



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:  
SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**

**JULIANA CAVALCANTE DE SOUZA**

**RESÍDUOS ORGÂNICOS PARA MELHORIA DE SOLO DEGRADADO POR  
PROCESSOS ASSOCIADOS À DESERTIFICAÇÃO**

**FORTALEZA**

**2015**

JULIANA CAVALCANTE DE SOUZA

RESÍDUOS ORGÂNICOS PARA MELHORIA DE SOLO DEGRADADO POR  
PROCESSOS ASSOCIADOS À DESERTIFICAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mirian Cristina Gomes Costa

FORTALEZA

2015

JULIANA CAVALCANTE DE SOUZA

RESÍDUOS ORGÂNICOS PARA MELHORIA DE SOLO DEGRADADO POR  
PROCESSOS ASSOCIADOS À DESERTIFICAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mirian Cristina Gomes Costa (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Julius Blum  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Henrique Antunes de Souza  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, CNPC.

A Deus, por mais uma vitória. Aos meus pais Vicente Cavalcante de Souza e Maria Dilurdes Silva de Sousa. Aos meus irmãos Fernanda e Gláucio, pelo incentivo.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, meu pai celestial, que me deu força a cada dia para finalizar essa pesquisa. Aos meus queridos pais, por me darem o apoio e carinho que sempre precisei e que nunca mediram esforços para que eu tivesse uma boa formação. Aos meus amados irmãos Fernanda e Gláucio, que sempre me incentivaram a crescer profissionalmente e pessoalmente.

Meus sinceros agradecimentos aos professores e funcionários do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, por toda a dedicação despendida e que não mediram esforços para ajudar no que fosse necessário. Em especial, meus agradecimentos aos funcionários Antônio José e Tavares.

À minha orientadora, Mirian Cristina Gomes Costa, por sua dedicação, paciência e apoio. Obrigada pela confiança depositada.

Aos meus amigos de laboratório, Carla Danielle Vasconcelos do Nascimento e Dimitri Matos Silva, que tanto me ajudaram nessa pesquisa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de pós-graduação.

Aos meus verdadeiros amigos, de quem furtei preciosos momentos durante a realização desse trabalho.

E a todos que contribuíram para que eu chegasse até aqui. Muito obrigada!

## RESUMO

A degradação dos solos utilizados para práticas agropecuárias no semiárido vem se agravando ao longo dos anos, devido ao uso intensivo do solo associado às perdas por erosão. Para diminuir essas perdas e viabilizar o uso do solo pelos agricultores é necessário adotar estratégias de manejo que visem melhorar a qualidade do solo. Dentre as alternativas para recuperar solos degradados, duas merecem destaque: o uso de resíduos orgânicos provenientes de atividades agroindustriais e o uso de resíduos vegetais. Neste estudo foi avaliada a associação de doses de resíduo orgânico da indústria aviária com resíduos vegetais de leguminosas arbóreas, visando melhorar a qualidade de um solo degradado de um núcleo de desertificação, a ponto de viabilizar o desenvolvimento de uma cultura de interesse alimentar. O estudo foi realizado em casa de vegetação com delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 4x3, com 4 repetições. Os tratamentos foram 4 doses de resíduos de indústria aviária ( $D_0$ = Controle,  $D_1 = 497,51 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $D_2 = 995,02 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $D_3 = 1990,05 \text{ kg ha}^{-1}$ ; equivalentes às doses de 0, 20, 40 e 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de N-total) e 2 espécies de leguminosas: *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. O solo coletado no núcleo de desertificação de Irauçuba (CE) foi colocado em vasos com capacidade para 5 litros. Doses de resíduo orgânico da indústria aviária foram incorporadas ao solo e, na sequência, foram transplantadas mudas das leguminosas. Ao final de 40 dias as leguminosas foram trituradas e incorporadas ao solo no qual foi semeado milho. Ao final de mais 40 dias foi quantificada a biomassa da parte aérea e da raiz de milho, foram determinados os teores de macro e micronutrientes nas plantas de milho e os atributos químicos do solo após o cultivo. As doses de resíduo da indústria aviária favoreceram o crescimento das leguminosas, com melhor desempenho para leguminosa *M. caesalpiniaefolia*. Os resíduos das leguminosas favoreceram as plantas de milho em relação à massa seca da parte aérea e de raiz. Os resíduos de *M. caesalpiniaefolia* apresentou o melhor desempenho em acumular nutriente para a cultivar milho. Os teores de carbono do solo não foram significativos, pois o tempo transcorrido não foi suficiente para a decomposição dos resíduos das leguminosas. A associação entre as doses de resíduos da indústria aviária com os resíduos das leguminosas favoreceram a maior disponibilidade de nutrientes e carbono para o solo.

**Palavras-chave:** Leguminosas, Carbono orgânico do solo, Resíduos industriais, Degradação do semiárido.

## ABSTRACT

Soil degradation used for agricultural practices in the semiarid region has deteriorated over the years due to intensive use of land associated with erosion losses. To reduce these losses and enable the use of the land by farmers is necessary to adopt management strategies to improve soil quality. Among the alternatives to recover degraded soils, two stand out: the use of organic waste from agro-industrial activities and the use of crop residues. We evaluated the association of organic residue doses of avian industry with residue of leguminous trees, to improve the quality of a degraded soil of a core of desertification as to enable the development of a culture of food interest. The study was conducted in a greenhouse with a randomized blocks in a factorial scheme 4x3, with four repetitions. The treatments were four doses of poultry industry waste ( $D_0 = \text{Control}$ ,  $D_1 = 497.51 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $D_2 = 995.02 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $D_3 = 1990.05 \text{ kg ha}^{-1}$ , equivalent to doses of 0, 20, 40 and  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  N-total) and two legume species: *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth and *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit). The soil collected at the core of Irauçuba desertification (EC) was placed in pots with a capacity of 5 liters. Organic residue doses of avian industry were incorporated into the soil and, in sequence, were transplanted seedlings of legumes. At the end of 40 days legumes were crushed and incorporated into the soil in which corn was sown. At the end of 40 days it was quantified the biomass of shoot and root of corn, were determined macro and micronutrients in corn plants and soil chemical properties after cultivation. The avian industry waste doses favored the growth of legumes with better performance for legume *M. caesalpiniaefolia*. Waste legume favored the maize plants in the dry matter of shoot and root. Waste *M. caesalpiniaefolia* the best performance in accumulating nutrient paw to grow corn. Soil carbon levels were not significant, because the elapsed time was not enough for the decomposition of waste from the legumes. The association between the levels of residues of the avian industry with waste legume favored greater availability of nutrients and carbon to the soil.

**Keywords:** Leguminous, Soil organic carbon, Industrial waste, Semiarid degradation.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Área afetada pela erosão na qual foi coletado solo para instalação do experimento. Irauçuba - CE, 2013 ..... 24
- Figura 2** - Estação de Tratamento de Efluentes, Aquiraz – CE ..... 26
- Figura 3** - Croqui do experimento ..... 28
- Figura 4** - Vasos que representam os tratamentos sem leguminosas, com *L. leucocephala* e com *M. caesalpiniaefolia* (a e b) ..... 28
- Figura 5** - Incorporação dos resíduos de *M. caesalpiniaefolia* (a) e *L. leucocephala* (b) ao solo dos vasos, 40 dias após transplante das mudas ..... 29
- Figura 6** - Altura (cm) de *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia* 40 dias após aplicação do resíduo da indústria aviária. Estudo do fator “espécies” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b) ..... 34
- Figura 7** - Incremento em altura (cm) de *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia* 40 dias após aplicação do resíduo da indústria aviária. Estudo do fator “espécies” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 36
- Figura 8** - Massa seca de parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 38
- Figura 9** – Acúmulo de cálcio da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa..... 40

- Figura 10.** Acúmulo de magnésio da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 41
- Figura 11 -** Acúmulo de potássio da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 43
- Figura 12 –** Acúmulo de manganês das raízes de milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 47
- Figura 13 -** Acúmulo de nitrogênio da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b) ..... 49
- Figura 14 -** Teor de cálcio no solo 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 53
- Figura 15 -** Teor de potássio no solo 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 54
- Figura 16.** Teor de fósforo no solo 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b)..... 55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Caracterização química do solo utilizado no experimento .....	25
<b>Tabela 2</b> - Caracterização química do resíduo orgânico da Estação de Tratamento de Efluentes coletado em Aquiraz – CE .....	26
<b>Tabela 3</b> - Resumo da ANOVA para os parâmetros altura e incremento em altura das leguminosas arbóreas em resposta aos tratamentos avaliados .....	33
<b>Tabela 4</b> - Resumo da ANOVA para os parâmetros altura, incremento em altura, massa seca de parte aérea e raiz e relação biomassa de raiz/biomassa de parte aérea das plantas de milho .....	37
<b>Tabela 5</b> - Resumo da ANOVA para acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na parte aérea do milho .....	39
<b>Tabela. 6</b> - Resumo da ANOVA para acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre na parte aérea do milho .....	45
<b>Tabela. 7</b> - Resumo da ANOVA para acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na raiz do milho .....	46
<b>Tabela 8</b> – Resumo da ANOVA para acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre nas raízes do milho .....	46
<b>Tabela 9</b> – Resumo da ANOVA para acúmulo de nitrogênio na raiz e na parte aérea das plantas de milho .....	48
<b>Tabela. 10</b> - Resumo da ANOVA para carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N do solo após cultivo do milho .....	51
<b>Tabela. 11</b> - Resumo da ANOVA para os teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo no solo após o cultivo .....	52



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1	Degradação do solo em núcleos de desertificação do semiárido nordestino .....	15
2.2	Uso de resíduos agroindustriais em solos degradados .....	18
2.3	Importância de leguminosas arbóreas no uso e manejo de solos degradados .....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAL E METÓDOS</b> .....	23
3.1	Localização da área experimental e caracterização climática da região .....	23
3.2	Coleta e caracterização do solo .....	23
3.3	Obtenção e caracterização do resíduo .....	25
3.4	Obtenção e quebra de dormência de sementes de leguminosas arbóreas .....	27
3.5	Delineamento experimental e tratamentos .....	27
3.6	Obtenção das mudas de leguminosas arbóreas, implantação e condução do experimento .....	28
3.7	Variáveis avaliadas .....	30
	3.7.1 <i>Crescimento e massa seca das plantas</i> .....	30
	3.7.2 <i>Teor e acúmulo de nutrientes</i> .....	31
3.8	Variáveis avaliadas no solo após aplicação dos tratamentos .....	31
	3.8.1 <i>Carbono orgânico</i> .....	31
	3.8.2 <i>Teor de macronutrientes</i> .....	31
3.9	Análises estatísticas.....	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1	Crescimento de <i>Leucaena leucocephala</i> e <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth em resposta às doses de resíduo da indústria aviária .....	33
4.2	Crescimento e massa seca das plantas de milho .....	37
4.3	Acúmulo de nutrientes na parte aérea do milho .....	39
	4.3.1 <i>Acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na parte aérea</i> .....	39
	4.3.2 <i>Acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre na parte aérea</i> .....	45
4.4	Acúmulo de nutrientes na raiz do milho .....	45
	4.4.1 <i>Acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na raiz</i> .....	45
	4.4.2 <i>Acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre na raiz</i> .....	46
4.5	Acúmulo de nitrogênio da parte aérea e raiz nas plantas de milho .....	48

4.6	Carbono orgânico, nitrogênio total no solo e relação C/N:.....	51
4.8	Teores de macronutrientes no solo .....	52
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>77</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O uso intensivo do solo na agricultura vem gerando problemas de degradação, cujas causas estão relacionadas à retirada da vegetação e à erosão que leva à perda da camada superficial do solo que é rica em matéria orgânica. Isso altera a qualidade dos solos e causa desequilíbrios nos ecossistemas.

A desertificação é um resultado da degradação dos solos nas regiões semiáridas. Das regiões brasileiras, a Nordeste é a mais comprometida pela desertificação, pois está situada no semiárido que apresenta altas temperaturas, baixa precipitação, solos pouco intemperizados e vegetação com baixa produção de fitomassa. Associando esses fatores edafoclimáticos ao uso inadequado da terra pelo homem, têm-se as causas diretas da ocorrência dos núcleos de desertificação.

Nesse tipo de degradação há perda da qualidade biológica, física e química dos solos, bem como de seu potencial produtivo. Diante desse contexto, para que o agricultor possa continuar produzindo em suas terras e recuperar a qualidade do solo, é necessário adotar estratégias de manejo que visem melhorá-lo. Dentre as alternativas existentes, duas vêm se destacando, como é o caso do uso de resíduos orgânicos provenientes da agroindústria e o uso de resíduos vegetais de leguminosas.

A utilização de resíduos como adubo orgânico na agricultura vem ganhando destaque nos últimos anos, pois esses resíduos são fonte de nutrientes como fósforo, potássio, nitrogênio e micronutrientes. Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos têm bom potencial de uso, pois são ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio, e estão, muitas vezes, disponíveis nas propriedades a um baixo custo. Outros resíduos importantes como fonte de nutrientes são os de origem vegetal, principalmente aqueles provenientes de leguminosas. Como as leguminosas se associam a bactérias fixadoras de nitrogênio, acumulam esse nutriente em sua biomassa.

Porém, para utilizar resíduos orgânicos com segurança, é importante conhecer sua composição química, para que esses não atuem como fonte de poluentes para o ambiente e para que não causem impactos negativos ao solo. Visando recuperar solos degradados em núcleos de desertificação e viabilizar a produção de alimentos pelos agricultores que habitam essas regiões, é necessário dar atenção ao uso associado das alternativas mencionadas anteriormente. Ambas as estratégias podem trazer benefícios aos agricultores, não só dando um destino viável e sustentável ao resíduo orgânico

agroindustrial, mas também melhorando a qualidade biológica, física e química das áreas degradadas.

Diante do exposto, são assumidas as seguintes hipóteses: a) Com o aumento nas doses de resíduo da indústria aviária há maior crescimento das leguminosas arbóreas que, por sua vez, produzirão mais resíduos e favorecerão o crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura do milho. b) A leguminosa arbórea *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, nativa da região semiárida, apresenta melhor resposta às doses de resíduo da indústria aviária do que a espécie exótica *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. c) As maiores doses de resíduo orgânico da indústria aviária, associadas aos resíduos vegetais de leguminosas arbóreas, resultarão em maior disponibilidade de nutrientes no solo, bem como em maiores teores de carbono orgânico.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Degradação do solo em núcleos de desertificação do semiárido nordestino**

A degradação do solo vem gerando graves problemas, pois o solo desempenha várias funções vitais para o desenvolvimento das plantas. Dentre essas funções, destaca-se que o solo atua como reservatório de água e nutrientes, como suporte físico para o crescimento e desenvolvimento vegetal e, além disso, tem capacidade para atenuar os efeitos nocivos dos contaminantes por meio de processos físicos, químicos e biológicos (BASTIDA *et al.*, 2006).

