



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

FRANCISCO RONALDO ALVES DE OLIVEIRA

**RESÍDUOS DE LEGUMINOSAS E O DESENVOLVIMENTO DO MILHO: UMA
APROXIMAÇÃO PARA SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS NO SEMIÁRIDO**

FORTALEZA

2013

FRANCISCO RONALDO ALVES DE OLIVEIRA

**RESÍDUOS DE LEGUMINOSAS E O DESENVOLVIMENTO DO MILHO: UMA
APROXIMAÇÃO PARA SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS NO SEMIÁRIDO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias 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^a. Dr^a. Mirian Cristina Gomes Costa.

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

O47r

Oliveira, Francisco Ronaldo Alves de.

Resíduos de leguminosas e o desenvolvimento do milho: uma aproximação para sistemas agrossilvipastoris no semiárido / Francisco Ronaldo Alves de Oliveira.– 2013.

67f. : il. color. enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2013.

Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientação: Prof^ª. Dr^ª. Mirian Cristina Gomes Costa.

1. Solos - Degradação. 2. Desertificação - Controle. 3. Resíduos orgânicos - Uso. 4. Solos – Manejo. I. Título.

CDD 631.4

FRANCISCO RONALDO ALVES DE OLIVEIRA

**RESÍDUOS DE LEGUMINOSAS E O DESENVOLVIMENTO DO MILHO: UMA
APROXIMAÇÃO PARA AGROSSILVIPASTORIS NO SEMIÁRIDO**

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

Aprovada em: 24/06/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mirian Cristina Gomes Costa (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero

Universidade Federal do Ceará – UFC

Dr. Henrique Antunes de Souza

Embrapa Caprinos e Ovinos

Prof. Dr. Marco Antônio Rosa de Carvalho

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

À MINHA ESPOSA E AO MEU FILHO

Ana Mirta e Tarcísio Luiz

Pelo amor, carinho e paciência durante toda
minha ausência.

OFEREÇO

AOS MEUS PAIS

Luiz Gonzaga e Maria Neci

Por todos os ensinamentos e esforços que
fizeram para me proporcionar educação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde e por sempre ter iluminado o meu caminho.

À minha família pelo amor, carinho e por sempre ter me incentivado a estudar e lutar pelos meus sonhos.

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas pela oportunidade de ingresso e construção de uma carreira acadêmica e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Mirian Costa pela orientação, amizade, apoio, paciência, ajuda em todas as etapas desse estudo e por ter apostado que este trabalho daria certo mesmo com minha limitação de disponibilidade de tempo.

Ao Dr. Henrique Antunes, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, por toda disponibilidade em contribuir com o projeto, do trabalho braçal ao intelectual, sempre esclarecendo minhas dúvidas, respondendo meus e-mails quase que de forma instantânea não importando o horário ou o dia da semana.

Ao professor Marco Rosa do IFCE – Campus Sobral, pela sua importante contribuição na execução do projeto, sempre se disponibilizando a ajudar no que fosse necessário.

Aos professores do Departamento de Ciências do Solo da UFC, Ricardo Romero, Tiago Osório, Assis Júnior, Jaedson Cláudio, Maria Eugênia, Fernando Ferreyra, Paulo Mendes, Vânia Freire e Mirian Costa, pelos conhecimentos partilhados durante as disciplinas cursadas no mestrado.

Aos professores José Francismar e Francisco Oliveira (Thikão) pela orientação, amizade e importante contribuição na construção do conhecimento durante o curso de Agronomia na UFERSA-RN.

A Bruna Iwata, Juciane Sousa, Isabel Cristina e Tiago Silva (irmãos por parte de orientadora) pela parceria e por sempre terem se mostrado disponíveis a ajudar.

À equipe do banco de mudas da prefeitura de Sobral-CE, pela disponibilização da infraestrutura para condução do experimento.

Aos laboratoristas Wagner Lopes e Liduína Alves da Embrapa Caprinos e Ovinos pela valerosa contribuição nas análises de tecido vegetal.

A laboratorista Leila Mesquita do Laboratório de Solos do IFCE – Campus Sobral pela importante contribuição nas análises de solo.

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo Antônio José e José Tavares pelo auxílio nas análises de água, solo e tecido vegetal.

Aos colegas de trabalho Antônio Ferreira (Seu Padre), Gilberto Scheich e Joaquim Cléber pela ajuda na coleta de folhas e galhos de jurema-preta.

Aos estagiários da Embrapa Caprinos e Ovinos, Kioma Fernandes, Tibério Feitosa, Bruno Sousa, Liana Frota, Samuel Cavalcante, Diana Melo e Ana Cláudia pela contribuição valiosa nas etapas de execução do projeto e análises.

Aos graduandos do curso de Agronomia da UFC Danielle Varelo e Bruno Ribeiro pela ajuda nas análises.

Aos companheiros de apartamento Jaime Santos, Ailton Mascarenhas, Bruno Laécio e Carlos Víctor pelo companheirismo durante minha estadia em Fortaleza.

Aos amigos Alcione Guimarães, Osvaldo Nogueira e Éden Fernandes pela importante contribuição para a concretização do projeto.

Aos amigos Breno Leonan, David Campelo e João Paulo pela hospedagem nas minhas idas à Fortaleza para realização de atividades ligadas ao Mestrado.

Aos colegas do curso de mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas da UFC (2011.1), Régis Braz, Tiago Silva, Emanuel Dias, Juliana Matos, Gabriel Nuto, Isabel Almeida, Eudes Pinheiro e Ítalo Reno pela troca de conhecimentos e ótima convivência ao longo do curso.

Aos colegas da sala de estudo da pós-graduação do Departamento de Ciências do Solo da UFC, pelo convívio alegre e harmonioso.

A todos que colaboraram de forma direta ou indireta com este trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

“Ama-se mais o que se conquista com
esforço.”

(Benjamin Disraeli)

RESUMO

A utilização de leguminosas arbóreas em áreas cujo solo apresenta baixa fertilidade em decorrência da degradação é uma importante estratégia para possibilitar a recuperação dessas áreas, bem como a produção sustentável de alimentos. Apesar dos inúmeros estudos sobre utilização de resíduos orgânicos na agricultura, ainda se sabe pouco sobre o manejo dos resíduos de leguminosas arbóreas nas condições edafoclimáticas do semiárido. A falta de informações diz respeito à melhor espécie a ser utilizada e qual a parte da planta que, além de favorecer o desenvolvimento de culturas alimentares, também promove melhorias em atributos químicos do solo. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a adição de resíduos provenientes de diferentes partes de leguminosas arbóreas no desenvolvimento, teores e acúmulo de nutrientes na cultura do milho, bem como o efeito desses resíduos nos atributos químicos do solo. Utilizando-se solo degradado, proveniente de um núcleo de desertificação, foi instalado um experimento em vasos, com delineamento de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Foram adicionados ao solo resíduos das leguminosas arbóreas sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), jurema-preta (*Mimosa hostilis*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*), constituindo os seguintes tratamentos: T1 - Sem resíduo de leguminosas, T2 - Folhas de *M. caesalpinifolia*, T3 - Galhos de *M. caesalpinifolia*, T4 - Folhas + galhos de *M. caesalpinifolia*, T5 - Folhas de *M. hostilis*, T6 - Galhos de *M. hostilis*, T7 - Folhas + galhos de *M. hostilis*, T8 - Folhas de *G. sepium*, T9 - Galhos de *G. sepium* e T10 - Folhas + galhos de *G. sepium*. Foram avaliados os seguintes parâmetros: desenvolvimento de plântulas de milho aos 15 dias após a semeadura (DAS); crescimento e fitomassa do milho aos 65 DAS; teores e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea do milho aos 65 DAS e atributos químicos do solo aos 65 dias após a aplicação dos resíduos. Em relação à cultura do milho, foi observado efeito positivo dos resíduos adicionados nos parâmetros de desenvolvimento de plântulas, crescimento, fitomassa, teores de K e acúmulo de macronutrientes, principalmente N, P e K. Para os atributos químicos do solo, os resíduos não melhoraram os indicadores de acidez. No entanto, os atributos N-NH_4^+ , N-NO_3^- , K^+ , SB, T e t foram afetados positivamente.

Palavras-Chave: Práticas conservacionistas vegetativas. Áreas degradadas. Núcleo de desertificação. Manejo do solo.

ABSTRACT

The use of leguminous trees in areas where the soil has low fertility as a result of degradation is an important strategy to allow the recovery of these areas, as well as sustainable food production. Despite numerous studies on the use of organic waste in agriculture, little is yet known about the management of waste from tree legumes in semiarid environmental conditions. The lack of information concerning the best species to be used and which part of the plant that in addition to promoting the development of food crops, also promotes improvements in soil chemical attributes/properties. This study was developed with the aim to evaluate the addition of waste from different parts of tree legumes in the development, content and accumulation of nutrients in corn, as well as the effect of these residues in soil chemical attributes. Using degraded soil, from a desertification hotspot, an experiment was conducted in pots in a randomized block design with ten treatments and four replications. Were added to soil residues of leguminous trees *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., *Mimosa hostilis* and *Gliricidia sepium*, constituting the following treatments: T1 - No residue of legumes, T2 - Leaves of *M. caesalpiniaefolia*, T3 - Branches of *M. caesalpiniaefolia*, T4 - Leaves + branches of *M. caesalpiniaefolia*, T5 - Leaves of *M. hostilis*, T6 - Branches of *M. hostilis*, T7 - Leaves + branches of *M. hostilis*, T8 - Leaves of *G. sepium*, T9 - Branches of *G. sepium* and T10 - Leaves + branches *G. sepium*. Were evaluated the following parameters: development of corn seedlings at 15 days after sowing (DAS), growth and biomass of corn at 65 DAS; levels and accumulation of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) in corn shoots at 65 DAS and soil chemical attributes 65 days after the application of waste. Regarding the corn crop, was observed positive effect of waste added to the parameters of seedling development, growth, biomass, levels of K, accumulation of macronutrients, especially N, P and K. For soil chemical attributes, waste not improved the indicators of acidity. However, the attributes N-NH_4^+ , N-NO_3^- , K^+ , SB, CEC (cation exchange capacity) and effective CEC were positively affected.

Key words: Vegetative conservation practices. Degraded areas. Desertification hotspot. Soil management.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	A região semiárida do Brasil.....	13
2.2	Aspectos da degradação do solo em regiões semiáridas.....	14
2.3	Importância das leguminosas para recuperar solos degradados.....	17
2.4	Uso de leguminosas em sistema de cultivo em aleias.....	18
2.5	Interação entre leguminosas arbóreas e cultura de interesse alimentar em sistema de cultivo em aleias.....	19
2.6	Liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos de leguminosas arbóreas.....	22
2.7	Leguminosas arbóreas para as condições edafoclimáticas do semiárido.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Caracterização do solo e dos resíduos de leguminosas utilizados no experimento.....	26
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	28
3.3	Instalação e condução do experimento.....	29
3.4	Avaliações.....	32
3.4.1	<i>Desenvolvimento das plântulas de milho.....</i>	32
3.4.2	<i>Crescimento e fitomassa do milho.....</i>	32
3.4.3	<i>Teores e acúmulo de macronutrientes na cultura do milho.....</i>	33
3.4.4	<i>Atributos químicos do solo.....</i>	34
3.5	Análises estatísticas.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1	Desenvolvimento das plântulas de milho.....	36
4.2	Crescimento e fitomassa do milho.....	37
4.3	Teores de macronutrientes na parte aérea do milho.....	39
4.4	Acúmulo de macronutrientes na parte aérea do milho.....	42
4.5	Atributos químicos do solo.....	44
4.5.1	<i>Carbono orgânico total e nitrogênio inorgânico.....</i>	44
4.5.2	<i>Potencial hidrogeniônico (pH), alumínio (Al^{3+}), acidez potencial ($H+Al$) e saturação por alumínio (m%).....</i>	47

4.5.3	<i>Fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e sódio (Na⁺).....</i>	50
4.5.4	<i>Soma de bases (SB), CTC do solo (T), CTC efetiva (t) e saturação por bases (V%).....</i>	54
5	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

O mau uso dos recursos naturais pelo homem tem aumentado nas últimas décadas, tendo como consequências prejuízos ambientais, tais como a degradação do solo. No semiárido brasileiro, o desmatamento associado à abertura de novas áreas para exploração agropecuária e/ou para a produção de lenha e carvão vegetal, aliado à ausência de práticas de conservação do solo e da água, tem contribuído para aumentar a degradação das terras. Nas áreas que constituem os núcleos de desertificação, a degradação deve-se não só ao uso inadequado do solo, mas também às características edafoclimáticas que tornam esses solos mais vulneráveis à erosão. O ponto comum dessas áreas é a remoção do horizonte superficial, juntamente com a matéria orgânica e nutrientes, devido aos processos erosivos.

Mesmo que os solos em núcleos de desertificação tenham perdido parte de sua capacidade produtiva, os agricultores que vivem nesses locais continuam precisando produzir alimentos. Para viabilizar esses cultivos, os sistemas agroflorestais (SAFs) têm surgido como alternativa viável, aliando produção agrícola e sustentabilidade ambiental. Estudos relatam que um dos modelos de SAF com grande potencial para regiões secas é o cultivo em aleias (alley cropping), que trata do consórcio entre leguminosas arbustivas/arbóreas com a cultura de interesse alimentar. Essas leguminosas sofrem podas periódicas e os resíduos podem ser utilizados como cobertura morta, adubo verde ou como forragem.

No entanto, ainda se sabe pouco sobre o manejo de resíduos vegetais no semiárido, sobretudo em relação à melhor espécie de leguminosa arbórea e qual parte da planta promove melhor desenvolvimento das culturas alimentares e melhorias nos atributos químicos do solo. Com base nisso, foram elaboradas as hipóteses testadas no presente estudo: 1) Uma das espécies de leguminosas arbóreas (*Mimosa caesalpinifolia*; *Mimosa hostilis*; *Gliricidia sepium*) promove melhor desenvolvimento da cultura do milho; 2) Resíduos das leguminosas arbóreas melhoram atributos químicos do solo logo após 65 dias de aplicação; 3) Os resíduos das leguminosas aumentam a disponibilidade de nitrogênio (N) no solo já nos primeiros 65 dias de aplicação; 4) A melhoria dos atributos químicos do solo depende da parte da planta adicionada; 5) Os resíduos das leguminosas aumentam o acúmulo de N pelas plantas de milho.

