

ÉVERTON LUIZ PATRÍCIO

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE DREGS E
CALCÁRIO SOBRE A NODULAÇÃO E ACÚMULO DE
NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação
em Ciência do Solo da Universidade do Estado de
Santa Catarina, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Pires Santos

**LAGES – SC
2014**

Ficha Catalográfica

P314e Patrício, Éverton Luiz
Efeito residual da aplicação de dregs e calcário sobre a nodulação e acúmulo de nitrogênio no feijoeiro / Éverton Luiz Patrício. - Lages, 2014.
61 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Julio Cesar Pires Santos
Bibliografia: p. 51-61
Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveteinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2014.

1. Corretivos. 2. Rizóbio. 3. Inoculação.
I. Patrício, Éverton Luiz. II. Santos, Julio Cesar Pires. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do
CAV/UDESC

ÉVERTON LUIZ PATRÍCIO

EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE DREGS E CALCÁRIO SOBRE A NODULAÇÃO E ACÚMULO DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós- Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Dr. Julio Cesar Pires Santos
(UDESC/Lages – SC)

Membro: _____

Dr. Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho
(UDESC/Lages – SC)

Membro: _____

Dr. João Frederico Mangrich dos Passos
(EPAGRI / Lages – SC)

Membro (Suplente): _____

Dr. Osmar Klauberg Filho
(UDESC / Lages – SC)

Lages, SC, 29/08/2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde, paz e força para superar as dificuldades e as adversidades.

Agradeço a Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao corpo docente desta universidade por toda dedicação, competência e desempenho nas aulas, nas conversas ilustradoras e conhecimentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Julio Cesar Pires Santos pela orientação, atenção, incentivo e sugestões ao trabalho, pela confiança depositada em mim e, sobretudo pela amizade construída neste período e que certamente se estenderá por toda a vida.

Agradeço a minha esposa Dayane pelo companheirismo, pelo carinho e por toda paciência neste período.

Aos meus pais Julcemar e Rosângela pelo apoio e confiança sempre depositada em mim, e acima de tudo pela educação que me foi dada.

Ao meu irmão Edimilson pela ajuda em momentos complicados.

A minha tia Marlete e minha prima Carolina pela ajuda nas análises dos nódulos do meu experimento.

Ao colega de pós-graduação, Dr. Luís Carlos Iuñes Filho, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Agradeço aos colegas do mestrado, Antônio Luis Tramontim, Natália Ehrhardt e Fernando Tartas por toda ajuda prestada.

Aos bolsistas e voluntários do Laboratório de Ecologia do Solo do CAV-UDESC que de alguma forma colaboraram para a realização do trabalho de campo e laboratório, em

especial a colega graduanda Ana Lovatel pela ajuda nas análises executadas.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a construção deste trabalho e que não foram citados.

A todos estes, o meu muito obrigado!

RESUMO

O presente estudo visou avaliar a influência e efeito residual do uso do dregs, resíduo da indústria de celulose e do calcário dolomítico, sobre a nodulação, acúmulo de nitrogênio e massa seca da parte aérea em feijoeiro. O estudo foi conduzido em casa de vegetação no campus CAV/UDESC em Lages SC, utilizando Cambissolo Húmico alítico, retirado de uma área onde em 2004 foram aplicados superficialmente em um delineamento experimental em blocos ao acaso, quatro repetições e parcelas de dimensões 8 m x 8 m. Foram implantados dois experimentos distintos, nomeados experimento 1, sem qualquer tipo de adubação e o experimento 2, onde houve a adubação de cloreto de potássio (KCl) e superfosfato triplo (STF). O solo foi coletado da camada 0-20 cm nos tratamentos que receberam calcário na dose de 10,5 mg ha⁻¹ (uma dose completa de corretivo recomendada pelo índice SMP), dregs na dose de 13 mg ha⁻¹ (uma dose completa de corretivo recomendada pelo índice SMP) e o tratamento testemunha sem aplicação de corretivo. Adicionalmente a estes tratamentos testaram-se dois níveis do fator inoculação, a saber, inoculação com rizóbio e a testemunha sem inoculação. Os experimentos foram instalados em um fatorial 3 x 2 (três níveis do fator correção de solo e dois níveis de inoculação), com 4 repetições, perfazendo um total de 6 tratamentos e 24 unidades amostrais, em delineamento experimental inteiramente casualizado. As plantas foram coletadas 40 dias após a emergência e foram avaliadas as variáveis matéria seca de parte aérea (MSPA), nitrogênio total acumulado por planta (NTotal), número de nódulos por planta (NNP) e massa seca de nódulos por planta (MSNP). Os dados foram submetidos à

análise de variância, e quando significativos, foram comparados pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O uso do rizóbio não resultou em acúmulo de nitrogênio na parte aérea. A aplicação do dregs como corretivo da acidez do solo apresentou efeito residual benéfico na massa seca da parte aérea do feijoeiro.

Palavras-chave: Corretivos. Rizóbio. Inoculação.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the influence and residual effect of using the dregs, the residue of pulp industry and dolomitic limestone on nodulation, nitrogen accumulation and dry matter of shoot for beans. The study was conducted in a greenhouse in CAV / UDESC campus in Lages SC, using alítico Haplumbrept, taken from an area where in 2004 were applied superficially in an experimental design in randomized blocks, four replications of dimensions 8 m x 8 m . Two separate experiments, one experiment appointed without any fertilization and the second experiment, where there was a fertilizer of potassium chloride (KCl) and triple superphosphate (STF) were implanted. The soil was collected from 0-20 cm in treatments with lime at a dose of 10.5 mg ha^{-1} (a full dose of corrective recommended by SMP), dregs at a dose of 13 mg ha^{-1} (a full dose corrective recommended by SMP) and the control treatment without application of corrective. In addition to these treatments were tested two levels of inoculation factor, namely rhizobia inoculation and treatment without inoculation. The experiments were conducted in a 3 x 2 factorial (three levels of correction factor and two levels of soil inoculation), with 4 replicates, for a total of 6 treatments and 24 sampling units in a completely randomized design. The plants were harvested 40 days after emergence and variable dry matter of shoot (DMS), total nitrogen accumulated per plant (Total N), number of nodules per plant (NNP) and dry weight of nodules per plant (DWNP). Data were subjected to analysis of variance, and when significant, were compared by Tukey test at 5% probability. The use of rhizobia did not result in accumulation of nitrogen

in the shoot. The application of corrective as dregs of soil acidity had a beneficial residual effect on dry weight of shoots of bean.

Keywords: Corrective. Rhizobium. Inoculation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Área de Coleta do Solo, onde em 2004 foram aplicados os tratamentos com calcário e dregs na camada de 0-20 cm, além do tratamento testemunha.....	29
Figura 2.	Experimento sem a aplicação de adubação com KCl e Superfosfato Triplo, na casa de vegetação, no campus do CAV / UDESC.....	31
Figura 3.	Experimento com a aplicação de adubação com KCl e Superfosfato Triplo, na casa de vegetação, no campus do CAV / UDESC.....	32
Figura 4.	Raiz do Feijoeiro com os nódulos após o corte da parte aérea.....	33
Figura 5.	Massa Seca da Parte Aérea de feijoeiro em função da aplicação superficial de calcário e dregs e inoculação com rizóbio, sem adubação.....	35
Figura 6.	Massa Seca da Parte Aérea de feijoeiro em função da aplicação superficial de calcário e dregs e inoculação com rizóbio, com adubação.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Número e massa seca de nódulos por planta, nitrogênio total acumulado na parte aérea do feijoeiro e massa seca de parte aérea de feijoeiro, em função da aplicação de corretivo de acidez e inoculação. Médias de 4 repetições. Lages, 2013. Sem adubação.....	34
Tabela 2.	Número e massa seca de nódulos por planta, nitrogênio total acumulado na parte aérea do feijoeiro e massa seca de parte aérea de feijoeiro, em função da aplicação de corretivo de acidez e inoculação. Médias de 4 repetições. Lages, 2013. Com Adubação.....	38