O solo degradado apresenta empobrecimento, perda de suas espécies nativas, de sua fauna e flora, e de sua produtividade econômica, tendo suas características físicas, químicas, biológicas e visuais comprometidas (JUNIOR, 2010). Os solos de várias regiões do mundo estão cada vez mais degradados devido ao uso de práticas de cultivo em longo prazo, levando a perdas de solo por erosão e consequente perda da estrutura e do potencial produtivo desses solos (CLAPP *et al.*, 2007).

Na região semiárida predomina a Caatinga que é explorada e degradada pelo homem por meio do uso intensivo da terra na agricultura, pelo extrativismo na retirada de madeira e lenha e pela prática da pecuária extensiva (MOREIRA *et al.*, 2006). As consequências dessa degradação envolvem a perda de solo devido aos processos erosivos que favorecem a perda da camada superficial do solo e, consequentemente, a perda de nutrientes e vegetação prejudicando o ecossistema. Ros e Aita (1996) afirmam que pela

erosão ocorrem perdas expressivas de solo e nutrientes, sendo o nitrogênio o elemento mais afetado nesse processo, pois a principal fonte desse elemento no solo é a matéria orgânica da camada superficial.

Em 1994 foi criada a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), estabelecendo o conceito de desertificação como sendo a degradação da terra incluindo a vegetação, a biodiversidade, água e a qualidade de vida da população humana, nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas (BARBOSA, 2007). Segundo publicação no Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil, as áreas susceptíveis à desertificação cobrem uma superfície de mais 1.340.863 km<sup>2</sup>, abrangendo um total de 1.488 municípios nos nove Estados do Nordeste, além do norte de Minas Gerais e norte do Espírito Santo (SANTANA, 2007). O Ceará apresenta 14% de sua área propensa à desertificação, sendo a região de Irauçuba uma das áreas mais afetadas no Brasil (BRASIL, 1998).

A degradação do solo está associada à desertificação que é resultado de vários fatores, como variações climáticas e a utilização inapropriada das terras. Sampaio *et al.* (2003) citam a erosão do solo como uma das principais causas da degradação, considerando que é a mais irreversível das deteriorações, pois a formação do solo é um processo muito lento e as camadas atuais, em geral, são resultado de centenas ou milhares de anos. Atividades humanas que destroem a cobertura vegetal que protege o solo da erosão, tais como cultivo excessivo, sobrepastejo e desmatamento, juntamente com a irrigação em terras inapropriadas e a salinização dos solos, são as principais causas do processo de desertificação na região do semiárido (RICHÉ *et al.*, 1994; NEBEL, WRIGHT, 1998). A região semiárida brasileira é caracterizada por apresentar altas temperaturas, baixa pluviosidade, solos pouco intemperizados e rasos, relevo acidentado e vegetação com baixa produção de fitomassa (MAIA *et al.*, 2008). Esses aspectos, associados ao uso da terra sem adoção de práticas conservacionistas, tornam a região propensa à desertificação.

Das regiões do Brasil, a Nordeste é a mais comprometida pela desertificação. Segundo Leite *et al.* (1993), 92% do território do estado do Ceará está inserido na região semiárida do Nordeste brasileiro e está sob processo de desertificação. O Estado apresenta número considerável de municípios afetados pelo fenômeno, sendo que esse número pode aumentar caso não sejam aplicadas ações que visem ao desenvolvimento sustentável

dessas áreas afetadas (RODRIGUES, 2006). As áreas onde o problema de desertificação é mais acentuado são conhecidas por núcleos de desertificação.

Vasconcelos (1982), avaliando áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil, designou o termo núcleos de desertificação como sendo a ocorrência de manchas de solos rasos, característicos do semiárido nordestino. Nesses solos verificou-se a presença de afloramento rochoso, com máxima perda de água, sendo provocado pela minimização de retenção de água. O mesmo autor destaca que, nos solos dos núcleos de desertificação, o horizonte superficial encontra-se erodido e com alta deficiência de nutrientes. Nessas condições a vegetação tem baixa capacidade de recuperação ou já não se recupera na época chuvosa. Entretanto, o autor ainda destaca que é possível encontrar áreas com manchas férteis de solo próximas de manchas desertificadas ou em processo de desertificação.

A região Nordeste apresenta quatro núcleos de desertificação que são áreas caracterizadas por seca prolongada e pequenos períodos de chuvas fortes, sendo conhecidas popularmente por terras secas (JÚNIOR, 2010). Os núcleos de desertificação são: núcleo do Seridó, localizado na região centro-sul do Rio Grande do Norte e centro-norte da Paraíba, abrangendo área de aproximadamente 2.341 km<sup>2</sup>, envolvendo vários municípios em torno de Parelhas; o núcleo de Irauçuba, no noroeste do estado do Ceará abrangendo uma área de 4.000 Km<sup>2</sup> incluindo os municípios de Irauçuba, Forquilha e Sobral; núcleo de Gilbués no Piauí, com uma área aproximada de 6.131 Km<sup>2</sup> envolvendo os municípios de Gilbués e Monte Alegre e o núcleo de Cabrobó em Pernambuco que totaliza uma área de 5.960 Km<sup>2</sup> abrangendo os municípios de Cabrobó, Belém de São Francisco e Floresta (ACCIOLY, 2011).

Os solos no núcleo de Gilbués pertencem à classe dos Latossolos e Podzólicos (Argissolos), enquanto os de Irauçuba são da classe dos Planossolos. No núcleo do Seridó predominam os tipos Bruno Não Cálcico (Luvissolos), Litólico, Solonetz Solodizado (Planossolos) e Aluvião (Neossolos flúvicos). No núcleo de Cabrobó os solos são arenosos, permeáveis e não retêm as águas da chuva em condições de serem utilizadas pelas plantas (MMA, 2005).

Em se tratando no núcleo de desertificação de Irauçuba, o clima predominante na região é o tropical quente semiárido, com temperaturas médias anuais de 26,3° e precipitação pluvial de 530 mm. Constitui-se um dos pólos de maior aridez no semiárido brasileiro. Não somente o clima, mas também sua localização contribui para aumentar as condições áridas da região, pois o núcleo se localiza ao Oeste do Ceará, a sotavento do

Maciço de Uruburetama, proporcionando elevadas temperaturas (SALES, 2006; SAMPAIO, *et al.*, 2003).

Os aspectos climáticos associados ao manejo inadequado do solo nos núcleos de desertificação do semiárido favorecem os processos erosivos que atuam na perda da camada superficial do solo. Para que se tenha sucesso nas práticas de recuperação de áreas degradadas é fundamental recuperar a cobertura vegetal do solo que exerce papel importante na proteção do mesmo.

Com a degradação o solo perde seu potencial produtivo e, mesmo que sejam aplicadas grandes quantidades de fertilizantes, o potencial produtivo não será o mesmo de um solo não degradado. Isso acontece porque aspectos da qualidade física e biológica também são prejudicados com a degradação. Assim, é importante não só repor os nutrientes perdidos, mas também adotar estratégias de manejo que proporcionem a restauração de atributos físicos e biológicos.

## **2.2. Uso de resíduos agroindustriais em solos degradados**

Os resíduos orgânicos são fonte de nutrientes, apresentam baixo custo e desempenham papel importante na fertilidade do solo por meio de seus efeitos de curto prazo sobre as plantas, bem como por seus efeitos em longo prazo na manutenção da matéria orgânica do solo e na recuperação de solos degradados (PALM *et al.*, 2001; TEJADA *et al.*, 2008).

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 10.004 (ABNT, 1987), são denominados resíduos sólidos os resultantes de atividades industriais, domésticas, agrícolas entre outros, incluindo os lodos das Estações de Tratamento de Efluentes e os resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, os quais não podem ser lançados nos esgotos públicos, nem no ambiente.

A crescente demanda para o consumo interno e exportação leva ao aumento expressivo na produtividade e, na medida em que a produção nacional aumenta, maiores são as quantidades de resíduos gerados. Caso esses resíduos não sejam descartados de forma adequada, podem trazer sérios danos à saúde humana e ao ambiente (LIMA, 2007). Para minimizar os impactos causados por esses resíduos ao ambiente é necessário criar estratégias de manejo sustentáveis (VIEIRA, 2011).

A grande expansão da indústria aviária, associada à geração de resíduos sólidos, traz problemas associados aos impactos ambientais. A busca por alternativas para

solucionar esses problemas tem sido intensificada, sendo impulsionada pela preocupação com a consciência ambiental e também pelo aumento da vigilância dos órgãos ambientais, com exigência de licenciamento para a indústria aviária (RINALDI, *et al.*, 2012).

Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis em muitas propriedades a um baixo custo, podem ser utilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais. Os efeitos benéficos dos resíduos de animais nas propriedades físicas do solo dependem de características intrínsecas do solo. Solos com boas qualidades físicas e químicas, assim como elevados teores de nutrientes, tendem a não responder de forma significativa à aplicação desses resíduos. Espera-se que os efeitos sejam mais evidentes em solos naturalmente pobres e com algum grau de degradação (COSTA *et al.*, 2009). Outro fator que contribui para a utilização desses resíduos orgânicos é o alto custo dos fertilizantes comerciais (SILVA *et al.*, 2011).

Segundo Malavolta (1981), ao discorrer sobre adubação orgânica:

“As substâncias orgânicas melhoram a estrutura do solo. Tornam os solos pesados mais friáveis, mais fáceis de trabalhar, e promovem a estruturação. Estabilizam os agregados de modo que eles resistem à ação desagregadora da água, o que diminui a erosão. Ou seja, a matéria orgânica do solo funciona como reserva de nutrientes e melhora as suas propriedades físicas, químicas e biológicas”.

A utilização desses resíduos como adubo orgânico na agricultura é uma das alternativas de uso sustentáveis. Embora sua aplicação no solo seja uma prática antiga e usada em pequenas propriedades, a mudança no cenário agropecuário brasileiro e o avanço das pesquisas aumentaram o interesse dos grandes produtores na utilização desses materiais, bem como na discussão acerca dos benefícios e impactos que os mesmos podem causar ao ambiente, mediante destinação inadequada (LIMA, 2007).

Para utilizar resíduos provenientes das indústrias em estratégias de recuperação de áreas degradadas, primeiramente é preciso conhecer as características biológicas, físicas e químicas desses resíduos, para que esses possam ser utilizados como condicionadores de solo, de modo a contribuir com o crescimento das plantas (SUNADA, 2011). Cuidados são necessários na utilização de resíduos como adubo orgânico, pois esses podem apresentar caráter poluente, contendo elevados teores de matéria orgânica, metais pesados e microrganismos, além de substâncias que podem causar repelência do solo à água. Esses aspectos fazem com que os resíduos orgânicos, quando dispostos de maneira inadequada no meio, causem problemas ambientais (FEISTEL, 2011).

O uso correto dos resíduos é importante para a agroindústria, pois envolve qualidade, comércio, custo de investimento e retorno que são fatores importantes para gerar lucros. Visando a utilização viável desses resíduos pesquisadores e produtores têm recomendado sua utilização como adubo orgânico, visando o aproveitamento, a reciclagem dos nutrientes e a diminuição de gastos com fertilizantes (NASCIMENTO, 2015).

Os resíduos orgânicos provenientes da avicultura são fonte de nutrientes como nitrogênio (N), potássio (K), fosforo (P) e micronutrientes. A maior parte desses elementos é essencial para o desenvolvimento de microrganismos, plantas e animais. Porém, em excesso podem provocar problemas ao ambiente (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2007).

A reciclagem de resíduos agrícolas ocasiona benefícios na produção agropecuária, melhorando as propriedades físico-químicas do solo e aumentando índices de produção. Contudo, proporciona também fatores negativos como a percolação de nitratos, alterações no valor pH, elevação nos teores de elementos traços, riscos de salinização e introdução de agentes patogênicos (TEDESCO *et al.*, 1999).

De acordo com Palhares (2004), nos últimos anos têm chamado atenção, em vários segmentos da sociedade, questionamentos quanto às ações de preservação ambiental dos sistemas de produção de aves de corte e postura. Entretanto, na avicultura esses questionamentos ainda não são tão fortes como acontece na suinocultura. Essa, por sua vez, tem seus modelos de produção questionados com grande frequência quanto aos impactos causados pelos resíduos no ambiente (STRÜCKER, 2013).

A importância do uso de resíduos orgânicos na agricultura tem sido demonstrada por meio de pesquisas. Entretanto, ainda são necessários mais estudos sobre os efeitos desses resíduos no solo, considerando não só os aspectos benéficos, mas também o seu potencial poluente e as possibilidades de uso desses resíduos orgânicos na recuperação de solos degradados.

### **2.3. Importância de leguminosas arbóreas no uso e manejo de solos degradados**

Os resíduos orgânicos provenientes dos restos vegetais trazem benefícios aos solos que variam da proteção física contra o impacto das gotas de chuva, até a melhoria de atributos físicos, químicos e biológicos. Em sistemas agrofloretais, os resíduos vegetais entram no sistema solo como restos de culturas, poda residual de árvores e serapilheira. Esses resíduos vegetais são fontes de nutrientes e matéria orgânica e, quando

se decompõem, podem contribuir para a manutenção da fertilidade do solo (ZENG *et al.*, 2010). O uso desses resíduos é uma opção para melhorar a qualidade dos solos degradados de núcleos de desertificação.

Quando os resíduos vegetais são incorporados ao solo, se tem a caracterização da adubação verde. Essa é uma prática utilizada para a fertilização do solo que consiste no cultivo de determinada planta, normalmente uma leguminosa, com a finalidade de proteger e melhorar o solo. Depois de um determinado período as plantas são cortadas e incorporadas ainda verdes, promovendo assim o enriquecimento do solo com matéria orgânica e nutrientes, principalmente o nitrogênio (ARAÚJO, 2008). Kiehl (1985) afirma que os adubos verdes, após incorporados, tendem a se decompor e a liberar rapidamente os nutrientes.

Segundo Araújo (2008), dentre os benefícios oriundos da adubação verde estão seus efeitos sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além dos efeitos alelopáticos e da proteção que a adubação verde exerce contra a erosão; além de proporcionar maior retenção de água e menor variabilidade térmica no solo. Heinrichs (1996) afirma que a adubação verde é uma prática viável por contribuir para o restabelecimento do equilíbrio do sistema e, conseqüentemente, para o aumento da produtividade. Os adubos verdes são importantes, pois são fontes de nutrientes, produzem grandes quantidades de fitomassa por área e apresentam concentrações elevadas de nutrientes na matéria seca da parte aérea, influenciada pela eficiência de seu sistema radicular em recuperar os nutrientes lixiviados para as camadas mais profundas do solo (SARRANTONIO, SCOTT, 1988; TANAKA, 1981).

