



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

DJALMA SILVA PEREIRA

**NODULAÇÃO NATURAL de *Vigna unguiculata* L. CULTIVADO EM
SOLOS DE MINERAÇÃO DE CHUMBO E SISAL**

Cruz das Almas - BA

2015

DJALMA SILVA PEREIRA

NODULAÇÃO NATURAL de *Vigna unguiculata* L. CULTIVADO EM SOLOS DE MINERAÇÃO DE CHUMBO E SISAL

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Graduação de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientadora: Rafaela Simão Abrahão Nóbrega

Cruz das Almas - BA

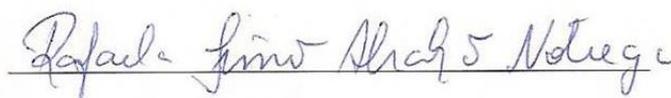
2015

DJALMA SILVA PEREIRA

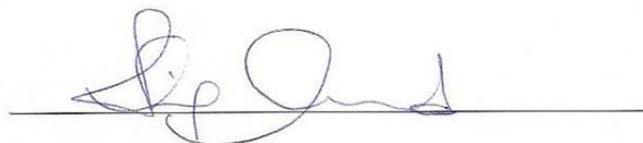
NODULAÇÃO NATURAL de *Vigna unguiculata* L. CULTIVADO EM SOLOS DE MINERAÇÃO DE CHUMBO E SISAL

Monografia defendida e aprovada pela banca examinadora

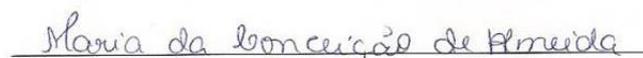
Aprovado em 29 de abril de 2015



Profª Drª. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)



Profª Drª. Cintia Armond
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)



Pós-doutoranda Maria da Conceição de Almeida
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

A Deus, pela graça,
amor e misericórdia.

A minha mãe, pela
confiança, amor
e atenção.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade de estudar em uma Universidade Federal, pelo conhecimento oferecido, por ter suprido todas as minhas necessidades e por todas as bênçãos derramadas sobre mim.

À minha mãe Ana, que nunca desistiu de mim, pelas suas orações e palavras de força. À minha tia Nenga pelo amor e carinho. Ao meu pai Djalma, tias Luciene e Clarinda, minha vó Raimunda e aos meus tios e tias pela presença e pela contribuição na minha vida acadêmica, pessoal e profissional.

À professora Dr^a Rafaela por ter me acolhido, pela sua orientação, conselhos, experiência de vida e amizade.

Àqueles que me ajudaram no desenvolvimento da pesquisa da monografia em especial Altemar, Gilca, Elves e José Augusto.

À minha amiga Gilca pela companhia e convivência em todo o curso, por sua verdadeira amizade e parceria. Às minhas amigas e companheiras Elisângela e Jaqueline pela amizade, convivência e parceria. Aos meus colegas de turma Amanda, Altemar, Adevan, Audrey, Luís Mário, Luana, Livia, Luciene, Samara pelos momentos compartilhados.

Aos meus professores em especial Sérgio Ricardo, Thais Emanuelle, Rafaela, Paula, Mascarenhas, Matheus, Cintia pelo conhecimento compartilhado, pela dedicação, pela experiência passada e pela amizade.

À professora Dr^a Thais Emanuelle por ter me acolhido e por me fazer apaixonar pela ciência do solo, pelo incentivo, carinho, amizade e contribuições no início da minha caminhada na pesquisa científica.

Ao Dr. Francisco Alisson por todo apoio, pela experiência proporcionada através do estágio na Embrapa e pela orientação.

Aos meus amigos Thaís e Rodrigo pela amizade e companhia, pelas nossas conversas e momentos de descontração em meio ao estresse da Universidade. Ao meu amigo Nilson pela companhia e amizade durante esse período, por aturar as minhas loucuras e humores. Ao meu amigo Ribamar pela amizade, carinho e confiança. Àquela que sempre me deu força e palavras de ânimo, Janielle, agradeço pelo carinho, amor e inspiração.

O que adquire entendimento ama a sua alma; o que
cultiva a inteligência achará o bem.

(Provérbios 19:8)

RESUMO

O feijão-caupi é uma planta utilizada como planta-isca para na captura de rizóbios presentes no solo devido a sua alta capacidade de nodulação com as bactérias fixadoras do N atmosférico. A utilização desta cultura como planta-isca de rizóbios em solos contaminados com metais pesados visam encontrar bactérias tolerantes à esses metais, para posterior pesquisas buscando selecionar inoculantes para plantas utilizadas na reabilitação dessas áreas. Objetivou-se avaliar o efeito das proporções de resíduo de sisal (*Agave sisalana*) em solo de mineração de chumbo no desenvolvimento inicial e na nodulação natural do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado sob arranjo fatorial 4 x 3 (quatro proporções de sisal e três solos coletados em distintas distância da sede da antiga Companhia Brasileira de Chumbo-COBRAC) com cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais. As quatro proporções do resíduo de sisal:solo (v/v, %) foram as seguintes: 0:100; 30:70; 50:50 e 70:30. As variáveis analisadas no florescimento da cultura foram: clorofila *a*, *b* e total (*a* + *b*), número de nódulos, índice de área foliar, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total e a relação entre o peso da massa seca da parte aérea sob o peso da massa seca da raiz. A nodulação e as variáveis de crescimento das plantas variaram de acordo com as proporções do resíduo de sisal. A proporção 20% de sisal no substrato possibilitou para máximo número de nódulos em plantas de feijão-caupi cultivado em solos de mineração de chumbo.

Palavras chave: fixação biológica de nitrogênio, leguminosas, resíduo de sisal (*Agave sisalana*)

ABSTRACT

The cowpea is a plant used as plant-bait for the capture of rhizobia in the soil due to its high ability to nodulation with atmospheric N fixing bacteria. The use of this culture as rhizobia plant-bait in heavy metal contaminated soils are aimed at finding bacteria tolerant of these metals for further research trying to select inoculants for plants used in the rehabilitation of these areas. The objective was to evaluate the effect of sisal residue ratios (*Agave sisalana*) in lead mining soil in early development and natural nodulation of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). The treatments were arranged in a completely randomized design in factorial arrangement 4 x 3 (four proportions of sisal and three soils collected at different distance from the seat of the former Company Brazilian of lead) with five repetitions, totaling 60 experimental units. The four ratios sisal residue: soil (v / v%) was as follows: 0: 100; 30:70; 50:50 to 70:30. The variables analyzed in the flowering of culture were: chlorophyll a, b and total ($a + b$), number of nodes, leaf area index, shoot dry weight, root dry mass, total dry matter and the relationship between the weight of dry mass of shoots under the weight of root dry mass. The nodulation and growth of the plant variables varied according to the proportions of sisal residue. The proportion of 20% sisal in the substrate allowed for maximum number of nodes in cowpea plants grown in lead mining soils.