SUMÁRIO

1.1 HIPÓTESES	16
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE	17
2.2 O CULTIVO DO FEIJOEIRO	20
2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
4. RESULTADO E DISCUSSÕES	34
4.1 EXPERIMENTO 1	34
4.2 EXPERIMENTO 2	37
5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Em um mundo mais competitivo, a preocupação com o um melhor rendimento e um menor custo de produção são fundamentais para o sucesso econômico das instituições. Um dos pontos que pode interferir nesta estratégia é a redução dos custos da atividade e também com dos resíduos gerados. Sem mencionar que estes resíduos podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

No Brasil, especificamente houve um aumento na produção de papel e celulose e, consequentemente na geração de resíduos, tanto sólidos, líquidos quanto gasosos, precisando uma avaliação continuada devido aos possíveis efeitos nocivos (BELOTTE, et al, 1998). Destes resíduos, os sólidos são os que necessitam uma maior preocupação em consequência a sua grande capacidade de reação (ALMEIDA, et al 2007).

Isso nos leva a uma preocupação crescente com a correta gestão dos resíduos sólidos provenientes do setor de papel e celulose no Brasil (GUERRA, 2007), pois não é possível que haja produção de celulose sem a geração de resíduos.

A maior parte dos resíduos industriais é depositada em aterros sanitários, o que acaba gerando um custo elevado às empresas, podendo ainda ser danoso, devido ao elevado potencial de contaminação ambiental de alguns destes resíduos.

Dentre os muitos resíduos sólidos provenientes deste tipo de indústria está o dregs, que segundo Springer (1993) é um rejeito proveniente da recuperação dos reagentes químicos utilizados na produção da celulose. O dregs e os outros resíduos são classificados como não perigosos e não inertes, sendo enquadrados na classe IIA de acordo com a Norma da ABNT – NBR 10.004.

Segundo Branco (2013), estudos recentes demonstram que o dregs surge como uma alternativa agrícola importante,

dando suporte ao fornecimento de nutrientes às plantas, pois melhora a fertilidade química e, principalmente, auxilia na correção da acidez do solo, sendo utilizado como substituto para o calcário, devido suas características alcalinas.

Até o presente momento, pesquisas realizadas com dregs mostraram um potencial interessante no seu uso, conforme citado por Medeiros et al, (2010) e Pertile et al (2011), pois verificou-se uma melhora na correção da acidez de solos. Se viu também a melhora de algumas das propriedades físicas e químicas do solo, tais quais aumento do pH e os teores de sódio, potássio e cálcio e reduz teores de alumínio, não altera os teores de argila dispersa e a estabilidade de agregados.

Sendo o dregs um produto mais barato que o calcário, ele pode diminuir e muito o custo de produção por parte dos agricultores, sobretudo produtores de baixa renda, que atuam na agricultura de subsistência ou agricultura familiar. O problema é que ainda faltam estudos mais detalhados comprovando a total interferência deste resíduo no solo principalmente nas características biológicas dos solos.

Nesse contexto há pouquíssimos trabalhos discutindo o efeito do dregs sobre a biologia do solo, como Souza & Santos (2013), principalmente em espécies de microrganismos presentes neste, em especial as que vivem em simbiose com raízes de plantas leguminosas, como por exemplo, o feijoeiro.

A interação existente entre leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium* é um exemplo de associação biológica intensamente estudada (RUFINI, 2010), cujos benefícios para a sustentabilidade agrícola são amplamente reconhecidos. Os microrganismos presentes nas raízes destas leguminosas são responsáveis pela Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), sendo este processo um real potencializador do aumento da produtividade e diminuição dos custos de produção, auxiliando a planta no seu crescimento e desenvolvimento.

Segundo dados da EPAGRI (2012) a região sul do Brasil, concentra a maior parcela da produção de feijão, que soma mais de um milhão de toneladas e representa em torno de 30% do total produzido no país. Como a maior parte do feijão produzido no país vem da agricultura familiar, que é responsável por 60% da produção, os custos necessitam ser menos dispendiosos.

Outro aspecto interessante é o fato de Santa Catarina, ter sido por anos um polo madeireiro, principalmente na região do planalto serrano, que inicialmente baseava sua economia na pecuária. Porém a atividade madeireira ganhou importância a partir da década de 1950, tornando-se a principal atividade econômica da região e formando o atual polo madeireiro (GEISER, 2006). Essa atividade trouxe consigo a produção da celulose para a fabricação de papel, e com isso, a geração de resíduos, como o já citado dregs.

Dessa forma, devido a esta nova aplicabilidade destinada ao dregs e a grande disponibilidade deste em nosso estado, se faz necessário um estudo sobre a aplicação e o efeito residual do dregs em plantações com cultivo de leguminosas, no caso específico, o feijoeiro, que é uma cultura plantada na entre safra ou safrinha, e é muito utilizada para consumo próprio em áreas de agricultura familiar, verificando qualquer alteração no desenvolvimento das plantas, utilizando áreas com tratamentos distintos nas dosagens do dregs, com e sem a inoculação de estirpes de rizóbios e outros microrganismos para conhecer os possíveis efeitos desta aplicação.

Caso seja comprovado que o subproduto não interfere na simbiose entre feijoeiro e bactérias, ou ainda, mostre uma interferência positiva, surgirá como uma nova alternativa para tratamento de plantas leguminosas, mais especificamente o feijoeiro, melhorando o crescimento e desenvolvimento das plantas, aumentando a eficiência deste tipo de cultura.

1.1 HIPÓTESES

Este trabalho dispõe-se a testar as seguintes hipóteses:

- a utilização do dregs como corretivo de acidez do solo não interfere no estabelecimento da simbiose existente entre bactérias nodulíferas e o feijoeiro
- o efeito corretivo do dregs sobre a cultura do feijoeiro é benéfico.
- o efeito corretivo do dregs sobre a cultura do feijoeiro e sua habilidade de fixar N é similar ao efeito do calcário dolomítico.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo geral a avaliação do efeito residual da aplicação de dregs, subproduto da indústria de papel e celulose na correção da acidez em um Cambissolo Hídrico alítico, verificando a interferência deste na produtividade da cultivar de feijão uirapuru.

1.2.2 Objetivos Específicos

Avaliar o efeito residual da aplicação superficial de doses de dregs e calcário dolomítico sobre a nodulação do feijoeiro.

Avaliar a massa seca de nódulos.

Avaliar o acúmulo de Nitrogênio nas plantas.

Avaliar a Massa Seca da Parte Aérea do Feijoeiro.

Comparar o efeito residual do dregs em comparação ao uso do calcário dolomítico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

Durante os processos produtivos das indústrias são gerados grande quantidade de resíduos gasosos, líquidos e sólidos (MIELI, 2007). Todos eles possuem importância ambiental considerável, devido ao impacto que causam ao meio ambiente, porém são os de origem sólida que apresentam maior relevância devido à alta capacidade de reação (ALMEIDA et al., 2007).

Segundo Almeida (2007), existem três principais técnicas para tratamento destes resíduos sólidos da indústria de papel e celulose: incineração, redução da toxicidade, e disposição no solo, porém esta depende de uma série de fatores como a geografia, a geologia e o clima da região à ser aplicado este resíduo.