As leguminosas arbóreas constituem uma opção para revegetar solos degradados em núcleos de desertificação. Se elas forem estabelecidas no contexto de sistemas agrosilvipastoris, os resíduos provenientes de sua poda podem atuar na adubação verde para viabilizar a produção de culturas de interesse alimentar. Entretanto, segundo Araújo (2012), é preciso dar atenção especial à escolha das espécies a serem usadas na revegetação, pois a escolha inadequada levará a um crescimento reduzido ou mortalidade das plantas.

A capacidade de fixar nitrogênio atmosférico em simbiose com bactérias do grupo dos rizóbios é a grande importância ecológica das leguminosas (ALLEN; ALLEN, 1981). Justamente em virtude do potencial de fixação do nitrogênio atmosférico, as leguminosas apresentam rápida capacidade de adaptação em ambiente de risco (TEIXEIRA *et al.*, 2006). Essas características fazem das leguminosas espécies pioneiras

na recuperação de áreas degradadas (SCHOENHOLTZ; BURGER; TORBET, 1987; EINLOFT; GRIFFITH; RUIZ, 1999).

Para as condições climáticas do semiárido brasileiro, as leguminosas nativas, ou aquelas mais adaptadas ao déficit hídrico, são as que apresentam melhor potencial de utilização em áreas degradadas (ARAÚJO, 2012). Destaque é dado ao sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) como espécie nativa e Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam)) como exótica para revegetar áreas degradadas.

A *M. caesalpiniaefolia* é uma importante leguminosa tropical arbórea, de ocorrência natural dos Estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará, cresce preferencialmente em solos profundos, mas apresenta bom desenvolvimento em solos pobres (RIBASKI *et al.*, 2003). Possui resistência à seca e rápido crescimento (ALMEIDA *et al.*, 1986), alto teor proteico, além da grande produção de serapilheira (COSTA, 1988), sendo considerada indispensável em qualquer programa de reflorestamento na Região Nordeste, principalmente no semiárido. Por ser tolerante à luz e de rápido crescimento, é ideal para reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (NETO, 2010).

Em trabalho realizado por Costa (2004), ficou comprovada a eficiência da *M. caesalpiniaefolia* em aportar nutrientes por meio do material formador de serapilheira, visto que a espécie alcançou valores na magnitude observada para uma capoeira vizinha. Em estudo feito por Nascimento *et al.*, (2015), foi constatado maior acúmulo de nutrientes na leguminosa *M. caesalpiniaefolia* que foi adubada com resíduos da indústria aviária.

A *Leucaena leucocephala* (Lam) é uma importante leguminosa arbórea tropical, de origem na América Central, perene, com sistema radicular que atinge camadas mais profundas do solo, o que lhe confere grande resistência à seca (ARAÚJO, 2012). É uma das forrageiras mais promissoras para a região semiárida, principalmente pela capacidade de rebrota, mesmo durante a época seca (SOUSA, 2005). Ela pode ser utilizada como cobertura de solo e adubação verde, devido sua capacidade de produzir grandes quantidades de matéria seca, podendo também ser utilizada no reflorestamento de áreas degradadas. Essas características estão relacionadas, principalmente, à formação de simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e com fungos micorrízicos (SILVA *et al.*, 2007). Apresentam elevada relação raiz/parte aérea, indicando boa adaptação para o crescimento das plantas em ambientes sujeitos à seca (ARAÚJO, 2013).

Uso de *L. leucocephala* é promissora devido à sua capacidade de crescer em ambientes degradados, com uma quantidade reduzida de matéria orgânica e nutrientes, especialmente nitrogênio (SCHNEIDER *et. al.*, 2012).

A utilização de resíduos agroindustriais, como aquele proveniente da indústria aviária, pode melhorar as condições de um solo degradado de um núcleo de desertificação, viabilizando o desenvolvimento de leguminosas arbóreas. Os resíduos de poda dessas leguminosas devem melhorar ainda mais as condições do solo degradado, viabilizando também o desenvolvimento de culturas de interesse alimentar.

### **3. MATERIAL E METÓDOS**

#### **3.1. Localização da área experimental e caracterização climática da região**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Ceará pertencente ao Departamento de Ciências do Solo (latitude 3°44'25.45"S, longitude 38°34'31.62"O), no município de Fortaleza – CE. A localização geográfica de Fortaleza é 3°45'47' de latitude sul e 38°31'23' de longitude oeste, a uma altitude média de 47 metros. O experimento foi instalado em bancada de 10 x 1,0 m onde foram dispostos vasos com capacidade para cinco litros que representaram as unidades experimentais.

O clima na região em que foi estabelecido o experimento é Aw na classificação de Köppen (1918). A classificação climática de Fortaleza segundo Thornthwaite (1948) é C<sub>2</sub>W<sub>2</sub>A'a'. Caracteriza-se por ser um clima úmido a subúmido, com grande deficiência hídrica no inverno (EMPRAPA, 2004).

#### **3.2. Coleta e caracterização do solo**

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi coletado em um assentamento rural localizado no Município de Irauçuba (CE), mais especificamente no Distrito de Juá, latitude (S) = 3°44'46'' e longitude (W) = 39°47'00'', que faz parte da área do polígono das secas. O Município tem área de aproximadamente 1.384,90 km<sup>2</sup>, distante 174 km da capital Fortaleza e tem acesso pela rodovia Federal BR 222 (SALES; OLIVEIRA, 2006). O clima da região é do tipo BShw', quente e seco, conforme a classificação de Köppen (MILLER, 1971), caracterizado por uma estação seca (julho a dezembro) e outra chuvosa (janeiro a junho).

A área em que o solo foi coletado apresentava sinais visíveis de degradação com erosão em sulcos evoluindo para voçorocas. No histórico de manejo, o preparo da área foi no sistema de derruba-e-queima seguido pelo cultivo de espécies alimentares e sobrepastejo. O solo utilizado no experimento foi coletado na camada superficial de um sulco erosivo existente na área (Figura 1).

**Figura 1** - Área afetada pela erosão na qual foi coletado solo para instalação do experimento. Irauçuba - CE, 2013



Fonte: Nascimento (2014)

A caracterização do solo utilizado neste trabalho foi realizada por Nascimento *et al.*, (2015) que determinou atributos químicos e a textura. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Caracterização química do solo utilizado no experimento

Atributos	Valor
Prof. (cm)	20
pH (H <sub>2</sub> O)	5,4
N (g kg <sup>-1</sup> )	0,6
P (g kg <sup>-1</sup> )	4,13
K (g kg <sup>-1</sup> )	0,28
Ca (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,6
Mg (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,4
H+A (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,5
SB (cmolc kg <sup>-1</sup> )	5,78
C (g kg <sup>-1</sup> )	4,23
MO (g kg <sup>-1</sup> )	7,3
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,43
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	839,0
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	91,0
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	70,0

Fonte: Nascimento, 2014.

### 3.3. Obtenção e caracterização do resíduo

O resíduo orgânico foi coletado em uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria de frangos de corte, localizada no município de Aquiraz - CE. O efluente que origina o resíduo é caracterizado por conter restos de gordura, excrementos, sangue, substâncias do trato digestivo das aves, representando alta concentração de matéria orgânica.

O efluente é originado, principalmente, em quatro seções distintas: sangria, depenagem, evisceração e preparo das carcaças. Toda a água residual dessas seções é direcionada para a Estação de Tratamento de Efluentes (Figura 2). O resíduo remanescente do tratamento é depositado em leito de secagem, sendo posteriormente lançado no ambiente, onde foi realizada a coleta do material para utilização neste estudo.

O resíduo foi acondicionado em sacos de 50 kg e armazenado em galpão. Passou por um período de 3 dias para estabilização, sendo em seguida peneirado e moído até obtenção de um material pulverulento para posterior aplicação no solo.

Após a obtenção do resíduo, uma amostra foi submetida à caracterização química e física (Tabela 2).

**Figura 2** - Estação de Tratamento de Efluentes, Aquiraz - CE.

Fonte: Pontes Filho, 2013.

**Tabela 2** - Caracterização química do resíduo orgânico de Estação de tratamento de efluentes coletado em Aquiraz – CE.

Atributos	Valor
pH CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	5,5
Umidade (65°C)	6,3%
Nitrogênio Total	40,2 g kg <sup>-1</sup>
Carbono Orgânico	39,0%
Mat. Orgânica Total	67,3%
Relação C/N (C Org e N total)	9,7/1
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total)	13,7 g kg <sup>-1</sup>
Potássio (K Total)	5,5 mg kg <sup>-1</sup>
Cálcio (Ca Total)	41,5 g kg <sup>-1</sup>
Magnésio (Mg Total)	1,6 g kg <sup>-1</sup>
Cobre (Cu Total)	413,9 mg kg <sup>-1</sup>
Ferro (Fe Total)	1245,6 mg kg <sup>-1</sup>
Manganês (Mn Total)	87,2 mg kg <sup>-1</sup>
Zinco (Zn Total)	527,9 mg kg <sup>-1</sup>
Sódio (Na Total)	11,0 mg kg <sup>-1</sup>

N (Digestão sulfúrica método micro-Kjeldahl); C orgânico (oxidação da matéria orgânica com solução 0,167 mol L<sup>-1</sup> de dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,20 mol L<sup>-1</sup>); P (Digestão nitroperclórica, colorimetria); K, Na (Digestão nitroperclórica, espectrofotometria de chama); Ca, Mg, Cu, Mn, Zn e Fe (Digestão nitroperclórica, espectrofotometria de absorção atômica).

Fonte: Souza, 2014.

### 3.4. Obtenção e quebra de dormência das sementes de leguminosas arbóreas

As sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) foram obtidas no campo experimental da Embrapa Meio-Norte (Piauí) e as sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.)) foram coletadas no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza, CE).

As sementes foram submetidas à quebra de dormência, sendo necessário submetê-las a tratamento com ácido sulfúrico (96-98 % PA), com imersão durante 6 minutos para *M. caesalpiniaefolia* e 20 minutos para *L. leucocephala*. Na sequência, as sementes foram lavadas com água destilada, conforme procedimentos descritos em Passos *et al.*, (2007) e Teles *et al.*, (2000), respectivamente.

### 3.5. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4x3 (4 doses de resíduo da indústria aviária, 2 espécies de leguminosas e 1 vaso com ausência de leguminosas) com 4 repetições, constituindo 48 unidades experimentais.

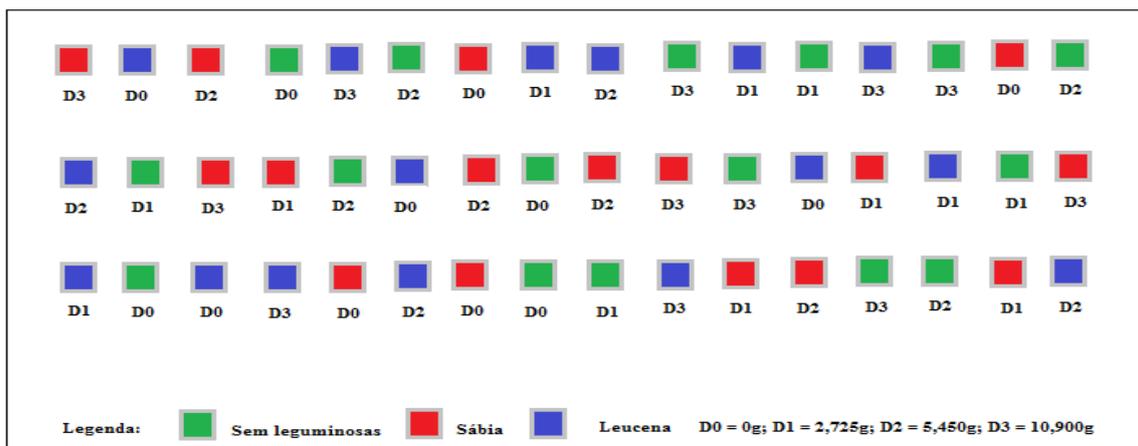
As doses do resíduo que foram utilizadas neste estudo foram as mesmas utilizadas por Nascimento (2013), sendo adaptada para a quantidade de nitrogênio que o resíduo possui. Como o N-total é o nutriente presente em maior quantidade no resíduo (40,2 g kg<sup>-1</sup>), os cálculos foram feitos visando a obtenção de doses correspondentes a 0, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N-total.

As quantidades de resíduo que foram aplicadas nos vasos em cada tratamento, bem como as respectivas doses de N por vaso foram as seguintes:

- D0- zero de resíduo (Controle);
- D1- 497,51 kg ha<sup>-1</sup> (Equivalente a 1,24 g vaso<sup>-1</sup>);
- D2- 995,02 kg ha<sup>-1</sup> (Equivalente a 2,49 g vaso<sup>-1</sup>);
- D3- 1990,05 kg ha<sup>-1</sup> (Equivalente a 4,97 g vaso<sup>-1</sup>);

A aplicação do resíduo foi feita por meio da homogeneização do mesmo com o solo, que em seguida foi colocado em vasos com capacidade para 5 litros.

**Figura 3** - Croqui do experimento.



Fonte: Souza, 2014.

**Figura 4** - Vasos que representam os tratamentos sem leguminosas, com *L. leucocephala* e com *M. caesalpiniaefolia* (a e b).



Fonte: Souza, 2014.

### 3.6. Obtenção das mudas de leguminosas arbóreas, implantação e condução do experimento

As sementes das leguminosas foram semeadas em bandeja com 162 células, utilizando-se como substrato areia e vermiculita. Para cada célula das bandejas utilizaram-se três sementes depositadas na profundidade de 2 cm, sendo 81 células para *M. caesalpiniaefolia* e 81 células para *L. leucocephala*. Aos 12 dias após semeadura

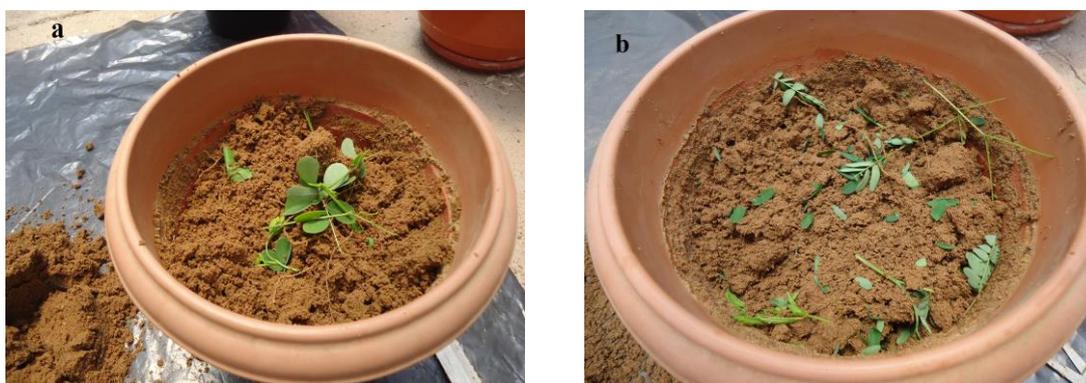
(DAS) foi feito o desbaste em cada célula, mantendo a planta mais vigorosa. O transplântio foi realizado aos 15 DAS.