Keywords: biological nitrogen fixation, legumes, sisal residue (*Agave sisalana*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GERAL.....	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1. IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO-CAUPI COMO ADUBO VERDE PARA ÁREAS DEGRADADAS.....	12
3.2. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM LEGUMINOSAS.....	13
3.3. A CULTURA DO SISAL E SEUS SUBPRODUTOS.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	32

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma cultura de forte destaque socioeconômico nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, por representar um dos alimentos mais consumidos pelas populações dessas regiões, recebendo outras denominações, como feijão-de-corda, feijão-macassar e feijão-fradinho. O feijão-caupi apresenta diversos usos, como a alimentação humana através do consumo dos grãos, forragem verde, feno, ensilagem e farinha para alimentação animal e, ainda, para a adubação verde e proteção do solo (DUTRA & TEÓFILO, 2007). De acordo com Pereira et al. (2012) as leguminosas têm se constituído espécies promissoras no fornecimento de N para as culturas por meio da adubação verde.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é realizada a partir da simbiose das espécies leguminosas com bactérias fixadoras do N do ar atmosférico, que formam nódulos em suas raízes, capazes de absorverem o nitrogênio da atmosfera, sintetizando substâncias nitrogenadas e fornecendo para a planta. A contaminação do solo por metais pesados pode causar transformações nas comunidades microbianas do solo (DIAS JUNIOR et al., 1998). Desta forma, torna-se relevante avaliar a nodulação natural do feijão-caupi em solos com altas concentrações de metais a fim de identificar grupos de bactérias tolerantes que o nodulam para estudos futuros visando reabilitação de solos contaminados e degradados.

O feijão-caupi é uma planta utilizada como planta-isca para a captura de rizóbios presentes no solo devido a sua alta capacidade de nodulação com as bactérias fixadoras do N atmosférico. Trabalhos como os de Melloni et al. (2006), Chagas Junior et al. (2009), Chagas Junior et al. (2010), Medeiros et al. (2009) demonstraram a eficiência desta cultura como planta-isca. Assim, a utilização do feijão-caupi como planta-isca de rizóbios em solos contaminados com metais pesados visam encontrar bactérias tolerantes à esses metais, para posterior produção de inoculantes para plantas utilizadas na reabilitação dessas áreas.

Os metais são considerados uma das principais fontes de poluições de ecossistemas naturais, podendo estar presentes no solo naturalmente, resultante do intemperismo e de outros processos pedogenéticos, ou em decorrência das atividades antrópicas (KEDE et al., 2008; LIMA et al., 2013). O chumbo, dentre os metais pesados, tem maior destaque, devido a sua ampla utilização na indústria metalúrgica que geram rejeitos ricos no metal que se

destinados de forma incorreta podem impactar negativamente os ecossistemas, pois quando presentes nas camadas superficiais do solo podem estar facilmente disponíveis para as plantas.

Diversas áreas no Brasil encontram-se com elevada concentração de metais pesados devido à atuação antrópica, destaca-se Santo Amaro, situada no Recôncavo Baiano. No município de Santo Amaro foi constatada alta concentração de chumbo (Pb) em boa parte da população, no solo e nos sedimentos do Rio Subaé, devido às atividades metalúrgicas da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC), a qual instalou-se na cidade na metade do século XX (KEDE et al., 2008; MAGNA et al. 2013).

O sisal (*Agave sisalana*) é uma cultura de destaque socioeconômico para a região semiárida da Bahia, sendo a única fonte de renda para diversos agricultores dessa região. De toda a planta apenas 4% é convertida em fibra, principal produto do sisal, o restante constitui-se no resíduo, que muitas das vezes é descartado de forma inadequada pelos agricultores (MARTIN et al., 2009; SANTOS et al., 2010). O resíduo de sisal pode ser utilizado como condicionador físico do solo e de substratos assim, pressupõe que o feijão-caupi cultivado com solos de mineração de chumbo acrescido de resíduo de sisal possa estabelecer nodulação com bactérias nativas do solo.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito das proporções de resíduo de sisal (*Agave sisalana*) em solo de mineração de chumbo no desenvolvimento inicial e na nodulação natural do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito das proporções de resíduo de sisal (*Agave sisalana*) em solo de mineração de chumbo na nodulação natural do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.);

Avaliar a nutrição nitrogenada do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivado em solos de mineração de chumbo e resíduo de sisal (*Agave sisalana*) a partir do índice de clorofila;

Avaliar o efeito das proporções de resíduo de sisal (*Agave sisalana*) no desenvolvimento inicial de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivado em solo de mineração de chumbo;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO-CAUPI COMO ADUBO VERDE PARA ÁREAS DEGRADADAS

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma leguminosa de grande importância econômica e social para as regiões Norte e Nordeste do Brasil. No Nordeste, a produção e a produtividade são de 429.375 toneladas e 303,5 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo os estados do Piauí, Ceará e Bahia os maiores produtores nacionais desta cultura (FROTA et al., 2008; TEÓFILO et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2010). Há uma estimativa de que 70% do feijão produzido no território brasileiro sejam do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e 30% do feijão-caupi (BASTOS et al., 2012).

O feijão-caupi apresenta diversas finalidades, cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, visando o consumo humano *in natura*, na forma de conserva ou desidratado, utilizado, também, como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, para a adubação verde e proteção do solo (DUTRA & TEÓFILO, 2007). A adubação verde é uma das técnicas utilizadas para mitigar os efeitos causados pela contaminação do solo por metais pesados.

Os metais são considerados uma das principais fontes de poluições de ecossistemas naturais, podendo estar presentes no solo naturalmente, resultante do intemperismo e de outros processos pedogenéticos, ou em decorrência das atividades antrópicas (KEDE et al., 2008; LIMA et al., 2013). Os metais presentes nas camadas superficiais do solo podem estar facilmente disponíveis para as plantas. Uma vez absorvido pelas plantas, os metais, passam a ser transferidos através da cadeia alimentar para outros seres, incluindo os seres humanos (MAGNA et al., 2013).

Para Nascimento et al. (2006) a maioria dos metais pesados possuem a propriedade de se acumular no ambiente, permitindo transporte dos contaminantes via cadeia alimentar, sendo que as maiores taxas de contaminação ocorrem nos níveis mais altos da cadeia. O município de Santo Amaro, localizado no Recôncavo da Bahia, possui sérios problemas relacionados à contaminação por metais, devido às atividades metalúrgicas da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC), a qual se instalou na cidade na metade do século XX (KEDE et al., 2008; MAGNA et al. 2013).

Algumas técnicas de manejo vêm sendo utilizadas como soluções mitigadoras das altas concentrações de metais pesados no solo. Entre tais técnicas destacam-se o uso de adubos verdes e a fitorremediação, quando são utilizados vegetais que apresentam mecanismos de tolerância à presença de metais no solo e o absorvem (SILVA et al.; 2013).

