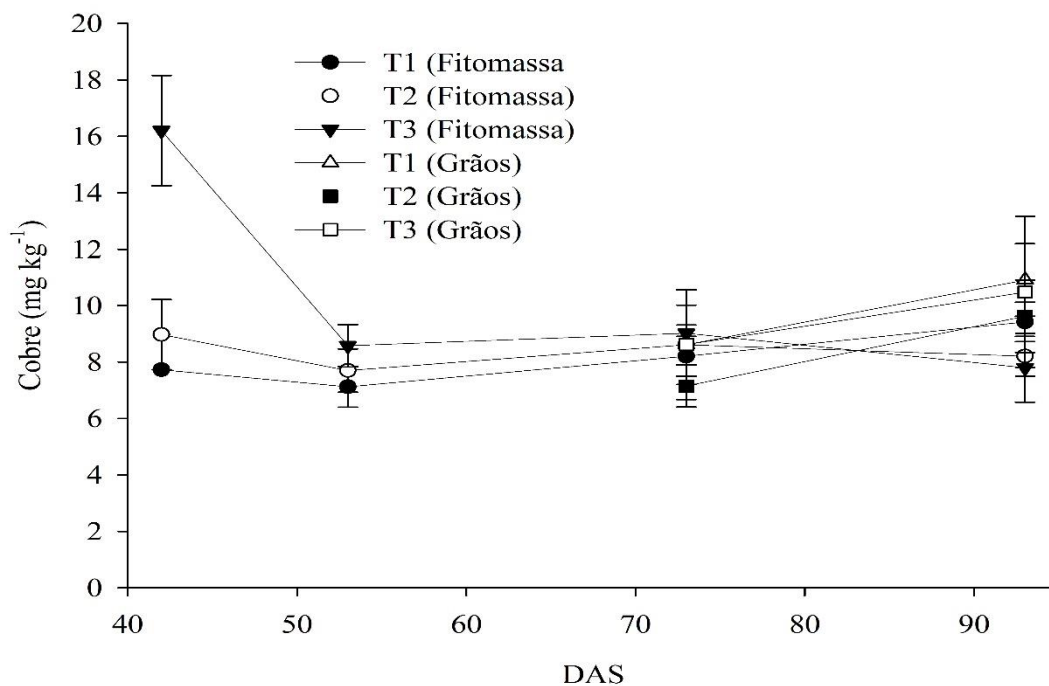


Figura 23 – Quantidade de cobre na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg⁻¹ de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

Segundo CFSEMG (1999) os teores ideais de cobre na fitomassa para produção de feijão estão na faixa de 8-10 mg kg⁻¹, sendo que todos os tratamentos mantiveram-se dentro dos limites adequados. Na fitomassa a maior diferença entre coletas, em ambas as cultivares, foi observada entre os 42 e os 53 DAS onde ocorreu um declínio no teor, apontando que a maior parte da remobilização de cobre seja efetuada entre esses estádios fenológicos. O teor de cobre nos grãos em ambas as cultivares teve um acréscimo significativo entre as coletas.

O cobre tem participação fundamental nos processos fotossintéticos, por isso sua maior necessidade na fitomassa ocorre do início do desenvolvimento até o início da senescência das folhas, por isso o decréscimo de cobre na fitomassa entre os 42 e 53 pode ser explicado, pois é quando se inicia a senescência das folhas.

Fageria e Stone (2011) encontraram resultados semelhantes onde a concentração de cobre na fitomassa aumentou do início do ciclo até os 60 dias após a emergência, e se reduziu após os 60 dias de emergência.

5.4.3 Ferro

Os teores de ferro na cultivar 'Foicinha' podem ser verificados na figura 24. Na fitomassa os teores encontrados aos 42 DAS foram de 1.807 mg kg⁻¹ em T1, 465 mg kg⁻¹ em T2 e 1683 mg kg⁻¹ em T3. Aos 53 DAS os teores diminuíram em todos os tratamentos, T1 apontou valores de 432 mg kg⁻¹, T2 chegou a 390 mg kg⁻¹ e T3 atingiu o valor de 294 mg kg⁻¹. Com 73 DAS os valores se mantiveram praticamente constantes onde T1 chegou ao valor de 156 mg kg⁻¹, T2 chegou a 217 mg kg⁻¹ e T3 atingiu 150 mg kg⁻¹. Ao final do ciclo os valores observados foram 217, 514 e 242 mg kg⁻¹, respectivamente para T1, T2 e T3.

Nos grãos os valores observados aos 73 DAS foram de 185 mg kg⁻¹ (T1), 81 mg kg⁻¹ (T2) e 104 mg kg⁻¹ (T3). Aos 93 DAS houve um aumento do teor de ferro nos

grãos em T2 e T3 que chegaram a 148 e 192 mg kg⁻¹, respectivamente, enquanto T1 reduziu para 163, porém essas diferenças não foram significativas.