As mudas foram transplantadas para vasos com capacidade para 5 litros, preenchidos com solo degradado proveniente do núcleo de desertificação de Irauçuba e que já havia recebido o resíduo orgânico da Estação de Tratamento de Efluentes de indústria aviária, constituindo os tratamentos avaliados no presente estudo. Cada vaso constituiu uma unidade experimental e recebeu três mudas de leguminosas, sendo que o desbaste foi realizado 10 dias após o transplântio, permanecendo somente as plantas mais vigorosas.

A irrigação dos vasos foi feita para manter a umidade a 70% da capacidade de campo que foi determinada utilizando mesa de tensão com -33Kpa. Os vasos foram irrigados até atingir 70% da capacidade de campo e pesados diariamente para viabilizar o controle da irrigação do experimento. Por meio da pesagem diária dos vasos foi possível determinar a massa de água perdida por evapotranspiração, procedendo-se a irrigação diária para repor a massa de água evapotranspirada.

Foi adotado o período de 40 dias para acompanhamento semanal da altura das leguminosas, conforme realizado por Nascimento *et al.*, (2015). Ao final desse período as mudas foram retiradas dos vasos, trituradas e incorporadas ao solo como adubo verde para posterior cultivo de milho (*Zea mays* L.) (Figura 5).

**Figura 5** – Incorporação dos resíduos de *M. caesalpiniaefolia* (a) e *L. leucocephala* (b) ao solo dos vasos, 40 dias após transplante das mudas.



Fonte: Souza, 2014.

Após a incorporação dos resíduos das leguminosas ao solo foi dado um período de 10 dias para proporcionar a decomposição dos resíduos e a liberação de nutrientes para posterior estabelecimento da cultura do milho que foi semeado 50 dias após o transplante das leguminosas. Foram semeadas quatro sementes de milho por vaso. A irrigação dos vasos foi feita com base na capacidade de campo e o controle foi feito pelo método da pesagem, conforme explicado anteriormente. O desbaste das plantas de milho foi realizado 10 dias após a semeadura, deixando somente uma planta mais vigorosa por vaso.

As plantas de milho permaneceram por 30 dias nos vasos, onde foram acompanhadas semanalmente utilizando o mesmo procedimento que foi realizado nas leguminosas para a medição da altura. Ao final desse período, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e raízes que foram armazenadas em sacos de papel. Após a coleta das plantas, foram coletadas amostras de solo em cada vaso ao final do experimento.

### **3.7. Variáveis avaliadas**

#### ***3.7.1. Crescimento e massa seca das plantas***

A altura das leguminosas e das plantas de milho foi avaliada por intermédio de régua graduada em centímetros. O incremento em altura das leguminosas foi avaliado por meio da diferença entre a medição das plantas no final e início do ensaio.

O material vegetal, após coleta, foi encaminhado ao Laboratório de Manejo e Conservação do Solo e Água para pesagem da massa fresca e, em seguida, foi levado para estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo posteriormente pesado para quantificar a massa seca de parte aérea e raízes. Vale destacar que esse procedimento foi feito apenas para a cultura do milho, pois a biomassa das leguminosas foi incorporada ao solo. No trabalho realizado por Nascimento *et al.*, (2015), são encontradas informações sobre a matéria seca e o acúmulo de nutrientes pelas leguminosas arbóreas em resposta às mesmas doses de resíduo da indústria aviária que foram utilizadas no presente estudo.

### **3.7.2. Teor e acúmulo de nutrientes**

A massa seca das plantas de milho foi moída para posterior realização das análises químicas. Na biomassa proveniente da parte aérea e raiz das plantas foram determinados teores de macro e micronutrientes.

Seguindo procedimentos descritos em Malavolta *et al.* (1997), os extratos para análise dos teores de fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram obtidos por meio da digestão nitroperclórica. Os teores de Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, Na e K por fotometria de chama e o P por colorimetria.

Os teores de nitrogênio total (N) foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl, que consiste em digestão sulfúrica e destilação do digerido em meio alcalino utilizando destilado de nitrogênio semiautomático com destilação de amônia e arraste de vapor sendo adaptado por Bremner e Mulvaney (1982) e descrito por Malavolta *et al.* (1997). O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto de massa de matéria seca pelo teor dos nutrientes.

## **3.8. Variáveis avaliadas no solo após aplicação dos tratamentos**

### **3.8.1. Carbono orgânico**

Os teores de carbono orgânico total (COT) foram determinados conforme método descrito por Yeomans e Bremner (1988) e adaptado por Mendonça e Matos (2005). O método consiste na oxidação da matéria orgânica com solução 0,167 mol L<sup>-1</sup> de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,4 N) e titulação com solução de ferro (Fe (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,1 N) reduzido em meio ácido na presença do indicador Ferroin.

### **3.8.2. Teor de macronutrientes**

As amostras de solo coletadas foram submetidas a análises químicas; os teores de macronutrientes foram determinados seguindo procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo Embrapa (2011). Foram determinados os teores de nitrogênio total (N) pelo método Kjeldahl que consiste em digestão sulfúrica e

destilação do digerido em meio alcalino utilizando destilado de nitrogênio semiautomático com destilação de amônia e arraste de vapor sendo adaptado por Bremner e Mulvaney (1982) e descrito por Malavolta *et al.* (1997). O fósforo (P) e o potássio (K) foram extraídos utilizando solução diluída de Mehlich-1 com posterior determinação de P por colorimetria e do K por espectrofotometria de chama. O cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram extraídos com solução diluída de ácido clorídrico (KCl) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O sódio (Na) foi extraído utilizando a solução diluída de ácido clorídrico (KCl) e posterior determinação com espectrofotometria de chama.

### **3.9. Análises estatísticas**

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade para comparação de médias dos fatores qualitativos (espécies) e análise de regressão para fatores quantitativos (doses), utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Crescimento de *Leucaena leucocephala* e *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth em resposta às doses de resíduo da indústria aviária

Houve efeito significativo para os fatores isolados (espécie e doses) e para o fator interação entre os tratamentos de medida em altura e incremento em altura das leguminosas (Tabela 3).

**Tabela 3** - Resumo da ANOVA para os parâmetros altura e incremento em altura das leguminosas arbóreas em resposta aos tratamentos avaliados.

Fontes Variação	GL	Altura	Incremento em altura
Espécie	1	35,8**	28,9**
Dose	3	6,2**	6,2**
Espécie*Dose	3	3,9*	4,0*
CV (%)		23,0	28,8

\*\* , \* e ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente

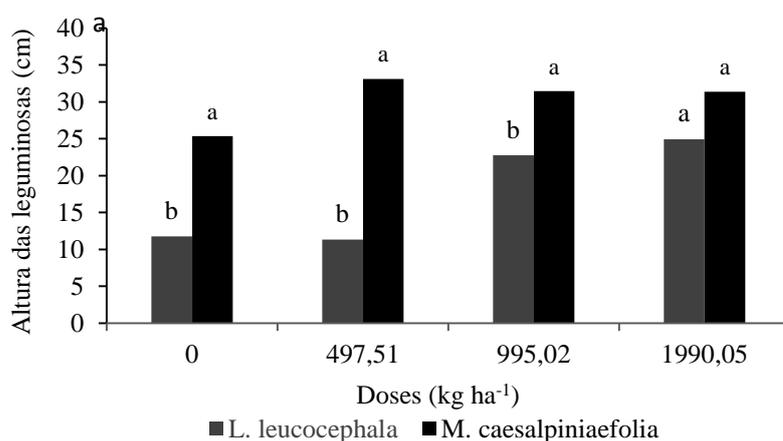
Fonte: Elaborado pela autora.

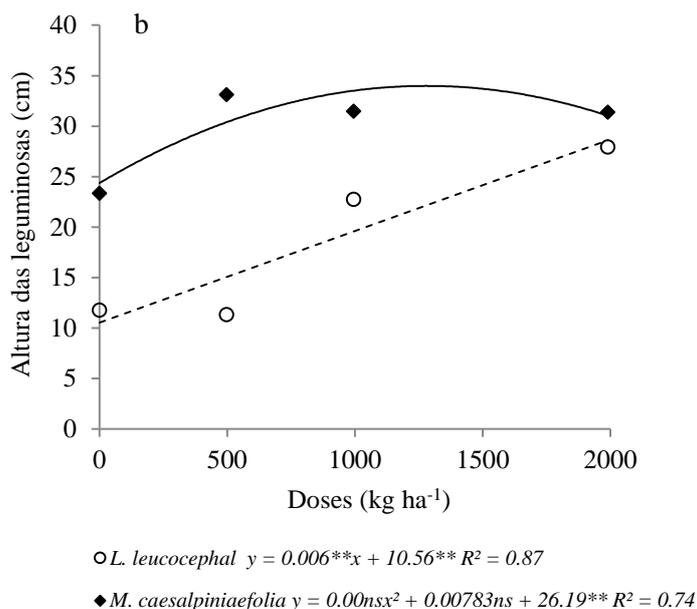
Após 40 dias do transplante das mudas de leguminosas, foi verificado que *L. leucocephala* apresentou menor altura média (18,4 cm) do que *M. caesalpiniaefolia* (30,3 cm). Valores semelhantes foram encontrados no estudo de Nascimento *et al.* (2015) que foi precursor do presente trabalho. Os autores também verificaram que *L. leucocephala* apresentou menor altura (16,8 cm) do que *M. caesalpiniaefolia* (30,6 cm) e essa informação, associada ao fato de que as plantas foram conduzidas nas mesmas condições em ambos os estudos, permite inferir que o acúmulo de nutrientes nas leguminosas deste trabalho foi similar ao encontrado por Nascimento *et al.* (2015). Maior desenvolvimento em altura da *M. caesalpiniaefolia* em comparação à *L. leucocephala* também foi verificado em estudo no qual as leguminosas se desenvolveram em solo degradado tratado com resíduo de carcinicultura (ARAÚJO e COSTA, 2013).

A altura das leguminosas 40 dias após a aplicação do resíduo apresentou melhor desempenho para a leguminosa *M. caesalpiniaefolia* que a *L. leucocephala* em todas as doses. Somente a maior dose D3 que não apresentou diferença significativa entre as duas espécies, isso indica que a altura de *L. leucocephala* tornou-se semelhante à de *M. caesalpiniaefolia* diante da maior dose, indicando seu melhor desenvolvimento com o incremento da dose de resíduo orgânico (Figura 6a).

Na análise de regressão para altura das leguminosas em resposta às doses de resíduo (Figura 6b), o modelo que melhor se ajustou para *M. caesalpiniaefolia* foi o quadrático, enquanto que para *L. leucocephala* o modelo que melhor se ajustou foi o linear, apresentando um valor de  $R^2$  mais alto. A *M. caesalpiniaefolia* apresentou melhor resposta (33,12 cm) da variável em questão para a dose de resíduo D<sub>1</sub>, já a *L. leucocephala* apresentou melhor resposta (27,95 cm) em resposta à maior dose do resíduo (D<sub>3</sub>). Pode-se explicar essa resposta porque a *L. leucocephala* tem o crescimento inicial lento, recomendando o uso de mudas para que o crescimento seja constante e vigoroso (TELES *et al.*, 2000).

**Figura 6** – Altura (cm) de *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia* 40 dias após aplicação do resíduo da indústria aviária. Estudo do fator “espécies” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).



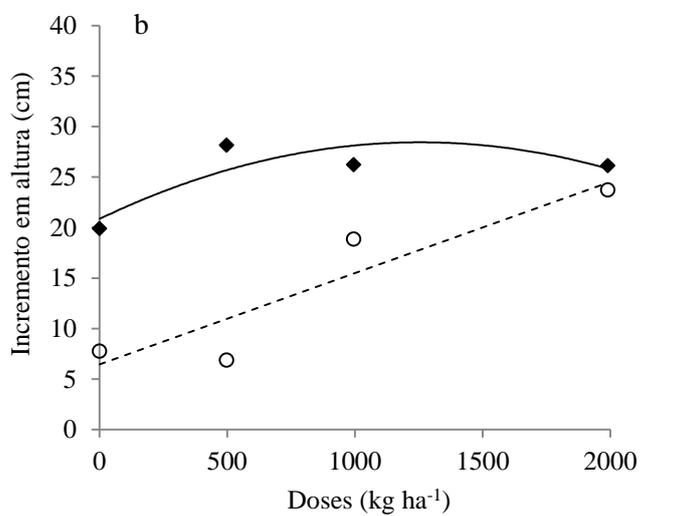
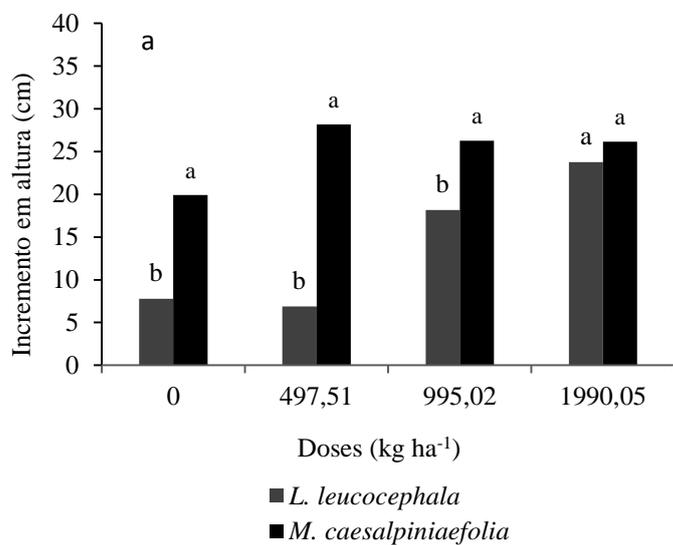


Fonte: Elaborado pela autora.

O valor médio de incremento em altura foi 14,3 cm para *L. leucocephala*, apresentando menor desempenho que a *M. caesalpiniaefolia* (25,1 cm) para todas as doses. Em estudo realizado por Nascimento *et al.* (2015), o incremento em altura para *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia* foi de 12,6 cm e 26,25 cm, respectivamente. Por meio desse resultado se constata que o resíduo da indústria aviária aplicado neste trabalho apresentou efeito semelhante ao verificado no estudo de Nascimento *et al.* (2015) para o incremento em altura das leguminosas.