Com base nas hipóteses apresentadas, este estudo teve como objetivos: a) Avaliar o crescimento e a fitomassa da cultura do milho cultivado em solo degradado sobre a influência de resíduos de leguminosas arbóreas; b) Avaliar o acúmulo de nutrientes na cultura do milho após 65 dias de cultivo em solo degradado sobre a influência de resíduos de

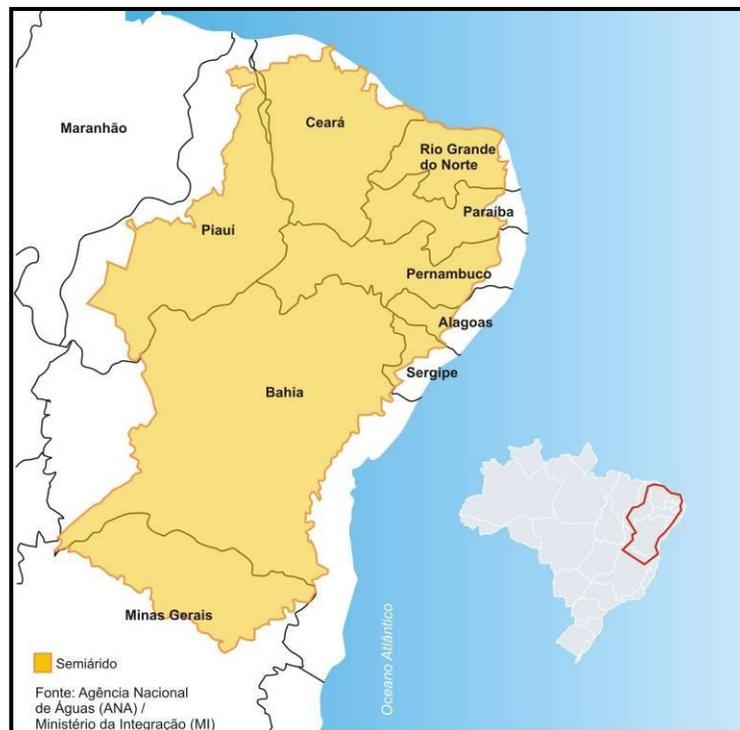
leguminosas arbóreas; c) Avaliar as alterações nos atributos químicos do solo após os primeiros 65 dias de cultivo da cultura do milho sobre a influência de resíduos de leguminosas arbóreas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A região semiárida do Brasil

A região semiárida brasileira (FIGURA 1), cujos limites foram redefinidos há poucos anos por Portaria Interministerial (BRASIL, 2005a, 2005b), compreende uma área de 969.589 km², comporta 1.133 municípios e, aproximadamente, 28 milhões de habitantes.

Figura 1- Mapa da região do Brasil que está inserida no clima semiárido.



Fonte: www.asabrazil.org.br (2012).

O semiárido brasileiro caracteriza-se por apresentar clima quente e seco, com duas estações, a seca e a úmida, com pluviosidade situada nas isoietas de, aproximadamente, 300 a 800 mm. A maior parte das chuvas se concentra em três a quatro meses dentro da estação úmida (Janeiro a Abril), acarretando balanço hídrico negativo na maioria dos meses do ano e elevado índice de aridez (ARAÚJO FILHO, 2002).

No semiárido nordestino a variação climática, do solo e dos tipos de relevo formam paisagens, como os vales úmidos, as chapadas sedimentares e as amplas superfícies pediplanadas que condicionam a estrutura e a diversidade da vegetação (TROVÃO *et al.*, 2007). Uma das características marcantes da paisagem do semiárido brasileiro é a vegetação

da Caatinga, que é um bioma com grande biodiversidade no qual se destaca a formação vegetal xerófila (cactáceas, espécies arbóreas, herbáceas e arbustivas). A Caatinga é hoje um dos biomas brasileiros mais ameaçados pelo uso inadequado de seus recursos, com processo de desertificação e perda gradual da fertilidade biológica do solo (ALENCAR, 2010). Para Ferreira Irmão (2004), trata-se de um espaço que requer manejo preciso e adequado dos recursos de solo e água para evitar a degradação e, no limite, a desertificação.

Na região semiárida predomina a pecuária extensiva, com o consumo do pasto nativo efêmero na época das chuvas e, na seca, o rebanho sobrevive de folhas e frutos das espécies forrageiras arbustivas e arbóreas (MOREIRA *et al.*, 2006), predominando o superpastoreio. A agricultura é desenvolvida às custas de desmatamento indiscriminado, queimadas e períodos de pousio inadequados (MAIA *et al.* 2008). A soma desses fatores faz da região semiárida brasileira um ambiente frágil, tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico (SHARMA *et al.*, 2005).

2.2 Aspectos da degradação do solo em regiões semiáridas

A degradação do solo é definida por Galindo *et al.* (2008) como um processo que reduz a capacidade atual ou potencial do solo para produzir bens ou serviços. Segundo estes mesmos autores, o solo é considerado degradado se os processos naturais e antropogênicos atuantes diminuïrem a quantidade e qualidade da produção de biomassa, encarecendo os custos com a recuperação. Já para Lal e Stewart (1992), solo degradado é aquele que sofreu modificação em sua natureza física, química ou biológica, em consequência de alterações climáticas causadas por fatores naturais ou em decorrência de ação antrópica.

Segundo Fraga e Salcedo (2004), a degradação do ambiente é representada pela perda de biodiversidade, pela queda na fertilidade do solo e pela intensificação dos processos erosivos em relação às condições encontradas sob vegetação original.

A degradação física do solo nas zonas semiáridas está relacionada diretamente com a erosão, principalmente a hídrica, tendo em vista que a erosão eólica, apesar de existir, apresenta-se localizada e decorre de situações muito específicas (MELO FILHO; SOUSA, 2006). Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2008), a erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água e pelo vento. O processo de desgaste do solo pode se desenvolver mais ou menos lentamente de acordo com o tipo de solo, de clima e, sobretudo, a forma como o solo é manejado (LEPSCH, 2002). Os processos erosivos são intensificados pela exposição direta do solo ao contato com a água das chuvas e

pela mineralização da biomassa vegetal logo após o uso do fogo para a limpeza das áreas agrícolas (WADT *et al.*, 2003). Para Santos *et al.*, (2007), as perdas de nutrientes contidos nos sedimentos da enxurrada, além de representarem perda econômica para o produtor, constituem-se numa fonte de impacto ambiental.

A degradação química dos solos no semiárido deve-se, principalmente, ao acúmulo de sais no perfil do solo. A salinização do solo pode ser um processo natural ou induzido. O natural ocorre por meio da intemperização das rochas e os diversos constituintes da mesma que são liberados em forma de compostos simples. Já o processo induzido ocorre pela ação do homem por meio do manejo inadequado da irrigação, excesso de fertilizantes e drenagem deficiente em regiões áridas e semiáridas (MEDEIROS; NASCIMENTO; GHEYI, 2010). Segundo esses mesmos autores, o acúmulo de sais solúveis no solo, especificamente do sódio, além de reduzir o potencial osmótico da solução do solo, produz alterações no pH, desbalanceamento nutricional e desestruturação de seus agregados.

A degradação biológica do solo no semiárido está relacionada com a matéria orgânica do solo, cujo conteúdo é naturalmente baixo em consequência das características da vegetação e do clima. Assim, o fornecimento de matéria orgânica para o sistema é limitado pela baixa produção de biomassa vegetal, o que contribui juntamente com o acentuado déficit de umidade para diminuir tanto a atividade quanto à diversidade da fauna edáfica (MELO FILHO; SOUSA, 2006). Além disso, a remoção e subsequente queima da vegetação nativa e a erosão diminuem o potencial do solo em estocar carbono e aumentam as perdas diretas de matéria orgânica do solo (LEITE; PETRESE; SAGRILO, 2010). Esse tipo de degradação influencia também na perda de nutrientes e microrganismos benéficos que são arrastados pela água das chuvas que escoam na superfície do solo (RAYA, 1996).

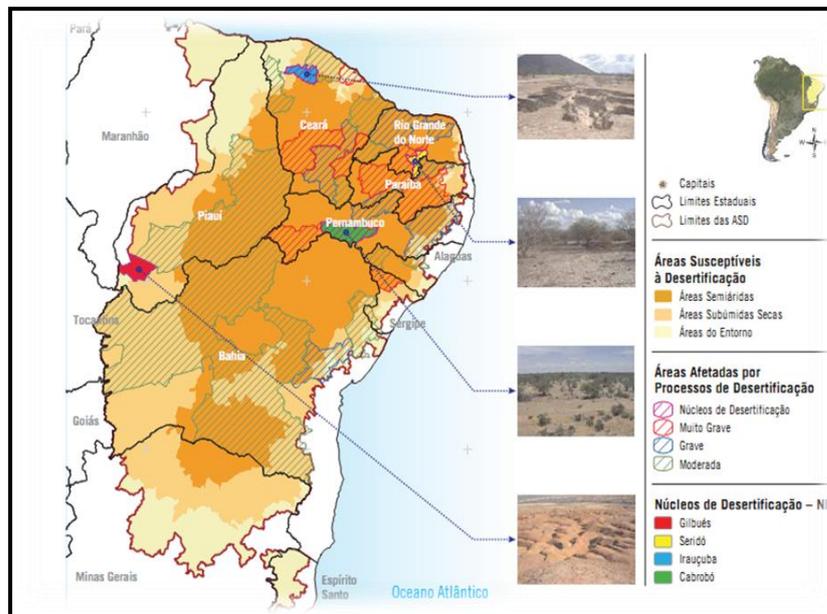
Há algumas décadas a desertificação surgiu como grave problema ambiental relacionado à degradação do solo. Definido na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92) e disposto na Agenda 21, o conceito de desertificação foi estabelecido como sendo a degradação das terras nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, dentre eles as variações climáticas e as atividades humanas (BRASIL, 1996). Na mesma linha, a degradação das terras é compreendida como a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e da biodiversidade, implicando na redução da qualidade de vida das populações afetadas pelo conjunto combinado desses fatores (BRASIL, 2005b).

Segundo Adeel *et al.* (2005), a desertificação é observada em todos os continentes, exceto na Antártida. Este fenômeno ocorre nas terras secas do mundo todo e seus

efeitos se experimentam em contexto local, regional, nacional e mundial. As terras secas ocupam cerca de 41 % da superfície terrestre, onde habitavam, no ano de 2000, mais de dois bilhões de habitantes - um terço da população mundial. Cerca de 10 a 20 % das terras secas de todo o mundo estão degradadas (UNCCD, 2012).

No Brasil, as áreas suscetíveis à degradação e à desertificação (FIGURA 2), correspondem a 1.338.076 km² (15,72% do território brasileiro) e atingem 31,6 milhões de pessoas (18,65% da população do país), em 1482 municípios, distribuídos em 11 Estados, especialmente os da região Nordeste e os do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (MMA, 2004). Cerca de 181.000 km² das terras semiáridas do Nordeste estão em processo de desertificação (graus alto e muito alto de degradação ambiental) (MMA, 2004).

Figura 2 – Mapa de áreas suscetíveis a desertificação e Núcleos de desertificação.



Fonte: MMA (2004).

As áreas do Nordeste já comprometidas pela degradação foram denominadas "núcleos de desertificação". A terminologia empregada e os estudos, à época iniciados, foram absorvidos para a formulação de políticas públicas de combate à desertificação pelo Ministério do Meio Ambiente, que incluiu como objeto de atuação os Núcleos de Desertificação de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN) e Cabrobó (PE) (BRASIL, 2005b).

2.3 Importância das leguminosas para recuperar solos degradados

Segundo Gonçalves, Nogueira Júnior e Ducatti (2008), os métodos empregados para recuperação de solos degradados devem basear-se em tecnologias que promovam não apenas a utilização de espécies vegetais de rápido crescimento, mas também que sejam capazes de melhorar o solo por meio do aporte de matéria orgânica. De acordo com Bayer e Mielniczuk (2008), a matéria orgânica é um componente fundamental da capacidade produtiva dos solos, por causa dos seus efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca de cátions (CTC), complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, agregação, infiltração e retenção de água, aeração e a atividade da biomassa microbiana.

As espécies da família das leguminosas podem adicionar grandes quantidades de matéria orgânica e nitrogênio (N) no solo por meio da serapilheira em um tempo relativamente curto, favorecendo a ciclagem de nutrientes e o processo de reabilitação (CHAER *et al.*, 2011). Crescimento rápido e resistência ao estresse também são características dessas espécies que contribuem para a sua capacidade de colonizar novas áreas (YANG *et al.*, 2009). Para Boni, Espíndola e Guimarães (1994), as leguminosas promovem vasta exploração do subsolo pelo sistema radicular, acarretando em maior agregação do solo e aumento da capacidade de retenção de água.

Franco *et al.* (1992) ressaltam a importância das leguminosas arbóreas para a recuperação do solo por meio da deposição de folheto com baixa relação C/N e pela ação das raízes, que contribuem para a estabilidade do solo e aumento da atividade biológica do mesmo, criando assim condições favoráveis ao estabelecimento de outras espécies mais exigentes.

O plantio de árvores leguminosas em áreas degradadas, principalmente de espécies nativas, ameniza os fatores desfavoráveis, acelerando a sucessão natural (ANDRADE; PEREIRA; DORNELAS, 2002). De acordo com Batista *et al.* (2008), o uso de leguminosas pioneiras é importante em razão do seu rápido crescimento e da possibilidade de fixação de nitrogênio atmosférico, por meio da relação simbiótica com microrganismos, favorecendo o estabelecimento das espécies de estágio sucessório mais avançado, reduzindo os custos e aumentando a eficiência do processo de recuperação destas áreas.

A introdução de leguminosas arbóreas exóticas também tem se tornado cada vez mais importante como medida para aumentar a concentração de nutrientes no solo e promover o estabelecimento da cobertura vegetal em áreas degradadas (LEVINE *et al.*, 2003). Jeddi e Chaieb (2012), estudando a recuperação de áreas degradadas do Mediterrâneo com espécies

arbóreas exóticas, concluíram que esta ferramenta de restauração pode ser uma importante estratégia para combater a degradação e desertificação nas zonas áridas e semiáridas do Mediterrâneo.

Costa *et al.* (2004), avaliando o aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada pela remoção de solo e revegetada com leguminosas arbóreas nativas e exóticas, concluíram que as espécies demonstraram ser eficientes em aportar nutrientes por meio do material formador da serapilheira, visto que alcançaram valores na magnitude observada para um fragmento de Mata Atlântica em crescimento secundário (capoeira) estudada para efeito de comparação.

2.4 Uso de leguminosas em sistema de cultivo em aleias

O sistema agroflorestal na forma de aleias (*alley cropping*), ou cultivo em alamedas, consiste no crescimento de culturas alimentares ou comerciais entre ruas formadas por árvores e arbustos. Em geral, as árvores e arbustos são leguminosas perenes, em fileiras suficientemente espaçadas entre si para permitir o cultivo de culturas alimentares ou comerciais entre elas, que apresentam crescimento rápido e que sejam, preferencialmente, fixadoras de N₂ (KANG; REYNOLDS; ATTA-KRAH, 1990). O manejo de podas periódicas das árvores ou arbustos resulta na adubação verde, cuja prática pode propiciar vantagens, como a recuperação ou melhoria da atividade biológica do solo e da ciclagem de nutrientes no agrossistema (PAULINO *et al.*, 2011).