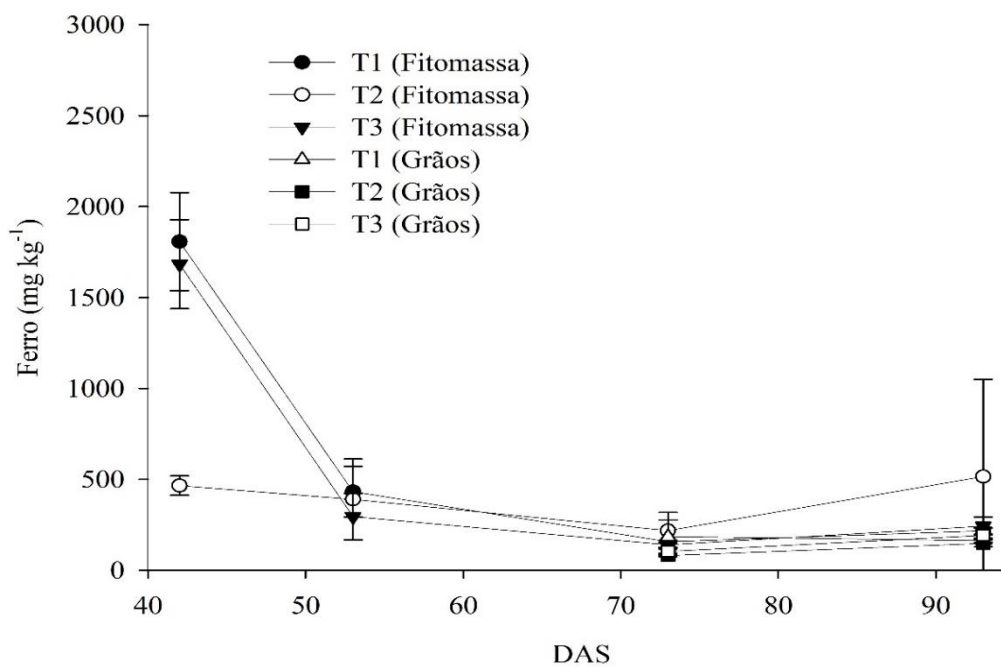


Figura 24 – Quantidade de ferro na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg⁻¹ de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Na cultivar ‘Rajada’ os teores de ferro na fitomassa aos 42 DAS foram de 715, 693 e 2071 mg kg⁻¹, para T1, T2 e T3, respectivamente (figura 25). Aos 53 DAS a concentração de ferro foi de 306 mg kg⁻¹ para T1, 327 mg kg⁻¹ para T2 e 276 mg kg⁻¹ para T3. Com 73 DAS foram encontrados valores de 241, 154 e 240 mg kg⁻¹, para T1, T2 e T3, respectivamente. Ao final do ciclo os valores encontrados foram de 512 mg kg⁻¹ (T1), 211 mg kg⁻¹ (T2) e 315 mg kg⁻¹ (T3).

Nos grãos ocorreu um aumento não significativo entre os 73 DAS e os 93 DAS em todos os tratamentos, onde T1 subiu de 91 mg kg⁻¹ para 131 mg kg⁻¹, T2 passou de 79 mg kg⁻¹ para 129 mg kg⁻¹ e T3 foi de 105 mg kg⁻¹ para 166 mg kg⁻¹.

Os valores ideais de ferro de acordo com a CFSEMG (1999) na fitomassa mantiveram-se dentro do adequado (300-500 mg kg⁻¹) aos 42 DAS em ambas as cultivares, sendo que aos 53 DAS apenas T3 estava abaixo do adequado.

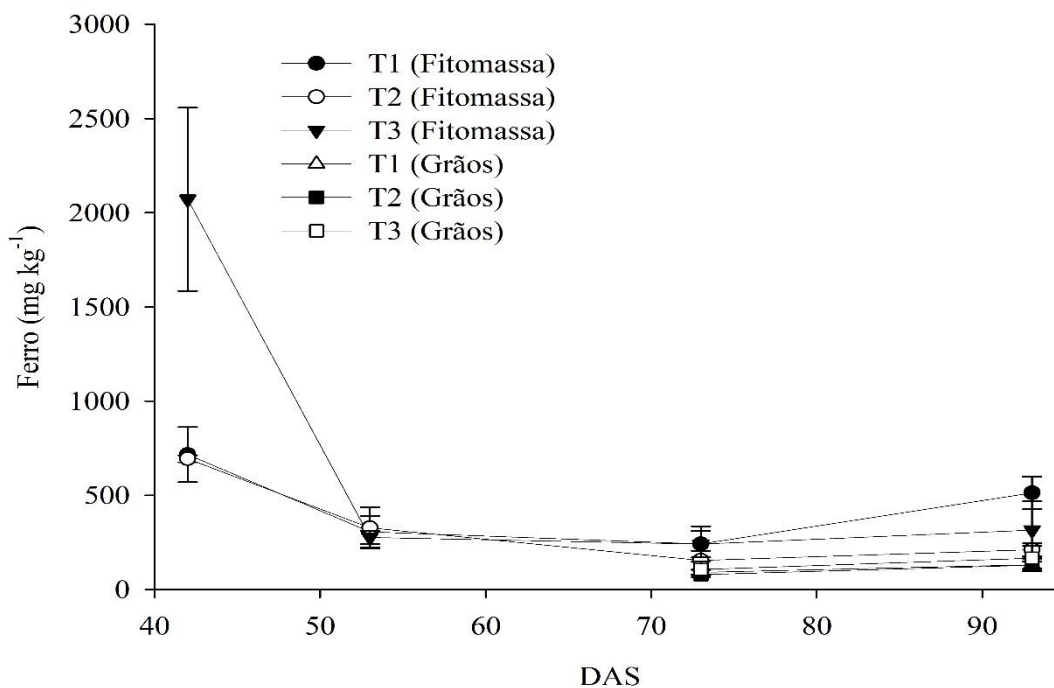


Figura 25 – Quantidade de ferro na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg⁻¹ de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar 'Rajada'. DAS: dias após a semeadura.

Para as duas cultivares o maior decréscimo de ferro na fitomassa ocorreu entre os 42 e os 53 DAS, sugerindo que a remobilização deste nutriente ocorra em maior quantidade nestes estádios fenológicos. O ferro tem como funções principais nas plantas catalisar a biossíntese de clorofila, desenvolvimento de raízes e troncos e influencia na fixação biológica de N (Bloom, 2013), por isso é esperado que ocorra um maior acúmulo nas partes aéreas da cultura do início do desenvolvimento, até o início do florescimento (42 DAS) onde ocorre a remobilização deste nutriente.

O fato dos teores de ferro nos grãos não diferiram significativamente entre os tempos de coleta sugere que a remobilização aconteça em estádios fenológicos anteriores aos destas coletas.

5.4.4 Zinco

Os teores de zinco na cultivar 'Foicinha' podem ser observados na figura 26. Na fitomassa foram encontrados valores praticamente constantes, onde não se registaram diferenças significativas entre os tempos de coleta. Apenas o tratamento com adubação inorgânica (T2) apresentou diferença nos teores entre os 53 e os 73 DAS.

O maior teor de zinco foi observado aos 73 DAS em T2 (33,96 mg kg⁻¹) e o menor valor foi encontrado também em T2 aos 53 DAS (21,78 mg kg⁻¹).

Nos grãos houve um incremento nos teores de zinco, sendo que os valores observados aos 73 DAS foram de 35,34 mg kg⁻¹ (T1), 36,18 mg kg⁻¹ (T2) e 45,26 mg kg⁻¹ (T3). Aos 93 DAS os valores subiram para 75,68 mg kg⁻¹ em T1, 81,29 mg kg⁻¹ para T2 e 64,36 mg kg⁻¹ para T3.

Na figura 27 observam-se os teores de zinco na cultivar 'Rajada'. Aos 42 DAS o teor de zinco na fitomassa foi de 23,91 mg kg⁻¹ em T1, 22,59 mg kg⁻¹ para T2 e 28,10 mg kg⁻¹ para T3. Aos 53 DAS os teores foram de 24,55, 20,86 e 23,70 mg kg⁻¹, para T1, T2 e T3, respectivamente. Aos 73 DAS houve um incremento de zinco na fitomassa onde os valores atingiram 32,92 mg kg⁻¹ (T1), 36,52 mg kg⁻¹ (T2) e 25,62 mg kg⁻¹ (T3). Ao final do ciclo os valores foram de 27,97 mg kg⁻¹ para T1, 31,22 mg kg⁻¹ para T2 e 32,12 mg kg⁻¹ para T3.