. Na figura 7a o incremento em altura para a dose D3 não apresentou diferença entre as espécies estudadas. Os valores de incremento em altura se ajustaram a um modelo de resposta quadrática para a *M. caesalpiniaefolia* e linear para a *L. leucocephala* (Figura 7b).

**Figura 7** – Incremento em altura (cm) de *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia* 40 dias após aplicação do resíduo da indústria aviária. Estudo do fator “espécies” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).



○ *L. leucocephala*  $y = 6.47 * x + 0.0061ns$   $R^2 = 0.85$

◆ *M. caesalpiniaefolia*  $y = 20.85 ** x^2 + 0.0082nsx - 0.000002ns$   $R^2 = 0.73$

## 4.2 Crescimento e massa seca das plantas de milho

Os resultados da análise de variância revelaram efeitos significativos para o fator isolado (leguminosas) para massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e relação biomassa de raiz/biomassa de parte aérea. Para o fator isolado “doses” somente a altura não apresentou significância. A interação foi significativa somente para massa seca da parte aérea, levando ao desdobramento do fator de estudo “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo da indústria aviária (Tabela 4).

**Tabela 4** - Resumo da ANOVA para os parâmetros altura, incremento em altura, massa seca de parte aérea e raiz e relação biomassa de raiz/biomassa de parte aérea das plantas de milho.

Fontes Variação	GL	Altura	Incremento em altura	Massa seca da parte aérea	Massa seca de raiz	Relação biomassa de raiz / biomassa de parte aérea
Leguminosa	1	0,364ns	1,109ns	23,076**	20,473**	34,079**
Dose	3	2,674ns	3,012*	33,526**	15,761**	6,260**
Espécie*Leguminosa	3	2,277ns	2,016ns	2,902*	2,158 <sup>ns</sup>	1,201 <sup>ns</sup>
CV (%)		11,98	22,17	16,02	28,45	9,5

\*\*, \* e ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente

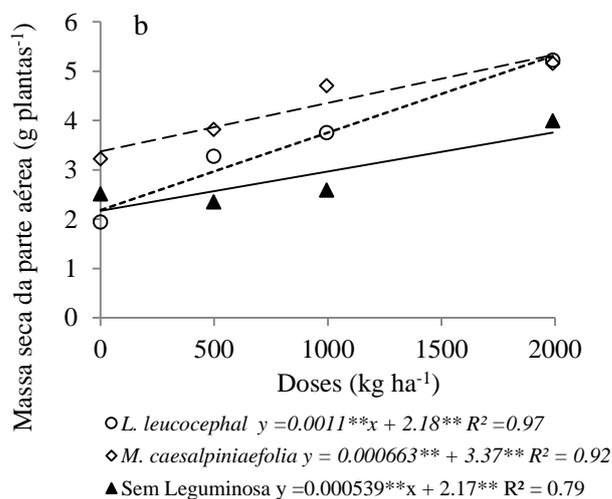
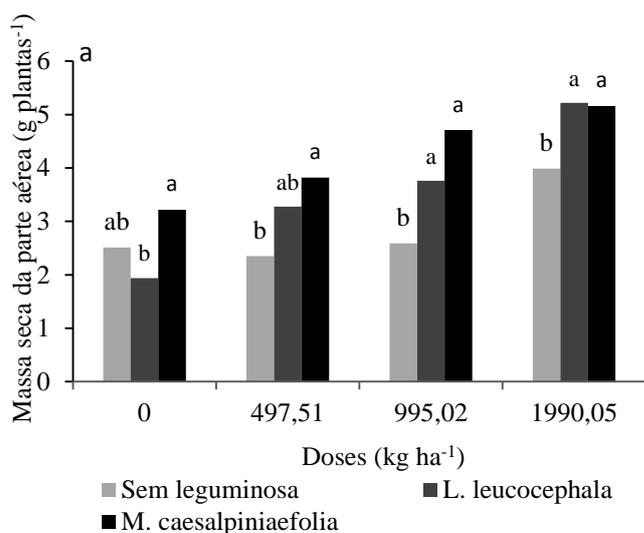
Fonte: Elaborado pela autora.

Na figura 8a constata-se que *M. caesalpiniaefolia* resultou em melhor desempenho para a cultura de interesse alimentar. Mesmo na dose D0 de resíduo da indústria aviária já foi possível verificar maior massa seca de parte aérea do milho, em comparação com os tratamentos sem leguminosas (controle) e com *L. leucocephala*. Isso indica que o resíduo de *M. caesalpiniaefolia* incorporado ao solo tem potencial de ofertar maiores quantidades de nutrientes à cultura do milho, enquanto que a incorporação de *L. leucocephala* pode levar à imobilização do N do solo. As doses D1, D2 e D3 para *M. caesalpiniaefolia* e *L. leucocephala* resultaram em maior desenvolvimento da parte aérea do milho em comparação com o tratamento controle (Figura 8a).

A resposta da massa seca da parte aérea das plantas de milho às doses de resíduo da indústria aviária foi linear (Figura 8b). Por meio das curvas de regressão

constata-se que as doses de resíduo da indústria aviária aumentaram a massa seca da parte aérea do milho, mediante presença dos resíduos das leguminosas *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia*.

**Figura 8-** Massa seca de parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).



Fonte: Elaborado pela autora.

### 4.3. Acúmulo de nutrientes na parte aérea do milho

#### 4.3.1 Acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na parte aérea do milho

Na análise de variância foram verificados efeitos significativos para o fator isolado “leguminosas” no acúmulo de magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P), para as “doses” no acúmulo de cálcio (Ca), Mg, K e P. Na interação entre fatores de tratamento (leguminosas x doses) foi observada significância para o acúmulo de Mg, K e P (Tabela 5).

De modo geral, o acúmulo de nutrientes na parte aérea seguiu a seguinte ordem decrescente nos três tratamentos  $K > Mg > Ca > Na > P$ . Ferreira (2009) em experimento avaliado diferentes genótipos por duas safras consecutivas, encontrou concentrações de macronutrientes nas ordens  $K > Mg > Ca > P$ . A absorção de nutrientes pelo milho segue essa ordem decrescente K, P, Ca e Mg (COELHO e FRANÇA, 1995; VASCONCELLOS *et al.*, 1983; PAULETTI, 2004; VON PINHO *et al.*, 2009). A absorção de nutrientes logo no início do ciclo da cultura do milho é mínima, pois as reservas contidas nas sementes são suficientes para as necessidades iniciais da planta (STIPP, YAMADA, 1988).

**Tabela 5** - Resumo da ANOVA para acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na parte aérea do milho.

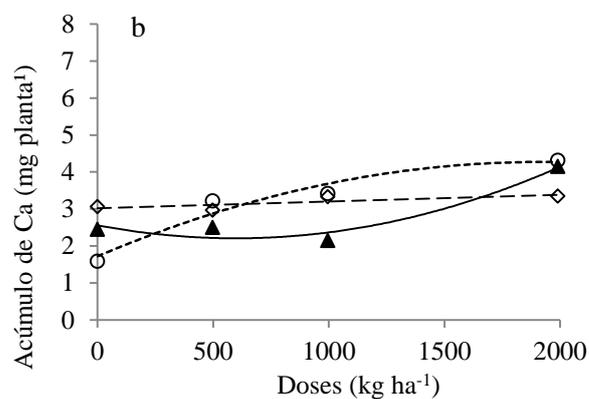
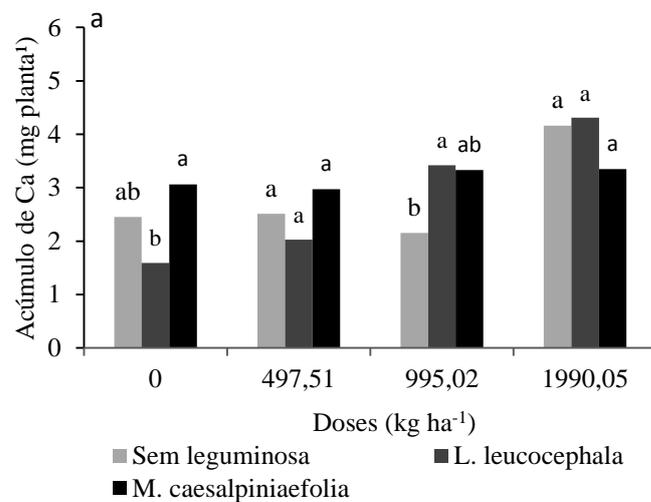
Fontes Variação	Ca	Mg	Na	K	P
Leguminosas	1,20 <sup>ns</sup>	8,76**	2,37 <sup>ns</sup>	12,96**	20,75**
Doses	9,82**	16,89**	2,19 <sup>ns</sup>	29,00**	24,92**
Leguminosas*Doses	3,28*	4,14**	0,31 <sup>ns</sup>	3,01*	2,88*
CV (%)	23,73	22,88	41,66	18,14	19,86

\*\* , \* e ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente

O acúmulo de cálcio na parte aérea do milho após a incorporação do resíduo apresentou maiores valores na dose D0 para a leguminosa *M. caesalpiniaefolia*, seguido controle. Já para a maior dose D3 o maior valor de Ca foi para a *L. leucocephala* e seguido do controle, sendo que não verificou-se diferença significativa entre os tratamentos seguidos de mesma letras. (Figura 9a). O acúmulo de Ca na parte aérea se ajustou em

modelo quadrático para *L. leucocephala* e os vasos sem leguminosas. Já os valores de Ca para os vasos adubados com os resíduos de *M. caesalpiniaefolia* se ajustaram em um modelo linear (Figura 9b).

**Figura 9.** Acúmulo de cálcio da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa



○ *L. leucocephala*  $y = -0.0000003nsx^2 + 0,0018*x + 1,72** R^2 = 0.95$

◇ *M. caesalpiniaefolia*  $y = 0.000121nsx + 3.02** R^2 = 0.64$

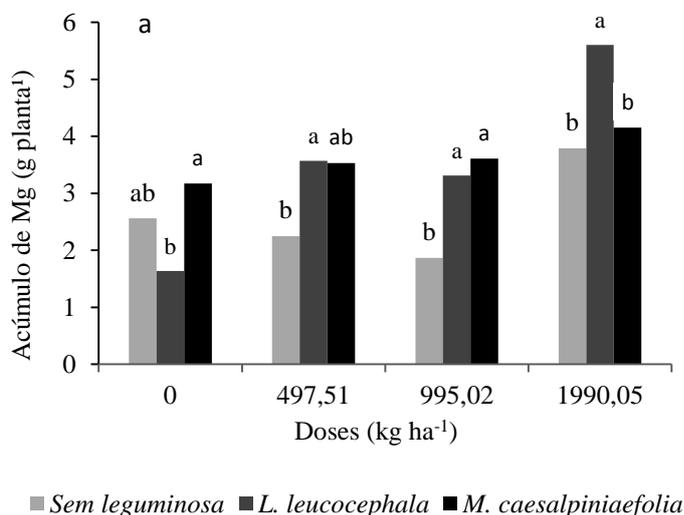
▲ Sem Leguminosa  $y = -0.0000001nsx^2 - 0,00078412xns + 2,55** R^2 = 0.94$

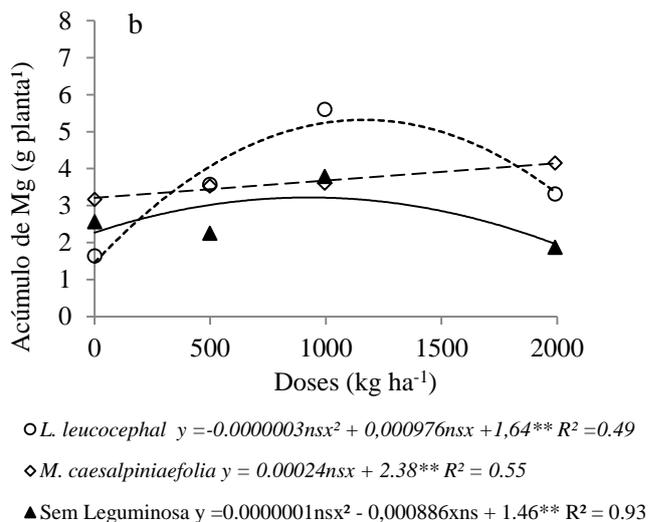
No acúmulo de Mg da parte aérea, D<sub>3</sub> resultou em melhor desempenho mediante cultivo prévio do solo com *L. leucocephala*, resultado em valor médio de 5,6 g planta<sup>-1</sup> de Mg, diferindo estatisticamente entre os tratamentos com *M. caesalpiniaefolia* e sem leguminosas que apresentaram mesmas letras entre-se. A D<sub>0</sub> resultou em maior acúmulo de Mg para *M. caesalpiniaefolia* e o menor valor para *L. leucocephala*, sendo que estatisticamente essa dose não diferenciaram em relação aos vasos sem leguminosas ( Figura 10a).

O acúmulo de Mg apresentou modelo quadráticos para os vasos sem leguminosas e com *L. leucocephala*. Já para a *M. caesalpiniaefolia* melhor se enquadrou no modelo linear (Figura 10b)

O acúmulo de Mg é distribuído por todo o ciclo de desenvolvimento da planta de milho, observando-se elevação significativa da taxa de absorção na fase de enchimento de grãos, com o ponto de máximo acúmulo ocorrendo aos 80 dias (ANDRADE *et al.*, 1975; KARLEN *et al.*, 1988)

**Figura 10.** Acúmulo de magnésio da parte área do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa



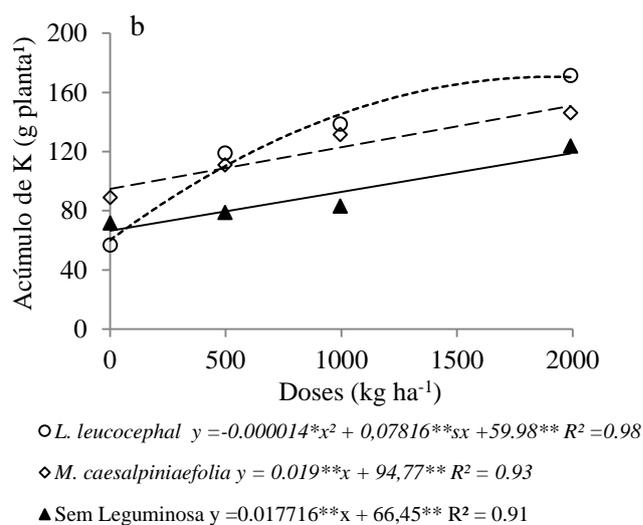
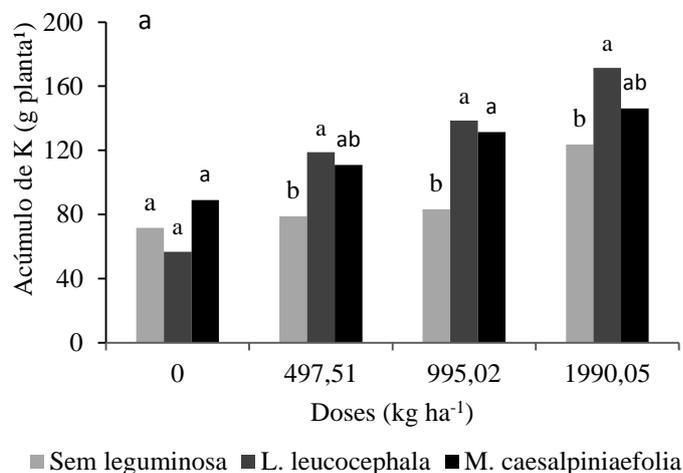


Fonte: Elaborado pela autora.