Três hipóteses são colocadas para explicar o aumento observado na fertilidade do solo após a introdução do sistema agroflorestal com espécies arbustivas em aleias: (i) o crescimento das culturas é acelerado pelo fornecimento de nutrientes, especialmente N, liberados pela decomposição de resíduos de árvores, os quais são aplicados por meio de uma poda regular; (ii) repetidas aplicações de material podado de leguminosas aumentam o conteúdo de matéria orgânica do solo; e (iii) o sistema radicular profundo de árvores é capaz de extrair nutrientes de camadas profundas do solo, deixando-os ao alcance para o crescimento das culturas por meio da ciclagem (KANG; REYNOLDS; ATTA-KRAH, 1990).

Características como melhoria da qualidade do solo, aumento da produtividade das culturas alimentares e do rendimento financeiro das propriedades rurais têm sido atribuídas ao sistema de cultivo em aleias. Porém, o sucesso de um sistema deste tipo está relacionado com a quantidade e qualidade do material podado das árvores, com a quantidade de nutrientes liberados dos resíduos durante o processo de decomposição e com a quantidade

e o tempo de liberação de nutrientes para satisfazer as necessidades das culturas subsequentes (MENDONÇA; STOTT, 2003).

Geralmente, neste sistema são usadas árvores leguminosas que são conhecidas por melhorar a fertilidade do solo pelo aumento na disponibilidade de N, principalmente derivado da fixação biológica do nitrogênio (FBN), pela absorção de N das camadas mais profundas e pela adição de cobertura vegetal ao solo (MAFONGOYA; NAIR; DZOWELA, 1998). As leguminosas com raízes profundas podem potencialmente interceptar nutrientes percolados ao longo do perfil do solo, além de acessar os nutrientes acumulados no subsolo abaixo da zona radicular de culturas anuais. Esses nutrientes capturados do subsolo pelas árvores tornam-se insumos quando transferidos para a superfície do solo na forma de liteira e de outros resíduos vegetais.

2.5 Interação entre leguminosas arbóreas e cultura de interesse alimentar em sistema de cultivo em aleias

O conhecimento das interações entre as leguminosas arbóreas e as culturas anuais é importante para o manejo dos sistemas agroflorestais, uma vez que as leguminosas estabelecem relações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio e servem como cobertura morta e adubo verde (SANTOS, C. C. *et al.*, 2010).

A produtividade das culturas no cultivo em aleias pode aumentar com o passar do tempo devido ao incremento na fertilidade do solo, uma vez que os nutrientes exportados se restringem àqueles removidos pelos grãos na colheita. Ademais, todos os resíduos vegetais das culturas e das árvores ficam retidos no sistema (AKYEAMPONG; HITIMANA, 1996). Contudo, a fertilidade do solo pode declinar como resultado de um manejo não adequado pela perda de nutrientes com a remoção da biomassa (BAUHUS *et al.*, 2002).

Em sistema de cultivo em aleias, as árvores competem com as culturas por água, luz e nutrientes, especialmente quando as linhas de plantio estão situadas mais próximas das leguminosas (WANVESTRAUT *et al.*, 2004). De acordo com Barreto, Chaer e Fernandes (2012), para implementar sistemas eficientes de cultivo em aleias, a competição imposta por árvores sobre as culturas deve ser minimizada. Estes mesmos autores comprovaram que a gestão da frequência de podas da leguminosa *Gliricidia sepium* em um sistema de aleias com milho (*Zea Mays* L.) é um fator determinante que influencia a produtividade da cultura alimentar e a melhoria da qualidade do solo.

O milho é uma das culturas alimentares que tem sido bastante estudada nos sistemas de cultivo em aleias (BARRETO; CHAER; FERNANDES, 2012; MAFRA *et al.*, 1998b; MARIN; MENESES; SALCEDO, 2007; QUEIROZ; COELHO; BARROSO, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2008; SILESHI *et al.*, 2011). A cultura do milho está dispersa por toda a região nordeste do Brasil, dada sua importância cultural, econômica e social. Ela é explorada em diferentes condições ambientais e nos mais variados sistemas de cultivo, que vão desde aqueles tradicionais, que caracterizam uma agricultura de subsistência, até os sistemas de cultivo mais modernos, que procuram explorar ao máximo o potencial da cultura por meio do uso de tecnologias de produção.

Estudando o desenvolvimento do milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes no sistema de cultivo em aleias com suprimento de fósforo (P), Queiroz *et al.* (2008) verificaram que a produtividade da cultura foi menor nos tratamentos em que ela foi associada com as leguminosas e maior para o cultivo de milho solteiro adubado com NPK. No entanto, a partir do segundo ciclo de cultivo, a produtividade do milho consorciado com guandu e gliricídia foi semelhante àquela encontrada no tratamento com adubação mineral.

Já Marin, Menezes e Salcedo (2007), trabalhando com milho consorciado com gliricídia em sistema de aleias e não consorciado, constataram diminuição na produtividade de grãos de milho no cultivo em aleias em relação ao não consorciado. Os autores atribuem esse decréscimo, em parte, ao fato da população de plantas de milho ser 17% menor do que no cultivo solteiro. Os autores verificaram também diminuição na produtividade de grãos de milho nas fileiras próximas às de gliricídia, o que foi explicado pelo fato de haver competição por água entre as plantas de milho e de gliricídia nas fileiras próximas às leguminosas.

A competição abaixo do solo, medida pela interação raiz-raiz entre as espécies arbóreas e culturas alimentares tem sido identificada como a maior determinante da produtividade e sustentabilidade de sistemas agroflorestais em regiões tropicais e temperadas do mundo (JOSE; GILLESPIE; SEIFERT, 2000). Porém, as raízes apresentam papel importante para aumentar e manter a fertilidade do solo nesses sistemas (YOUNG, 1997). Por exemplo, a quantidade de C e N ciclados por meio da decomposição de raízes finas pode ser igual ou maior do que a ciclagem do material podado deixado na superfície do solo (JOSE *et al.*, 2000).

A contribuição de N pelas leguminosas para outras culturas em consórcio depende das espécies utilizadas, de seu potencial de nodulação e da eficiência na produção de fitomassa, o que é determinado pela espécie, material genético e condições ambientais, podendo ser potencializado pelo manejo dos resíduos (RAO; MATHUVA, 2000).

Barreto e Fernandes (2001) avaliaram o efeito da incorporação de biomassa da parte aérea da *Gliricidia sepium* e da *Leucaena leucocephala* sobre alguns atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros de Sergipe. Os autores destacaram a viabilidade da utilização da *Gliricidia sepium* em cultivos em aleias por vários benefícios proporcionados pelo seu porte vegetativo que é mais compacto, exercendo menor competição com as culturas plantadas nas entrelinhas e pela sua incorporação ao solo, promovendo melhorias em atributos químicos (Ca+Mg e pH) e físicos (densidade e macroporosidade), principalmente nas menores profundidades.

Efeitos alelopáticos no sistema de cultivo em aleias têm sido relatados para as culturas de arroz e milho. Entretanto, alguns autores têm observado que as substâncias húmicas presentes nos solos podem reverter o efeito alelopático de metabólitos secundários como o ácido caféico e ácido ferúlico (LOFREDO; MONACI; SENESI, 2005).

Estudando o efeito de extratos aquosos de folhas e raízes de leucena e de guandu sobre sementes de feijão-caupi, Santos C. C. *et al.* (2010) constataram que os extratos exerceram efeitos deletérios sobre a germinação das sementes de feijão-caupi, com maior intensidade para os extratos de guandu. Os autores concluíram ainda que substâncias húmicas reduziram o efeito inibidor do extrato aquoso de raiz de guandu sobre a germinação de sementes de feijão-caupi, o que pode ser um mecanismo importante para o bom desempenho da cultura em sistemas agroflorestais com essa leguminosa.

A *Mimosa hostilis* é uma leguminosa nativa resistente ao período seco, mas que existem dúvidas a respeito do seu potencial alelopático, embora para Lorenzo, Pereira e Rodríguez-Echeverría (2013), evidências consideráveis têm sido observadas em plantas exóticas sobre comunidades de plantas nativas.

Em observações de campo verifica-se que outras espécies não conseguem se estabelecer sob a copa de *Mimosa tenuiflora*, sugerindo a existência de possíveis efeitos alelopáticos (SILVEIRA; MAIA; COELHO, 2012a, 2012b), o que desqualificaria esta espécie para ser utilizada em sistemas agroflorestais. Estes autores, avaliando o potencial alelopático de *M. tenuiflora*, concluíram que o extrato de cascas afetou o desenvolvimento das plantas de alface, mas não reduziu a germinação em relação à testemunha. Ao estudar o efeito das folhas, os autores concluíram que o extrato obtido a temperatura ambiente não reduz a germinação e que o desenvolvimento das plântulas é afetado negativamente quando utilizado extrato mais concentrado.

2.6 Liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos de leguminosas arbóreas

Diversos fatores estão relacionados com a decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais. Dentre esses fatores destacam-se a atuação de macro e microrganismos decompositores, as características químicas do material, o manejo e as condições edafoclimáticas da região (pH, nutrientes, temperatura e umidade do solo). Nas mesmas condições de clima, solo e manejo, a taxa de decomposição e liberação de nutrientes é influenciada por características químicas inerentes ao resíduo vegetal (PERIN *et al.*, 2010).

Diferentes espécies, por possuir diferentes relações C/N, apresentam variações na taxa de decomposição. Leguminosas, por apresentar mais N, possuem menor relação C/N quando comparada a plantas de outras famílias e se decompõem mais rapidamente (PERIN *et al.*, 2004). Porém, variações podem acontecer na taxa de decomposição das leguminosas ao se considerar diferentes partes das plantas. Coelho *et al.* (2006), estudando o efeito de leguminosa arbórea na nutrição do cafeeiro em sistema de produção orgânica, concluíram que os ramos da *G. sepium* tiveram pouca importância como fertilizante, devido ao seu baixo conteúdo de nutrientes e sua baixa taxa de decomposição.

Paulino *et al.* (2009), avaliando fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira, verificaram que a maior parte do N adicionado ao sistema pela *G. sepium* foi proveniente dos ramos tenros e das folhas, uma vez que este componente apresentou maior teor de N (31,47 g kg⁻¹) em relação aos ramos lignificados (11,76 g kg⁻¹).

Em estudo realizado no Quênia com oito espécies de árvores leguminosas (*Leucaena leucocephala*, *L. collinsii*, *Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus*, *Sesbania sesban*, *S. grandiflora*, *Senna siamea* e *S. spectabilis*), Heineman *et al.* (1997) relataram maior produtividade de milho na associação desta cultura com *L. leucocephala* e *G. sepium*. Segundo os autores, o rendimento de grãos foi positivamente correlacionado à quantidade de folhas aplicadas no solo.

Queiroz *et al.* (2008), avaliando o desenvolvimento do milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes no sistema de cultivo em aleias com suprimento de fósforo (P), verificaram teores foliares de N no milho cultivado em aleias de guandu e *G. sepium* igual ao tratamento em que o milho solteiro foi adubado com NPK. Para Derpsch *et al.* (1991), a quantidade de nitrogênio fixado por leguminosas varia em função das espécies utilizadas e das condições de clima e de solo, podendo chegar a mais de 100 kg ha⁻¹ de N.

O fósforo (P), nutriente essencial para as plantas e muito escasso nos solos do semiárido, se encontra em percentuais consideráveis na forma de P orgânico (Po) (SILVA; MENDONÇA, 2007). De acordo com Nziguheba e Bünemann (2005), em solos de regiões tropicais submetidos a diferentes usos, a participação do Po para o P total variou de 16 a 65%. Giacomini *et al.* (2003) verificaram que a velocidade de liberação de nutrientes dos resíduos culturais durante o processo de decomposição depende da localização e da forma na qual esses nutrientes se encontram no tecido vegetal. Para o P, pelo fato de ser um constituinte da estrutura do tecido vegetal, a liberação apresenta íntima relação com a decomposição desses materiais.

Em relação ao potássio (K), sabe-se que este não faz parte de componentes estruturais das células vegetais se encontrando na forma iônica no vacúolo dessas células (MARSCHNER, 1995), sendo rapidamente lixiviado logo após o manejo das plantas de cobertura, com pequena dependência dos processos microbianos (GIACOMINI *et al.*, 2003). De acordo com Ernani *et al.* (2007), o K é lavado do material orgânico logo após a morte das células. Assim, as leguminosas por serem eficientes na produção de biomassa podem aportar quantidades significativas de K ao solo.

Outros cátions como cálcio (Ca) e magnésio (Mg) também são liberados pela decomposição de resíduos de leguminosas. Macedo *et al.* (2008), avaliando o efeito de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas, verificaram aumentos de 35% e 25% nos estoques de C e N, respectivamente. Os autores também constataram aumento nas concentrações de Ca + Mg, P e K na camada de 0-5 cm, em relação ao solo de área desmatada.

Nascimento *et al.* (2003) investigaram a influência de leguminosas em atributos químicos e matéria orgânica de um solo degradado. Os autores constataram efeito significativo da profundidade sobre os atributos matéria orgânica, fósforo, cálcio, soma de bases e capacidade de troca de cátions. Os maiores efeitos das leguminosas na elevação dos teores de nutrientes no solo dizem respeito ao K e ao Mg, na profundidade de 0-10 cm.

Num cultivo em aleias, Mafra *et al.* (1998b) verificaram que as podas na espécie arbórea proporcionaram aumentos significativos no teor de carbono orgânico da camada arável do solo. No trabalho citado, uma única espécie arbórea utilizada no sistema agroflorestal, a *Leucaena leucocephala*, contribuiu com cerca de 70 a 85% da adição total de N, P, Ca e Mg. Segundo os autores, isso foi equivalente a uma adubação de 280 kg ha⁻¹ de uréia, 30 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

2.7 Leguminosas arbóreas/arbustivas para as condições edafoclimáticas do semiárido

A família Leguminosae (Fabaceae) possui cerca de 727 gêneros e 19.325 espécies e é considerada a terceira maior família das angiospermas (NUNES *et al.*, 2007). Esta família está dividida em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Faboideae (Papilionoideae). As espécies desta família possuem ampla distribuição no planeta, estando presentes em regiões de clima tropical, subtropical e temperado. Devido a estes fatores as leguminosas têm importante papel econômico, ambiental e ecológico.