O uso da adubação verde tem se constituído uma técnica viável para a recuperação de áreas degradadas (ALVES & SOUZA, 2008; KITAMURA et al., 2008). Entretanto é muito importante a escolha adequada das espécies vegetais a serem utilizadas, conforme descrito por Santos et al. (2008) para a escolha das espécies vegetais é necessário se atentar para o desenvolvimento dessa vegetação, pois a obtenção de um nível de equilíbrio e evolução da recuperação da área depende deste desenvolvimento vegetal. Em áreas contaminadas com metais pesados o desafio de recuperação é ainda maior, tendo em vista a toxicidade do elemento à planta.

3.2.FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM LEGUMINOSAS

Atualmente é relevante e crescente a adoção de métodos alternativos ao uso de insumos químicos nos agroecossistemas, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem se evidenciado como uma alternativa eficiente da substituição da adubação nitrogenada determinados grupos de plantas. Segundo Franco et al. (2002) a FBN é uma das formas de incrementar a produtividade de leguminosas, evitando-se custos com adubação nitrogenada. Para Sousa et al. (2013) as leguminosas possuem uma vantagem competitiva em relação as outras plantas, pois têm a capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico (N_2), o que lhe permitem maior aquisição de N_2 através da FBN, reduzindo assim os gastos com adubos nitrogenados solúveis.

A FBN é um processo bioquímico e natural, realizado por microrganismos procarióticos conhecidos como diazotróficos, que podem ser de vida livre, podem associar-se a outros vegetais ou estabelecer relações simbióticas com espécies de leguminosas, fornecendo o nitrogênio (N) através de substâncias nitrogenadas mediante a formação de nódulos em suas raízes (ALMEIDA et al., 2008; MOREIRA et al., 2010; MOREIRA & SOUSA, 2011). Para Moreira et al. (2010) as bactérias diazotróficas são consideradas promotoras do crescimento vegetal, promovendo este crescimento através da FBN ou pela produção de substâncias que auxiliam o crescimento radicular, como o ácido indol acético.

A eficiência do processo de simbiose entre vegetal e bactéria depende de fatores relacionados às plantas, às bactérias, ao clima e ao solo (SOUZA et al., 2007). Dentre esses fatores destacam-se a disponibilidade de nutrientes no solo (LEITE et al., 2009). Ao se introduzir uma leguminosa em um determinado local, esta tende a formar nódulos e se beneficiar da FBN, entretanto essa associação só é possível se as populações nativas das bactérias compatíveis às plantas estiverem presentes no solo (SOUZA et al., 2007), além disso, Costa et al. (2011) destacam que a competição entre as cepas de bactérias pelos sítios de infecção da raiz podem ocasionar diminuição na eficiência da FBN. Essa associação simbiótica pode ocorrer naturalmente entre a planta e as bactérias presentes no solo ou por meio da inoculação com cepas de bactérias recomendada para a cultura.

Estudos recentes demonstraram a importância de avaliar a capacidade em que as leguminosas possuem de associar-se naturalmente às bactérias diazotróficas (SOUZA et al., 2007; SILVA et al., 2009; FREITAS et al., 2011; BENÍCIO et al., 2012). São relevantes também os estudos que objetivam avaliar a capacidade em que as bactérias fixadoras de N possuem de formar nódulos em ambientes de condições desfavoráveis, como por exemplo, em solos com altas concentrações de metais pesados. Trabalhos como os de Trannin et al. (2001), Almeida et al. (2008), Nóbrega et al. (2008), Souza et al. (2009) e Ferreira et al. (2012) demonstraram que são imprescindíveis a realização de pesquisas com o intuito de avaliar a capacidade que espécies leguminosas possuem de nodular e se desenvolver em ambientes com concentrações elevadas de metais.

Vários trabalhos mostram que o feijão-caupi se beneficia da FBN em simbiose e que as produções médias de grãos se igualam aos tratamentos que receberam adubação química, conforme observado por Melo & Zilli (2009) em Boa Vista (RR), Xavier et al. (2008) em Parnaíba (PI), Viera et al. (2010) em Recife (PE), Costa et al. (2011) em Bom Jesus (PI), Borges et al. (2011) em Gurupi (TO), contudo poucos são os trabalhos que problematizam o seu efeito como adubo verde, principalmente no fornecimento de nitrogênio, proteção do solo e recuperação de áreas degradadas.

Alguns trabalhos já evidenciaram o uso e a importância da utilização do feijão-caupi como planta-isca para capturar rizóbios nativos do solo (MELLONI et al., 2006; CHAGAS JUNIOR et al., 2009; CHAGAS JUNIOR et al., 2010; MEDEIROS et al., 2009), devido a sua alta capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras do N atmosférico. Chagas Junior et al. (2009) argumentam que o uso de plantas-iscas é uma ferramenta facilmente

utilizada para o estudo de rizóbios nativos, visando à seleção de estipes altamente eficientes, sendo importantes para posterior produção de inoculantes.

3.3.A CULTURA DO SISAL E SEUS SUBPRODUTOS

O sisal (*Agave sisalana*) é uma planta tropical, nativa do México, pertencente à família Agavaceae, gênero *Agave* e espécie *Agave sisalana* (LACERDA et al., 2006). No Brasil, o sisal é cultivado nas regiões semiáridas. Os Estados da Bahia e Paraíba são os maiores produtores, com 89% e 9%, respectivamente, da produção nacional no ano de 2012 (IBGE, 2013). Na Bahia, o cultivo estende-se por 75 municípios, atingindo uma área de 190 mil hectares, englobando aproximadamente 700 mil pessoas que dependem direta ou indiretamente do cultivo desta planta (SANTOS et al., 2010).

O cultivo é feito por pequenos produtores, e para muitas famílias o sisal é a única alternativa de sobrevivência com resultados econômicos satisfatórios, levando em consideração as condições ambientais da região semiárida (MARTIN et al., 2009).

Entre os subprodutos extraídos da cultura do sisal, a fibra dura é o mais importante em todo o mundo (MARTIN et al., 2009). As fibras são extraídas das folhas, que possuem de 8 a 10 cm de largura e de 150 a 200 cm de comprimento, entretanto somente 4% das folhas são aproveitados após o desfibramento e convertidas em fibras (MARTIN et al., 2009; SANTOS et al., 2010). O restante, mais de 95% da planta, não é aproveitado, constituindo o resíduo de sisal. Ainda é muito comum o descarte deste resíduo pelos produtores, todavia é crescente o interesse pelo o uso deste material.