Em média o K foi o elemento mais acumulado pelas plantas de milho, no geral as maiores quantidade verificou-se nos vasos que receberam a incorporação dos resíduos das leguminosas. Quando se analisa o fator leguminosas dentro das doses, verificar-se que D3 resultou em maior acúmulo de K para *L. leucocephala*, uma das justificativas pode está relacionado a quantidade de K que essa leguminosa acúmulo após 40 dias do primeiro cultivo. Nascimento *et al.*, (2015) em estudos com mesmas leguminosas verificou-se que *L. leucocephala* apresentou valores maiores (1,66 mg planta<sup>-1</sup>) que as *M. caesalpiniaefolia* (0,86mg planta<sup>-1</sup>). Já dose D<sub>0</sub> apresentou melhor desempenho para *M. caesalpiniaefolia*, sendo que as médias foram semelhantes entre se com mesmas letras ( Figura 11a). O potássio é o segundo elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho (HIROCE *et al.*, 1989).

As doses do resíduos se enquadraram melhor em modelos de regressão quadrática paras os vasos com *L. leucocephala* e linear para os vasos com *M. caesalpiniaefolia* e sem leguminosas (Figura 11b).

**Figura 11** - Acúmulo de potássio da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa(b).

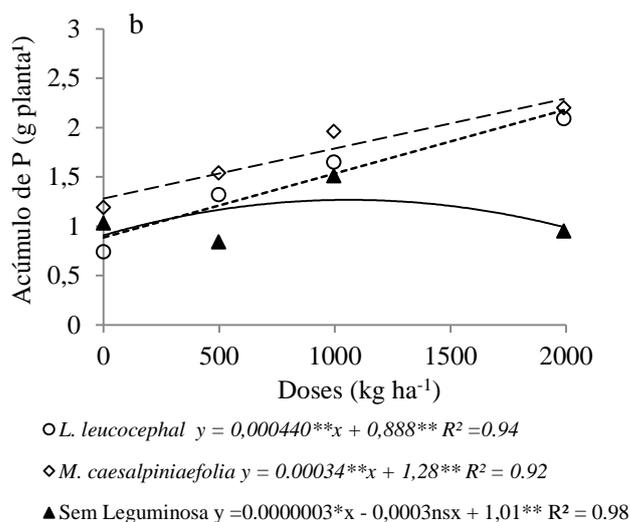
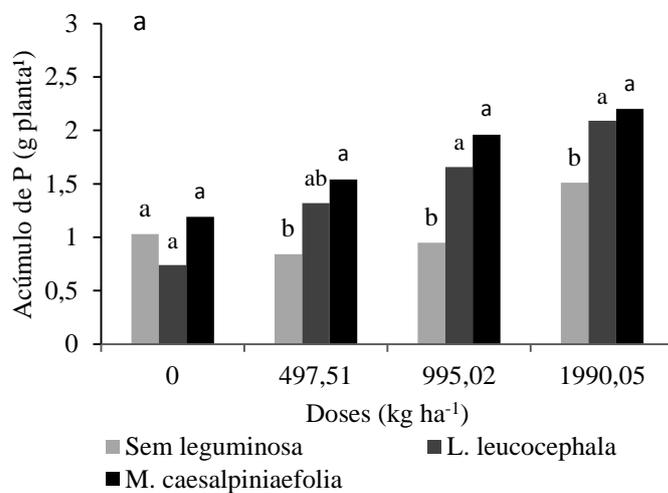


Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto ao acúmulo de P na parte aérea das plantas de milho, em D<sub>0</sub> *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia* resultaram em valores semelhantes e não diferiram estatisticamente dos vasos sem leguminosas, seguindo de letras semelhantes. Para a dose D3 os vasos com leguminosas apresentaram maior acúmulo de P em relação aos vasos sem leguminosas, os vasos que tiveram a incorporação das leguminosas apresentaram letras semelhantes mostrando que suas médias foram semelhante e diferiram dos tratamentos controles (Figura 12a).

Ao avaliar o acúmulo de fósforo no milho em função das doses de resíduo da indústria aviária, este se enquadrou em um ajuste quadrático para os vasos sem leguminosas. O modelo linear melhor se enquadrou nos valores de P dos vasos com leguminosas. (Figura 12b).

**Figura 12** - Acúmulo de fósforo da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).



Fonte: Elaborado pela autora.

### 4.3.2 Acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre na parte aérea do milho

O acúmulo de micronutrientes na parte aérea das plantas de milho apresentou significância para os fatores isolados (leguminosas e doses) somente para os elementos manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn), não apresentando interação significativa para nenhum tratamento (Tabela 6). Constatou-se a seguinte ordem decrescente de acúmulo:  $Mn > Fe > Zn > Cu$  para todos os tratamentos. Em estudos feitos por Franco e Coelho (2001) em cultura do milho, inferiram que a extração de micronutrientes segue a ordem decrescente:  $Fe > Zn = Mn > Cu$ . Nascimento *et al.* (2015) em sua pesquisa constataram influência de doses de resíduos da indústria aviária no acúmulo de Mn e Zn nas espécies *M. caesalpiniaefolia* e *L. leucocephala*. Assim, a parte aérea dessas leguminosas depositada no solo pode influenciar o acúmulo desses micronutrientes em culturas que venham a ser estabelecidas posteriormente.

**Tabela 6** - Resumo da ANOVA para acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre na parte aérea do milho.

Fonte de variação	Mn	Fe	Zn	Cu
Leguminosas	3,15 <sup>ns</sup>	4,46*	0,22 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
Doses	6,99**	4,52**	6,26*	1,29 <sup>ns</sup>
Leguminosas*Doses	1,61 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>
CV (%)	27,53	47,31	45,21	72,36

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

## 4.4 Acúmulo de nutrientes na raiz do milho

### 4.4.1 Acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na raiz do milho

O acúmulo dos macronutrientes verificamos que o fatores isolados “leguminosas e doses” apresentou significância para o acúmulo de Ca, Mg, Na, K e P nas raízes, sem apresentar significância para as interações (Tabela 11).

**Tabela 7** - Resumo da ANOVA para acúmulo de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo na raiz do milho.

Fontes Variação	Ca	Mg	Na	K	P
Leguminosas	15,48**	21,34**	17,99**	18,17**	15,78**
Doses	21,25**	16,21**	13,38**	12,16**	11,37**
Leguminosas*Doses	2,14 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>
CV (%)	37,94	29,85	29,69	35,41	36,61

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

#### 4.4.2 Acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre na raiz do milho

A análise de variância para o acúmulo de micronutrientes nas raízes de milho apresentou resposta significativa para os fatores isolados leguminosas e doses, de modo que para o acúmulo de Mn e Cu houve resposta para a fonte de variação “leguminosa”, enquanto que para o acúmulo de Zn houve resposta ao fator “doses”. A interação somente foi significativa para o acúmulo de Mn (Tabela 8).

**Tabela 8** - Resumo da ANOVA para acúmulo de manganês, ferro, zinco e cobre nas raízes do milho.

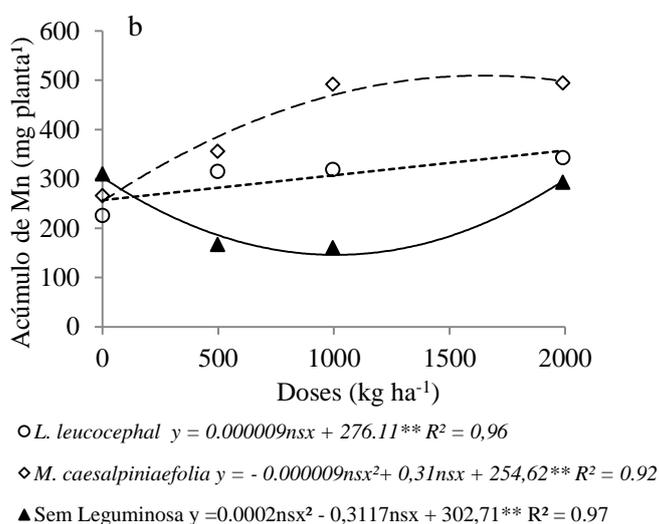
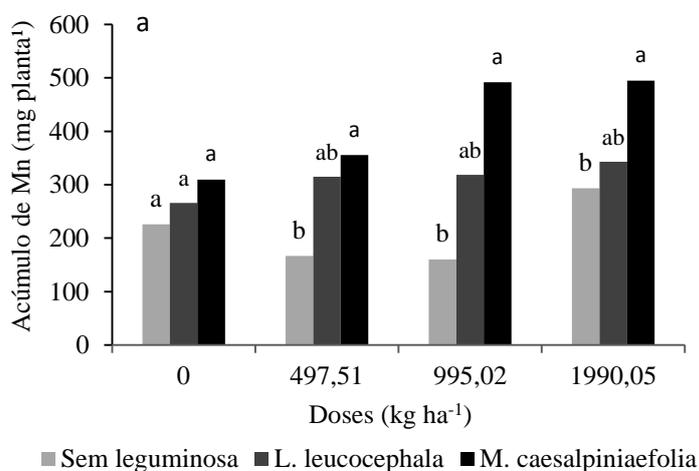
Fontes Variação	Mn	Fe	Zn	Cu
Leguminosas	10,40**	4,59 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	5,57**
Doses	2,66 <sup>ns</sup>	5,97 <sup>ns</sup>	5,57**	1,69 <sup>ns</sup>
Leguminosas*Doses	2,52*	1,87 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
CV (%)	33,92	42,55	33,07	54,64

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

*M. caesalpiniaefolia* resultou em maiores valores de acúmulo de Mn nas raízes em relação aos demais tratamentos. O acúmulo de Mn na dose D0 não diferiu entre tratamentos, mas nas demais doses o acúmulo foi maior associado aos tratamentos com leguminosas. A dose D0 apresentou resultado seguidas de mesma letra, ou seja os tratamentos não diferiram entre se. A dose D2 e D3 tiveram o melhor desempenho para os vasos que tiveram aplicação de *M. caesalpiniaefolia*, seguido da *L. leucocephala* e por último os vasos sem leguminosas tiveram o menor valor de Mn nas raízes (Figura 12a).

Ao avaliar o acúmulo de Mn nas raízes do milho em função das doses de resíduo da indústria aviária, verifica-se respostas que ajustam-se a modelos quadráticos para os vasos com *M. caesalpiniaefolia* e linear para os vasos com *L. leucocephala* e sem leguminosas (Figura 12a).

**Figura 12** - Acúmulo de manganês das raízes de milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.5 Acúmulo de nitrogênio da parte aérea e nas raízes de milho

Para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea e raiz de milho houve resposta aos fatores isolados “leguminosas” e “doses”, como também para a interação (leguminosas\*doses) (Tabela 9).

**Tabela 9** - Resumo da ANOVA para acúmulo de nitrogênio na raiz e na parte aérea das plantas de milho.

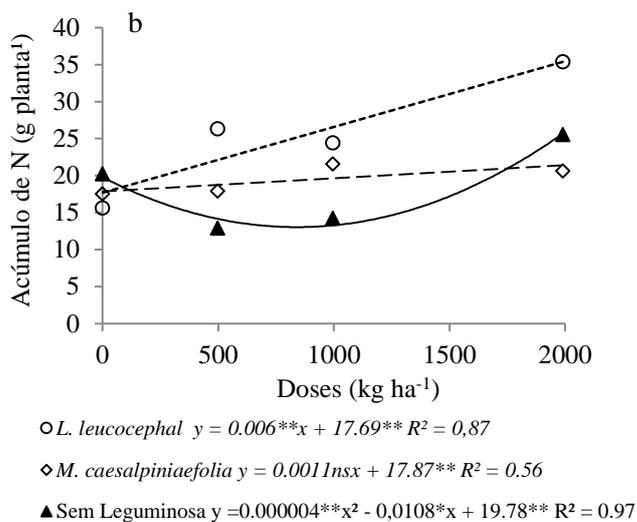
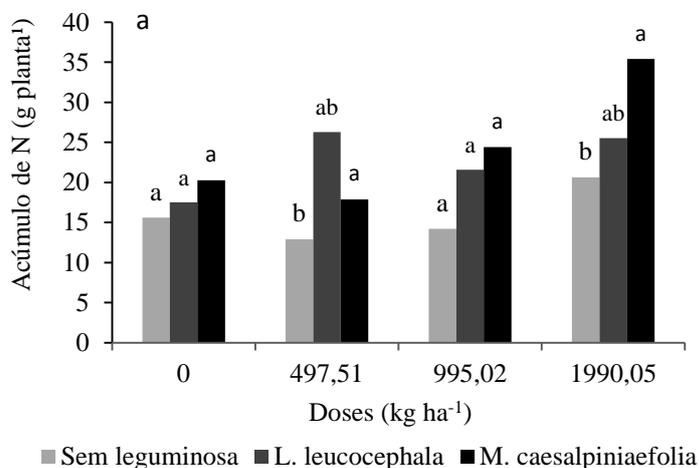
Fontes Variação	Nitrogênio	
	Parte aérea	Raiz
Leguminosas	6,75**	16,04**
Doses	6,00**	10,45**
Leguminosas*Doses	2,86*	2,41*
CV (%)	28,33	25,98

\*\* , \* e ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas de milho respondeu às doses de resíduo da indústria aviária e aos resíduos provenientes dos tratamentos com leguminosas. Nas doses D<sub>0</sub> e D<sub>2</sub> de resíduo da indústria aviária, não houve diferença entre tratamentos com leguminosas e sem leguminosas. Entretanto, para as doses D<sub>1</sub> e D<sub>3</sub> a combinação com leguminosas levou a maiores valores de acúmulo de N na cultura. De modo geral, os tratamentos com resíduos de leguminosas favoreceram o acúmulo de N, o que pode ser justificado pelo fato das leguminosas apresentarem N no seu tecido vegetal e por serem fixadoras de N. Nascimento (2015) encontrou maiores valores de acúmulo de N para a *M. caesalpiniaefolia* na parte aérea das plantas. O acúmulo de N em resposta às doses de resíduo da indústria aviária apresentou resposta quadrática para os três tratamentos, mais uma vez com ponto de mínimo para o tratamento sem (Figura 13b).