As espécies da família Leguminosae, abundantes nos trópicos, despertam interesse para o múltiplo uso. Isso acontece porque, em sua maioria, são lenhosas e perenes, se adaptam aos mais diversos ecossistemas brasileiros e são capazes de fixar nitrogênio atmosférico em associação com bactérias comumente chamadas de rizóbio (SPRENT, 1995).

As regiões semiáridas são caracterizadas, principalmente, por apresentarem altas temperaturas e baixas precipitações pluviárias mal distribuídas durante o ano. Essas condições climáticas, somadas à degradação decorrente da remoção do horizonte superficial pela erosão, dificultam o uso de leguminosas em sistemas de produção agrícola. Sendo assim, deve-se buscar a utilização das espécies que melhor se adaptem às condições edafoclimáticas limitantes.

Dentre as plantas mais abundantes do semiárido nordestino destaca-se a leguminosa pioneira jurema-preta (*Mimosa hostilis*), subfamília Mimosoidae. É uma arvoreta ricamente aculeada, de 4-6 metros de altura e dotada de copa irregular. Esta leguminosa é típica das áreas semiáridas dos estados do Nordeste do Brasil (Piauí até a Bahia) e no México (MAIA, 2004). É indicadora dos estágios iniciais de sucessão secundária progressiva ou de recuperação da cobertura arbórea de áreas antropizadas. A jurema-preta é uma planta rústica, cresce espontaneamente, formando bosques puros de árvores anãs. Ela é encontrada em solos pobres, extremamente rasos onde se encontra afloramento de rochas.

Outra espécie de grande ocorrência no semiárido é o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), caracterizado por ser uma das principais espécies lenhosas que compõem a vegetação nativa da caatinga. O sabiá pertence à família Leguminosae e subfamília Caesalpinioideae, ocorrendo espontaneamente em áreas de caatinga semiúmidas, com precipitações variando de 600 a 1.000 mm. Ocorre também em áreas mais secas, onde as temperaturas médias estão entre 20 e 28° C e o déficit hídrico entre 200 e 1.000mm. Nesse caso, apresenta forma mais arbustiva, com tronco polifurcado (RIBASKI *et al.*, 2003). Segundo Chaer *et al.* (2011), esta é uma das espécies de leguminosas arbóreas mais plantadas

hoje no Brasil, tendo sido amplamente utilizada em cercas vivas, estabilização da paisagem e recuperação de terras.

Algumas espécies que foram trazidas para o Brasil se adaptaram muito bem às condições edafoclimáticas do semiárido. Esse é o caso da gliricídia (*Gliricidia sepium*), leguminosa que pertence à subfamília Faboideae, originária das zonas baixas do México e América Central que apresentam estação seca bem definida. É uma espécie arbórea de porte médio que apresenta crescimento rápido e enraizamento profundo, o que lhe confere tolerância à seca (CARVALHO FILHO; DRUMOND; LANGUIDEY, 1997). A *G. sepium* é uma das espécies mais utilizadas para adubação verde, em virtude da sua rusticidade, elevada produção de matéria seca em condições de baixa disponibilidade hídrica e alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, além de ser utilizada como forragem e lenha (MARIN *et al.* 2006; MARIN; MENEZES; SALCEDO, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do solo e dos resíduos de leguminosas utilizados no experimento

O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado na camada de 0-30 cm numa área degradada localizada no distrito de Jaibaras, distante 10 km da sede de Sobral-CE com coordenadas de 3° 43' 30" de latitude Sul, 40° 22' 30" de longitude Oeste e altitude média de 94 m (FIGURA 3). A área em que o solo foi coletado apresenta declive moderado, seixos rolados na superfície do solo e sinais de desmatamento. Foi observado que a vegetação da área se caracteriza pela presença de espécies arbóreas típicas da Caatinga, tais como jurema-preta (*Mimosa hostilis*) e mufumbo (*Cobretum leprosum* Mart.), além do extrato herbáceo em que predomina o capim panasco (*Aristida adscensionis* L), bamburral (*Hyptis suaveolens* L.) e malva branca (*Sida cordifolia* L).

Figura 3 – Local de coleta do solo.



Fonte: OLIVEIRA (2012).

Após ser transportado para a área experimental, o solo foi peneirado em malha de 4,0 mm para retenção do material mais grosseiro. Uma amostra composta foi coletada, seca ao ar, peneirada em malha de 2,0 mm e levada para o Laboratório de Manejo e Conservação do Solo e da Água da Universidade Federal do Ceará, sendo submetida às análises para caracterização química (pH, CE, COT, P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e (H⁺ + Al³⁺)) e física (granulometria, densidade global e densidade de partículas) seguindo os protocolos descritos

em Embrapa (2009). Os resultados das análises físicas e químicas de caracterização do solo utilizado no experimento estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo utilizado.

Atributos	Valor
pH (H ₂ O)	5,7
CE (dS m ⁻¹)	0,5
COT (g kg ⁻¹)	5,0
P* (mg dm ⁻³)	3,9
K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	2,6
Na ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	4,2
Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	14,6
Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	5,8
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	2,0
(H ⁺ + Al ³⁺) (mmol _c dm ⁻³)	13,8
SB (mmol _c dm ⁻³)	27,2
T (mmol _c dm ⁻³)	41,0
t (mmol _c dm ⁻³)	29,2
V (%)	66,3
m (%)	6,8
PST (%)	9,3
Areia (g kg ⁻¹)	731,0
Silte (g kg ⁻¹)	192,0
Argila (g kg ⁻¹)	77,0
Ds (kg dm ⁻³)	1,5
Dp (kg dm ⁻³)	2,4

* Extração com Mehlich-1.

De acordo com Aquino *et al.* (1993), a classificação quanto as classes de interpretação para atributos químicos apresentados na Tabela 1 é a seguinte: pH (acidez média); COT (baixo); P (baixo); K⁺ (baixo); Ca²⁺ (baixo); Mg²⁺ (médio) e Al³⁺ (baixo).

Por ocasião da instalação do experimento, os resíduos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Mimosa hostilis* e *Gliricidia sepium*, foram coletados diretamente nas plantas da área do Centro de Convivência com o Semiárido, pertencente à Embrapa Caprinos e Ovinos, em Sobral-CE.

Para as frações “folhas” e “galhos” foram coletadas duas amostras compostas de cada espécie. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C até atingir peso constante. Na sequência, o material foi triturado em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) para caracterização química por meio da determinação dos teores de

carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), de acordo com métodos descritos em Embrapa (2009), cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização química das leguminosas utilizadas.

Espécie	Parte da planta	-----g kg ⁻¹ -----						C/N
		C	N	P	K	Ca	Mg	
<i>M. caesalpiniiifolia</i>	Folha	434,8	14,1	0,83	9,0	7,01	2,5	30,8
	Galho*	506,1	6,7	0,84	6,8	6,31	0,9	75,5
<i>M. hostilis</i>	Folha	449,8	17,2	0,85	7,4	6,9	2,8	26,2
	Galho	517,3	8,6	1,03	6,0	4,53	0,6	60,2
<i>G. sepium</i>	Folha	427,3	22,2	1,42	14,7	8,13	4,3	19,2
	Galho	461,1	11,6	1,72	12,7	6,33	2,2	39,8

* Galhos com diâmetro inferior a 1,0 cm.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições (FIGURA 4). Cada parcela experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade de 10 dm³, contendo uma planta.

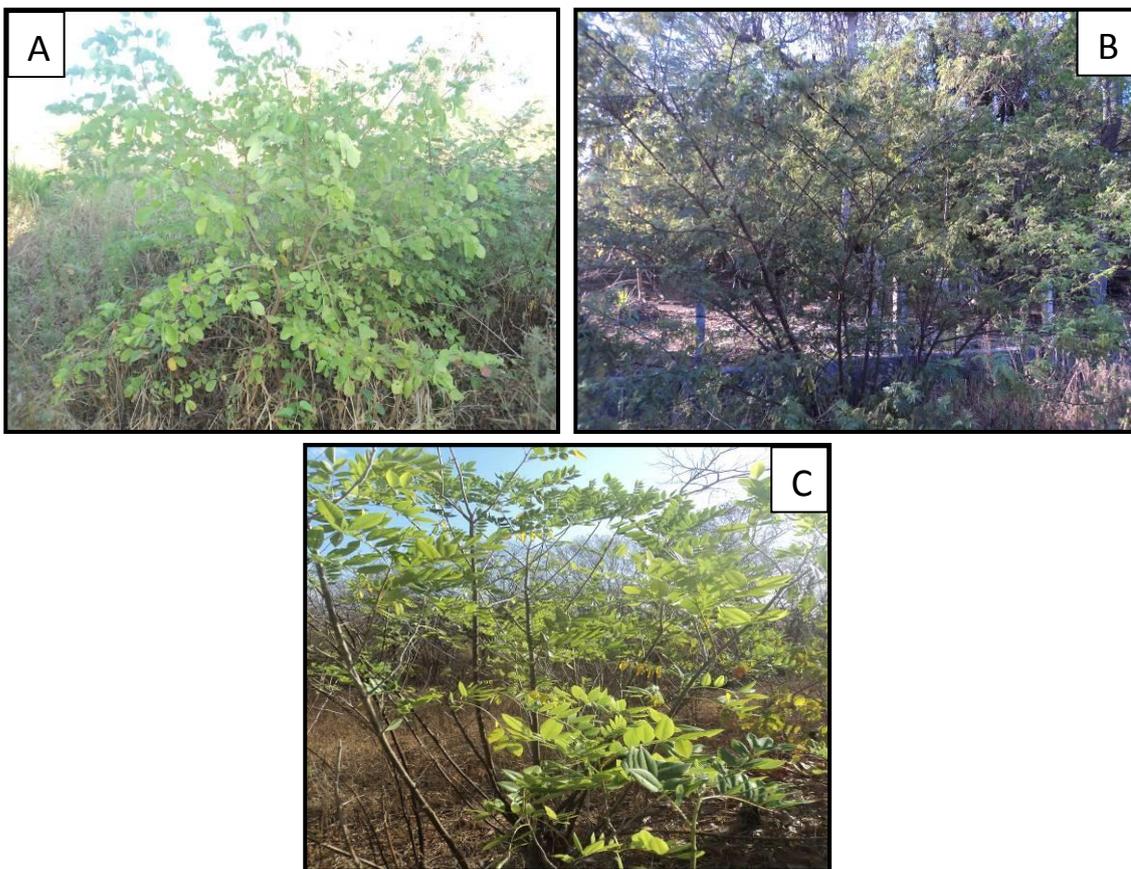
Figura 4 - Croqui do experimento



Fonte: OLIVEIRA (2012).

Foram adicionados ao solo resíduos de três espécies de leguminosas, sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), jurema-preta (*Mimosa hostilis*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) (FIGURA 5), constituindo os seguintes tratamentos: T1 - Sem resíduo de leguminosas, T2 - folhas de *M. caesalpinifolia*, T3 - Galhos de *M. caesalpinifolia*, T4 - Folhas + galhos de *M. caesalpinifolia*, T5 - Folhas de *M. hostilis*, T6 - Galhos de *M. hostilis*, T7 - Folhas + galhos de *M. hostilis*, T8 - Folhas de *G. sepium*, T9 - Galhos de *G. sepium* e T10 - Folhas + galhos de *G. sepium*.

Figura 5 – Espécies utilizadas na constituição dos tratamentos, *M. caesalpinifolia* (A), *M. hostilis* (B) e *G. sepium* (C).



Fonte: OLIVEIRA (2012).

3.3 Instalação e condução do experimento

O estudo foi realizado no período de 10/08/2012 a 14/10/2012 nas instalações de um viveiro de mudas localizado na zona urbana do município de Sobral-CE. O clima da região é semiárido, do tipo BShw', segundo a classificação de Köppen (MILLER, 1971). A temperatura média anual é de 27° C e a precipitação média é de 822 mm por ano, concentrados entre os meses de fevereiro e maio (IPECE, 2005).

A estrutura do viveiro é composta de parede de alvenaria de 1,0 m de altura com hastes e tela de aço galvanizado nas laterais. A cobertura é confeccionada com sombrite com 50% de luminosidade.

O volume de solo colocado em cada vaso foi de $8,0 \text{ dm}^{-3}$. Com base nos resultados da análise química de caracterização, o substrato utilizado em todos os tratamentos recebeu adubação fosfatada correspondente a 90 kg ha^{-1} , de acordo com a recomendação para o cultivo do milho irrigado (AQUINO *et al.*, 1993). A fonte de P_2O_5 utilizada foi o superfosfato triplo.

Antes da semeadura, o solo foi irrigado para elevar sua umidade a valores próximos à capacidade de campo. Em seguida, foi realizada a semeadura do milho (*Zea mays* L.), utilizando-se sementes da variedade BRS Gortuba. Foram semeadas quatro sementes em cada vaso a uma profundidade de 3,0 cm. Após a semeadura, foram adicionados aos vasos os resíduos vegetais que constituíram os tratamentos.

Após a coleta no campo o material vegetal foi levado para o Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Caprinos e Ovinos, onde foi pesado em balança de precisão e acondicionado em sacos de papel devidamente identificados. Os resíduos das leguminosas foram aplicados nos vasos na forma de massa verde (FIGURA 6), corrigindo-se a umidade para obter o equivalente a 73,0 g de matéria seca para todos os tratamentos, correspondendo a $17.300 \text{ kg ha}^{-1}$.

Figura 6 – Fitomassa verde adicionada sobre o solo



Fonte: OLIVEIRA (2012).

Considerando que foi aplicado nos vasos o equivalente a 17.300 kg ha⁻¹ de matéria seca e com base na análise de caracterização química das leguminosas utilizadas, as quantidades de nutrientes adicionadas na forma de biomassa vegetal estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade de nutrientes aplicados na forma de biomassa verde.

Espécie	Parte da planta	N	P	K	Ca	Mg
		-----kg ha ⁻¹ -----				
<i>M. caesalpiniiifolia</i>	Folha	243,9	14,4	155,7	121,3	43,3
	Galho	115,9	14,5	117,6	109,2	15,6
	Folha + galho	179,9	14,4	136,7	115,2	29,4
<i>M. hostilis</i>	Folha	297,6	14,7	128,0	119,4	48,4
	Galho	148,8	17,8	103,8	78,4	10,4
	Folha + galho	223,2	16,3	115,9	98,9	29,4
<i>G. sepium</i>	Folha	384,1	24,6	254,3	140,6	74,4
	Galho	200,7	29,8	219,7	109,5	38,1
	Folha + galho	292,4	27,2	237,0	125,1	56,2

A quantidade de resíduo adicionada foi determinada levando-se em consideração a média de produção de biomassa seca (folhas + galhos finos) entre as três espécies estudadas em kg planta⁻¹, sendo esse dado baseado em estudos realizados por Ferreira *et al.* (2007), Bakke *et al.* (2007) e Marin *et al.* (2006). Foi considerado que o espaçamento utilizado em sistemas de cultivo em aleias na região é de 3,0 x 1,0 x 0,5m o que equivale a uma população de 10.000 plantas ha⁻¹ (leguminosas). Dessa forma, uma leguminosa arbórea deposita biomassa em área correspondente a 1,0 m². A partir desse dado, chegou-se a quantidade média que uma leguminosa arbórea depositaria numa área correspondente à do vaso utilizado no experimento.