Assim sendo, a utilização desses resíduos na agricultura vem se tornando bastante empregada, pois o solo apresenta capacidade de inativação de diversos compostos químicos, assim reduzindo o impacto ambiental (BRANCO, 2013).

Segundo Marco, 2011, a utilização de resíduos das indústrias de papel e celulose como corretivos à acidez de solos e como fonte de nutrientes às plantas tem se mostrado uma alternativa interessante para o controle à poluição ambiental. O solo surge também como fonte barata para descarte destes resíduos (ALMEIDA et al., 2007). Todavia, é necessário uma melhor compreensão quanto aos possíveis efeitos que possam ocorrer no solo, principalmente nas propriedades biológicas do solo.

No Brasil, o setor do papel e celulose aumentou a produção, sendo Santa Catarina um estado importante para esta indústria, já que possui grandes áreas com o plantio de pinus e eucalipto, que são as principais fontes de madeira utilizadas para a produção de celulose (RODRIGUES, 2004).

Os principais resíduos sólidos gerados no processo de fabricação de papel e celulose são lenhosos (casca de madeira e serragem), lodos primários e biológicos, sólidos alcalinos (dregs, grits e lama de cal), rejeitos de celulose e cinzas das caldeiras de biomassa (BELLOTE et al., 1998; GUERRA, 2007). Esses resíduos variam em composição química e quantidade, segundo a eficiência do processo de extração da celulose (RODRIGUES, 2004) e necessitam de disposição adequada, a fim de evitar futuros problemas.

Nestes processos são gerados alguns resíduos com alto teor de matéria orgânica e com alto teor de alcalinidade como o “dregs” (ALBUQUERQUE et al., 2002), que é derivado do processo de separação da celulose, sendo extraído da madeira por meio de ataque alcalino. Ele é retirado na clarificação e recuperação de produtos químicos obtidos no processo de separação da celulose (COHN & RIBEIRO, 2002). Tal processo industrial tem a geração de resíduos atingindo valores que variam de 40 a 850 quilogramas por tonelada de celulose ou papel produzido (FOELKEL, 2008).

A geração dos resíduos se mostrava um problema de ordem ambiental para estas indústrias, já que a manutenção de aterros específicos para descarte gera altos custos de manutenção. Pensando em uma aplicação responsável e sustentável, começou-se a acrescentar o “dregs” em solos, buscando não só uma correta destinação destes resíduos, mas também benefícios para o desenvolvimento de culturas.

A acidez do solo, juntamente com o alto teor de alumínio é uma das responsáveis pelo baixo desempenho e produtividade de algumas culturas. Após análise da composição química inorgânica do dregs, Almeida et al. (2007) concluíram que este resíduo pode ser utilizado como corretivo da acidez e como fonte de Ca em solos agrícolas sem risco de contaminação, devido a sua capacidade de inativação de compostos potencialmente adversos ao ambiente, como por

exemplo, o aumento da relação Ca/Mg. Capacidade esta que é variável dependendo do tipo de solo.

Em estudo realizado por Jordan & Rodrigues (2004), com a adição de dregs em plantio das espécies *Pinus radiata* e *Eucalyptus globulus*, foi observado o aumento de crescimento de plantas.

O solo, devido as suas características físicas, químicas e biológicas, é um meio eficiente para depurar estes resíduos com esta característica devido a sua biodiversidade. Assim sendo, os resíduos sólidos alcalinos podem ser aplicados em áreas que necessitem de correção da acidez, para reduzir despesas com corretivos tradicionais (RODRIGUES, 2004) e a deposição em aterros (BELLOTE et al., 1998).

Salienta-se que o descarte de “dregs” em solos deve ser feito com base em critérios técnicos, especialmente pela presença de Na em sua constituição, que, associado à elevação do pH, pode dispersar as argilas (WALDEMAR & HERRERA, 1986).

Segundo Biermann (1993), o dregs consiste em carbono (50% ou mais) e outros materiais (metais insolúveis, carbonetos, sulfatos, sulfetos, hidróxidos e silicatos) e que resulta em um volumoso material de cor preta.

Pensando em nível estadual, a maioria dos solos do Planalto Catarinense, apresentam pH baixo, alto teor de matéria orgânica, alta concentração de alumínio trocável e baixos teores de cálcio e magnésio (RAMOS et al., 2006). Assim sendo, a utilização do dregs em nosso estado se torna algo interessante e viável.

Segundo Pértile (2011), o dregs permite a correção do pH; melhora quimicamente o solo até 10 cm de profundidade; eleva a relação Ca/Mg; aumenta a produtividade das culturas aumentando o pH, melhorando a fertilidade química do solo, não alterando as propriedades físicas do solo.

Com a elevação do pH o dregs ainda permite uma diminuição da lixiviação de Na, não ocorrendo lixiviação de K, Ca e Mg (ALMEIDA et al, 2008).

Segundo Matias (2012), além da correção do pH do solo, o dregs pode ser aplicado na melhoria da fertilidade do solo.

Uma das dúvidas geradas através desta aplicação é o possível efeito do dregs em populações de microrganismos presentes no solo, principalmente os que vivem em simbiose com as raízes de plantas leguminosas.

A composição do dregs pode ter uma pequena variação dependendo da fonte pesquisada. Segundo Almeida et al. (2007), o pH do dregs é de $10,70 \pm 0,02$ e valor de neutralização (VN) de $80,3 \pm 2,3$ (%). O VN é muito semelhante ao dos calcários de boa qualidade utilizados regularmente na agricultura. Apresenta alta concentração de Ca (35,4%) quando comparado ao calcário dolomítico (28%), porém a quantidade de Mg (0,92%) é baixíssima também em comparação ao calcário (12%). Com essa relação elevada, uma dosagem grande de dregs poderia causar deficiência do Mg. As concentrações de Na (1,0%) e K (0,1%) são baixas. O Cu (54 mg kg^{-1}) e o Zn (235 mg kg^{-1}) são semelhantes às concentrações de outros produtos, como adubos fosfatados naturais. Do Mn a concentração é de $4,8 \text{ g kg}^{-1}$, do Fe a concentração de $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Cd ($5,6 \text{ mg kg}^{-1}$) e, por fim de Pb (63 mg kg^{-1}).

2.2 O CULTIVO DO FEIJÓEIRO

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é uma importante fonte de proteína vegetal para grande parte da população mundial e é considerado um dos principais alimentos na dieta dos brasileiros, sendo a base da alimentação nacional junto com o arroz, principalmente para famílias de baixa renda. O feijão ocupa o terceiro lugar entre os alimentos mais consumidos no

território nacional, sendo consumido por 72,8% da população nacional (Souza, 2013), totalizando 11,2% das quilocalorias ingeridas por dia no Brasil (SOARES, 1996). Segundo Wander (2004), em 2002 o consumo per capita de feijão foi de aproximadamente 16,3 kg.hab⁻¹.ano⁻¹.

Segundo dados do Ministério da Agricultura (2009) o Brasil é o maior produtor mundial de feijão com produção média de 3,5 milhões de toneladas por ano. Dados do IBGE (2012) estimam que sejam cultivados cerca de 3,2 milhão de hectares de feijão no território brasileiro.

O feijão é uma semente oriunda de uma planta leguminosa que apresenta valores nutricionais fundamentais, pois é fonte de proteínas, vitaminas, carboidratos, minerais e fibras (COELHO, 1991; GEIL & ANDERSON, 1994), é rico em ferro (FRANCISCO et al., 2007), fonte de aminoácidos essenciais ao organismo (VELASQUEZ et al., 1988) e apresenta importantes minerais como o Ca, Mg, P, Fe e Zn (MARTÍN-CABREJAS et al., 1997), mas não possui grande quantidade de aminoácidos sulfurados (PIRES, 2006). Possui papel muito importante na alimentação dos brasileiros, como fonte de nutrientes e também na mão-de-obra empregada durante o ciclo da cultura, fazendo com que o feijão seja um dos produtos de maior expressão no território nacional (EMBRAPA, 2005).