Atualmente, com o avanço da ciência, têm se buscado alternativas viáveis para o destino do resíduo de sisal e alguns trabalhos já comprovam a importância para a alimentação animal (FARIA et al., 2008), substrato de mudas (LACERDA et al., 2006), controle de pragas agrícolas (BARRÊTO et al., 2010), controle de fitopatógenos (MORAIS et al., 2010), entre outros. Todavia, não há na literatura o relato do uso do resíduo de sisal para fins de condicionante físico do solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB), no município de Cruz das Almas-BA, geograficamente situada nas coordenadas: latitude 12° 40' 19" S e longitude 39° 06' 23" W. A região possui um clima do tipo Am úmido a subúmido, com temperatura média de 24,1 °C, precipitação média anual de 1.170 mm e umidade relativa do ar de 80% (ALMEIDA, 1999).

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado sob arranjo fatorial 4 x 3 (quatro proporções de sisal e três solos coletados em distintas distância da sede da antiga Companhia Brasileira de Chumbo) com cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais. As quatro proporções do resíduo de sisal:solo (v/v, %) foram as seguintes: 0:100; 30:70; 50:50 e 70:30.

O solo utilizado como substrato para avaliação do desenvolvimento inicial do feijão-caupi foi coletado no município de Santo Amaro (BA), em três pontos nas proximidades da antiga Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC). Coletou-se o solo na profundidade de 0-20 cm, os pontos de coleta corresponderam a distancia da fábrica de 50 m, 100 m e 150 m (Fig. 1). Foram retiradas três amostras simples em cada ponto, posteriormente formando uma amostra composta. Nesta área foi constatada concentração de 3148,4 mg kg⁻¹ de chumbo no solo (ASSUNÇÃO, 2012). Segundo a resolução nº 420 de 2009 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2009) os valores de referência de chumbo no solo são de 180 mg kg⁻¹ para solos agrícolas, 300 mg kg⁻¹ para solos residenciais e 900 mg kg⁻¹ para solos industriais.

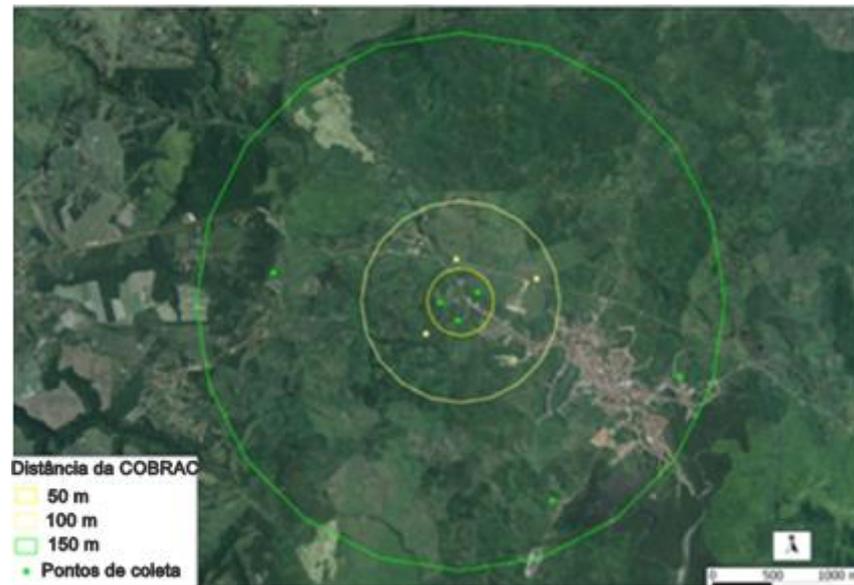


Figura 1. Mapa de localização da área de coleta de solos na proximidade da sede da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC)

As amostras foram secas ao ar e em seguida passadas em peneira de malha de 4 mm para compor os substratos. Posteriormente foi realizada a análise química através da metodologia compilada a EMBRAPA (1997), o resultado encontra-se disposto na Tabela 1. O resíduo de sisal, utilizado como substrato, foi coletado na Região Sisaleira da Bahia, no município de Valente. Este resíduo foi oriundo do processo de extração das fibras de sisal de um agricultor familiar da região.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo coletado na sede da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC)

Amostra	pH	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	Na ⁺²	H+Al	SB	CTC	V	CO
Solos	H ₂ O	----- cmol _c dm ⁻³				-----			---	%	---
50 m	7,8	0,2	21,6	8,0	0,0	0,3	0,6	30,1	98,1	98,1	1,8
100 m	5,0	0,5	15,1	7,6	0,4	0,2	6,0	23,3	79,5	79,5	2,9
150 m	5,2	0,7	18,3	10,1	0,5	0,3	6,8	29,5	81,2	81,2	1,9

CTC: capacidade de troca catiônica; SB: soma de bases; V: saturação de bases; CO: carbono orgânico.

Os grãos de feijão-caupi foram adquiridos em feira livre, em seguida semeados em sacos plásticos com capacidade para 1 kg. Utilizaram-se três grãos por saco e o desbaste foi realizado aos dez dias após a emergência (DAE), deixando-se uma planta por saco. Os sacos foram irrigados três vezes por semana, para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo. As variáveis analisadas foram: clorofila *a*, *b* e total ($a + b$), número de nódulos (NN), índice de área foliar, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e a relação entre o peso da massa seca da parte aérea sob o peso da massa seca da raiz (MSPA/MSR).

Aos 55 DAE, correspondente ao estágio fenológico da floração, realizou-se a leitura de clorofila *a* e *b* e por soma obteve-se a clorofila total, utilizando-se um medidor eletrônico Falker modelo CFL1030, sendo realizada no terço mediano em três folhas por planta. Em seguidas plantas foram coletadas e as raízes separadas da parte aérea na base do caule. As raízes foram lavadas em água corrente e os nódulos foram destacados e contados, foi realizada a análise de área foliar com a utilização de medidor portátil de área foliar ADC modelo AM-300. Posteriormente a parte aérea e as raízes foram colocadas para secar em estufa a 65°C por 72 horas, posteriormente pesadas em balança analítica, a MST foi obtida pela soma da MSPA e da MSR. A MSPA/MSR foi obtida por divisão entre as variáveis.

Os resultados das variáveis foram submetidos às análises de variância, teste de média Tukey 5% para os solos, que caracterizaram os tratamentos qualitativos e de regressão polinomial para as proporções de sisal (tratamentos quantitativos). O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado necrose e deformidade aparente nas raízes em função do chumbo (Pb) em plantas de feijão-caupi em nenhum dos tratamentos no presente estudo. Resultados distintos foram encontrados por Almeida et al. (2008), que ao avaliarem o desenvolvimento do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* cv.) na presença de Pb, as plantas apresentaram sintomas de fitotoxicidade nas raízes a partir da dose de 250 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de Pb. Entretanto não houve prejuízos no desenvolvimento da cultura, a mesma mostrou-se possuir potencial fitoextrator para Pb. Silva et al. (2013) ao avaliarem o crescimento inicial de girassol (*Helianthus annuus*) em ambiente contaminado com Pb, observaram que a aplicação do Pb a partir da dose 51,8 mg L^{-1} promoveu necrose nas folhas, na medida em que aumentou a dose de Pb em solução, aumentou o número de folhas com presença de necrose.