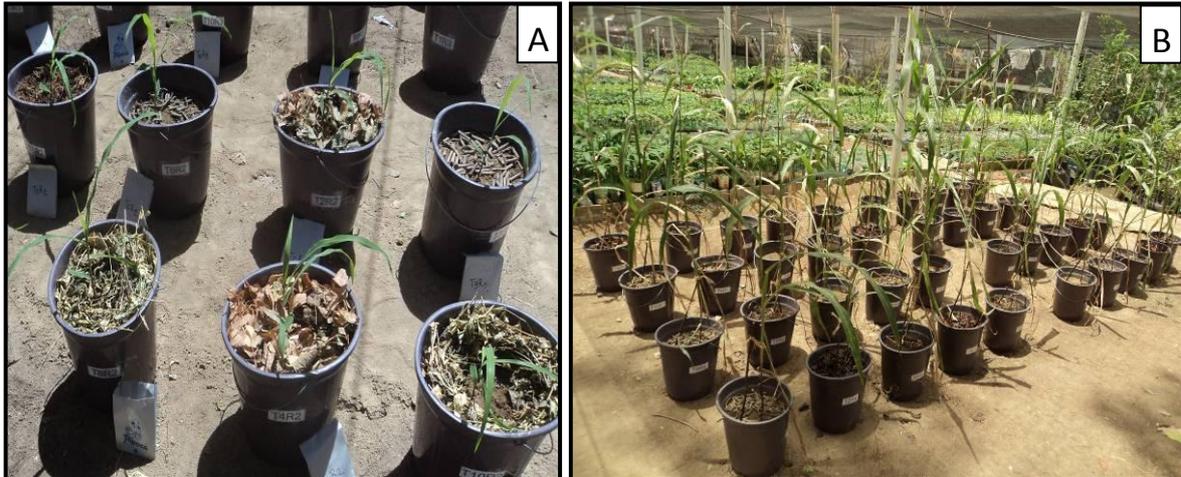
Para a obtenção da fração “galhos”, foram eliminados ramos com diâmetro superior a 1,0 cm; na sequência o material foi cortado em segmentos de aproximadamente 2,0 cm de comprimento.

Foram feitas irrigações diárias utilizando-se água proveniente do sistema de abastecimento do município de Sobral. Uma amostra foi coletada e submetida à análise química no Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecido Vegetal da FUNCEME/UFC cujos resultados apresentados foram os seguintes: pH=7,0; CE=0,22 (dS m⁻¹); Ca²⁺=0,50; Mg²⁺=0,75; K⁺=0,20; Na⁺=0,70; Cl⁻=1,25; HCO₃⁻=1,0 (mmol_c L⁻¹).

Foi realizado desbaste das plântulas aos 15 dias após a sementeira (DAS), deixando-se em cada vaso a planta mais vigorosa (FIGURA 7A). Durante o ciclo da cultura

foi observado ataque de pragas como gafanhoto (*Schistocerca* sp.), lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e, próximo aos 65 DAS, houve ataque de insetos sugadores. Para lagarta e gafanhoto o controle foi manual, enquanto que para insetos sugadores foi aplicada uma solução a base de detergente neutro. As plantas foram coletadas aos 65 DAS, quando 80% já havia emitido a inflorescência feminina (FIGURA 7B).

Figura 7 – Plantas aos 15 DAS (A) e plantas aos 65 DAS (B).



Fonte: OLIVEIRA (2012).

3.4 Avaliações

3.4.1 Desenvolvimento das plântulas de milho

Essa avaliação foi realizada aos 15 DAS, por ocasião do desbaste, sendo medidos os seguintes parâmetros: altura de plântulas (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do colmo (DC). A ALT foi determinada com o auxílio de uma régua milimetrada, com os resultados expressos em centímetros plântula⁻¹. O DC foi medido na base do caule com a utilização de paquímetro com os resultados expressos em milímetros. As medições dos parâmetros foram feitas apenas na plântula selecionada no desbaste, em virtude da desuniformidade das que foram eliminadas.

3.4.2 Crescimento e fitomassa do milho

As avaliações do crescimento e da fitomassa foram feitas aos 65 DAS. Os parâmetros de crescimento avaliados foram: número de folhas (NF), altura da planta (AP) e

diâmetro do colmo (DC). Para o número de folhas considerou-se apenas as folhas de coloração verde, metabolicamente ativas. A altura das plantas, expressa em centímetros, foi medida com auxílio de fita métrica, considerando a distância entre a base do caule e a inserção no colmo da folha mais alta. O diâmetro do colmo foi medido a 1,0 cm da base do caule com a utilização de paquímetro, os resultados foram expressos em milímetros.

Para quantificar a fitomassa do milho foram determinadas a matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e a matéria seca total (MST). Para a obtenção da MSPA as plantas foram cortadas rente ao solo e, em seguida, lavadas com solução de detergente neutro, água corrente e água destilada. Na sequência, o material foi acondicionado em sacos de papel previamente identificados, colocados para secagem em estufa de circulação e renovação de ar a 65°C, até atingirem peso constante. Após secagem foi determinada a massa seca em balança digital de precisão (0,01g). A coleta das raízes foi feita três dias após a coleta da parte aérea, pois com o solo menos úmido foi possível visualizar melhor as raízes, havendo assim menos perda. Após coleta, as raízes foram lavadas em água corrente e passaram pelo mesmo procedimento adotado para a parte aérea.

3.4.3 Teores e acúmulo de macronutrientes na cultura do milho

As amostras de MSPA foram triturados em moinho tipo Willey (peneira de 2,0 mm) e utilizadas para a determinação dos teores de nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) conforme metodologias descritas em Embrapa (2009). Os teores de nitrogênio (N) total foram determinados após digestão sulfúrica pelo método semimicro Kjeldahl, de acordo com metodologia descrita em Embrapa (2009). Para os demais elementos, as amostras passaram por digestão nítrico-perclórica (EMBRAPA, 2009). Os teores de Ca e Mg foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica, K por fotometria de emissão de chamas e o P por colorimetria. O acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea do milho (colmo, folhas e inflorescências) foi calculado a partir dos valores de massa da matéria seca e teores dos nutrientes.

O acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea do milho (colmo, folhas e inflorescências) foi calculado a partir dos valores de massa da matéria seca e teores dos nutrientes (Equação 1).

$$\text{Acúmulo}_{(\text{mg kg}^{-1})} = (\text{massa seca}_{(\text{kg})} \times \text{teor do nutriente}_{(\text{g kg}^{-1})}) \times 1000 \quad (1)$$

3.4.4 Atributos químicos do solo

Após a coleta das plantas (65 DAS) foi realizada coleta de solo em cada vaso na profundidade de 0-10 cm. Foi retirada uma amostra para as análises de pH, COT, P, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} e $(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ e outra para determinação do nitrogênio nítrico e amoniacal (N-NO_3^- e N-NH_4^+). As amostras foram coletadas com o auxílio de uma sonda própria para vasos e posteriormente acondicionadas em sacos plásticos identificados. Para as primeiras análises citadas, as amostras foram secas ao ar e, depois de secas, foram destorroadas e tamisadas em malha de 2 mm, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA). Para determinação do N-NO_3^- e N-NH_4^+ , as amostras foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo para preservar as formas inorgânicas de N e, em seguida, foram armazenadas em freezer até a realização das análises.

As análises químicas nas amostras de solo foram realizadas de acordo com métodos descritos em Embrapa (2009). Os atributos foram assim determinados: pH em H_2O ; cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), alumínio trocável (Al^{+++}) extraídos pela solução de KCl 1N, sendo o Ca^{++} e o Mg^{++} quantificados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al^{+++} por titulação com NaOH 0,025 N; potássio (K^+), sódio (Na^+) e fósforo (P) foram extraídos com a solução extratora Mehlich-1, sendo que Na^+ e K^+ foram quantificados por fotometria de emissão de chama e o P por colorimetria. Para a determinação da Acidez potencial ($\text{Al}^{+++} + \text{H}^+$) foi usado o extrator acetato de cálcio $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{CaH}_2\text{O}$ 1N – pH 7 e a quantificação foi por titulometria em NaOH 0,01N. O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo processo de oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio.

Já os teores de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) foram determinados em destilação por arraste de vapores das soluções contendo essas formas de nitrogênio mineral, óxido de magnésio (MgO) e liga de devarda. Em meio alcalino forte criado pela adição de MgO, o NH_4^+ é convertido em amônia (NH_3), que é arrastada por vapores, condensada e depositada em solução de ácido bórico. O uso da liga de devarda tem por finalidade reduzir o nitrato a amônio, que é convertido em NH_3 . A quantificação do N nas formas de amônio e nitrato se dá indiretamente por titulação (H_2SO_4 0,005M), via restituição do ácido bórico utilizado na formação de borato de amônio. O nitrogênio inorgânico (N-inor) foi obtido por meio da soma dos valores de (NH_4^+) e (NO_3^-).

A partir dos resultados das análises químicas foram calculados os seguintes atributos: capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), capacidade de troca de cátions ao pH

atual do solo (t), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e matéria orgânica (MO), segundo Embrapa (2009).

3.5 Análises estatísticas

Inicialmente os dados foram analisados pela estatística descritiva clássica, com o objetivo de verificar a existência de valores periféricos (“outliers”) que comprometessem o comportamento médio dos parâmetros avaliados. Foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$) para verificar a normalidade dos dados. Em seguida, os resultados de cada variável foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F ao nível de significância de 0,05 de probabilidade, as médias foram comparadas entre si aplicando-se o teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software SISVAR, versão 4.3 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desenvolvimento das plântulas de milho

Os parâmetros biométricos avaliados nas plântulas de milho foram influenciados significativamente pela adição dos resíduos das leguminosas. Verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) para altura de plântulas (ALT) e diâmetro do colmo (DC). Já para número de folhas não foi observado efeito significativo a 5 % de probabilidade (TABELA 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para altura (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do colmo (DC) de plântulas de milho aos 15 DAS.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		ALT	NF	DC
Tratamentos	9	3,0**	0,0 ^{ns}	0,7**
Blocos	3	0,4 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}
Resíduo	27	0,9	0,3	0,2
CV (%)	-	7,9	19,0	11,9

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e * = significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns} = não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios para ALT, NF e DC. Foi observada maior ALT quando se adicionou ao solo folhas mais galhos de *M. caesalpinifolia* (12,8 cm), sendo que este tratamento diferiu estatisticamente apenas de galhos de *G. sepium* e do controle que proporcionou a menor média (10,5 cm).

Para o NF não foi observado efeito da aplicação dos resíduos de leguminosas. Já o DC foi afetado pela adição dos resíduos, com a maior média observada em plântulas que receberam folhas de *G. sepium*.

Os efeitos proporcionados pela adição dos resíduos para ALT e DC, provavelmente não são oriundos da liberação de nutrientes que dependem da decomposição do resíduo vegetal como N, P, Ca e Mg, já que aos 15 DAP supõe-se que ainda não houve tempo suficiente para decomposição dos resíduos e conseqüentemente mineralização desses nutrientes. No entanto, é provável que esse efeito dos resíduos seja explicado pela liberação de K, que ocorre com facilidade pela lavagem logo após a morte das células (ERNANI *et al.* 2007). Segundo estes mesmos autores, o K é um nutriente vital para a fotossíntese e sua deficiência normalmente reduz o tamanho dos internódios, a dominância apical e o crescimento das plantas.

Tabela 5 – Valores médios para altura (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do colmo (DC) de plântulas de milho aos 15 DAS.

Tratamentos	ALT	NF	DC
	cm	folha planta ⁻¹	mm
Sem resíduo	10,5 b	2,7 a	2,8 bc
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	12,6 ab	2,7 a	3,4 abc
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	11,0 ab	2,7 a	2,8 c
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	12,8 a	2,7 a	3,7 abc
<i>M. hostilis</i> (F)	12,1 ab	2,7 a	3,6 abc
<i>M. hostilis</i> (G)	11,8 ab	2,7 a	3,83 ab
<i>M. hostilis</i> (F + G)	11,4 ab	2,7 a	3,5 abc
<i>G. sepium</i> (F)	12,5 ab	2,7 a	3,9 a
<i>G. sepium</i> (G)	10,6 b	2,7 a	2,9 abc
<i>G. sepium</i> (F + G)	10,9 ab	2,7 a	3,5 abc

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

Apesar de não ter sido avaliada a germinação do milho é possível fazer inferências sobre possíveis efeitos alelopáticos provocados pelos resíduos aplicados sobre o solo. De acordo com Santos C. C. *et al.* (2010), efeitos alelopáticos podem ser observados tanto sobre a germinação quanto sobre o crescimento de plântulas. Já para Jacobi e Ferreira (1991), o efeito é mais intenso sobre o crescimento do que sobre a germinação.

Supõe-se que para os parâmetros de crescimento de plântulas não houve efeito alelopático dos resíduos aplicados sobre o solo, já que em relação à ATL, NF e DC os tratamentos que receberam os resíduos não apresentaram médias estatisticamente inferiores ao controle. Em condições de laboratório, Silveira, Maia e Coelho (2012 b) encontraram efeito deletério do extrato de folhas de *M. tenuiflora* em alturas de plântulas de alface.

4.2 Crescimento e fitomassa do milho

De acordo com a análise de variância (TABELA 6), o desenvolvimento do milho foi afetado significativamente pela adição dos resíduos das leguminosas, sendo encontradas diferenças significativas ($p < 0,01$) para altura de plantas (ALT), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e ($p < 0,05$) para matéria seca da raiz (MSR). Já para número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC) não houve efeito significativo.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST) de plantas de milho aos 65 DAS.