Além de todas as questões nutricionais, o feijoeiro é uma planta leguminosa com boa capacidade de simbiose com microrganismos, mais especificamente as bactérias denominadas rizóbios, que potencializam o aproveitamento da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN). Em que pese à importância do feijão na alimentação e na economia, notadamente da agricultura familiar.

2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

A disponibilidade do nitrogênio (N) no solo, juntamente com outros nutrientes, principalmente fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K) tem relação direta com a produtividade agrícola.

Certas bactérias do solo e as algas azuis dos oceanos convertem o nitrogênio atmosférico em amônia, sendo que algumas plantas absorvem diretamente a mesma.

O nitrogênio é o elemento mais abundante presente na atmosfera terrestre. Aproximadamente 78% de todo ar atmosférico é constituído por esse elemento, mas deste, apenas 0,04% do nitrogênio total existente no planeta se encontra nas formas de combinações orgânicas e inorgânicas nos ecossistemas aquáticos e terrestres. O nitrogênio é usado pelos seres vivos na produção de moléculas complexas necessárias ao seu desenvolvimento como nos aminoácidos, enzimas, proteínas, e nos ácidos nucléicos, DNA e RNA, além de outras estruturas celulares. O nitrogênio é quimicamente inerte às temperaturas atmosféricas e, diferentemente de outros elementos, suas reservas são raras (ROSA, 2003).

Apesar da sua abundância na atmosfera o nitrogênio não é utilizado de forma direta pela maioria dos seres vivos, como animais e plantas, por exemplo. A exceção se deve a alguns microrganismos capazes de assimilarem o nitrogênio atmosférico que se apresenta na forma gasosa, para formas combinadas, já que a forma atmosférica não está disponível de forma simples as plantas. (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). As plantas utilizam o nitrogênio, e em seguida o disponibilizam a todos os indivíduos das cadeias alimentares.

Existem três tipos básicos de fixação de nitrogênio, sendo elas a fixação luminosa, que é responsável por cerca de 8% do nitrogênio fixado, e converte o vapor d'água e o oxigênio em radicais hidroxi (OH^-), átomos livres de hidrogênio e oxigênio, que reagem com o nitrogênio molecular

(N₂) para formar o ácido nítrico (HNO₃), que estando presente na atmosfera é incorporado ao solo através da chuva; a fixação por reações fotoquímicas, que é responsável por 2% do nitrogênio fixado e são reações que ocorrem entre o óxido nítrico (NO) e o ozônio (O₃), produzindo também óxido nítrico incorporado ao solo; e a fixação biológica de nitrogênio, que corresponde a cerca de 90% da fixação total do nitrogênio.

A aplicação de nitrogênio no solo através da adição de fertilizantes minerais é uma das formas de disponibilizar o nutriente às plantas. É sabido que o agricultor utiliza a adubação mineral para fornecer nitrogênio às culturas, porém o uso da adubação mineral apresenta um preço elevado e dependendo, seu uso pode gerar impactos ao meio ambiente (EMBRAPA, 2011). Mas a incorporação de nitrogênio ao solo pode ocorrer também por meio de fertilizantes orgânicos, pela chuva ou ainda pela fixação biológica de nitrogênio (ESPÍNDOLA et al, 1997).

O nitrogênio presente na atmosfera pode ainda sofrer transformações pode processos industriais químicos, conhecido como Haber-Bosch, onde há a síntese de amônia a partir do nitrogênio e hidrogênio presentes na atmosfera. Apesar do sucesso da técnica, o uso de adubos minerais originados através deste processo é pequeno, haja vista os efeitos negativos que podem trazer ao solo como diminuição da matéria orgânica e da aeração do solo, além da retenção de água (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

A fixação biológica de nitrogênio atmosférico é uma simbiose entre planta e bactérias que se mostra eficiente e economicamente benéfica, já que os adubos minerais nitrogenados apresentam alto custo devido aos gastos existentes na produção destes, tanto em níveis de energia quanto em custos financeiros, tornando este processo um tanto quanto oneroso. A simbiose existente entre plantas leguminosas e rizóbios citada apresenta importância ecológica e econômica, pois com a sua utilização há, diminuição do uso

de combustíveis fósseis, gerando um impacto ambiental menor, além é claro da diminuição dos custos da produção. A sua utilização pode dispensar ou no mínimo diminuir o uso de fertilizantes nitrogenados industriais, e com isso viabilizar o plantio das espécies reduzindo os custos com a adubação (BARBERI et al., 1998).

A FBN ocorre devido à interação entre alguns tipos vegetais e bactérias conhecidas como diazotróficas. Existem alguns tipos de simbioses existentes, onde as mais comuns são entre plantas leguminosas e bactérias dos seguintes gêneros *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Photorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium*. Essas bactérias são chamadas de rizóbios. A simbiose é um processo específico, isto é, uma espécie de bactéria faz simbiose apenas com uma espécie de planta hospedeira ou a um grupo limitado de espécies (SEGANFREDO, 1995).

Algumas espécies de feijoeiros possuem essa capacidade de se associarem simbioticamente com estas bactérias, pertencentes à família Rhizobiaceae e ao gênero *Rhizobium* (que apresentam crescimento rápido) que realizam o processo de fixação biológica de nitrogênio, reduzindo a forma atmosférica N₂, possibilitando o surgimento das formas combinadas de nitrogênio para a nutrição dos seres vivos que incluem as combinações amoniacais (NH₄⁺), nítricas (NO₃⁻) ou orgânicas (R-NH₂) que são metabolizadas visando à construção de biomassa (NETO, 2008). Isso se dá, pois as bactérias alcançam o sistema radicular das leguminosas jovens, onde se desenvolvem, fixando N₂ atmosférico. Este processo é capaz de aumentar a produtividade de plantas leguminosas (CAMPO & LATMANN, 1998).

A FBN é reconhecidamente eficiente em espécies de feijões comum (*Phaseolus vulgaris L*) que, quando bem nodulado, pode atingir altos níveis de produtividade (RUMJANEK et al., 2005). Entretanto, o suprimento de N através da adubação mineral afeta o processo de FBN em

algumas leguminosas, haja visto que as plantas podem absorver diretamente o N presente no solo, diminuindo o efeito da simbiose (OLIVEIRA et al., 2004). Por outro lado, o processo pode ocorrer com eficiência em condições de baixa disponibilidade de N no solo (FRANCO & NEVES, 1992). e há recomendações de uso de pequenas doses de N aplicadas no plantio que pode melhorar o crescimento das plantas e apresentar um efeito sinergístico sobre a nodulação (TSAI et al., 1993).

A proporção do N em leguminosas derivados da FBN varia principalmente em função da disponibilidade do próprio nitrogênio no solo, da eficiência simbiótica das bactérias introduzidas pela inoculação da nodulação e da FBN as áreas onde são aplicados os resíduos devem ser mais bem monitoradas e avaliadas, principalmente sobre a sobrevivência de rizóbios e impacto sobre a sua eficiência no estabelecimento e funcionalidade da simbiose.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no município de Lages, SC, dentro do campus do Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina. O município apresenta uma latitude de 27° 48' 58" S e uma longitude é de 50° 19' 34" W, com altitude média de 935 m acima do nível do mar e com índice pluviométrico anual por volta de 1.700 mm (SANTA CATARINA, 1986). A temperatura média anual varia de 13,8°C e 15,8°C (EPAGRI, 1998). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger o clima da região é do tipo Cfb (KOTTEK et al, 2006), que apresenta clima temperado úmido, sem uma estação de secas e com verões quentes.