O N acumulou se me maior quantidade na parte aérea de milho em comparação as raízes.

**Figura 13** - Acúmulo de nitrogênio da parte aérea do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).

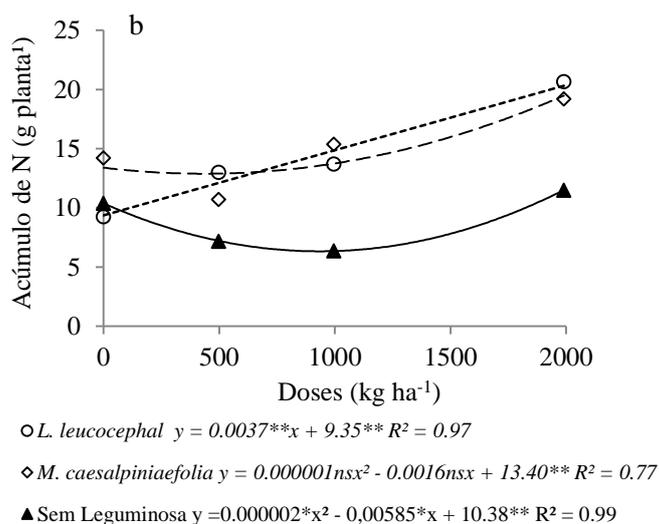
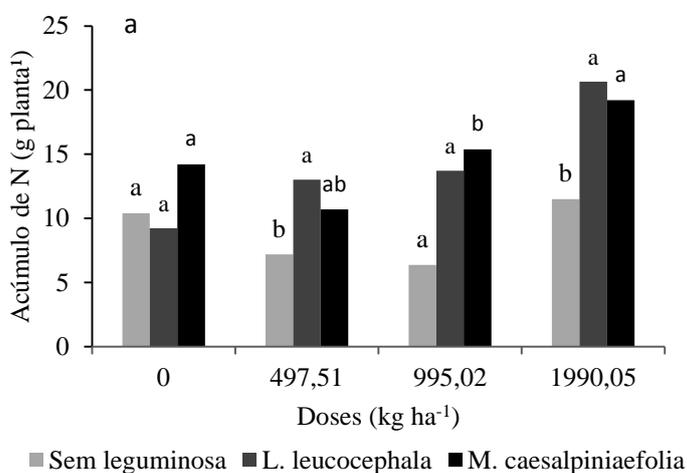


Fonte: Elaborado pela autora.

Nas raízes das plantas de milho também houve interação entre tratamentos para o acúmulo de N (Tabela 9). Nascimento (2015) não encontrou diferença significativa entre as raízes das leguminosas estudadas. Houve maior acúmulo de N nos tratamentos com leguminosas. A dose D<sub>3</sub> de resíduo da indústria aviária apresentou o melhor

desempenho para acumular N nas raízes de milho para todos tratamentos, mas constatou-se que os tratamentos com *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia* resultaram em maior acúmulo do nutriente do que o tratamento controle (Figura 14a). O acúmulo de N em função das doses para a interação se enquadrou em modelo de regressão quadrático para os vasos sem leguminosas e *M. caesalpiniaefolia* e linear para *L. leucocephala* (Figura 14b).

**Figura 14** - Acúmulo de nitrogênio da raiz do milho 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.6 Carbono orgânico, nitrogênio total no solo e relação C/N:

Os valores de carbono orgânico (CO), nitrogênio total do solo e a relação C/N não variaram em resposta aos tratamentos avaliados neste estudo (Tabela 10). Segundo Silva *et al.*, (2007) o conteúdo de carbono no solo está ligado ao aporte de resíduos orgânicos que são nele depositados.

**Tabela 10** - Resumo da ANOVA para carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N do solo após cultivo do milho.

Fontes Variação	CO do solo	N do solo	Relação C/N
Leguminosas	1,08 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Dose	0,23 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>
Leguminosas*Dose	0,50 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
CV (%)	43,07	35,16	59,53

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Mesmo mediante a falta de resposta aos tratamentos, convém destacar que o teor de CO no solo antes do cultivo foi 4,23 g kg<sup>-1</sup>(Tabela 1). No tratamento controle houve um ganho de 43,9% no valor de CO após o cultivo das leguminosas e da cultura do milho. Para o tratamento com cultivo da *L. leucocephala* e do milho houve ganho de 32,1% em relação ao valor de CO no solo antes do cultivo, enquanto que para o tratamento com *M. caesalpiniaefolia* seguido do cultivo do milho houve o menor ganho de CO no solo (14,7%) em relação CO inicial.

Os teores de N no solo após aplicação dos tratamentos e cultivo do milho foram bem próximos ao determinado na caracterização do solo (Tabela 1). A relação C/N foi baixa (valores menores que 20), indicando condições favoráveis à mineralização e liberação de nutrientes a partir da decomposição de resíduos. Para Siqueira e Franco (1988), quando a relação C/N situa-se entre 20 e 30, ocorre um equilíbrio entre os processos de mineralização e de imobilização do nitrogênio; quando atinge valores superiores a 30, a imobilização supera a mineralização. É bem estabelecido que o material orgânico com relação C:N menor do que 20 geralmente liberar N inorgânico rapidamente por meio da mineralização (WHITEHEAD, 1995 ).

De acordo com Sá *et al.* (2007), a liberação de N pela decomposição dos resíduos culturais de aveia preta é um processo lento e gradual e a maior parte não coincide com o

período de maior demanda pela planta, o que denota a importância do manejo da adubação com esses elementos.

#### 4.8 Teores de macronutrientes no solo

Os resultados apresentados da análise de variância revelaram interação entre tratamentos isolados (leguminosas e doses) para teores de Ca, Mg e Na no solo, enquanto que a interação somente foi significativa para teores Ca, K e P no solo. (Tabela 11).

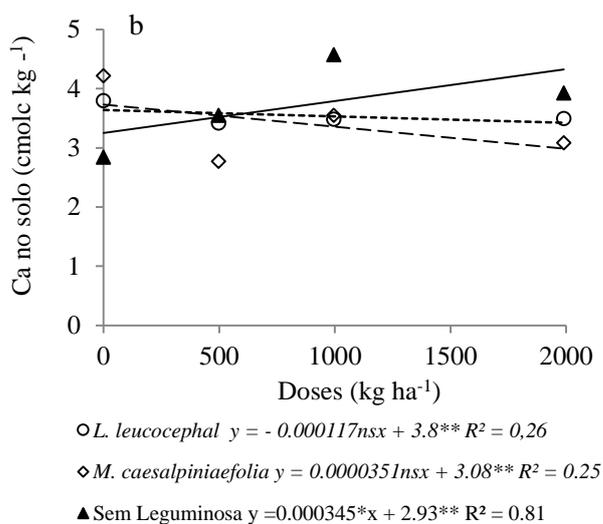
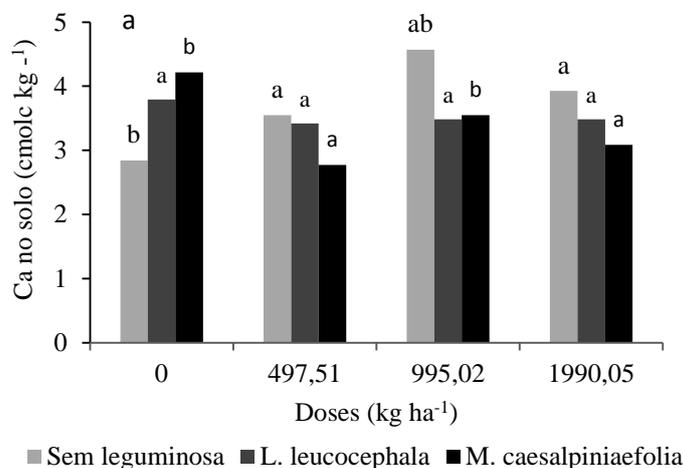
**Tabela 11** - Resumo da ANOVA para os teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo no solo após o cultivo.

Fontes Variação	Ca	Mg	Na	K	P
Leguminosas	5,95**	5,34**	18,05**	40,81**	1,58 <sup>ns</sup>
Doses	1,19 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	9,86**	3,14*
Leguminosas*Doses	2,90*	0,19 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	6,76**	5,84**
CV (%)	12,73	26,31	15,58	11,6	10,7

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Os teores de cálcio no solo foram maiores nas dose D2 de resíduo da indústria aviária, mediante os tratamentos que não receberam leguminosas, com valores de 4,9 cmolc kg<sup>-1</sup>, para a *M. caesalpiniaefolia* o maior teor de Ca foi encontrado nos solos que não foram adubados com resíduo da indústria aviária dose D0 (Figura 14a). Na resposta ao fator “dose” o melhor ajuste foi a um modelo de regressão linear (Figura 14b).

**Figura 14** - Teor de cálcio no solo 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).

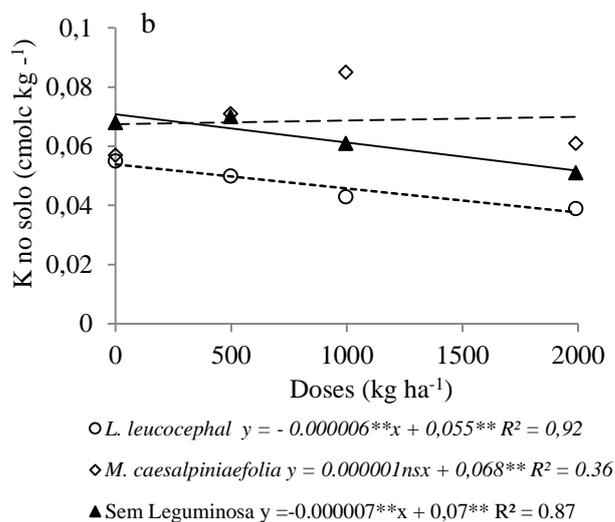
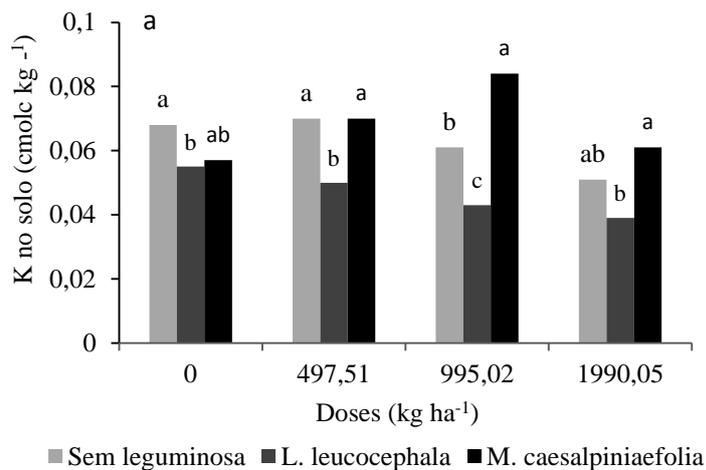


Fonte: Elaborado pela autora.

Para os teores de K foi observado que o tratamento sem leguminosas resultou em maior valor nas doses D<sub>0</sub> (0,068 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e D<sub>1</sub> (0,07 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). O teor de K diminuiu com as doses de resíduo da indústria aviária mediante cultivo com a *L. leucocephala*. Já para o cultivo com *M. caesalpiniaefolia* a dose D<sub>2</sub> resultou em maior teor de K no solo (0,085 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), enquanto que a dose D<sub>0</sub> resultou no menor teor do nutriente (0,057 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) (Figura 15a). Na resposta para o fator dose, os teores de K no solo se ajustaram a um modelo linear, com maior teor obtido mediante a dose D<sub>2</sub> de

resíduo da indústria aviária mediante cultivo com *M. caesalpiniaefolia*; redução nos teores com as doses do resíduo mediante cultivo com *L. leucocephala* e no tratamento sem leguminosas (Figura 15b).

**Figura 15** - Teor de potássio no solo 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).



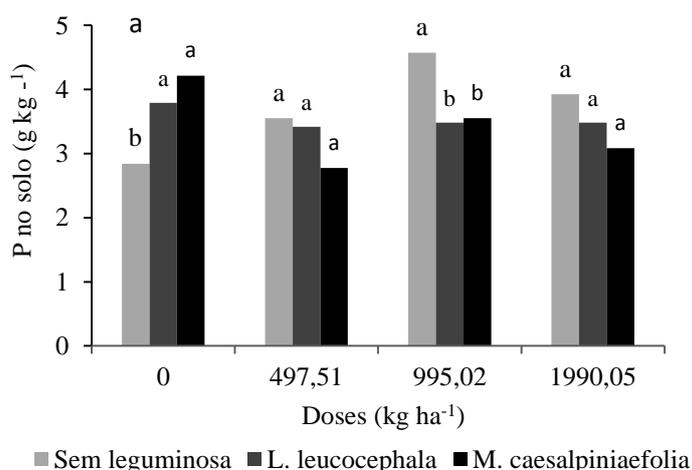
Fonte: Elaborado pela autora.

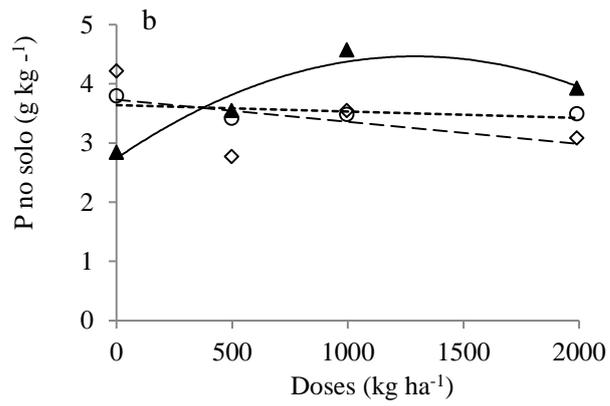
O valor de P no solo antes do cultivo era  $4,13 \text{ g kg}^{-1}$ , esse valor diminuiu com o cultivo do milho no tratamento sem leguminosas e com as leguminosas *L. leucocephala* e *M. caesalpiniaefolia*, passando para os teores de  $3,72$ ;  $3,54$  e  $3,41 \text{ g kg}^{-1}$  para cada tratamento, respectivamente. Isso representa redução de  $9,9\%$ ;  $14,3\%$  e  $17,4\%$ .