FV	GL	Quadrado médio					
		ALT	NF	DC	MSR	MSPA	MST
Tratamentos	9	220,5**	2,4 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,0*	5,2**	6,4**
Blocos	3	8,9 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,0 ^{ns}	2,4*	2,2 ^{ns}
Resíduo	27	19,0	1,4	0,5	0,0	0,6	0,7
CV (%)	-	3,8	14,2	12,2	11,9	7,2	7,4

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e *= significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns}= não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Para ALT, a aplicação de folhas mais galhos de *G. sepium* proporcionaram maiores valores em relação aos demais resíduos, exceção às folhas de *M. hostilis* e folhas mais galhos de *M. caesalpinifolia* (TABELA 7). Isso pode ser explicado pelo fato da fração folhas apresentar menor relação C/N, sobretudo as de *G. sepium* (TABELA 2), favorecendo decomposição mais rápida e posterior disponibilização de nitrogênio para a cultura, mesmo mediante a mistura das folhas com os galhos. Andrade Neto *et al.* (2010), estudando o efeito da adubação verde sobre o crescimento e a produtividade do sorgo forrageiro, também verificaram influência positiva na altura de plantas. Garrido *et al.* (2009) relataram que a incorporação de *G. sepium* promoveu alturas maiores em plantas de mamona quando comparadas ao controle logo no primeiro ciclo de cultivo.

Tabela 7 – Valores médios para altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST) de plantas de milho aos 65 DAS.

Tratamentos	ALT	NF	DC	MSR	MSPA	MST
	cm	folha planta ⁻¹	mm	-----g planta ⁻¹ -----		
Sem resíduo	112,0 bc	7,7 a	5,5 a	0,3 b	8,2 c	8,3 c
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	113,7 bc	8,2 a	6,6 a	0,4 ab	11,2 ab	11,7 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	108,5 cd	8,7 a	5,2 a	0,4 ab	10,5 b	10,9 b
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	117,0abc	8,2 a	5,8 a	0,5 a	11,2 ab	11,7 ab
<i>M. hostilis</i> (F)	121,5 ab	8,5 a	5,9 a	0,4 ab	11,5 ab	12,1 ab
<i>M. hostilis</i> (G)	100,0 d	9,2 a	6,0 a	0,4 ab	11,0 ab	11,3 ab
<i>M. hostilis</i> (F + G)	110,5 cd	7,2 a	5,1 a	0,4 ab	11,5 ab	11,8 ab
<i>G. sepium</i> (F)	113,0 bc	7,5 a	6,2 a	0,4 ab	12,0 ab	12,3 ab
<i>G. sepium</i> (G)	110,0 cd	8,0 a	5,9 a	0,4 ab	11,0 ab	11,7 ab
<i>G. sepium</i> (F + G)	127,2 a	9,7 a	6,4 a	0,4 ab	12,5 a	13,1 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

Relativo ao NF e DC os tratamentos não proporcionaram diferença significativa. Lázaro *et al.* (2013), avaliando a produtividade do milho em sucessão à adubação verde em

condições de campo, também não encontraram diferença significativa para diâmetro do colmo.

A MSR foi influenciada significativamente pela adição dos resíduos de leguminosas, sendo que a maior média foi observada quando se aplicaram folhas mais galhos de *M. caesalpinifolia*, diferindo estatisticamente apenas do controle.

Todos os resíduos adicionados afetaram positivamente MSPA e MST, com maior média observada nas plantas que receberam folhas mais galhos de *G. sepium*. Isso evidencia o potencial dessas espécies em promover o desenvolvimento da cultura do milho, já que a matéria seca é um importante parâmetro utilizado para avaliar o desenvolvimento de plantas. Primo *et al.* (2012), quando incorporaram *G. sepium* ao solo obtiveram produtividade de biomassa da parte aérea de milho superior à observada no controle. Garrido *et al.* (2009) relatam incremento de matéria seca de 100% em plantas de algodão adubadas com *G. sepium* quando comparado ao controle.

A produtividade de matéria seca por planta foi inferior à normalmente obtida em condições de campo. Segundo Silva *et al.* (2009), esse fato possivelmente está relacionado às condições do estudo conduzido em vasos. Nesses casos o acúmulo de matéria seca é desfavorecido, sobretudo pelo menor volume de solo explorado pelas raízes. É importante ressaltar também que a cultura não foi conduzida até a fase de produção.

4.3 Teores de macronutrientes na parte aérea do milho

Foi verificado, a partir da análise de variância, que os resíduos das leguminosas influenciaram de forma significativa ($p < 0,05$) o teor de potássio (K) na biomassa da parte aérea do milho. Já para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não houve efeito significativo a 5% de probabilidade (TABELA 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de milho aos 65 DAS.

FV	GL	Quadrado médio				
		N	P	K	Ca	Mg
Tratamentos	9	0,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	4,8*	0,3 ^{ns}	0,7 ^{ns}
Blocos	3	0,3 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Resíduo	27	0,4	0,0	1,9	0,5	0,4
CV (%)	-	3,8	4,0	8,4	12,6	24,3

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e *= significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns}= não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Os valores médios para os teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de milho estão apresentados na Tabela 9.

Não foi observada diferença significativa para o teor de N na parte aérea do milho. Esse resultado corrobora com os de Coelho *et al.* (2006) que, estudando o efeito de leguminosa arbórea na nutrição do cafeeiro em sistema de produção orgânica, não verificaram influência da poda da *G. sepium* sobre os teores de N das folhas de café.

Queiroz, Coelho e Barroso (2007), avaliando a influência de algumas leguminosas perenes no teor foliar de nutrientes e na produtividade da cultura do milho cultivado no sistema de aleias, sem adubação fosfatada, também não verificaram influência de *G. sepium* e *M. caesalpinifolia* no teor N foliar do milho em relação ao controle.

Tabela 9 – Valores médios para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de milho aos 65 DAS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
	-----g kg ⁻¹ -----				
Sem resíduo	17,0 a	1,6 a	14,2 b	5,4 a	2,0 a
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	17,2 a	1,6 a	16,9 a	5,6 a	2,3 a
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	17,1 a	1,6 a	15,1 b	5,7 a	2,3 a
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	17,3 a	1,7 a	15,6 b	6,0 a	2,6 a
<i>M. hostilis</i> (F)	17,1 a	1,6 a	16,9 a	6,3 a	2,7 a
<i>M. hostilis</i> (G)	17,0 a	1,6 a	15,4 b	5,6 a	2,5 a
<i>M. hostilis</i> (F + G)	17,1 a	1,6 a	16,6 a	5,6 a	2,1 a
<i>G. sepium</i> (F)	17,2 a	1,6 a	17,3 a	5,7 a	3,3 a
<i>G. sepium</i> (G)	17,2 a	1,6 a	17,1 a	5,7 a	2,6 a
<i>G. sepium</i> (F + G)	17,5 a	1,7 a	17,3 a	5,9 a	2,9 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

O teor de P na parte aérea das plantas de milho não foi afetado pela adição dos resíduos das leguminosas. Já para o teor de K, foi verificado efeito significativo decorrente da aplicação dos resíduos. Os tratamentos folhas de *G. sepium*, galhos de *G. sepium*, folhas mais galhos de *G. sepium*, folhas de *M. hostilis*, folha mais galhos de *M. hostilis* e folhas de *M. caesalpinifolia* se mostraram estatisticamente iguais entre si, porém, superiores aos demais. Maior média foi encontrada mediante aplicação de folhas de *G. sepium* (17,3 g kg⁻¹) e a menor foi observada no controle (14,2 g kg⁻¹). Dessa forma, a adição de folhas de *G. sepium* resultou em acréscimo de 22,3% no teor de K na parte aérea do milho em relação ao controle.

A obtenção de diferença significativa para os teores de K pode ser justificada pelo fato desse nutriente não fazer parte de componentes estruturais das células vegetais, se

encontrando na forma iônica no vacúolo dessas células (MARSCHNER, 1995). De acordo com Ernani *et al.* (2007), o K é lavado do material orgânico logo após a morte das células. Assim, ao se adicionar biomassa vegetal ao solo, a resposta das culturas para a absorção desse nutriente pode ser mais rápida em relação à absorção dos nutrientes que fazem parte da composição estrutural das células, já que estes dependem da decomposição e mineralização realizadas pelos microrganismos. Os maiores valores observados quando foi aplicado resíduos de *G. sepium* são justificados pelo fato dessa espécie apresentar maiores teores de K quando comparada às outras duas espécies estudadas.

Primo *et al.* (2012), avaliando a contribuição da adubação orgânica na absorção de nutrientes e na produtividade de milho no semiárido paraibano, observaram superioridade no teor de K na parte aérea do milho, 60 dias após a emergência, em plantas que receberam resíduos de *G. sepium* em cobertura.

Quanto aos teores de Ca e Mg, não foram observadas respostas significativas proporcionadas pelos tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Heinrichs *et al.* (2002) que, estudando produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes, relataram ausência de resposta das leguminosas nos teores foliares de Ca e Mg no milho no primeiro e segundo ano de cultivo.

A ausência de significância estatística para teores de N, P, Ca e Mg pode estar relacionada com uma avaliação que simula a primeira poda das leguminosas. Nos SAFs espera-se que essas podas sejam periódicas e frequentes ao longo dos anos, o que certamente levará ao maior aporte de nutrientes no solo e, conseqüentemente, à maior absorção pelas plantas levando a diferenças, pelo menos em comparação ao tratamento sem leguminosas. Barreto, Chaer e Fernandes (2012) relatam que uma frequência de quatro podas por ano é a ideal para obter melhores resultados, tanto na produção de milho como na qualidade do solo.

Outra possível explicação para a ausência de diferença significativa nos teores de nutrientes entre os tratamentos que receberam resíduos e o controle no presente estudo, pode estar relacionada com o modo de aplicação do material adicionado ao solo, que foi em cobertura. Os adubos de origem vegetal, uma vez incorporados ao solo, tornam-se mais acessíveis à microbiota, ao contrário de quando o material orgânico é deixado em superfície em que a decomposição pode ser mais lenta (MUNDUS *et al.*, 2008; ZAHARAH; MWANGE, 1999).

4.4 Acúmulo de macronutrientes na fitomassa da parte aérea do milho

A partir da análise de variância observa-se que o acúmulo de N, P, K e Mg na parte aérea das plantas de milho foi influenciado de forma significativa ($p < 0,01$) pelos resíduos das leguminosas (TABELA 10). Para o acúmulo de Ca, foi verificado efeito ao nível de significância de 5%.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de milho aos 65 DAS.

FV	GL	Quadrado médio				
		N	P	K	Ca	Mg
Tratamentos	9	1973,3**	18,6**	3583,7**	312,5*	192,9**
Blocos	3	635,5*	5,3 ^{ns}	742,2 ^{ns}	99,8 ^{ns}	43,4 ^{ns}
Resíduo	27	171,9	2,4	554,3	100,9	55,8
CV (%)	-	6,8	8,3	12,9	15,5	25,7

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e * = significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns}= não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Na Tabela 11 constata-se que todos resíduos aplicados sobre o solo influenciaram positivamente o acúmulo de N. Apesar de folhas mais galhos de *G. sepium* terem proporcionado maior valor absoluto, o efeito da adição deste resíduo diferiu estatisticamente apenas daquele proporcionado pela adição de galhos de *M. hostilis*, galhos de *M. caesalpiniiifolia* e do controle.

Tabela 11 – Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de milho aos 65 DAS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
	-----mg planta ⁻¹ -----				
Sem resíduo	136,9 c	13,7 b	113,9 c	44,0 b	16,1 b
<i>M. caesalpiniiifolia</i> (F)	195,5 ab	19,1 a	191,8 ab	64,1 ab	27,1 ab
<i>M. caesalpiniiifolia</i> (G)	181,5 b	18,2 a	161,0 bc	61,3 ab	24,7 ab
<i>M. caesalpiniiifolia</i> (F + G)	195,6 ab	19,4 a	175,0 ab	68,2 ab	30,8 ab
<i>M. hostilis</i> (F)	201,0 ab	19,7 a	197,6 ab	74,8 a	31,9 ab
<i>M. hostilis</i> (G)	185,7 b	18,3 a	169,0 abc	60,9 ab	27,4 ab
<i>M. hostilis</i> (F + G)	195,5 ab	18,8 a	190,1 ab	64,5 ab	24,2 ab
<i>G. sepium</i> (F)	205,0 ab	19,9 a	204,7 ab	68,6 a	40,4 a
<i>G. sepium</i> (G)	194,7 ab	18,7 a	193,4 ab	64,7 ab	29,7 ab
<i>G. sepium</i> (F + G)	223,0 a	21,8 a	221,3 a	75,5 a	37,8 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

Quando foram aplicadas folhas mais galhos de *G. sepium* houve acréscimo de 62,9% no acúmulo de N nas plantas de milho em relação às plantas que não receberam nenhum resíduo. Essa superioridade obtida com a aplicação de folhas mais galhos de *G. sepium* pode ser justificada pelo fato desse tratamento ter proporcionado à cultura do milho maior produção de fitomassa. Segundo Mundus *et al.* (2008), a gliricídia é um material de alta qualidade por conter alto teor de N, baixa relação C/N, além de baixo teor de polifenol e lignina.

Primo *et al.* (2012) verificaram que o acúmulo de N na biomassa da parte aérea do milho foi superior ao controle quando houve incorporação de *G. sepium* ao solo. Garrido *et al.* (2009) também relataram que o acúmulo de N em plantas de algodão e mamona cultivada em solo com incorporação de *G. sepium* foi superior ao controle no primeiro ciclo de cultivo.

No que concerne ao acúmulo de P, a aplicação dos resíduos proporcionou médias estatisticamente iguais entre si, porém, superiores ao controle. Isso denota que os resíduos favoreceram o acúmulo de P na parte vegetativa das plantas de milho, independente da espécie ou da parte da planta utilizada. A ausência de significância entre os tratamentos que receberam a aplicação de resíduos pode estar relacionada à adubação fosfatada que foi feita em todos os tratamentos. No caso da superioridade em relação ao controle, uma possível explicação é que as plantas que receberam resíduos apresentaram maior MSPA, não necessariamente influenciado apenas pelo P, mais pelos demais nutrientes.

As plantas que receberam resíduo de folhas mais galhos de *G. sepium* (maior média) acumularam 58,4 % de P a mais em relação ao controle. Esses resultados se assemelham aos de Garrido *et al.* (2009) que, no primeiro ciclo de cultivo, obtiveram superioridade no acúmulo de P em plantas de mamona adubada com *G. sepium* incorporada. Resultados contrastantes foram relatados por Primo *et al.* (2012) que não encontraram diferença para o acúmulo de P entre plantas de milho que receberam adubação orgânica e o controle. Heinrichs *et al.* (2002), estudando produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes, também verificaram ausência de resposta das leguminosas no acúmulo de P no milho no primeiro e segundo ano de cultivo.

Em relação ao acúmulo de K na parte aérea das plantas de milho, foi obtido maior valor médio mediante deposição sobre o solo folhas mais galhos de *G. sepium*. No entanto, esse valor diferiu estatisticamente apenas das médias proporcionadas por folhas mais galhos de *M. caesalpinifolia* e do controle, que apresentou a menor média. O incremento no acúmulo de K promovido por folhas mais galhos de *G. sepium* em relação ao controle foi da ordem de 94,3%. É oportuno destacar que além do tratamento folhas mais galhos de *G.*

sepium ter propiciado maior MSPA nas plantas de milho, também se mostrou superior no que se refere ao teor de K, o que pode ser explicado pelo fato dessa espécie apresentar os maiores teores desse nutriente entre as espécies estudadas, tanto na fração “folhas” quanto na fração “galhos” (TABELA 2).