O solo utilizado é de uma área onde em 2004 foi estabelecido um experimento (Figura 1), descrito por Pértille (2011) como em Cambissolo Húmico alítico (Embrapa 2006) de textura franco argilosa. Anteriormente a área constituía-se de campo nativo, com predomínio de gramíneas em sistema de produção de gado de leite.

A área apresentava originalmente pH em água 4,4; 5,2 cmolc. kg^{-1} de Al^{3+} ; 0,7 cmolc. kg^{-1} de Ca^{2+} ; 0,3 cmolc. kg^{-1} de Mg^{2+} ; 4 mg kg^{-1} de P (Mehlich-1); 143 mg g^{-1} de K^+ ; 26 g kg^{-1} de carbono orgânico total; e 354 g kg^{-1} de areia, 278 g kg^{-1} de silte e 368 g kg^{-1} de argila (PERTILE, 2011). Nessa área foi conduzida uma pesquisa que se constituiu da aplicação superficial de doses de dregs, resíduo da indústria de papel e celulose, e calcário dolomítico. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e parcelas de dimensão 8 x 8, quando foram testados os seguintes tratamentos: a) sem corretivo; b) dregs na dose de 3,25 Mg ha^{-1} ($^{1/4}$ da dose de corretivo recomendada pelo índice SMP para elevar o pH-H₂O até chegar a 6,0); c) dregs na dose de 6,5 mg ha^{-1} ($^{1/2}$ da dose de corretivo recomendada pelo índice SMP); d) dregs na dose de 13 mg ha^{-1} (uma dose completa de

corretivo recomendada pelo índice SMP); e) calcário na dose de 5,25 mg ha⁻¹ ($\frac{1}{2}$ da dose de corretivo recomendada pelo índice SMP) e; f) calcário na dose de 10,5 mg ha⁻¹ (uma dose completa de corretivo recomendada pelo índice SMP). Ambos corretivos foram aplicados superficialmente em duas doses, metade em junho de 2004 e o restante em junho de 2006.

O dregs utilizado foi proveniente de uma indústria de papel e celulose da região sul do Brasil, apresentando umidade de 22%, valor de neutralização de 80% (ALMEIDA et al.; 2007), pH-H₂O (1:1 v/v) 10,7; 300 g kg⁻¹ de Ca; 10 g kg⁻¹ de Mg; 34 g kg⁻¹ de Na; 2,3 g kg⁻¹ de K; 2,9 g kg⁻¹ de Fe; 4,0 g kg⁻¹ de Mn; 189 mg kg⁻¹ de Zn; 61 mg kg⁻¹ de Cu; 3 mg kg⁻¹ de Pb e 1 mg kg⁻¹ de Cd. O calcário comercial utilizado foi o dolomítico, composto por 289 g kg⁻¹ de Ca; 118 g kg⁻¹ de Mg; 0,17 g kg⁻¹ de Na e poder relativo de neutralização total de 90% (PERTILE, 2011).

Foram implantados dois experimentos distintos com os tratamentos descritos anteriormente, um deles sem qualquer tipo de adubação, denominado de experimento 1 (Figura 2) e outro com adubação de cloreto de potássio (KCl) e Superfosfato triplo (SFT), - experimento 2 (Figura 3). Ambos os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e o solo utilizado para a sua instalação foi obtido na camada superficial de 0-20 cm nos tratamentos que receberam calcário na dose de 10,5 mg ha⁻¹ (uma dose completa de corretivo recomendada pelo índice SMP), dregs na dose de 13 mg ha⁻¹ (uma dose completa de corretivo recomendada pelo índice SMP) e o tratamento testemunha sem aplicação de corretivo.

Adicionalmente a estes tratamentos originais testaram-se dois níveis do fator inoculação, a saber, inoculação com rizóbio e a testemunha sem inoculação. Os experimentos foram instalados em um fatorial 3 x 2 (três níveis do fator correção de solo e dois níveis de inoculação), com 4 repetições, perfazendo um total de 6 tratamentos e 24 unidades amostrais, em delineamento experimental inteiramente casualizado.

O solo coletado para os experimentos foi destorrado, calculada a umidade atual e corrigido para que cada vaso recebesse três quilogramas de solo.

No experimento que recebeu a adubação foi feita a aplicação do dobro da dose recomendada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), correspondendo 130 kg de P₂O₅ e 60 kg de K₂O ha⁻¹.

A variedade de feijão utilizada foi a Uirapuru, duas sementes por vaso, deixando-se uma planta após 10 dias de emergência. O rizóbio utilizado na inoculação do feijoeiro foi de inoculante comercial e sua aplicação foi feita na semente imediatamente antes da semeadura na dose recomendada pelo fabricante. Além dos tratamentos inoculados foi procedida a semeadura do tratamento sem a inoculação de rizóbio.

O experimento foi conduzido até que metade das plantas, mais uma, apresentassem-se florescidas. Durante a condução do experimento, diariamente os vasos recebiam reposição da água perdida conforme a necessidade. Por três vezes espaçadas por aproximadamente 10 dias foi realizado o tratamento fitossanitário com aplicação do princípio ativo 3-mesityl-2-oxo-1 oxaspirol [4.4]non-3-em-4-yl 3,3-dimethylbutanoate para o controle de tripes (*Lotarips adisi*), que atacou principalmente as folhas jovens.

Nos dois experimentos foram avaliadas as variáveis número de nódulos por planta (NNP), massa seca de nódulos por planta (MSNP), nitrogênio total acumulado na parte aérea (N Total), fósforo total acumulado na parte aérea (P Total) e massa seca da parte aérea (MSPA).

Figura 1 - Área de Coleta do Solo, onde em 2004 foram aplicados os tratamentos com calcário e dregs na camada de 0-20 cm, além do tratamento testemunha.



Fonte: o próprio autor.

A colheita aconteceu aproximadamente 35 dias após a emergência, em que o primeiro procedimento foi a coleta da parte aérea onde, cada planta, após cortada foi colocada em um saco de papel e posta para secar em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de 65° C por um período de três dias.

A coleta das raízes realizou-se com a lavagem dessas e posterior retirada do solo aderido nas mesmas, sempre com cuidado devido a sensibilidade dos nódulos do feijoeiro (Figura 4). Destacaram-se todos os nódulos das raízes, contando-os e colocando-os a secar da mesma forma que a parte aérea, para em seguida pesa-los. Para a contagem de nódulos, as raízes foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas para evitar a degradação das mesmas, devido ao grande número de raízes.

Após a secagem da parte aérea, a mesma foi pesada e moída em moinho manual e utilizada para análise de fósforo e nitrogênio. Para tanto se procedeu a digestão sulfúrica a partir da qual obteve-se extrato para as determinações.

A metodologia utilizada para a determinação do nitrogênio total foi Kjeldahl (Malavolta et al., 1989). Em seguida, foram feitas as titulações para a determinação dos valores de nitrogênio.

A determinação do fósforo ocorreu pelo método de espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al., 1989).

Após a obtenção dos resultados os mesmos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, quando verificada significância estatística, os mesmos foram submetidos a testes de comparação de médias (Teste de Tukey) ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 2 - Experimento sem a aplicação de adubação com KCl e Superfosfato Triplo, na casa de vegetação, no campus do CAV / UDESC.



Fonte: o próprio autor.

Figura 3 - Experimento com a aplicação de adubação com KCl e Superfosfato Triplo, na casa de vegetação, no campus do CAV / UDESC.



Fonte: o próprio autor.