Nos grãos houve um incremento de zinco entre os dois tempos de coleta. Sendo que os valores em T1 passaram de 34,80 para 66,44 mg kg⁻¹, em T2 os teores subiram de 39,35 para 71,37 mg kg⁻¹ e em T3 foram de 55,03 para 79,37 mg kg⁻¹.

De acordo com a CFSEMG (1999) os teores adequados de zinco são de 40 a 60 mg kg⁻¹, sendo assim os teores ficaram abaixo dos limites, podendo este ter limitado a produtividade, ou os níveis críticos estarem estabelecidos em valores desadequados para esta cultivar. O zinco está relacionado à produção de auxina, sendo assim pode ter limitado o crescimento das plantas (afetando a matéria seca total) e o número de gemas destinadas a produção de vagens (Bloom, 2013).

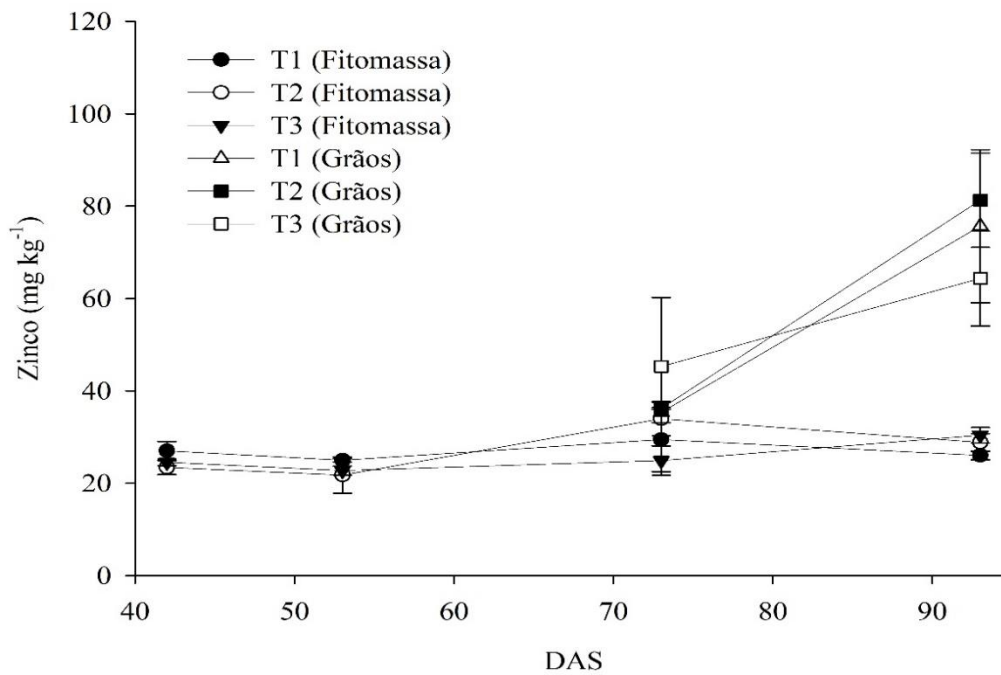


Figura 26 – Quantidade de zinco na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg^{-1} de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

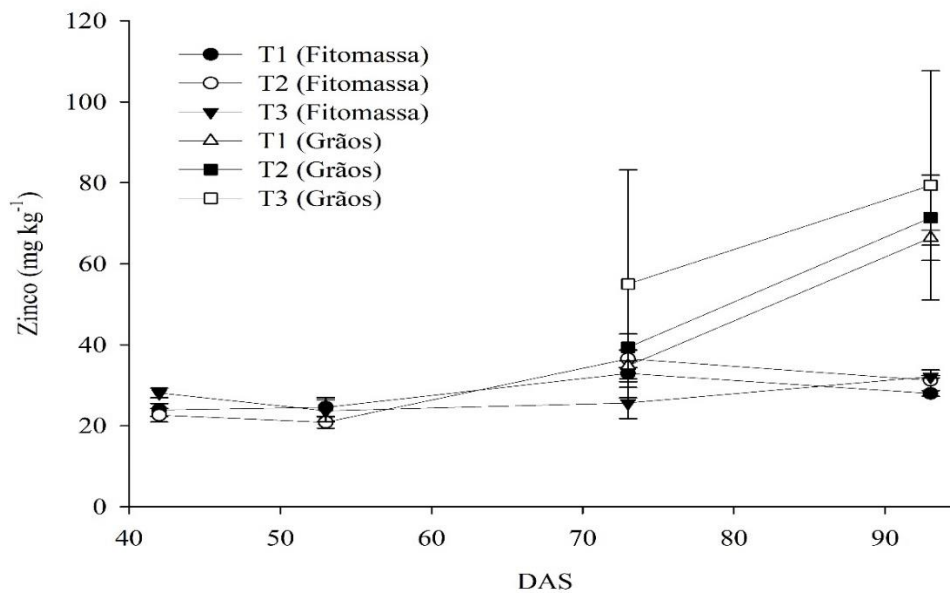


Figura 27 – Quantidade de zinco na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg^{-1} de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

5.4.5 Manganês

Na figura 28 pode-se observar os teores de manganês para a cultivar ‘Foicinha’. Na fitomassa aos 42 DAS foram observados valores de 74,17 mg kg⁻¹ em T1, 44,02 mg kg⁻¹ em T2 e 71,01 mg kg⁻¹ em T3. Aos 53 DAS os valores reduziram para 36,89 mg kg⁻¹ (T1), 34,02 mg kg⁻¹ (T2) e 31,49 mg kg⁻¹ (T3). Aos 73 DAS os valores foram de 32,60, 30,09 e 26,22 mg kg⁻¹, para T1, T2 e T3, respectivamente. Com 93 DAS os valores encontrados foram de 31,45 mg kg⁻¹ (T1), 31,88 mg kg⁻¹ (T2) e 24,17 mg kg⁻¹ (T3).

Nos grãos os teores de manganês aos 73 DAS foram de 4,36 mg kg⁻¹ em T1, 4,26 mg kg⁻¹ em T2 e 3,04 mg kg⁻¹ em T3. Ao final do ciclo os valores subiram para 5,68 mg kg⁻¹ em T1, 6,17 mg kg⁻¹ em T2 e 4,81 mg kg⁻¹ em T3.