Esses resultados vão de encontro aos que foram relatados por Primo *et al.* (2012) e Heinrichs *et al.* (2002). No entanto, esses resultados se assemelham aos de Garrido *et al.* (2009) que, no primeiro ciclo de cultivo, obtiveram superioridade no acúmulo de K em plantas de mamona adubada com *G. sepium* incorporada.

Para o acúmulo de Ca na parte aérea das plantas de milho, apenas folhas mais galhos de *G. sepium*, folhas de *G. sepium* e folhas de *M. hostilis* proporcionaram médias superiores em relação ao controle. Entre esses resíduos não houve diferença significativa, porém, a maior média foi obtida quando foram aplicadas sobre o solo folhas mais galhos de *G. sepium*. Nascimento *et al.* (2003) relatam baixa eficiência das leguminosas em reciclar Ca^{2+} do solo, quando comparadas ao controle. Mesmo assim, comparando o acúmulo de Ca observado nas plantas de milho que receberam folhas mais galhos de *G. sepium* com o acúmulo obtido no tratamento sem resíduos orgânicos, observa-se que houve incremento de 71,6 %.

No que se refere ao acúmulo de Mg, apenas as plantas de milho que receberam folhas de *G. sepium* e folhas mais galhos de *G. sepium* se mostraram superiores ao controle. Esses dois resíduos, quando comparados ao controle, promoveram incremento de Mg na parte aérea do milho de 150,3% e 133,8%, respectivamente. Para acúmulo de Ca e Mg, Heinrichs *et al.* (2002) não encontraram efeito significativo dos tratamentos no primeiro e segundo ano de cultivo de milho intercalado com leguminosas.

4.5 Atributos químicos do solo

4.5.1 Carbono orgânico total e nitrogênio inorgânico

Segundo a análise de variância constata-se que o teor de carbono orgânico total (COT), as concentrações de amônio (N-NH_4^+), nitrato (N-NO_3^-) e nitrogênio inorgânico (N-Inor) foram afetados significativamente ($p < 0,01$) pelos resíduos de leguminosas arbóreas nos primeiros 65 dias após a aplicação (TABELA 12).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância para teores de carbono orgânico total (COT), concentrações de amônio (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻) e nitrogênio inorgânico (N-Inor) nos primeiros 10 cm do solo após adição de resíduos de leguminosas arbóreas e cultivo do milho.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		COT	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-Inor
Tratamentos	9	0,7**	0,3**	4,1**	6,1**
Blocos	3	0,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}
Resíduo	27	0,2	0,0	0,3	0,4
CV (%)	-	8,1	2,6	5,2	3,7

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e * = significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns} = não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Referente aos teores de COT (TABELA 13), folhas de *M. hostilis* propiciaram a maior média não diferindo estatisticamente de folhas mais galhos de *G. sepium*. Estes dois tratamentos foram estatisticamente superiores ao controle e não diferiram dos demais. Como as folhas de *M. hostilis* apresentam maior relação C/N somente quando comparadas às folhas de *G. sepium* (TABELA 2), supõe-se que a maior média de COT proporcionada pelas folhas de *M. hostilis* esteja relacionada ao pequeno tamanho de seus folíolos. O menor tamanho dos folíolos favorece a ação dos microrganismos e de outros agentes que atuam na decomposição do resíduo orgânico, liberando mais facilmente o carbono para o solo, possivelmente numa fração da matéria macrorrgânica. De acordo com Silva e Mendonça (2007), o conteúdo dessa fração está principalmente ligado ao aporte orgânico pelo aumento e manutenção de resíduos orgânicos.

Tabela 13 – Valores médios para teores de carbono orgânico total (COT), concentrações amônio (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻) e nitrogênio inorgânico (N-Inor) nos primeiros 10 cm do solo após adição de resíduos de leguminosas arbóreas e cultivo do milho.

Tratamentos	COT	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	N-Inor
	g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----		
Sem resíduo	4,8 b	4,9 e	9,2 e	14,2 d
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	5,2 ab	5,2 cde	10,1 de	15,3 cd
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	5,3 ab	5,0 de	11,0 bcd	16,0 bc
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	5,2 ab	5,5 abc	10,8 cd	16,3 bc
<i>M. hostilis</i> (F)	6,3 a	5,2 cde	11,1 bcd	16,3 bc
<i>M. hostilis</i> (G)	5,6 ab	5,3 cde	10,9 bcd	16,2 bc
<i>M. hostilis</i> (F + G)	5,7 ab	5,3 bcd	11,8 abc	17,1 ab
<i>G. sepium</i> (F)	5,8 ab	5,6 ab	12,3 ab	17,9 a
<i>G. sepium</i> (G)	5,4 ab	5,7 ab	11,8 abc	17,5 ab
<i>G. sepium</i> (F + G)	5,9 a	5,8 a	12,5 a	18,3 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

Em condições de campo e em períodos mais longos de avaliação, vários autores têm relatado aumento no teor de COT no solo decorrente de podas de leguminosas arbóreas em sistema de cultivo em aleias. Mafra *et al.* (1998a), estudando as influências do sistema agroflorestal nos atributos químicos do solo no cerrado, verificaram aumento da matéria orgânica na camada de 0-5 cm. Loss *et al.* (2009), concluíram que o sistema de cultivo em aleias aumentou os teores de COT, quando comparado à área controle, na profundidade de 5–10 cm.

Beedy *et al.* (2010), avaliando o impacto de *G. sepium* na frações da matéria orgânica do solo (MOS) em sistema de cultivo a base de milho, relatam que a biomassa de *G. sepium* proporcionou aumento de 12% na MOS em relação ao milho cultivado sem consórcio. Já Barreto e Fernandes (2001), mesmo três anos após a implantação do sistema de cultivo em aleias, não encontraram diferença no teor de COT em relação ao controle.

O tratamento folhas mais galhos de *G. sepium* resultou em maior concentração de N-NH_4^+ ($5,8 \text{ mg dm}^{-3}$), se mostrando superior aos tratamentos folhas de *M. hostilis*, galhos de *M. hostilis*, folhas mais galhos de *M. hostilis*, folhas de *M. caesalpinifolia*, galhos de *M. caesalpinifolia* e ao controle, que apresentou o menor teor ($4,9 \text{ mg dm}^{-3}$). O incremento de N-NH_4^+ proporcionado pela adição de folhas de *G. sepium*, em relação ao controle, foi de 15,9%.

Para a concentração de N-NO_3^- no solo houve efeito da adição dos resíduos de leguminosas, com exceção às folhas de *M. caesalpinifolia* que proporcionaram média estatisticamente igual ao controle. A maior concentração de N-NO_3^- ($12,5 \text{ mg dm}^{-3}$) foi observada quando se adicionou sobre o solo folhas mais galhos de *G. sepium*, sendo superior à adição de folhas de *M. caesalpinifolia*, galhos de *M. caesalpinifolia*, folhas mais galhos de *M. caesalpinifolia*, folhas de *M. hostilis*, galhos de *M. hostilis* e o controle, que apresentou menor média ($9,2 \text{ mg dm}^{-3}$). No entanto, folhas mais galhos de *G. sepium*, mesmo proporcionando maior valor absoluto, não diferiram estatisticamente de folha de *G. sepium*, galho de *G. sepium* e folha mais galho de *M. hostilis*. Observa-se aumento de 26,4% no teor de N-NO_3^- proporcionado pela adição de folhas mais galhos de *G. sepium* em relação ao controle.

No que concerne à concentração de N-Inor, apenas folhas de *M. caesalpinifolia* não proporcionaram médias superiores à apresentada pelo controle. O solo que recebeu folhas mais galhos de *G. sepium* apresentou maior concentração de N-Inor ($18,3 \text{ mg dm}^{-3}$) não diferindo estatisticamente dos teores observados nos solos que receberam folhas de *G. sepium*, galhos de *G. sepium* e folhas mais galhos de *M. hostilis*.

No geral, para as concentrações de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-Inor , observam-se que os resíduos que contêm folhas resultam em maiores teores dessas formas de N no solo, principalmente se a espécie for a *G. sepium*. Isso pode ser explicado pelo fato desta espécie ter apresentado a menor relação C/N, tanto nas folhas quanto nos galhos (TABELA 2) o que favorece uma decomposição mais rápida (PERIN *et al.*, 2004), sobretudo nos primeiros 10 cm de profundidade, em que o processo de mineralização da biomassa das leguminosas é mais intenso (ALCÂNTARA *et al.*, 2000).

Estes resultados corroboram com os de Alcântara *et al.* (2000), que avaliando o desempenho de adubos verdes na recuperação de um Latossolo degradado, encontraram maiores teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-Inor na camada de 0 – 5 cm, 90 dias após o manejo da biomassa de *Cajanus cajan* e *Crotalaria juncea* em relação a área cultivada com *Brachiaria decumbens*. Beedy *et al.* (2010), trabalhando com *G. sepium* intercalada com milho na África do Sul, também verificaram efeito positivo da biomassa dessa espécie nos teores de N-Min. Já Maia *et al.* (2008), estudando quatro sistemas agroflorestais e um sistema convencional no semiárido cearense, não verificaram influência do sistema com leguminosas arbóreas nos teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , mesmo nos primeiros 6,0 cm.

No que diz respeito à relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$, observa-se predomínio do N na forma nítrica, sendo estes dados condizentes com o que é esperado para solos aerados (ARAÚJO *et al.*, 2012; FAGERIA; ARAÚJO; STONE, 2009; SCHJOERRING *et al.*, 2002). Geralmente, a camada superficial do solo apresenta condições favoráveis ao processo de nitrificação, em que o N amoniacal é transformado em N nítrico (MAIA *et al.*, 2008).

4.5.2 Potencial hidrogeniônico (pH), alumínio (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+\text{+Al}$) e saturação por alumínio (m%)

A partir da análise de variância verifica-se que a aplicação dos resíduos de leguminosas arbóreas sobre o solo afetou de forma significativa ($p < 0,01$) os valores de pH (TABELA 14). Para a acidez potencial ($\text{H}^+\text{+Al}^{3+}$) e saturação por alumínio (m%) houve efeito a 5%, enquanto que o teor de alumínio trocável (Al^{3+}) não foi afetado pelos resíduos aplicados.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para pH, teor de alumínio (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e saturação por alumínio (m%) nos primeiros 10 cm do solo após cultivo de milho com adição de resíduos de leguminosas arbóreas.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		pH	Al^{3+}	($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)	m%
Tratamentos	9	0,7**	0,0 ^{ns}	0,9*	0,3*
Blocos	3	0,2 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}
Resíduo	27	0,2	0,0	0,3	0,1
CV (%)	-	7,2	5,1	3,8	9,5

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e * = significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns} = não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Os valores médios para pH, Al^{3+} , ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e m% estão expostos na Tabela 15. Os maiores valores de pH foram observados nos solos que receberam galhos de *M. caesalpinifolia*, galhos de *M. hostilis* e no controle, não diferindo estatisticamente entre si e sendo superior apenas nos solos que receberam folhas de *M. hostilis* e folhas mais galhos de *M. hostilis*.

Tabela 15 – Valores médios para pH, teor de alumínio (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e saturação por alumínio (m) nos primeiros 10 cm do solo após cultivo de milho com adição de resíduos de leguminosas arbóreas.

Tratamentos	pH*	Al^{3+}	($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)	m
	-	---mmol _c dm ⁻³ ---		%
Sem resíduo	5,7 a	1,0 a	13,8 ab	3,5 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	5,5 ab	1,0 a	14,2 ab	3,6 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	5,8 a	1,0 a	13,7 b	3,3 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	5,5 ab	1,0 a	14,7 ab	3,4 ab
<i>M. hostilis</i> (F)	5,1 b	1,0 a	14,9 ab	3,9 a
<i>M. hostilis</i> (G)	5,7 a	1,0 a	14,7 ab	3,3 ab
<i>M. hostilis</i> (F + G)	5,2 b	1,0 a	15,1 a	3,5 ab
<i>G. sepium</i> (F)	5,6 ab	1,0 a	14,6 ab	3,2 ab
<i>G. sepium</i> (G)	5,6 ab	1,0 a	15,0 ab	2,9 b
<i>G. sepium</i> (F + G)	5,5 ab	1,0 a	14,7 ab	3,1 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. *pH em H_2O (1:2,5). (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

Observa-se que os resíduos das leguminosas, sobretudo os que proporcionaram maiores valores absolutos de COT contribuíram para os menores valores de pH do solo. Nesse caso, a matéria orgânica adicionada ao solo por meio dos resíduos atuou como fonte de acidez.

Uma possível explicação é que, aos 65 dias após a adição, os resíduos ainda se encontravam em processo de decomposição, havendo liberação de H^+ e diminuição do pH.

Para Silva e Mendonça (2007), a adição de matéria orgânica resultará em aumento ou redução do pH do solo, dependendo da predominância dos processos que consomem ou liberam H^+ . De acordo com Sousa, Miranda e Oliveira (2007), a ionização do H^+ de ácidos carboxílicos, fenólicos e, principalmente, de álcoois terciários da matéria orgânica contribui para a acidez no solo. Estes autores relatam ainda que a oxidação biológica de compostos orgânicos produz CO_2 , o qual reage com água para formar ácido carbônico que se dissocia liberando prótons (H^+).

Os resultados encontrados também podem estar relacionados com a acidificação ou alcalinização da rizosfera, já que as amostras de solo foram coletadas na zona ocupada pelas raízes. Segundo Fageria, Araújo e Stone (2009), como as plantas necessitam manter o equilíbrio de cargas e o pH no interior das células próximos da neutralidade, ocorre liberação ou consumo de prótons resultando, neste caso, no aumento da concentração de prótons ou de hidroxilas no apoplasto para neutralizar o desequilíbrio entre a absorção de cátions e ânions. Quanto mais cátions são absorvidos, mais H^+ é liberado pelas raízes e o pH da rizosfera decresce. Por outro lado, quanto mais ânions são absorvidos o excesso de cargas negativas é compensado pela absorção de prótons (ou liberação de HCO_3^- resultante da carbonatação de OH) e o pH da rizosfera aumenta. Nesse sentido, nos tratamentos galhos de *M. caesalpinifolia*, galhos de *M. hostilis* e no controle pode ter havido menos absorção de cátions e, conseqüentemente, menor liberação de H^+ contribuindo assim para uma elevação do pH da rizosfera.