Figura 4 - Raiz do Feijoeiro com os nódulos após o corte da parte aérea.



Fonte: o próprio autor.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 EXPERIMENTO 1

Os dados referentes ao experimento realizado sem adubação estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Número e massa seca de nódulos por planta, nitrogênio total acumulado na parte aérea do feijoeiro e massa seca de parte aérea de feijoeiro, em função da aplicação de corretivo de acidez e inoculação. Médias de 4 repetições. Lages, 2013.

Solo	Sementes	NNP	MSNP (g)	NTotal (mg.kg ⁻¹)	MSPA (g)
Testemunha	Sem Inoculação	71 ns	0,044 ns	17043,2 ns	2,249 ab
	Rizóbio	131	0,135	14426,9	1,478 b
Calcário 100	Sem Inoculação	91 ns	0,110 ns	15502,4 ns	2,166 ab
	Rizóbio	292	0,089	15801,9	3,147 ab
Dregs 100	Sem Inoculação	212 ns	0,151 ns	13233,6 ns	3,368 ab
	Rizóbio	226	0,125	16492,5	4,081 a

NNP = número de nódulos por planta, MSNP = massa seca de nódulos por planta, NTotal = nitrogênio total acumulado na parte aérea; MSPA= massa seca da parte aérea. ns = não significativo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

Fonte: o próprio autor.

No parâmetro massa seca da parte aérea da planta o tratamento com a aplicação de dregs apresentou os melhores rendimentos em comparação aos demais, que foram praticamente iguais. No tratamento testemunha do solo, a média dos valores foi de 1,864 g por planta. Já no solo tratado com calcário a 100% da dose recomendada a média foi de

2,657 g por planta, o que não foi suficiente para diferi-los estatisticamente, mas mostra uma tendência de aumento. Porém, no tratamento com dregs a 100% da dose recomendada a média foi de 3,725 g, o que mostrou uma diferença estatística na resposta das plantas do feijoeiro ao resíduo alcalino aplicado neste solo, o que provavelmente promoveria um melhor desempenho da planta em si e futuramente dos seus grãos. Pértil (2011) trabalhando com o resíduo, neste mesmo Cambissolo, concluiu que o corretivo do dregs foi mais eficiente em profundidade na correção da acidez e melhoria da saturação de bases.

Como foi visto em estudos de Albuquerque et al. (2011), as modificações nos atributos dos solos pela aplicação de resíduo alcalino se refletiram na produção de massa seca da parte aérea e das raízes, porém ao invés de feijão, o estudo utilizou milho.

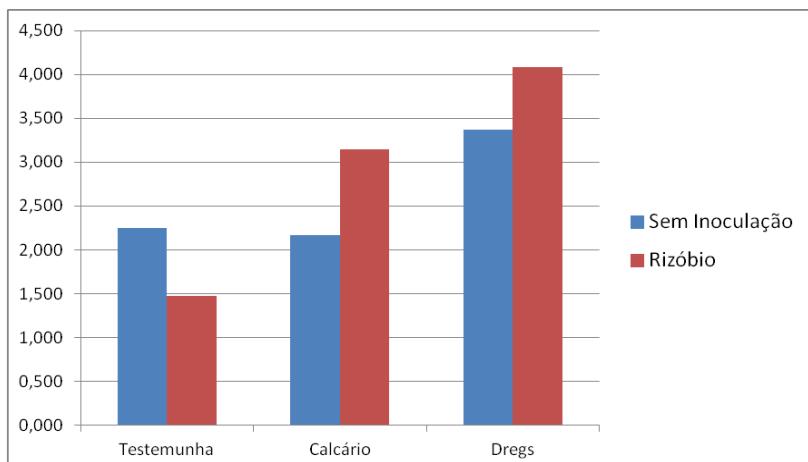


Figura 5 - Massa Seca da Parte Aérea de feijoeiro em função da aplicação superficial de calcário e dregs e inoculação com rizóbio.

Fonte: o próprio autor

Houve um melhor desenvolvimento das plantas do feijoeiro com a aplicação do dregs e do calcário, devido à correção do pH do solo. Alguns trabalhos já mostraram que o aumento da produtividade do feijoeiro com a aplicação destes corretivos, apresenta relação direta com a disponibilidade de cálcio e magnésio, de acordo com as necessidades da planta, podendo, além de aumentar a produtividade da cultura, melhorar a qualidade organoléptica e nutricional do feijão (ANDRADE et al., 2004; ARF, 1994). Os trabalhos também já relataram uma série de benefícios para a cultura do feijoeiro, citando principalmente o pH do solo, a disponibilidade de nutrientes, diminuição da toxicidade e melhora das condições para o desenvolvimento de *Rhizobium leguminosarum* cv. *phaseoli* (MALAVOLTA, 1980).

As variáveis número de nódulos por planta, massa seca de nódulos por planta, nitrogênio total e fósforo total acumulado na parte aérea da planta do feijoeiro não apresentaram variação estatística significativa em resposta aos tratamentos testados (Tabela 1).

Se analisarmos o número de nódulos por planta, percebemos que os valores encontrados no experimento sem adubação (Tabela 1) foram semelhantes em todos os tratamentos, mas podemos perceber que houve uma ligeira tendência de aumento conforme o tratamento do solo passou da testemunha, depois para o solo tratado com calcário e por fim no solo tratado com dregs. Nos tratamentos das sementes verificamos que a inoculação de rizóbio mostrou valores maiores quando combinados com dregs ou, principalmente com calcário. No tratamento testemunha do solo esse padrão não se manteve. Quando analisamos as médias dos tratamentos do solo, com os tratamentos da semente, verificamos ligeiro aumento do tratamento com dregs em relação ao calcário, e deste em relação à testemunha que apresentou uma média de 101 nódulos por raiz da planta. No tratamento de calcário a média foi de 192 nódulos e no tratamento do dregs a média foi

de 219 nódulos, ou seja, provavelmente o dregs foi responsável por este aumento em relação ao calcário, como este também foi responsável pelo aumento comparado com a testemunha.

Em trabalho realizado por Correia (2010), com a utilização de dregs, verificou-se um aumento no número de animais da mesofauna, o que pode ser um indicador de uma ambiente mais propício à planta e consequentemente aos microrganismos presentes no solo.

No parâmetro massa seca de nódulos por planta (Tabela 1) os valores encontrados não mostraram diferença estatística. Avaliando número de nódulos e massa seca de nódulos por planta pode-se supor que tanto a aplicação do calcário quanto de dregs não resultaram em benefício para os tratamentos onde foram realizadas a inoculação de rizóbio.

No nitrogênio total (Tabela 1) os resultados médios não mostraram diferença significativa. O tratamento com dregs apresentou $14863,1 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$, muito próximo ao restante dos resultados, como a testemunha onde o resultado foi de $15735,1 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$ e o calcário $15652,2 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$. Não obtivemos relação da massa seca de nódulos com o nitrogênio total, corroborando as observações feitas por Bonner & Varner (1976). Os resultados de N total acompanham o que se observou por número de nódulos e massa seca de nódulos por planta, ou seja, apenas tendência de aumento, mas não diferenças estatísticas.

4.2 EXPERIMENTO 2

Os valores encontrados para a massa seca da parte aérea, tanto nos tratamentos que receberam calcário quanto aqueles com dregs foram maiores do que os tratamentos sem aplicação de corretivos (Tabela 2). Esse resultado é corroborado por muitos trabalhos de pesquisa em que se avalia a produção de grãos em áreas com e sem correção de acidez, como em Fageria (2001) e Fageria e Stone (2004). Para

Fageria (2001) a acidez é um dos principais problemas para a produção de grãos, devido a problemas de toxidez ou deficiência de nutrientes.