Todos os tratamentos, independente do tipo de solo, nodularam na presença de Pb. Diferente dos resultados obtidos por Almeida et al. (2008) que ao avaliarem o desenvolvimento do feijão-de-porco na presença de Pb, observaram que nenhuma das plantas formaram nódulos, até mesmo aquelas que receberam inoculação com estirpes de rizóbio. No presente estudo verificaram-se efeitos individuais dos solos e do resíduo de sisal, em relação ao número de nódulos (Fig. 2).

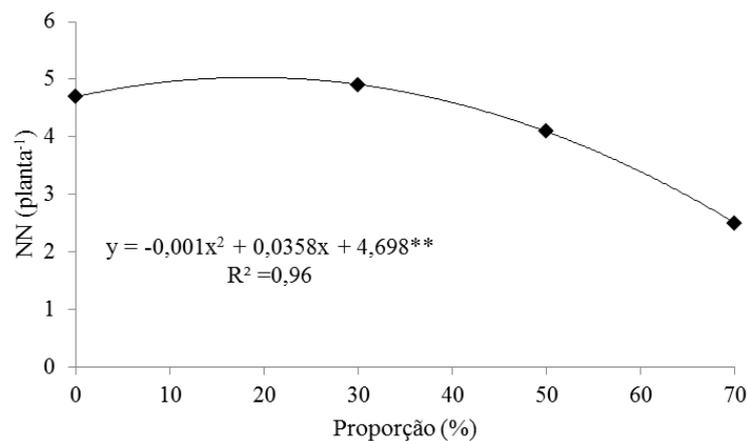


Figura 2. Número de nódulos (NN) em plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

As plantas cultivadas no solo coletado a 150 m da COBRAC tiveram média de 4,9 nódulos plantas⁻¹, diferindo dos demais ($p < 0,05$) (Tabela 2). A máxima produção foi de 5 nódulos planta⁻¹ na proporção 20% de sisal (Fig. 2). Os dados confirmam a capacidade que o feijão-caupi possui de nodular com bactérias fixadoras do N atmosférico (MELLONI et al., 2006; CHAGAS JUNIOR et al., 2009; CHAGAS JUNIOR et al., 2010; MEDEIROS et al., 2009).

Tabela 2. Variáveis analisadas em plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

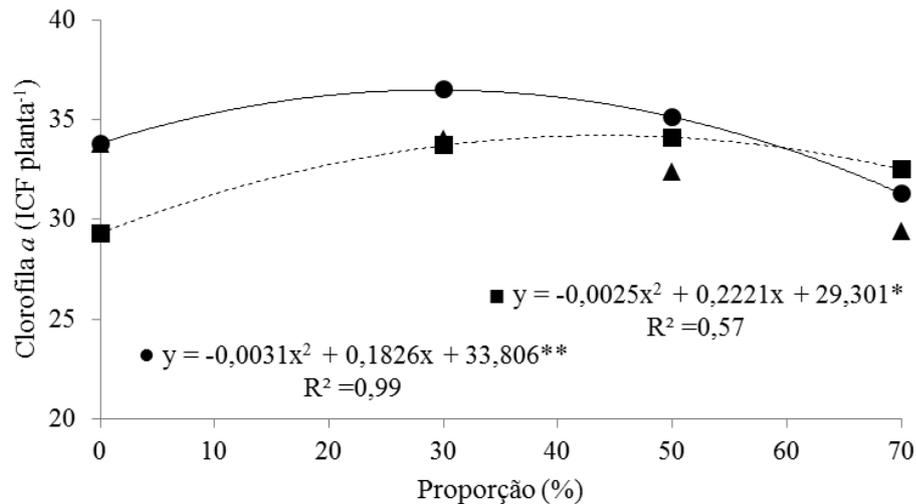
Tratamento	NN	AF	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR
	planta ⁻¹	mm planta ⁻¹	-----g planta ⁻¹ -----			
50 m	3,8 b	26506 b	2,28 b	0,65 a	2,93 b	4,2 a
100 m	3,5 b	28837 b	2,15 b	0,63 a	2,77 b	4,3 a
150 m	4,9 a	36924 a	2,70 a	0,73 a	3,43 a	4,2 a
Média	4,1	30756	2,38	0,67	3,04	4,2
C.V. (%)	28,1	22,3	20,26	38,6	18,9	43,4

Variáveis: número de nódulos (NN), aérea foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação da MSPA sob a MSR (MSPA/MSR). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Alguns trabalhos foram importantes para o conhecimento do número de nódulos de feijão-caupi por planta em diferentes tipos de solo, região e período de avaliação. Xavier et al. (2008) encontraram média 8 nódulos planta⁻¹ para o tratamentos testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada aos 36 dias após a emergência no estado Piauí. Costa et al. (2011) encontraram 10,8 nódulos planta⁻¹ em média no tratamento testemunha sem N aos 45 dias após a semeadura no estado do Piauí. Melo e Zilli (2009) encontraram 1,2 nódulos em média por planta no tratamento sem N aos 55 dias após a emergência das plantas no estado de Roraima. Diversos fatores podem afetar a simbiose entre planta e bactéria interferindo na nodulação e número de nódulos por planta, entre estes destacam-se a acidez do solo e a disponibilidade de nutrientes (FERREIRA et al., 2009). Evidencia-se que no presente estudo as plantas de feijão-caupi, ainda que cultivadas em solos de mineração de chumbo e em condição de viveiro, obtiveram médias de nódulos similares a encontradas em diferentes solos e regiões em condições de campo, conforme citado anteriormente.

Para os valores de clorofila (*a*, *b* e total) pode-se verificar que houve interação significativa entre o tipo de solo e as proporções de sisal utilizadas. Os índices de clorofila *a*;

b e total apresentaram um comportamento quadrático quando submetidas às proporções de sisal em ambos os solos. Observou-se que o índice de clorofila *a* no solo coletado a 150 m de distância da COBRAC não possui diferença significativa entre as proporções utilizadas (Fig. 3). A função ajustada para a clorofila *a* revelou que os valores máximos estimados para a leitura da clorofila foram de 36,5 e 34,2 ICF planta⁻¹ nas proporções 29 e 44% de sisal, respectivamente, para o solo 50 m e para o solo 100 m.