O teor de P no solo com o tratamento sem resíduos das leguminosas foi maior ( $4,6 \text{ g kg}^{-1}$ ) na dose  $D_2$ . No tratamento com *L. leucocephala* o maior teor de P no solo foi maior ( $3,79 \text{ g kg}^{-1}$ ) associado à dose  $D_0$  de resíduo da indústria aviária. Já para o tratamento com *M. caesalpiniaefolia* o teor mais alto de P no solo ( $4,22 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi encontrado associado à dose  $D_0$  de resíduo da indústria aviária, seguido pela dose  $D_2$  que resultou no teor de  $3,55 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 16a). O valor elevado de P nos tratamentos que não tiveram aplicação de resíduo da indústria aviária pode estar associado ao aporte de nutrientes que as leguminosas utilizadas no experimento pode contribuir com a incorporação ao solo.

Na resposta às doses de resíduo da indústria aviária, os teores de P no solo se ajustam a um modelo de regressão quadrática somente os tratamentos que não tiveram aplicação de resíduo das leguminosas e linear para os tratamentos que tiveram aplicação de resíduo das leguminosas ao solo (Figura 16b).

**Figura 16** - Teor de fósforo no solo 40 dias após incorporação do resíduo das leguminosas ao solo. Estudo do fator “leguminosas” dentro de cada dose de resíduo (a) e estudo do fator “doses” de resíduo em cada espécie de leguminosa (b).





○ *L. leucocephal*  $y = -0.000077nsx + 3,64^{**}$   $R^2 = 0,32$

◇ *M. caesalpiniaefolia*  $y = -0,00025*x + 3,73^{**}$   $R^2 = 0.26$

▲ Sem Leguminosa  $y = -0.0000001nsx^2 + 0,0027nsx + 2,74^{**}$   $R^2 = 0.92$

Fonte: Elaborado pela autora.

## 5 CONCLUSÕES

As doses de resíduo da indústria aviária favoreceram o crescimento das leguminosas, com melhor resposta para *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth;

Os resíduos das leguminosas favoreceram o desempenho das plantas de milho em relação à massa seca da parte aérea e raiz;

É necessário maior período de decomposição das leguminosas para melhor disponibilizar os nutrientes para as plantas de milho;

Os resíduos de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth são favoráveis para o acúmulo de nutrientes na cultura do milho cultivado após incorporação dos resíduos dessa leguminosa;

Os teores de carbono orgânico e nitrogênio do solo não foram significativos, pois o tempo de decomposição das leguminosas não foi suficiente para mineralização dos nutrientes;

A associação entre as doses de resíduos da indústria aviária com os resíduos das leguminosas favoreceram em maior disponibilidade de nutrientes para o solo.

## REFERÊNCIAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10.004: resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 1987.

ACCIOLY, L. J. O. Degradação do Solo e Desertificação no Nordeste do Brasil - Portal Dia de campo. 2011 Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=22136&secao=Artigos%20Especiais>>, Acessado em : fev.2014.

ALLEN, O. N.; ALLEN, E. K. The leguminosae: a source book of characteristics use and nodulation. Wisconsin: University of Wisconsin Press, 1981.

ALMEIDA, R. T.; VASCONCELOS, I.; NESS, R. L. L. Infecção micorrízica vesículo arbuscular e nodulação de leguminosas arbóreas do Ceará, Brasil. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 17, n. 1, p. 89-97, 1986.

ANDRADE, A. G. DE; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. DE e SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays*). Crescimento. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz*, Piracicaba, v. 32, p. 115-149, 1975.

ARAÚJO, I.C.S.; COSTA, M.C.G..Potencial de revegetação de solo degradado pela mineração de ferro utilizando leguminosas arbóreas e resíduo de carcinicultura. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, 2012.

ARAÚJO, I.C.S.; COSTA, M.C.G. Biomass and nutriente accumulation patten of leguminous tree seedlings grown on mine tailings amended with organic waste. **Ecological Engineering**. v.60. p.254-260. 2013.

ARAÚJO, W. DE B. M. DE. Fertilização orgânica do desenvolvimento da leguminosa crotalária *Juneca Crotalaria juncea* L. 75 f. 2008.Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do semi-Árido, Mossoró, 2008.

BARBOSA, L. M. 8ª Conferência da ONU sobre desertificação. Conjuntura Internacional. Belo Horizonte. n. 36. p. 01-03, 2007. Disponível em: <[http://www.pucminas.br/conjuntura/noticia\\_conjuntura.php?codigo=482&lateral=6&cabecalho=29&menu=922](http://www.pucminas.br/conjuntura/noticia_conjuntura.php?codigo=482&lateral=6&cabecalho=29&menu=922)>. Acessado em: fev. 2014.

BASTIDA, F.; MORENO, J. L.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate. **Soil Biology and Biochemistry**, v.38, n 12, p. 3463-3473, 2006.

BRASIL. MMA. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. 2ª Ed. Projeto BRA 93/036. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998.

BREMNER, J.M., MULVANEY, C. S. Total nitrogen. In PAGE, A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy. p.595-624, 1982

CLAPP, C. E.; HAYES, M. H. B.; CIAVATTA, C. Organic wastes in soils: biogeochemical and environmental aspects. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 39, n. 6, p.1239–1243, 2007.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Nutrição e adubação: seja doutor do seu milho. Arquivo do Agrônomo Potafos, Piracicaba, n. 2, set. 1995.

COSTA, M. G. O sabiá. Mossoró. Escola Superior de Agricultura de Mossoró. p.1, (Coleção Mossoroense, 514; série B) 1988.

COSTA G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARÍA, S.M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. *Revista Brasileira de Ciência do Sol*. v 28, p. 919-927, 2004.

COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C.; Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Ciênc. agrotec., Lavras*, v. 33, Edição Especial, p. 1991-1998, 2009

EMBRAPA. Dados climatológicos: Estação de Fortaleza, 2003. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, p.230. 2011.

EINLOFT, R.; GRIFFITH, J. J.; RUIZ, H. A. Índice de priorização de gramíneas e leguminosas para revegetação de uma área de empréstimo. **Revista Árvore**, v. 23, n. 2, p. 213-221, 1999.

FEISTEL, J. C.; Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros. Seminário apresentado junto à Disciplina Seminários Aplicados do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. p 37. 2011.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, p. 255-258, 2000.

FIGUEIRÊDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Revista Engenharia Sanitária e ambiental**. v.12, n.4, p. 399-409, Rio de Janeiro. 2007.

FRANÇA, G.E.; COELHO, A.M. Adubação do milho para silagem. **In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.; FERREIRA, J.J. (Ed.). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.53-83, 2001.

HEINRICH, R. Ervilhaça e aveia preta cultivadas simultaneamente como adubo verde e sua influência no rendimento do milho. 1996. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1996.

HIROCE, R.; FURLANI, A. M. C.; LIMA, M. Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho. Campinas: Instituto agrônomo, 24 p. (Boletim científico, 17), 1989.

JÚNIOR, F. M. C. Dinâmica e biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes áreas sob influência do processo de desertificação em Gilbués/Brasil. 2010. p.69. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus, 2010.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agronomy Journal*. 80:232-242, 1988.

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 479 p.

LEITE, F. R. B.; SOARES, A. M. L.; MARTINS, M. L.R.. Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará – Brasil. Fortaleza: Anais do VII SBSR. FUNCEME, UFC e UFPI, 1993.

LIMA, L. P. Avaliação física de um latossolo vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos de suínos e cama aviária. 2007. p.184. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S. Frações de nitrogênio em Luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.381-392, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola Adubos e Adubação São Paulo**. 3. ed., Editora Agronômica Ceres Ltda, 596p. 1981.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola Adubos e Adubação São Paulo** 3. ed., Editora Agronômica Ceres Ltda, p.596, 1997.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria Orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV, - 107 p.:Il,23cm. 2005.

MILLER, A. *Meteorology*. 2.ed. Columbia, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company, 1971. 154p.

MMA; Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos. p.242, 2005. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_desertif/\\_arquivos/pan\\_brasil\\_portugues.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf)>, Acessado em: fev.2014.

MOREITA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; ARAÚJO, G. G. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, G. C. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.11, p.1643-1651, 2006.

NASCIMENTO, C.D.V; FILHO, R.A.P.; ARTUR, A.G.; COSTA, M.C.G.C. Application of poultry processing industry waste: A strategy for vegetation growth in degraded soil. *Waste Management*. V.36. P. 316–322. 2015.

NEBEL, B. J.; WRIGHT, R. T. *Environmental science*. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

NETO, E. N. A. DE. Potencial alelopático de leucena e de sabiá na germinação, na emergência e no crescimento inicial do sorgo. 2010. 29 f. Monografia (Graduação em Engenheiro Florestal) – Centro de Saúde e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

PALM, C.A., GACHENG, C.N., DELVE, R.J., CADISCH, G., GILLER, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. ***Agriculture, Ecosystems and Environment***. v.83, p.27–42, 2001

PALHARES, J.C.P. Uso da cama de frango na produção de biogás. *Circular Técnica*. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, Concórdia, v. 41, p. 01-12, 2004.

PASSOS, M. P.; TAVARES, K. M. P.; ALVES, A. R. Germinação de sementes de *M. caesalpiniaefolia* (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v.2, n.1, p.51-56, jan.-mar., 2007.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2.ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, p. 86 , 2004

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R. DE.; DRUMOND, M. A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. ***Comunicado Técnico da Embrapa***, Colombo, n. 104, p. 1517-5030, 2003.

RICHÉ, G. R.; SÁ, I. B.; FOTIUS, G. A. Pesquisa sobre reabilitação ambiental no trópico semi-árido brasileiro. In: SEMANA DE RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE, 1994, Salvador. Anais. Salvador: FIBGE, 1994.

RINALDI, C. R.; SCHOENHALS, M.; PASSIG, F. H.; FOLLADOR, F. C.; Diagnóstico inicial do consumo de insumos e geração de resíduos da avicultura de corte. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 9, n. 3, p. 161-182, jul/set. 2012

RODRIGUES, M. I. V. A Propensão à Desertificação no Estado do Ceará: aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais. v.5, n.10, 132 f, 2006,(Mestrado em

Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006

ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.135-140, 1996.

SÁ, J. C. M.; SANTOS, J. B.; CARDOSO, E. G.; SIUTA JÚNIOR, D.; FERREIRA, C. F.; FERREIRA, A. O.; MASSINHAM, A.; SÁ, M. F. M. Manejo de fertilizantes nitrogenados em sistemas de produção envolvendo os cultivos de soja/trigo e soja/milho safrinha no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. v. 1. p. 567-649.

SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Análise da Degradação Ambiental no Núcleo de desertificação de Irauçuba (2006). In: Mapas de variabilidade temporal do uso e cobertura da terra do núcleo de desertificação de Irauçuba (CE) para utilização em modelos meteorológicos.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, G. R.. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Editora Universitária da UFPE. p. 202. 2003.

SANTANA, M O. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba, Brasília: MMA, p. 134, 2007.

SARRANTONIO, M.; SCOTT, T.W. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, p.1661-1668. 1988.

SCHNEIDER, J.; LABORY, C.R.G.; RANGEL, W.M.; ALVES, E. & GUILHERME, L.R.G. Anatomy and ultrastructure alterations of *Leucaena leucocephala* (Lam.) inoculated with mycorrhizal fungi in response to arsenic-contaminated soil. *J. Hazard. Mater.*, dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.05.091, 2012.

SCHOENHOLTZ, S. H.; BURGER, J. A.; TORBERT, J. L. Natural mycorrhizal colonization of pines on reclaimed surface mines in Virginia. **Journal of Environmental**. n. 16, v 2, p. 143-146, 1987.

SILVA, L. X.; FIGUEIREDO, M. DO V. B.; SILVA, G. A. DA; GOTO, B. T.; OLIVEIRA, J. DE P.; BURITY, H. A. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de plantio de leucena e sábia no estado de Pernambuco. *Revista Árvore*, v. 32, n. 3, p. 427-435, Viçosa, 2007.

SILVA, T. R. DA.; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L. DE.; SANTOS, C. J. DE L.; GOMES, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 9, p. 903-910, set., 2011.

SOUSA, F. B. Leucena: Produção e Manejo no Nordeste Brasileiro. Circular Técnico, Embrapa Caprinos, Sobral, 2005.

STIPP, S. R.; YAMADA, T. Nutrição e adubação do milho. Informações Agronômicas, Piracicaba, v. 44, p. 3-6, dez. 1988.

SUNADA, N. S. Efluente de abatedouro avícola: processos de biodigestão anaeróbia e compostagem 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, 2011. Disponível em: <<http://www.ufgd.edu.br/fca/mestrado-zootecnia/dissertacoes/efluente-de-abatedouro-avicola-processos-de-biodigestao-anaerobia-e-compostagem-2013-natalia-da-silva-sunada-2013-2009-2011>>. Acesso em: Jan. 2014.

STRUCKER, D. Avaliação do teor de fósforo em solos de granjas avícolas no município de Boa Vista, PB. 2013. 44 f. Dissertação (Curso de bacharelado em Zootecnia). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, 2013.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. dos; FRANÇA, G. E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 18, n. 8, p. 887-901, ago. 1983.

VASCONCELOS S.J. Processos de desertificação no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção. Recife: SEMA/SUDENE, p.101, 1982.

VIEIRA, M. F. A.. Caracterização e análise da qualidade sanitária de cama de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente. 2011. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, 2011.

VON PINHO, R.G.; BORGES, I.D.; ANDRADE, J.L. et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.2, p.157-173, 2009.

TANAKA, R.T. Adubação verde. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.7, p.6267, 1981. VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; PERECIN, D.; ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas como adubo verde na fertilidade de um Latossolo VermelhoAmarelo fase arenosa (LVa). **Científica**, São Paulo. v.7, n.3, p.431-435. 1979.

TEDESCO, M.J.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese, p.159-196, 1999.

TEIXEIRA, K. R. G.; FILHO, L. A. R. G; C ARVALHO, E. M. S.; ARAUJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do caupi. *Ciência agrotec.*, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1071-1076, nov./dez. 2006.

TEJADA, M., GONZALEZ, J.L., GARCIA-MARTINEZ, A.M., PARRADO, J., 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 6, p. 1758–1767, 2008.

TELES, M. M.; ALVES, A. A.; OLIVEIRA, J. C. G. DE; BEZERRA, A. M. E. Métodos para quebra da dormência em sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.2, p.387-391, 2000.

ZENG, D.H., MAO, R., CHANG, S.X., LI, L.J., YANG, D. Carbon mineralization of tree leaf litter and crop residues from poplar-based agroforestry systems in North-east China: a laboratory study. *Applied Soil Ecology* 44, 133-137, 2010.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. *Commun. In Soil Sci. Plant Anal.*, n.19, p.1467 – 1476, 1988.

WHITEHEAD, D. C. *Grassland Nitrogen*. CAB International, Wallingford., 1995.