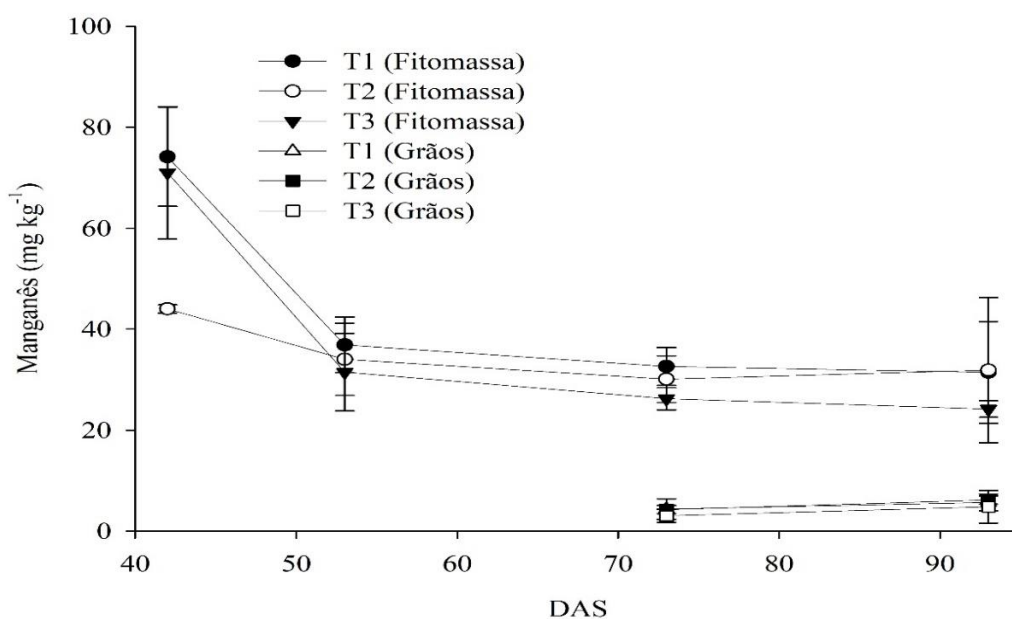


Figura 28 – Quantidade de manganês na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg⁻¹ de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Foicinha’. DAS: dias após a semeadura.

Na cultivar ‘Rajada’ as concentrações de manganês aos 42 DAS foram de 47,38 mg kg⁻¹, 37,28 mg kg⁻¹ e 73,52 mg kg⁻¹, respectivamente para T1, T2 e T3 (figura 29). Com 53 DAS os teores decresceram para 41,27 mg kg⁻¹ (T1), 32,54 mg kg⁻¹ (T2) e 33,32 mg kg⁻¹ (T3). Aos 73 DAS os valores obtidos foram de 34,43 mg kg⁻¹ para T1,

26,72 mg kg⁻¹ para T2 e 36,75 mg kg⁻¹ para T3. Ao fim do ciclo os valores foram de 36,19 mg kg⁻¹, 23,23 mg kg⁻¹ e 10,71 mg kg⁻¹, respetivamente para T1, T2 e T3.

Nos grãos os valores aos 73 DAS foram de 4,73 mg kg⁻¹ em T1, 5,21 mg kg⁻¹ em T2 e 4,73 mg kg⁻¹ em T3. Aos 93 DAS os teores obtidos foram 7,11 mg kg⁻¹ em T1, 6,65 mg kg⁻¹ em T2 e 3,86 mg kg⁻¹.

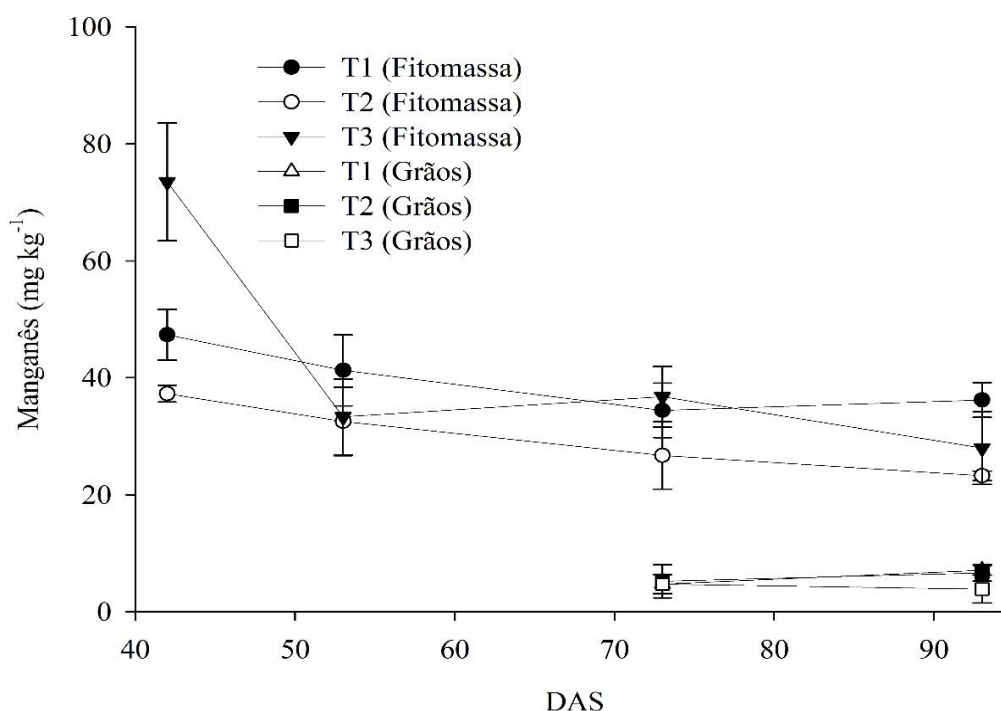


Figura 29 – Quantidade de manganês na fitomassa e nos grãos expresso em mg kg⁻¹ de matéria seca durante a fase reprodutiva em função das diferentes fertilizações nitrogenadas para a cultivar ‘Rajada’. DAS: dias após a semeadura.

Os teores de manganês mantiveram-se abaixo do recomendado, que segundo a CFSEMG (1999) é de 200 a 300 mg kg⁻¹.

Em ambas as cultivares a remobilização de manganês da fitomassa parece ser mais acentuada entre os 42 e os 53 DAS, onde houve um maior decréscimo nos teores. Na cultivar ‘Foicinha’ os valores mantiveram-se constantes a partir dos 53 DAS, enquanto na cultivar ‘Rajada’ o decréscimo foi significativo até o final do ciclo, exceto

em T1. Contrariamente, Almeida et al. (2014) não verificaram um decréscimo nos teores de manganês nos mesmos estádios fenológicos, sendo os teores constantes desde os estádios vegetativos até os reprodutivos.