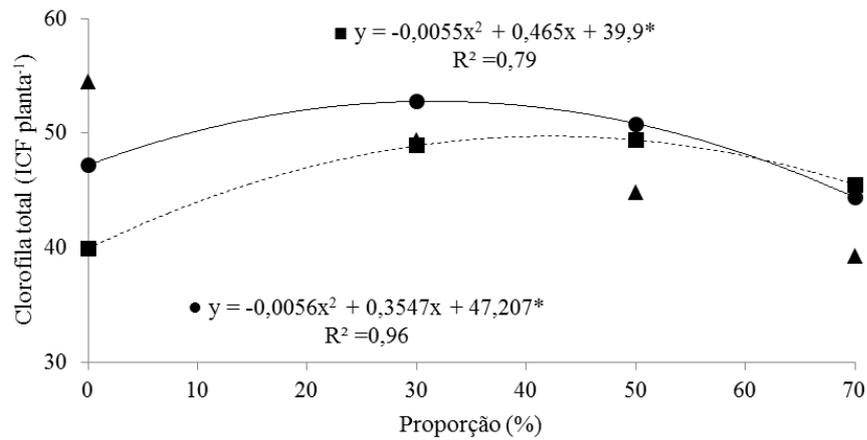


LEGENDA: ● 50 m; ■ 100 m; ▲ 150 m de distância da sede da COBRAC

Figura 3. Índice de clorofila (ICF) *a* em plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

Para os valores de clorofila *b* observou-se que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos nos três solos utilizados para avaliar o desenvolvimento de plantas de feijão-caupi com proporções de sisal.

Os valores de clorofila total apresentaram comportamento semelhante à clorofila *a*, observou-se que no solo coletado a 150 m da COBRAC não houve diferença significativa entre os tratamentos (Fig. 4). A função ajustada teve valor máximo estimado de 52,8 ICF planta⁻¹ através da proporção 31% de sisal para o solo 50 m e 49,7 ICF planta⁻¹ na proporção 42% de sisal para o solo 100 m.



LEGENDA: ● 50 m; ■ 100 m; ▲ 150 m de distância da sede da COBRAC

Figura 4. Índice de clorofila (ICF) total em plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

O índice de clorofila no tecido foliar tem relação direta com o teor de nitrogênio, demonstrando o papel do N na formação da clorofila, conforme observado por Barbosa Filho et al. (2008) em feijão comum e Silva et al. (2010) em feijão-caupi. Deste modo pode-se inferir que o índice de clorofila pode estimar a quantidade de N presente nas folhas das plantas. O clorofilômetro apresenta uma vantagem em relação aos métodos tradicionais, pois pode-se determinar o teor de clorofila nas folhas sem a necessidade de destruição de amostras de tecido vegetal.

Outros resultados foram encontrados na literatura em outras plantas. Silva et al. (2013) observaram que o aumento da concentração de Pb resultou numa queda significativa no teor de clorofila total em plantas de girassol. Por sua vez, Souza et al. (2011), ao avaliar a tolerância de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) associado a fungos micorrízicos, observaram que o aumento da concentração do chumbo não alterou o teor de clorofila das plantas

Para a variável área foliar não houve interação ($p < 0,05$) entre o tipo de solo utilizado e a proporção do resíduo de sisal. Houve efeito individual para cada tratamento, em que o solo coletado a 150 m da COBRAC mostrou-se o mais eficiente, com média de $36924 \text{ mm planta}^{-1}$ (Tabela 2). Observou-se um comportamento quadrático onde o máximo crescimento da planta foi de $35354 \text{ mm planta}^{-1}$ proporcionada pela proporção 52% de sisal (Fig. 5).

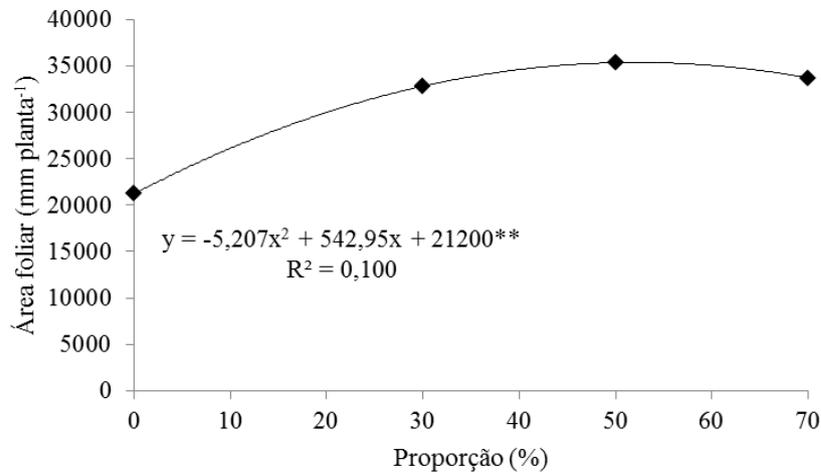


Figura 5. Área foliar de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

A área foliar é uma das variáveis utilizadas para estudar o crescimento das plantas e seu desenvolvimento, sendo um parâmetro importante para o entendimento da fotossíntese, interceptação luminosa, uso da água e nutrientes e o potencial produtivo das culturas (LIMA et al., 2008).

Efeito individual do tipo de solo foi verificado na MSPA, e as plantas cultivadas com o solo 150 m de distância da COBRAC apresentaram a maior média (2,70 g planta⁻¹) (Tabela 2), diferindo dos demais solos ($p < 0,05$). A resposta para a proporção de sisal foi quadrática, sendo a proporção 47% a que contribuiu para o ponto máximo de crescimento da planta que foi de 2,76 g planta⁻¹ (Fig. 6a). Para a MSR foi observado somente efeito individual das proporções de sisal, apresentando um comportamento quadrático, onde a proporção 44% de sisal proporcionou o valor máximo de biomassa da planta, valor de 0,84 g planta⁻¹ (Fig. 6b). Os solos utilizados como substrato não diferiram entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$) (Tabela 2).

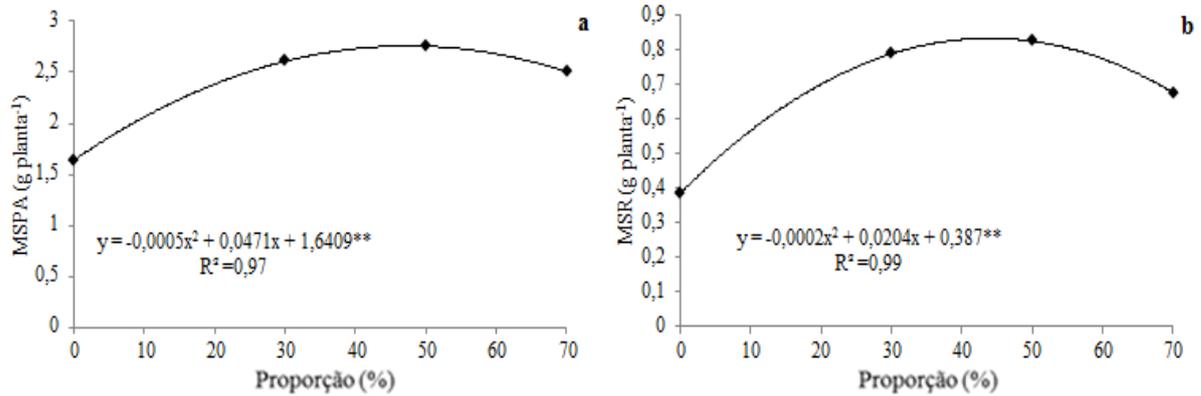


Figura 6. a) Matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*); **b)** Matéria seca da raiz (MSR) de plantas de feijão-caupi cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