Tabela 2. Número e massa seca de nódulos por planta, nitrogênio total acumulado na parte aérea e massa seca de parte aérea de feijoeiro, em função da aplicação de corretivo de acidez e inoculação. Médias de 4 repetições. Lages, 2013.

Solo	Sementes	NNP	MSNP (g)	NTotal (mg.Kg ¹)	MSPA (g)
Testemunha	Sem Inoculação	222 ns	0,090 ns	17135,7 ns	0,997 b
	Rizóbio	277	0,118	17722,3	2,193 b
Calcário 100	Sem Inoculação	330 ns	0,159 ns	16393,4 ns	2,901 a
	Rizóbio	354	0,086	16187,3	1,766 a
Dregs 100	Sem Inoculação	658 ns	0,238 ns	19364,4 ns	2,933 a
	Rizóbio	458	0,146	14301,2	1,959 a

NNP = número de nódulos por planta, MSNP = massa seca de nódulos por planta, NTotal = nitrogênio total acumulado na parte aérea; MSPA= massa seca da parte aérea. ns = não significativo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

Fonte: o próprio autor.

As demais variáveis avaliadas, não apresentaram diferença estatística, apesar de ser possível detectar alguns comportamentos diferentes em relação ao que foi verificado no experimento anterior. Embora não seja observada diferença entre os tratamentos para número e massa seca de nódulos por planta, a nodulação foi abundante mesmo nos tratamentos sem inoculação, o que indica que o solo tem uma boa população de rizóbios nativos. Também há que se destacar que a nodulação nas raízes foi bem distribuída, evidenciando que a correção da acidez em profundidade, como constatado por Medeiros (2008)

e Pértile (2011), teve efeito benéfico na atividade dos microrganismos fixadores na camada subsuperficial do solo.

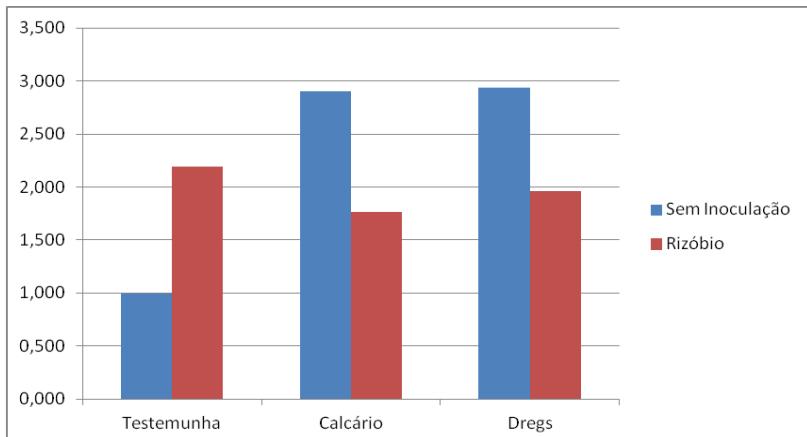


Figura 6 - Massa Seca da Parte Aérea de feijoeiro em função da aplicação superficial de calcário e dregs e inoculação com rizóbio ou fungos micorrízicos arbusculares.

Fonte: o próprio autor

Para Dowling & Broughton (1986), rizóbios nativos apresentam, em geral, baixa eficiência simbiótica. Isso pode ser uma resposta aos valores baixos das variáveis analisadas, em comparação aos tratamentos onde houve a inoculação comercial. Como em nosso trabalho não foram avaliadas as espécies de bactérias presentes no solo, isso pode ser uma resposta à este comportamento.

5. CONCLUSÃO

De acordo com as condições de realização do trabalho, podemos concluir que:

- A inoculação de rizóbio não apresentou melhoria no acúmulo de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro;
- O efeito residual do calcário promoveu um aumento do acúmulo da matéria seca de parte aérea do feijoeiro quando aplicado fertilizante.
- O efeito residual do dregs aplicado como corretivo de acidez promoveu um aumento do acúmulo de matéria seca de parte aérea do feijoeiro independente da utilização de fertilizantes.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E.C.; COSTA, F.S. & RECH, T.D. **Propriedades Físicas e Químicas de Solos Incubados com Resíduo Alcalino da Indústria de Celulose.** R. Bras. Ci. Solo, 26:1065-1073, 2002.

ALBUQUERQUE, J.A.; MEDEIROS, J. C.; COSTA, A. da.; RENGEL, M.; **Aplicação de Resíduo Alcalino na Superfície de Cambissolos.** Bragantia (São Paulo, SP. Impresso), v. 70, p. 1-11, 2011.

ALMEIDA, H.C.; SILVEIRA, C.B.; ERNANI, P.R.; CAMPOS, M.L. & ALMEIDA, D. **Composição Química de um Resíduo Alcalino da Indústria de Papel e Celulose (DREGS).** Química Nova, 30:1669-1672, 2007.

ALMEIDA, H.C., ERNANI, P. R., ALBUQUERQUE, J. A., JÚNIOR, J M., **Influência da Adição de um Resíduo Alcalino da Indústria de Papel e Celulose na Lixiviação de Cátions em um Solo Ácido,** Parte da Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo do primeiro autor apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Nota, Revista Brasileira, Ciência do. Solo, 32, 1775-1784, 2008

ANDRADE, C.A.B.; PATRONI, S.M.S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C.A. **Produtividade e Qualidade Nutricional de Feijão em Diferentes Adubações.** Ciência Agrotécnica, Lavras, 5:1077-1086, 2004.

ARF, O. **Importância da Adubação na Qualidade do Feijão e Caupi.** In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S.(Coord.). **Importância da Adubação na Qualidade dos Produtos Agrícolas**, São Paulo: Ícone, 1994.

BARBERI, A.; CARNEIRO, M. A. C.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Nodulação em Leguminosas Florestais em Viveiros no Sul de Minas Gerais.** Revista Cerne, v.4, n.1, p. 145-153, 1998.

BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D. da; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G.C. **Resíduos da Indústria de Celulose em Plantios Florestais.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 37, p. 99-106, 1998.

BIERMANN, C. J. **Essentials of Pulping and Papermaking.** San Diego: Academic Press. Inc., 1993.

BONNER, J.; VARNER, J.E. **Plant Biochemistry.** New York: Academic Press, 1976. 925p.

BRANCO, S. B.; **Influência da Adição de Resíduo Sólido Alcalino da Indústria de Papel e Celulose (dregs) nos Atributos Químicos do Solo e na Lixiviação de Compostos Fenólicos.** 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC, 2011.

CAMPO, R. J. & LANTMANN, A. F.; **Efeitos de Micronutrientes na Fixação Biológica de Nitrogênio e**

Produtividade de Soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.8, p.1245-1253, ago. 1998.

COELHO, R. G. Considerações Sobre as Proteínas do Feijão. Revista de Nutrição, Campinas v.4, n.1/2, p.122-145, 1991.

COHN, P.E. & RIBEIRO, R.N. Medição “On Line” do Alcali Total nos Licores Branco e Verde Empregando Tecnologia FTNIR. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 25., São Paulo, 2002. Trabalhos Técnicos. São Paulo, 2002. p.1-10.

CORREIA, D. S.; Fauna Edáfica Como Indicador em Ambiente Reconstruído Após Mineração de Carvão. 2010. 56 f Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC, 2010.