Na cultivar 'Rajada', inicialmente, T3 era o tratamento com maior teor de manganês, seguido por T1 e T2. Apesar disto, não houve diferenças significativas entre os tratamentos nos teores de manganês nos grãos.

Não se registaram diferenças significativas nos teores de manganês dos grãos entre as coletas, o que pode indicar que o pico de remobilização deste nutriente seja realizado em estádios fenológicos anteriores.

6 CONCLUSÕES

A produção de grãos mostrou-se genótipo dependente, sendo que na cultivar ‘Foicinha’ a utilização da adubação inorgânica foi a mais responsiva, enquanto na cultivar ‘Rajada’ todos os tratamentos tiveram a mesma resposta.

MMG foi o único caractere que apresentou resposta em relação aos tratamentos, sendo que o uso de biofertilizante foi o mais positivo, enquanto os outros caracteres mostram ter melhor relação com a genética que com o manejo.

A MST foi crescente durante o período analisado, sendo que o maior acúmulo ao fim do ciclo foi observado com uso da fertilização inorgânica na cultivar ‘Foicinha’. Na cultivar ‘Rajada’ não se registraram diferenças significativas entre tratamentos.

Os teores de nitrogênio diferiram entre cultivares sendo a composição de seus tecidos diferente. Entre tratamentos não se registraram diferenças significativas por que o feijão é uma leguminosa com capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico, sendo assim, possivelmente as plantas não tratadas com o fertilizante inorgânico compensaram esta diferença através da fixação biológica de nitrogênio.

7 REFERÊNCIAS

AKABARI, Peyman. GHAVALAND, Amir. SANAVY, Seyed Ali Modarres. ALIKHAMI, Agha. The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agricultural Technology**. vol. 7. pp. 173-184. 2011.

ALTSCHUL, Stephen F; GISH, Warren; MILLER, Webb; MYERS, Eugene W; LIPMAN, David J. Basic local alignment search tool. **Journal of molecular biology, Elsevier**, v. 215, n. 3, p. 403–410, 1990.

BALBINO, L.R. La méthode Egner-Riehm et la détermination du phosphore et du potassium «assimilável» des sols du Portugal. In: Controle de la fertilización de las plantas cultivadas. **II Coloquio Europeo e Mediterrâneo**. pp. 55-65, Sevilha, 1968.

BLOOM, Arnold J. In: TAIZ, Lincoln.; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal. Porto Alegre. 5. Ed. pp. 613–641. 2013.

BREMNER, John. M. Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis. Part 3, Chemical methods- SSSA. **Soil Science Society of America Book Series**. Book Series nº 5. pp. 1085-1122, 1996.

CAI, Hongguang; CHU, Qun; GU, Riliang; YUAN, Lixing; LIU, Jianchao; ZHANG, Xiuzhi; CHEN, Fanjun; MI, Guohua; ZHANG, Fusuo. Identification of QTLs for plant height, ear height and grain yield in maize (*Zea mays* L.) in response to nitrogen and phosphorus supply. **Plant Breeding**. v. 131. pp. 502-510, 2009.

CAMPANHARO, Marcela; JUNIOR, Mario A. Lira; NASCIMENTO, Clístenes W. A.; STAMFORD, Newton P; FREIRE, Fernando J; COSTA, José V. T.; Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.5, n.3, p.285-290, jul.-set., 2010 Recife, PE, UFRPE.

CANCELLIER, Leandro Lopes; AFFÉRI, Flávio Sérgio; CARVALHO, Edmar Vinicius de; DOTTO, Michel Antônio; LEÃO, Fernando Ferreira. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42 pp. 139-148, 2011.

CARVALHO, M. A. C. ARF, O. SÁ, M. E. BUZETTI, S. SANTOS, N. C. B. BASSAN, D. A. Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, pp. 617-624, 2001.

CATANHO, Marcos. MIRANDA, Antonio Basílio. Comparing genomes: databases and computational tools for comparative analysis of prokaryotic genomes. **Elet. J. Commun. Inf. Innov. Health**. v. 1, pp. 335-355, 2007.

CHAGAS, J. M. BRAGA, J. M. VIEIRA, C. SALGADO, L. T. JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. B.; LANA, R. M. Q. RIBEIRO, A. C. Feijão. In: RIBEIRO, A. C. GUIMARÃES, P. T. G. ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)*. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

CLAVERIE, J. NOTREDAME, C. **Bioinformatics for Dummies** (2nd Ed), Wiley, Publishing, Inc., New York, pp. 1-436.

Computer program SigmaPlot (Systat Software, San Jose, CA). *Exact Graphs and Data Analysis*, 1992.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. *Acomp. safra bras. grãos*. v. 6- Safra 2015/16 – Sexto levantamento, Brasília, março 2016 – Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>.

CREGAN, P. B., BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 67, pp. 97-111, 1984.

DEVI, Mura Jyostna; SINCLAIR, Thomas R.; BEEBE, Stephen E.; RAO, Idupulapati M. Comparison of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for nitrogen fixation tolerance to soil drying. **Plant Soil**, 364:29-37. 2013.

DOURADO NETO D.; FANCELLI, A. L. Produção de Feijão. Guaíba: Agropecuária, 2000.

EL-WAKEIL, Nabil; EL-SEBAI, Talaat. Role of biofertilizer on faba bean growth, yield, and its effect on bean aphid and the associated predators. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**. v. 42. pp. 1144-1153, 2009.

ERICSSON, Karin; ROSENQVIST, Håkan; NILSSON, Lars J. Energy crop production costs in the EU. **Biomass & Bioenergy**, v. 33. pp. 1577-1586, 2009.

FAGERIA, Nand Kumar. MELO, Leonardo Cunha. FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito. OLIVEIRA, José Edenilson de. Dry matter, grain yield, and yield components of dry bean as influenced by Nitrogen. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 45 pp. 111-125, 2014.

FAGERIA, Nand Kumar. MELO, Leonardo Cunha. OLIVEIRA, José Edenilson de. Nitrogen use efficiency in dry beans genotypes. **Journal of Plant Nutrition**. v. 36. pp. 2179-2190, 2013.

FAGERIA, Nand Kumar. STONE, Luís Fernando. Acumulação durante o ciclo e eficiência de uso de nutrientes pelo feijoeiro em solo de várzea. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. Anais... Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015 – About the International Year of Pulses. Disponível em: <<http://www.fao.org/pulses-2016/en/>>.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics), 2017. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>.

FENG, Huimin; LI, Bin; ZHI, Yang; CHEN, Jingguang; LI, Ran; XIA, Xiudong; XU, Guohua; FAN, Xiaorong. Overexpression of the nitrate transporter, OsNRT2.3b, improves rice phosphorus uptake and translocation. **Plant Cell Reports**. Springer, v. 36. pp. 1-10, 2017.