A MST foi influenciada, individualmente, pelo resíduo de sisal e pelo tipo de solo ($p < 0,05$) utilizado para compor os substratos. O efeito do sisal foi quadrático, as plantas cultivadas com o solo 150 m apresentaram a maior média ($3,43 \text{ g planta}^{-1}$), diferindo dos demais (Tabela 2). A proporção 46% de sisal proporcionou $3,59 \text{ g planta}^{-1}$ de MST, representando ponto máximo de biomassa da planta (Fig. 7a). Para a variável MSPA/MSR observou-se efeito individual do tipo do solo e da proporção de sisal, apresentando um comportamento quadrático crescente ($p < 0,05$), os solos utilizados como substrato não diferiram entre si ($p < 0,05$) (Tabela 2). O valor máximo foi obtido sem adição do sisal (Fig. 7b).

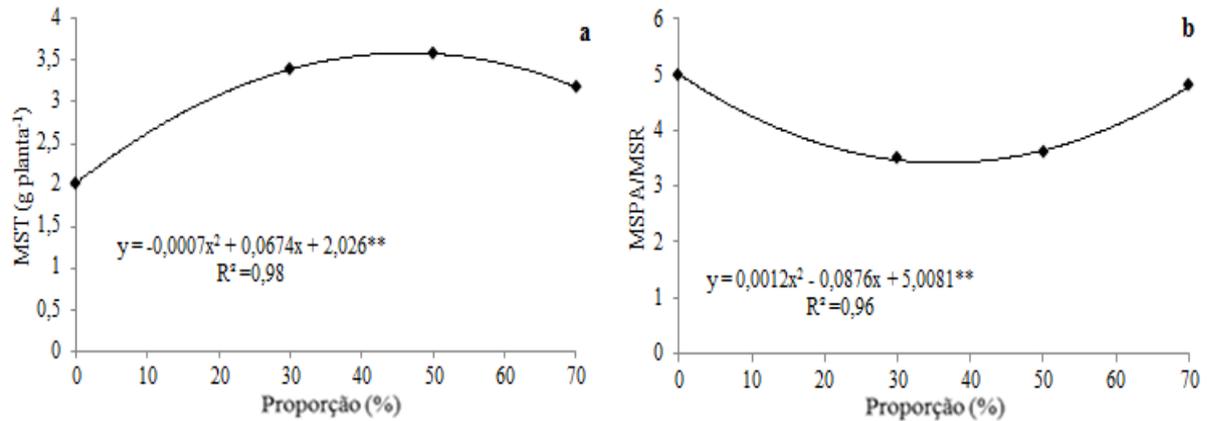


Figura 7. a) Matéria seca total (MST) de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*); **b)** Relação matéria seca da para aérea/matéria seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas de feijão-caupi cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

Sabendo-se do potencial do feijão-caupi como planta-isca para captura de rizóbios nativos do solo, diante dos resultados encontrados é importante futuros estudos para caracterização e isolamento de bactérias tolerantes a metais pesados no solo de mineração da antiga Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC). Assim, essas bactérias podem ser utilizadas para fabricação de inoculantes para culturas de leguminosas com potencial fitorremediador, constituindo-se uma alternativa mitigadora das altas concentrações de metais no solo na cidade de Santo Amaro, Bahia.

6. CONCLUSÕES

A proporção 20% de sisal no substrato proporcionou o máximo número de nódulos em plantas de feijão-caupi cultivado em solos de mineração de chumbo.

A adição do resíduo de sisal proporcionou o aumento no índice de clorofila e na massa seca total em plantas de feijão-caupi cultivado em solos de mineração de chumbo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF. 1999. 35p. (EMBRAPA – CNPMF. Documentos, 34).
- ALMEIDA, E. L.; MARCOS, F. C. C.; SCHIAVINATO, M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; ABREU, M. F. Crescimento de feijão-de-porco na presença de chumbo. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 569-576, 2008.
- ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, p. 2505-2516, 2008.
- ASSUNÇÃO, S. J. R.. **Seleção de plantas para fitorremediação de chumbo, cádmio e zinco de uma área contaminada na Bacia do Rio Subaé**. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas Cruz das Almas, BA, 2012. 100f.
- BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. **Ciencia Rural**, v.38, n.7, p.1843-1848, 2008
- BARRÊTO, A. F.; ARAÚJO, E.; BONIFÁCIO, B. F. Eficiência de extratos de *Agave sisalana* (Perrine) sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) e ocorrência de fitotoxidez em plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 207-215, 2010.
- BASTOS, V. J.; MELO, D. A.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; SILVA, P. M. C.; JUNIOR, D. L. T. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima. **Revista Agroambiente Online**, v. 6, n. 2, p. 133-139, 2012.
- BENÍCIO, L. P. F.; OLIVEIRA, V. A.; REIS, A. F. B.; JÚNIOR, A. F. C.; LIMA, S. L. Efeito de diferentes biofertilizantes e seu modo de aplicação na nodulação do feijão caupi. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 3, 2012.
- BORGES, P. R. S.; SABOYA, R. D. C. C.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, E. R.; SOUZA, S. E. A. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em gurupi, TO. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 37-44, 2011.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N.; WILLERDING, A. L. Efetividade de rizóbios e caracterização fenotípica dos isolados que nodulam feijão-caupi em solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, 2009.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N. Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão caupi. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 161-169, 2010.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 2009.

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf>>. Acesso em 05 mai. 2015.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. D. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. D. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2011.

DIAS JUNIOR, H. E.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 631-640, 1998.

DUTRA, A. S.; TEÓFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão-caupi. **Revista Brasileira de sementes**, v. 29, n. 1, p. 193-197, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA/SCNLS) – **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FARIA, M. M. S.; JAEGER, S. M. P. L.; CARNEIRO, G. J.; OLIVEIRA, R. L. O.; LEDO, C. A. S.; SANTANA, F. S. Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 377-382, 2008.

FERREIRA, P. A. A.; SILVA, M. A. P.; CASSETARI, A.; RUFINI, M.; MOREIRA, F. M. D. S.; ANDRADE, M. J. B. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 07, p. 2210-2212, 2009.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FERREIRA, P. A. A.; BOMFETI, C. A.; SILVA JÚNIOR, R.; SOARES, B. L.; SOARES, C. R. F. S.; MOREIRA, F. M. S. Eficiência simbiótica de estirpes de *Cupriavidus necator* tolerantes a zinco, cádmio, cobre e chumbo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 85-95, 2012.

FRANCO, M. C.; CASSINI, S. T. A.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C.; TSAI, S. M. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1145-1150, 2002.

FREITAS, A. D. S.; SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. R.; FRAGA, V. S. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1856-1861, 2011.