DOWLING, D.N.; BROUGHTON, W.J. Competition for Nodulation of Legumes. Annual Review of Microbiology, v.40, p.131-137, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais. Sistemas de Produção n.5, ISSN 1679-8869. Dezembro/2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/index.htm>>. Acessado em: 12/06/2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Brasília, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC. 2011. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_31_711200516717.html>. Acessado em: 22/09/2014.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: 1998.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Informações Técnicas para o Cultivo de Feijão na Região Sul Brasileira: Comissão Técnica Sul-Brasileira de Feijão. Florianópolis, 2012.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G.; ALMEIDA, D. L. de. Adubação Verde: Estratégia para uma Agricultura Sustentável. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 20 p.

FAGERIA, N.K. Efeito da Calagem na Produção de Arroz, Feijão, Milho e Soja em Solo de Cerrado. Pesquisa

Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, nov. 2001

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Produtividade de Feijão no Sistema Plantio Direto com Aplicação de Calcário e Zinco.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília , v. 39, n. 1, Jan. 2004 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2004000100011&lng=en&nrm=iso>. access on 17 Aug. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100011>.

FOELKEL, C. **Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose e Papel de Eucalipto.** Parte 02: Fatores de Sucesso para Seu Gerenciamento. Eucalyptus Online Book e Newsletter. 2008. [Online]: http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT13_Residuos02.pdf. Acesso em: 06/06/2012.

FRANCISCO, F.G.; USBERTI, R.; TONELI, J.T.C.L. **Ajuste de Isotermas de Sorção de Sementes de Cultivares de Feijoeiro.** Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, vol. 29, nº1, p.35-39, 2007.

FRANCO, A. A.; NEVES, M. C. P. **Fatores Limitantes à Fixação Biológica de Nitrogênio.** In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.) Microbiologia do Solo. Campinas: SBCS, 1992. p. 257-282.

GEIL, P. B., ANDERSON, J. W. **Nutrition and Health Implications of Dry Beans: A Review.** American Journal of Clinical Nutrition, Bethesda, v.13, n.6, p.549-558, 1994.

GEISER, G. C.; **O Polo Madeireiro e Suas Implicações no Desenvolvimento da Região dos Campos de Lages**, Santa Catarina. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.

GUERRA, M. A. de S. L. **Avaliação de Indicadores Biológicos e Físico-Químicos no Composto Orgânico Produzido a Partir de Resíduos da Indústria de Celulose.** 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal – Culturas Temporárias e Permanentes 2012.** Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2012/pam2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2012/pam2012.pdf)>. Acessado em: 14/09/2014.

JORDAN, M. & RODRIGUEZ, E. **Effect of Solid Residues From the Cellulose Industry on Plant Growth.** J. Plant Nutr. Soil Sci., 167:351-356, 2004.

KOTTEK, M., J. GRIESER, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel, 2006: **World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated.** Meteorol. Z., 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. ; OLIVEIRA, S. A. 1989. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações. Potafos, Brasil. 210 p.

MARCO, L. A. de. Avaliação da Influência do Resíduo de Reciclagem de Papel no Processo Produtivo da Cultura do Milho. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade da Região de Joinville. Joinville: Santa Catarina, 2011.

MARTÍN-CABREJAS, M.A.; ESTEBAN, R.M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K.W. Change in Physicochemical Properties of Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) During Longterm Storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 45, p. 3223-3227, 1997.

MATIAS, D. V. S.; Análise do Potencial de Valorização dos Resíduos de Licor Verde da Indústria de Pasta de Papel. 69 f. Dissertação – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra. Portugal, 2012.

MEDEIROS, J. C. Resíduo Alcalino da Indústria de Papel e Celulose na Correção da Acidez de um Cambissolo Húmico Álico. 2008. 83 f Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC, 2008.

MIELI, J. C. de A. **Sistemas de Avaliação Ambiental na Indústria de Celulose e Papel.** 111 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Perfil do Feijão no Brasil. 2009.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acessado em: 03/07/2014.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 1º ed., Editora UFLA. 626p. 2002.

MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 2.ed. atual. e ampl. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

NETO, E. R. de S.; **Perdas de Nitrogênio pela Emissão de Óxido Nitroso (N_2O) e sua Relação com a Decomposição da Serapilheira e Biomassa de Raízes na Floresta de Mata Atlântica.** 2008. 82 f Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2008.

OLIVEIRA, L. J.; SANTOS, B.; PARRA, J. R. P.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Coró da soja. pp. 167-190. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (eds.). **Pragas de solo no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo. 2004. 544p.

PÉRTILE, P. **Resíduo Alcalino da Indústria de Celulose em Solos Ácidos e Área Degradada.** 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC, 2011.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. de A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B.; **Qualidade Nutricional e Escore Químico de Aminoácidos de Diferentes Fontes Proteicas.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, 26, 179-187, 2006.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Reatividade de Corretivos da Acidez e Condicionadores de Solo em Colunas de Lixiviação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, p. 849-857, 2006.

RODRIGUES, C.M. **Efeito da Aplicação de Resíduo da Indústria de Papel e Celulose nos Atributos Químicos, Físicos e Biológicos do Solo, na Nutrição e Biomassa do *Pinus taeda*.** 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

ROSA, R. da S.; MESSIAS, R. A.; AMBROZINI, B.; **Importância da Compreensão dos Ciclos Biogeoquímicos para o Desenvolvimento Sustentável,** 2003. Disponível em: <http://web06.unisys.com.br/~emilio/aqua/EDUC-AMB-Ciclos-Biogeoquimicos.pdf> Acessado em 10/06/2012.

RUFINI, M.; **Eficiência da Simbiose de Bactérias Fixadoras de Nitrogênio com Feijoeiro Comum em Diferentes**

Condições de pH. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2010.

RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; NEVES, M.C.P. **Fixação Biológica de Nitrogênio.** In: FREIRE FILHO, F.R.; ARAUJO LIMA, J.A.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-Caupi: Avanços Tecnológicos.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.279-335.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Atlas Escolar de Santa Catarina. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173p.

SEGANFREDO, M. A.; Leguminosas de Verão: Capacidade Para Fixação Simbiótica de Nitrogênio e Potencial de Utilização no Sul do Brasil. Revista Ciência Rural, vol. 25, nº3, 1995.

SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, Goiânia. Anuais. Goiânia: UFGO, 1996. v.2,p. 73-79.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBCS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

SOUZA, D. G.; SANTOS, J. C. P. **Bactérias Diazotróficas em Solos Reconstruídos após a Mineração de Carvão na Bacia Carbonífera Catarinense.** 2013.

SOUZA, A. de M.; PEREIRA, R. A.; YOKOO, E. M.; LEVY, R. B.; SICHIERI, B.: **Alimentos mais Consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009.** Revista Saúde Pública; 47(supl.1): 190s-199s, São Paulo, Fev. 2013

SPRINGER, A.M. **Industrial Environmental Control - Pulp and Paper Industry.** Atlanta: Tappi Press, 1993. 699p.

TSAI, S.M. et al. **Minimizing the Effect of Mineral Nitrogen on Biological Nitrogen Fixation in Common Bean by Increasing Nutrient Levels.** Plant and Soil, v.152, p.131-138, 1993.

VELASQUEZ, Y.A.; KLUSON, R.A.; SCRÖDER, E.C. **Rhizobium inoculation of *Phaseolus vulgaris* in Lajas, Puerto Rico.** Journal of Agriculture of University of Puerto Rico, v. 72, p. 427-436, 1988.

WALDEMAR, C.C. & HERRERA, J. **Avaliação do Potencial de Utilização do “Dregs” e do Grits como Corretivo de Acidez e Fertilizante na Agricultura.** In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 19., São Paulo, 1986. Trabalhos técnicos. São Paulo, Associação Brasileira de Celulose e Papel, 1986. p.447-453.

WANDER, A. E.; **Perspectivas de Mercado Interno e Externo para o Feijão**, Santo Antônio de Goiás, GO, 2004.