FERNANDES, Flávia Carvalho Silva; BUZETTI, Salatiér; ARF, Orivaldo; ANDRADE, João Antônio da Costa. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

FERNANDEZ-LUQUENÕ, F. REYES-VARELA, V. MARTÍNEZ-SUÁREZ, G. REYNOSO-KELLER, R. E. MÉNDEZ-BAUTISTA, J. RUIZ-ROMERO, E. LÓPES-VALDEZ, F. LUNA-GUIDO, M. L. DENDOOVEN, L. Emission of CO₂ and N₂O from soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) fertilized with different N sources. **Science of the Total Environment**. v. 407 pp. 4289–4296, 2009.

FERNANDEZ-LUQUENÕ, F. REYES-VARELA, V. MARTÍNEZ-SUÁREZ, G. SALOMÓN-HERNÁNDEZ, J. YÁÑES-MENESES, J. CEBALLOS-RAMÍREZ, J. M. DEDOOVEN, L. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Bioresource Technology**. v. 101. pp. 396-403, 2009.

FIGUEIREDO, M. V. B; MARTINEZ, C. R; BURITY, H. A; CHANWAY, C. P. Plant growth-promoting rhizobacteria for improving nodulation and nitrogen fixation in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **World J Microbiol Biotechnology**. n. 24:1187–1193, 2008.

FLESSA, H. RUSER, R. DÖRSCH, P. KAMP, T. JIMEZES, M. A. MUNCH, J. C. BEESE, F. Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 91. pp. 175–189, 2002.

GAO, Yong. YIN, Si. WU, Lifang. DAI, Dongqin. WANG, Haibo. LIU, Chao. TANG, Lizhou. Genetic diversity and structure of wild and cultivated *Amorphophallus paeoniifolius* populations in southwestern China as revealed by RAD-seq. **Scientific Reports**. v. 7, pp. 1-8, 2017.

GOJON, A. KROUK, G. PERRINE-WALKER, F. LAUGIER, E. Nitrate transeptor(s) in plants. **Journal of Experimental Botany**. v. 62, pp. 2299-2308, 2011.

GOODSTEIN, David M.; SHU, Shengqiang; HOWSON, Russel; NEUPANE, Rochak; HAYES, Richard D; FAZO, Joni; MITROS, Therese; DIRKS, William; HELLSTEN, Uffe; PUTNAM, Nicholas; ROKHSAR, Daniel S. Phytozome: a comparative platform for green plant genomics. **Oxford Journals**, 2012.

GONZALEZ, Tehuni Orlando; CAMPANHARO, João Carlos; LEMOS, Eliana Gertrudes de Macedo. Genetic characterization and nitrogen fixation capacity of *Rhizobium* strains on common bean. **Pesquisa agropecuária brasiliense**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1177-1184, Setembro. 2008.

GRÉCY-LAGARD, Valérie de; YACOUBI, Basma El; GARZA, Rocio Diaz de La; NOIRIEL, Alexandre; HANSON, Andrew D. Comparative genomics of bacterial and plant folate synthesis and salvage: predictions and validations. **BioMed Central Ltd**. v. 23 jul., 2007.

HAKE, Anil A. SHIRASAWA, Kenta. YADAWAD, Arati. SUKRUTH, M. PATIL, Malagouda. NAYAK, Spurthi N. LINGARAJU, S. PATIL, P. V. NADAF, H. L. GOWDA, M. V. C. BHAT. R. S. Mapping of important taxonomic and productivity traits using genic

and non-genic transposable element markers in peanut (*Arachis hypogaea* L.) **PloS ONE**. v. 10. pp. 1-16, 2017.

HEILIG, James A.; BEAVER, James S.; WRIGHT, Evan M.; SONG, Qijian; KELLY, James D. QTL Analysis of Symbiotic Nitrogen Fixation in a Black Bean Population. **Crop Science**. v. 57. pp. 118-129, 2016.

HUNGRIA, Mariangela; NEVES, Maria Cristina P. Interação entre cultivares de *Phaseolus vulgaris* e estirpes de *Rhizobium* na fixação e transporte do nitrogênio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, vol.21(2):127-140, fev. 1986.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário Brasil. **Grandes Regiões e Unidades da Federação**. 2015. Disponível em: <ibge.gov.br>.

JIA, Junxiang. LI, Bo. CHEN, Zhaozhi. XIE, Zubin. XIONG, Zhenqin. Effects of biochar application on vegetable production and emissions of N₂O and CH₄. **Soil Science and Plant Nutrition**. v. 58. pp. 503-509, 2012.

KALENDAR, Ruslan. KHASSENOV, Bekbolat. RAMANKULOV, Yerlan. SAMUILOVA, Olga. IVANOV, Kostantin. FastPCR: an in silico tool for fast primer and probe design and advanced sequence analysis. **Genomics**. 109(4-5): pp. 312-319, 2017.

KALENDAR, Ruslan. TSELYKH, Timofey. KHASSENOV, Bekbolat. RAMANCULOV, Erlan. Introduction on using the FastPCR software and the related Java web tools for PCR, in silico PCR, and oligonucleotide assembly and analysis. **Methods in Molecular Biology**, 1620. pp. 33-64, 2017.

KALENDAR, Ruslan. MUTERKO Alexandr. SHAMEKOVA, Malika. ZHAMBAKIN, Kaby. In silico PCR tools a fast primer, probe and advanced searching. **Methods in Molecular Biology**, 1620: pp. 1-31, 2017.

KAREN, R. Boron. In: **Methods of Soil Analysis**. Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series No. 5, SSSA and ASA, Madison, 1996.

KLAUS, S. M., KUNJI, E. R. BOZZO, G. G. NOIRIEL, A. DE LA GARZA, R.D. BASSET, G. J. RAVANEL, S. REBEILLE, F. GREGORY, J. F. HANSON, A. D. Higher plant plastids and cyanobacteria have folate carriers related to those of trypanosomatids. **Journal of Biological Chemistry**. v. 280, pp. 38457-38463, 2005.

KUMAR, B. SINGH, G. R. Response of frenchbean (*Phaseolus vulgaris* L.) to various sowing methods, irrigation levels and nutrient substitution in relation to its growth, seed yield and nutrient uptake. **Journal of Food Legumes**. v. 27(2). pp. 108-111, 2014.

LASSALETTA, Luis. BILLEN, Gilles. GRIZZETTI, Bruna. ANGLADE, Juliette. GARNIER, Josette. 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. **Environmental Research Letters**. v. 9. 105011, 2014.