FROTA, K. D. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2012**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 2 jul. 2014.

KEDE, M.; MOREIRA, J. C.; MAVROPOULOS, E.; ROSSI, A. M.; BERTOLINO, L. C.; PEREZ, D. V.; ROCHA, N. D. Estudo do comportamento do chumbo em latossolos brasileiros tratados com fosfatos: contribuições para a remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 379-584, 2008.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 405-416, 2008.

LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BARRETO, L. P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; COSTA, C. N.; RIBEIRO, A. M. B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA FILHO, A. F. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupí. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, 2008.

LIMA, F. S.; NASCIMENTO, C. W. A., ACCIOLY, A. M. A.; SOUSA, C. S.; CUNHA FILHO, F. F. Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 234-241, 2013.

MAGNA, G. A. M.; MACHADO, S. L.; PORTELLA, R. B.; CARVALHO, M. F. Chumbo e cádmio detectados em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro-Bahia. **Química Nova**, v. 36, n. 7, p. 989-997, 2013.

MARTIN, A. R.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H.; SILVA, O. R. R. F. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.

MEDEIROS, E. V.; MARTINS, C. M.; LIMA, J. A. M.; FERNANDES, Y. T. D.; OLIVEIRA, V. R.; BORGES, W. L. Diversidade morfológica de rizóbios isolados de caupi cultivado em solos do Estado do Rio Grande do Norte solos do Estado do Rio Grande do Norte. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 529-535, 2009.

MELLONI, R.; MOREIRA, F. M. D. S.; NÓBREGA, R. S. A.; SIQUEIRA, J. O. D. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração de bauxita em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 02, p. 235-246, 2006.

MELO, S. R. D.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2009.

MORAIS, M. D. S.; ARAÚJO, E.; ARAÚJO, A. C. D.; BELÉM, L. D. F. Eficiência dos extratos de alho e agave no controle de *Fusarium oxysporum* S. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 89-98, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K., NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SOUSA, P. M. Potencial econômico da inoculação de rizóbios em feijão-caupi na agricultura familiar: um estudo de caso. **Em Extensão**, v. 10, n. 2, 2011.

- NASCIMENTO, S. C.; HYPOLITO, R.; RIBEIRO, A. A. Disponibilidade de metais pesados em aterro de indústria siderúrgica. **Revista Brasileira Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, p. 196-202.2006, 2006.
- NÓBREGA, R. S. A.; PAULA, A. M.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 597-607, 2008.
- PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 36-40, 2012.
- SANTOS, D. C. D.; CASTILHO, D. D.; PAULETTO, E. A.; FERNANDES, F. F.; PINTO, L. F. S. Biomassa e atividade microbiana em solo construído após mineração de carvão e submetido a diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.14, n.3-4, p.135-146, jul-set, 2008.
- SANTOS, M. B.; SANTOS, C. Y.; ALMEIDA, M. A.; SANTOS, C.; SANT'ANNA, H. L. S.; SANTOS, O; MARTINS, G. N. Efeito inibitório in vitro de extrato vegetal de *Allium sativum* sobre *Aspergillus niger* Tiegh. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.12, n.1, p.13-17, 2010.
- SILVA, E. F. L.; MIRANDA, J. M. S.; ARAÚJO, A. S. F.; CARVALHO, E. M. S.; NUNES, L. A. P. L. Nodulação natural de leguminosas em solos de cerrado do estado do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 4, n. 3, p. 274-277, 2009.
- SILVA, E. F. L.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. NUNES, L. A. P. L; CARNEIRO, R. F. V. Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, p.394402, 2010.
- SILVA, P. C. C.; JESUS, F. N.; ALVES, A. C.; JESUS, C. A. S.; SANTOS, A. R. Crescimento de plantas de girassol cultivadas em ambiente contaminado por chumbo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 1576-1586, Nov. 2013.
- SOUSA, W. C.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortsiliquum*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 969-979, 2013.
- SOUZA, L. A. G.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, C. E. D. R. S.; STAMFORD, N. P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 207-217, 2007.
- SOUZA, C. A.; REIS JUNIOR, F. B.; CARVALHO MENDES, I.; LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. Lodo de esgoto em atributos biológicos do solo e na nodulação e produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1319-1327, 2009.
- SOUZA, L. A.; ANDRADE, S. A. L.; SOUZA, C. R.; SCHIAVINATO, M. A. Tolerância e potencial fitorremediador de *Stizolobium aterrimum* associada ao fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* em solo contaminado por chumbo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1441-1451, 2011.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; OLIVEIRA, J. P. R.; SILVA, A. G.; PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 300-307, 2010.

TEÓFILO, E. M.; DUTRA, A. S.; PITIMBEIRA, J. B.; DIAS, F. T. C.; BARBOSA, F. S. Potencial fisiológico de sementes de feijão caupi produzidas em duas regiões do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 443-448, 2008.

TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e nodulação de *Acacia mangium*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Sesbania virgata* em solo contaminado com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 743-753, 2001.

VIEIRA, C. L.; FREITAS, A. D.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V.; ARAÚJO, M. D. S. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 14, n. 11, p. 1170-1175, 2010.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2037-2041, 2008.

ANEXOS

Quadro 1. Resumo da análise de variância número de nódulos (NN), para clorofila *a* (CLA), *b* (CLB) e total (CLT), índice de área foliar (ARF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e a relação entre o peso da massa seca da parte aérea sob peso da massa seca da raiz (MSPA/MSR) de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas em solos de mineração de chumbo em função das proporções de sisal (*Agave sisalana*)

FV	GL	Quadrados Médios								
		NN	CLA	CLB	CLT	ARF	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR
Solo	2	10,7352 ^{**}	21,4806 [*]	7,9940 ^{ns}	42,8667 ^{ns}	597899015,0167 ^{**}	1,6732 ^{**}	0,0582 ^{ns}	2,3507 ^{**}	0,1975 ^{ns}
Proporção	3	18,1192 ^{**}	49,9024 ^{**}	39,2540 ^{ns}	162,2950 ^{**}	625217568,8611 ^{**}	3,8526 ^{**}	0,5943 ^{**}	7,4181 ^{**}	9,3112 [*]
Solo*Proporção	6	1,3493 ^{ns}	20,0251 ^{**}	53,6986 ^{**}	120,0902 ^{**}	54645887,4611 ^{ns}	0,2170 ^{ns}	0,1138 ^{ns}	0,3817 ^{ns}	3,1830 ^{ns}
Erro	48	1,3063	6,8404	18,4001	31,9245	47311689,0333	0,2318	0,0669	0,3306	3,3512
C.V. (%)		28,14	7,92	30,1	11,96	22,36	20,26	38,64	18,88	43,4
Média Geral		4,1	33	14,3	47,2	30756,2	2,376	0,669	3,045	4,2

^{**} e ^{*} indicam, respectivamente, significância a 1 a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} indica não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.