LEITE, Monik Evelin; LIMA, Igor Almeida; PEREIRA, Dyanna Rangel; DOS SANTOS, João Bosco. Natural selection for efficiency in the use of nitrogen in common bean identified by analysis of microsatellites and grain yield. **Electronic Journal of Biotechnology**. v. 15, no. 6. pp. 5-5, 2012.

LI, Pengcheng; CHEN, Fanjun; CAI, Hongguang; LIU, Jianchao; PAN, Qingchun; LIU, Zhigang; GU, Rilliang; MI, ZHANG, Fusuo; YUAN, Lixing. A genetic relationship between nitrogen use efficiency and seedling root traits in maize as revealed by QTL analysis. **Journal of Experimental Botany**. v. 66. pp. 3175–3188, 2015.

MACHADO, A. CONCEIÇÃO, A. R. Programa estatístico WinStat Sistema de Análise Estatística para Windows. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2002.

MAHFOUZ, Sabry. SHARAF-ELDIN, Mohamed. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). **International Agrophysics**. v. 21. pp. 361-366. 2007.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Instrução normativa SDA nº 25, de 23 de Julho de 2009**. Diário oficial da União. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>.

MEIER, Uwe. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants - BBCH Monograph. **Federal Biological Research Centre of Agriculture and Forestry**. Ed. 2. 2001.

MESQUITA, Fabrício Rivelli; CORRÊA, Angelita Duarte; ABREU, Celeste Maria Patto de; LIMA, Rafaella Araújo Zambaldi; ABREU, Angela de Fátima Barbosa. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade. **Ciência agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, jul./ago., 2007.

MNASRI, Bacem; AOUANI, Mohamed Elarbi; MHAMDI, Ridha. Nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under water deficiency. **Soil Biology and Biochemistry**, 39, 1744-1750. 2007.

MULAS, D. GARCÍA-FRAILE, P. CARRO, L. RAMÍREZ-BAHENA, MH. CASQUERO, P. VELÁZQUEZ, E. GONZÁLES-ANDRÉS, F. Distribution and efficiency of *Rhizobium leguminosarum* strains nodulating *Phaseolus vulgaris* in Northern Spanish soils: Selection of native strains that replace conventional N fertilization. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 43. pp. 2283-2293, 2011.

NELSON, D.W. SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D.L., et al., Eds., **Methods of Soil Analysis**. Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI. pp. 961-1010. 1996.

NEUPANE, R. SHRESTHA, R. VAIDYA, M. L. BHATTARAI, E. M. DARAI, R. Agromorphological diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces of

Jumla, Nepal. **Proceeding of The Fourth International Food Legumes Research Conference**. pp. 639-648, 2005.

NEVES, A. L. R. LACERDA, C. F. GUIMARÃES. F. V. A. HERNANDEZ, F. F. F. SILVA, F. B. PRISCO, J. T. GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**. v39. n.3. pp. 758-765, 2009.

NOCK, C. J. WATERSM D. L. EDWARDS, M. A. BOWEN, S. G. RICE, N. CORDEIRO, G. M. HENRY, R. J. Chloroplast genome sequences from total DNA for plant identification. **Plant Biotechnology Journal**. v. 9, pp 328-333, 2011.

OLIVEIRA, Lucimar Rodrigues de. MIRANDA, Glauco Vieira; DELIMA, Rodrigo Oliveira; FRITSCHÉ-NETO, Roberto; GALVÃO, José Carlos Cardoso. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 614-621, jul-set, 2013.

PAREDES, Mario. BECERRA, Viviana. TAY, Juan. Inorganic nutritional composition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes race chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v. 69. pp. 486-495, 2009.

PEGORARO, R. F. OLIVEIRA, D. MORREIRA, C. G. KONDO, M. K. PORTUGAL, A. F. Partição da biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum. **Revista Caatinga**, v. 27, n. pp. 41-52, 2014.

PEIXOTO, C. P. PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: CARVALHO, C. A. L. DANTAS, A. C. V. L. PEREIRA, F. A. C. SOARES, A. C. F. FILHO, J. F. M. OLIVEIRA, G. J. C. **Tópicos em Ciências Agrárias**, Cruz das Almas, v. 1. pp. 39-51, 2009.

PEIXOTO, Nei; MIGUEL JUNIOR, João; MOREIRA, Francisco da Mota; FIRMINO, Waldivino Gomes; PEREIRA, Josimar Alberto. Avaliação de Genótipos de Feijão-Vagem

Arbustivo em Ipameri – GO. **Boletim de Pesquisa, Goiânia: EMATER-GO.** n.1, pp 1-6. 1997.

PEREIRA, P. A. A.; BLISS, F. A. Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different levels of phosphorus availability. **Plant Soil** 104, 79-84. 1987.

PELEGRIN, R. MARTINS, F. M. NAKASE, I. O. AKIO, A. O. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 33. n. 1. pp. 219-226, 2009.

PLETT, Darren; HOLTHAM, Luke; BAUMANN, Ute; KALASHYAN, Elena; FRANCIS, Karen; ENJU, Akiko; TOUBIA, John; ROESSNER, Ute; BACIC, Antony; RAFALSKI, Antonio; DHUGGA, Kanwarpal; TESTER, Mark; GARNETT, TREVOR; KAISER, Brent N. Nitrogen assimilation system in maize is regulated by developmental and tissue-specific mechanisms. **Plant Molecular Biology.** Springer. Vol. 92. pp. 293-312. 2016.

RAMOS JUNIOR, Edison Ulisses. Níveis de fósforo e épocas de semeadura na extração de nutrientes do cultivar de feijão carioca precoce. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2006.

RANDALL, Gyles W; DELGADO, Jorge A; SCHEPERS, James S. Nitrogen management to protect water resources. In: **Nitrogen in Agricultural Systems.** Cap 23. pp. 991-947, 2008.

REIS, Veronica Massena; OLIVEIRA, André Luiz de Martinez de; BALDANI, Vera Lucia Divan; OLIVARES, Fábio Lopes; BALDANI, José Ivo. In: **Nutrição Mineral de Plantas.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 154, 2006.

RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo; JOST, Evandro; CERUTTI, Taiguer; MAZIEIRO, Maria; POERSCH, Nerison Luiz. Composição de microminerais em cultivares de feijão e

aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, pp. 267-273, 2008.

SALGADO, Fabricio Henrique Moreira. SILVA, Joedna. OLIVEIRA, Taynar Coelho de. BARROS, Bandeira Hélio. DOS PASSOS, Nathan Gonçalves. FIDELIS, Rodrigo Ribeiro. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, pp. 368-374

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K. G.; SPECHT, J. E.; WALTERS, D. T.; WEISS, A.; DOBERMANN A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research** 108. 2008. pp. 1–13.

SANTOS, Maria Aparecida. GERALDI, Isaias Olívio. GARCIA, Antonio Augusto Franco. BORTOLATTO, Nágila. SCHIAVON, Aline. HUNGRIA, Mariangela. Mapping of QTLs associated with biological nitrogen fixation traits in soybean. **Hereditas**. v. 150. pp. 17-25, 2013.

SCARANO, D. RUBIO, F. RUIZ, J. J. RAO, R. CORRADO, G. Morphological and genetic diversity among and within common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from the Campania region (Southern Italy). **Scientia Horticulturae**. v. 180. pp. 72-78, 2014.

SCHOFIELD, R. A; BI, Y-M; KANT, S; ROTHSTEIN, S. J. Over-expression of STP13, a hexose transporter, improves plant growth and nitrogen use in Arabidopsis thaliana seedlings. **Plant, Cell and Environment**. v. 32. pp. 271–285, 2009.

SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. 2014. <www.agricultura.pr.gov.br>.

SINGH, B.K. PATHAK, K.A. VERMA, A.K. VERMA, V.K. DEKA, B.C. Effects of vermicompost, fertilizer and mulch on plant growth, nodulation and pod yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Vegetable Crops Research Bulletin**. v. 74. pp. 153–165, 2011.

SINGH, I. K. CHAUHAN, J. S. Response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to organic manures and inorganic fertilizer on growth & yield parameters under irrigated conditions. **Nature and Science**. v. 7(5), pp. 52-54, 2009.

SOHLEKAMP, Christian. SHELDEN, Megan. HOWITT, Susan. UDVARDI, Michael K. Characterization of Arabidopsis AtAMT2, a novel ammonium transporter in plants. **Federation of European Biochemical Societies**. v. 467, pp. 273-278, 2000.

SOHLEKAMP, Christian. WOOD, Craig C. ROEB, Gerhard W. UDVARDI, Michael K. Characterization of Arabidopsis AtAMT2, a High-Affinity Ammonium Transporter of the Plasma Membrane. **Plant Physiology**. v. 130, pp. 1788-1796, 2002.

SOUZA, Leandro Vagno de; MIRANDA, Glauco Vieira; GALVÃO, João Carlos Cardoso; ECKERT, Fernando Roberto; MATOVANI, Éder Eduardo; LIMA, Rodrigo Oliveira; GUIMARÃES, Lauro José Moreira. Genetic control of grain yield and nitrogen use efficiency in tropical maize. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43(11), 1517-1523, 2008.

SPERANDIO, Marcus Vinicius Loss. Expressão gênica de transportadores de nitrato e amônio, proteína reguladora NAR e bombas de prótons em arroz (*Oryza sativa* L.) e seus efeitos na eficiência da absorção de nitrogênio. Dissertação (Doutorado em ciências em agronomia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

SUZANA, C. S. ROSA, G. M. GABRIEL, M. MIGLIORINI, P. ROSA, F. T. Produtividade e qualidade de sementes de feijão cultivados com diferentes fontes e manejos de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**. v.8 (15). pp. 1432-1442, 2012.

UNIÃO EUROPEIA. Council Regulation (EC) N° 834/2007, 28 of June, 2007, on organic production and labelling of organic products. **Official Journal of the European Union**. pp. 1-23. 2007. <eur-lex.europa.eu>.

USDA (United States Department of Agriculture). National Nutrient Database for Standard Reference. **Agricultural Research Service**. USDA Food Composition Databases. 2017. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov>>.

VALDEZ-PÉREZA, M. A. FERNANDEZ-LUQUENÕ, F. FRANCO-HERNANDEZ, L. B. COTERA, L. B. F. DEDOOVEN, L. Cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in limed or unlimed wastewater sludge, vermicompost or inorganic amended soil. **Scientia Horticulturae**. v. 128. pp. 380–387, 2011.

XU, Yunfeng. WANG, Ruifang. TONG, Yiping. ZHAO, Huatian. XIE, Qingen. LIU, Dongcheng. ZHANG, Aimin. LI, Bin. XU, Hongxing. AN, Diaoguo. Mapping QTLs for yield and nitrogen-related traits in wheat: influence of nitrogen and phosphorus fertilization on QTL expression. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 127. pp. 59-72, 2014.

WALINGA, I. VAN VARK, W. HOUBA, V. J. G. VAN DER LEE, J. J. Soil and Plant analysis. **Part 7, Plant Analysis Procedures**. Department of soil science and plant nutrition. p. 263, 1989.

WANDER, Alcido Elenor; GAZZOLA, Rosaura; GAZZOLA, Jussara; RICARDO, Tiago Ribeiro; GARAGORRY, Fernando Luís. Evolução da produção e do mercado mundial de feijão. In: **Congresso da SOBER, XLV, 2007, UEL, Londrina – PR**, p. 1-18.

WANG, Mo. RUI, Lu. YAN, Haojie. SHI, Hua. ZHAO, Wanying. LIN, Jinshan Ella. ZHANG, Kai. BLAKESLEE, Joshua. MACKEY, David. TANG, Dingzhong. WEI, Zhongmin. WANG, Guo-Liang. The major leaf ferredoxin Fd2 regulates plant innate immunity in Arabidopsis. **Molecular Plant Pathology**. v. 18. 2017.

YUAN, Lixing; LOQUÉ, Dominique; YE, Fanghua; FROMMER, Wolf B.; WIRÉN, Nicolaus Von. Nitrogen-Dependent Posttranscriptional Regulation of the Ammonium Transporter AtAMT1;1. **Plant Physiology**, v. 143, pp. 732–744, 2007.

ZHOU, Yong. TAO, Yajun. TANG, Dongnan. WANG, Jun. ZHONG, Jun. WANG, Yi. YUAN, Qiumei. YU, Xiaofeng. ZHANG, Yan. WANG, Yulong. LIANG, Guohua. DONG, Guichun. Identification of QTL Associated with Nitrogen Uptake and Nitrogen Use Efficiency Using High Throughput Genotyped CSSLs in Rice (*Oryza sativa* L.). **Frontiers in Plant Science**. v. 8. pp. 1166, 2017.

ZHU, Shusheng. VIVANCO, Jorge M. MANTER, Daniel K. Nitrogen fertilizer rate affects root exudation, the rhizosphere microbiome and nitrogen-use-efficiency of maize. **Applied Soil Ecology**. v. 107. pp. 324–333, 2016.

ZUCARELI, Claudemir. RAMOS JUNIOR, Edison Ulisses. BARREIRO, Adriana Pacheco. NAKAGAWA, João. CAVARIANI, Claudio. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. v. 28, n.1, pp. 9-15, 2006.