É oportuno destacar que, com a mineralização da matéria orgânica, há liberação de bases (nutrientes ou não) que se encontravam imobilizadas nos tecidos para a solução do solo, propiciando aumento de seu pH (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Estudando o efeito de leguminosas em atributos químicos e matéria orgânica de um solo degradado, Nascimento *et al.* (2003) concluíram que houve efeito positivo do cultivo das leguminosas nas condições de estudo do experimento, proporcionando diminuição considerável de sua acidez em todas as profundidades estudadas. Loss *et al.* (2009) também observaram valores de pH elevados ao estudarem um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado em sistema integrado de agroflorestas em Seropédica, Rio de Janeiro. Já Valadares *et al.* (2012) não verificaram diferença significativa para pH do solo quando avaliaram os efeitos da utilização de diferentes adubos verdes em sucessão com o milho, sob manejo de cultivo mínimo e convencional

Em relação ao teor de Al^{3+} não foi verificado efeito significativo dos tratamentos. Isso denota que aos 65 dias após a aplicação de resíduos de leguminosas arbóreas no solo sem incorporação, ainda não é possível verificar efeito relacionado à complexação do Al^{3+} por

parte da matéria orgânica proveniente desses resíduos. É oportuno destacar que a quantidade de Al^{3+} no solo é classificada como BAIXA (AQUINO *et al.*, 1993), o que pode dificultar até mesmo a obtenção de diferenças numéricas na análise laboratorial.

Ademais, a complexação do Al^{3+} ocorre predominantemente por grupos orgânicos oxigenados, as substâncias húmicas, sendo os ácidos fúlvicos seus principais ligantes (DICK *et al.*, 2009). Nesse estudo, supõe-se que aos 65 dias após a aplicação dos resíduos sobre o solo, a MOS não tenha alcançado ainda um estágio mais avançado de transformação (substâncias húmicas) predominando a matéria macrororgânica, o que desfavorece a complexação do Al^{3+} .

A diminuição nos teores de Al^{3+} em decorrência do efeito da MOS atuando na complexação desse íon tem sido relatada em solo sob Sistemas Agroflorestais (BARRIOS *et al.*, 2005; CAMPANHA *et al.*, 2007; FÁVERO; LOVO; MENDONÇA, 2008; IWATA *et al.*, 2012).

Para a ($H^+ + Al^{3+}$), observa-se diferença significativa apenas quando foi aplicado sobre o solo folhas mais galhos de *M. hostilis* ($15,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e galhos de *M. caesalpinifolia* ($13,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Embora não tenha havido diferença significativa nos teores de COT no solo, uma possível explicação para essa diferença é que folhas mais galhos de *M. hostilis* proporcionaram maiores valores de COT quando comparadas a galhos de *M. caesalpinifolia*. A presença de ácidos fracos constituintes da MOS que doam prótons, destacando-se os ácidos carboxílicos, grupos fenólicos e alcoólicos são compostos de reação ácida que constituem-se fonte de acidez potencial (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

No que concerne à m%, foi constatado efeito significativo quando se aplicou sobre o solo folhas de *M. hostilis*, de forma que esse tratamento contribuiu para a maior média. Este tratamento diferiu estatisticamente apenas de quando se adicionaram galhos de *G. sepium* e folhas mais galhos de *G. sepium*. Isso denota que folhas de gliricídia e galhos de gliricídia foram mais eficientes em diminuir a m% do solo quando comparados com folhas de jurema. Menores valores de m% em solos sob Sistema Agroflorestal são relatados em estudos que avaliam os efeitos desse sistema na melhoria dos atributos químicos do solo (CAMPANHA *et al.*, 2007; FÁVERO; LOVO; MENDONÇA, 2008; IWATA *et al.*, 2012).

4.5.3 Fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e sódio (Na^+)

Foi verificado, a partir da análise de variância, que não houve efeito significativo dos resíduos de leguminosas arbóreas para o teor de fósforo (P) no solo a 5% de probabilidade

(TABELA 16). Para o teor de sódio (Na^+) foi observado efeito significativo dos resíduos a 5% de probabilidade, enquanto que para os teores de potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) houve significância a 1%.

Tabela 16 - Resumo da análise de variância para teores de fósforo (P), sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) nos primeiros 10 cm do solo após cultivo de milho com adição de resíduos de leguminosas arbóreas.

FV	GL	Quadrado médio				
		P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
Tratamentos	9	0,3 ^{ns}	8,9**	0,3**	0,5**	1,2*
Blocos	3	0,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,4 ^{ns}
Resíduo	27	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
CV (%)	-	8,5	9,1	2,4	6,0	8,9

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e *= significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns}= não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Na Tabela 17 encontram-se os valores médios para os teores de P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ . Em relação aos teores de P no solo, não houve influência dos resíduos das leguminosas aos 65 dias após a aplicação. Ressalta-se que em todos os tratamentos o teor de P foi superior ao apresentado pelo solo antes do cultivo (Tabela 1). É provável que a adubação fosfatada realizada em fundação em todos os tratamentos tenha influenciado na ausência de significância entre os tratamentos bem como no aumento do teor de P em relação ao observado no solo antes do cultivo.

Tabela 17 – Valores médios dos teores de fósforo (P), sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) nos primeiros 10 cm do solo após cultivo de milho com adição de resíduos de leguminosas arbóreas.

Tratamentos	P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
Sem resíduo	4,1 a	1,5 d	13,2 b	4,8 c	7,9 a
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	4,0 a	2,6 c	13,1 b	5,0 bc	6,1 b
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	4,2 a	2,3 c	13,9 ab	5,9 abc	7,6 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	4,1 a	2,5 c	13,7 ab	4,8 bc	7,6 ab
<i>M. hostilis</i> (F)	4,1 a	2,1 cd	13,4 ab	5,3 bc	7,4 ab
<i>M. hostilis</i> (G)	4,2 a	2,4 c	13,8 ab	5,9 abc	7,8 a
<i>M. hostilis</i> (F + G)	4,1 a	2,0 cd	13,5 ab	4,9 bc	7,4 ab
<i>G. sepium</i> (F)	4,1 a	4,1 b	13,7 ab	6,9 a	6,9 ab
<i>G. sepium</i> (G)	4,2 a	4,9 a	13,6 ab	5,3 bc	7,7 ab
<i>G. sepium</i> (F + G)	4,1 a	4,1 b	14,0 a	6,2 ab	7,8 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

Estes resultados corroboram os de Santos A. F. *et al.* (2010) que, ao avaliar o efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal, relataram que o teor de P nas parcelas adubadas com *G. sepium* foram estatisticamente iguais aos teores encontrados entre o esterco e o controle ao longo dos dois anos. Faria *et al.* (2007), avaliando atributos químicos de um Argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação, também relataram ausência de efeito significativo dos adubos verdes para os teores de P no solo.

Relativo aos teores de K^+ , o resíduo composto por galhos de *G. sepium* foi superior a todos os outros tratamentos, apresentando a maior média ($4,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Apenas folhas de *M. hostilis* e folhas mais galhos de *M. hostilis* não proporcionaram médias estatisticamente superiores à observada no controle, que apresentou a menor média ($1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). No geral, foi constatado que os resíduos apresentam grande potencial no que diz respeito à liberação de K^+ no solo, sendo a *G. sepium* a melhor espécie para esse fim, tendo contribuído com acréscimo de aproximadamente 223% em relação ao controle. Essa superioridade provavelmente pode ser explicada pelo fato dessa espécie apresentar teores de K superior a todas as outras, tanto nas folhas como nos galhos (Tabela 2).

Como já discutido anteriormente, o K não faz parte de componentes estruturais das células vegetais se encontrando na forma iônica no vacúolo dessas células (MARSCHNER, 1995), sendo lavado do material orgânico logo após a morte das células (ERNANI *et al.*, 2007). Assim, quando se adiciona biomassa vegetal ao solo, a liberação desse nutriente demandará menos tempo em relação aos demais nutrientes.

Santos A. F. *et al.* (2010) relataram que o teor de K^+ nas parcelas adubadas com *G. sepium* foram superiores aos encontrados no controle no primeiro ano de cultivo. Marin *et al.* (2006), investigando o efeito da *G. sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste paraibano, verificaram que os teores de K^+ extraível do solo aumentaram significativamente quando as amostras foram coletadas mais próximas das plantas de *G. sepium*. Relatos de aumento nos teores de K^+ do solo em decorrência de adubação com resíduos de leguminosas também foram feitos por Barrios *et al.* (2005), Faria *et al.* (2007) e Nascimento *et al.* (2003).

Para os teores de Ca^{2+} no solo, observou-se efeito significativo apenas ao se adicionar folhas mais galhos de *G. sepium*. Este tratamento foi superior ao controle e à adição de folhas de *M. caesalpiniifolia* e estatisticamente igual a todos os outros resíduos. Os demais resíduos se mostraram estatisticamente iguais entre si, inclusive quando comparados ao controle. Nas condições em que foi executado o presente estudo, apenas folhas mais galhos de

G. sepium se mostraram eficientes na reciclagem de Ca^{2+} . A superioridade observada na liberação desse nutriente mediante aplicação de folhas mais galhos de *G. sepium* pode ser explicada pelo fato dessa espécie ter apresentado maior conteúdo de Ca e menor relação C/N, favorecendo a decomposição e mineralização desse cátion.

Nascimento *et al.* (2003) relatam baixa eficiência das leguminosas em reciclar Ca^{2+} do solo, quando comparado com o controle. Alguns estudos mostram que a adição de material vegetal no solo sem incorporação proporciona efeito significativo nos teores de Ca^{2+} do solo apenas na camada de 0-3 cm (AMARAL *et al.*, 2000; AMARAL; ANGHINONI; DESCHAMPS, 2004). Já IWATA *et al.* (2012) encontraram maiores teores de Ca^{2+} em solos sob SAFs de 6 e 13 anos em todas as profundidades estudadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), inclusive quando comparado com a floresta nativa.

Os teores de Mg^{2+} no solo foram afetados pela adição dos resíduos das leguminosas. Maiores médias foram verificadas com adição de folhas de *G. sepium* e folhas mais galhos de *G. sepium*, sendo estes os únicos a proporcionarem médias superiores ao controle. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. O incremento de Mg^{2+} no solo, ao comparar a média proporcionada por folhas de *G. sepium* (maior média) e a apresentada pelo controle, foi da ordem de 44%. Alcântara *et al.* (2000), Nascimento *et al.* (2003) e Faria *et al.* (2007) também verificaram efeito de adubos verdes no incremento de Mg^{2+} .

Em relação aos teores de Na^+ foi verificado efeito significativo dos tratamentos, com maiores médias encontradas mediante adição de galhos de *M. hostilis*, folhas mais galhos de *G. sepium* e no tratamento controle. Estes três tratamentos não diferiram estatisticamente entre si e se mostraram superiores apenas à aplicação de folhas de *M. caesalpinifolia*. De acordo com a análise de caracterização do solo (Tabela 1), observa-se que houve incremento no teor de Na^+ em todos os tratamentos, já que o inicial era $4,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Esse incremento possivelmente ocorreu devido à água de irrigação.

Pode-se dizer que, no geral, os maiores valores de Na^+ foram observados nos tratamentos que proporcionaram pouca ou nenhuma cobertura do solo. Nesse sentido, uma provável explicação para estes resultados é que, no decorrer do cultivo, no intervalo entre as irrigações, os solos com pouca ou nenhuma cobertura possibilitaram maior evaporação da água. Assim, os sais (com destaque ao Na^+) chegaram à superfície por capilaridade junto com a água e, com a evaporação da água, os sais permaneceram na superfície. Já nos tratamentos constituídos por folhas, supõe-se que a evaporação tenha sido menor, diminuindo assim a ascensão dos sais para a superfície dos vasos.

4.5.4 Soma de bases (SB), CTC do solo (T) CTC efetiva (t) e saturação por bases (V%)

De acordo com a análise de variância (TABELA 18), a soma de bases (SB), CTC do solo (T), a CTC efetiva (t) e a saturação por bases (V%) foram afetadas significativamente ($p < 0,01$) pelos resíduos de leguminosas arbóreas aos 65 dias após a aplicação.

Tabela 18 - Resumo da análise de variância para soma de bases (SB), CTC do solo (T), CTC efetiva (t) e saturação por bases (V%) nos primeiros 10 cm do solo após cultivo de milho com adição de resíduos de leguminosas arbóreas.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		SB	T	t	V%
Tratamentos	9	14,7**	30,2**	14,6**	12,6**
Blocos	3	1,5 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,6 ^{ns}	4,7 ^{ns}
Resíduo	27	1,0	2,9	1,0	2,7
CV (%)	-	3,5	3,9	3,4	2,6

GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** e * = significativo a 1% e 5% respectivamente; ^{ns} = não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Os valores médios de SB, T, t e V% estão apresentados na Tabela 19. Para o parâmetro SB, a adição de galhos de *G. sepium* proporcionou a maior média. Este tratamento foi estatisticamente igual a folhas mais galhos de *G. sepium*, folhas de *G. sepium* e superior aos demais. Os outros resíduos proporcionaram médias estatisticamente iguais, com a menor média observada no tratamento folhas de *M. caesalpiniiifolia*. A maior SB associada aos resíduos de *G. sepium* está coerente com os teores de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} proporcionados pelos resíduos dessa leguminosa. Em consonância com estes resultados, Alcântara *et al.* (2000) e Faria *et al.* (2007) também constataram efeito de adubos verdes na SB. Em SAFs, aumento na SB é relatado por Iwata *et al.* (2012), Moura *et al.* (2010) e Nascimento *et al.* (2003).

Relativo aos valores de T, maior média foi observada no solo que recebeu galhos de *G. sepium*, sendo que este foi superior aos tratamentos folhas de *M. hostilis*, folhas mais galhos de *M. hostilis*, folhas de *M. caesalpiniiifolia*, folhas mais galhos de *M. caesalpiniiifolia* e ao controle. Quando foi aplicado sobre o solo folhas de *M. caesalpiniiifolia* obteve-se menor média.

Quanto aos valores de t, foi constatado que galhos de *G. sepium* propiciaram maior média. Esse tratamento não diferiu estatisticamente da adição de folhas de *G. sepium* e folhas mais galhos de *G. sepium*. Resíduos compostos por galhos de *G. sepium* e folhas mais galhos de *G. sepium* foram estatisticamente superior a folhas de *M. hostilis*, folhas mais

galhos de *M. hostilis*, folhas de *M. caesalpinifolia*, folhas mais galhos de *M. caesalpinifolia* e ao controle.

Tabela 19 – Valores médios para soma de bases (SB), CTC do solo (T), CTC efetiva (t) e saturação por bases (V%) nos primeiros 10 cm do solo após cultivo de milho com adição de resíduos de leguminosas arbóreas.

Tratamentos	SB	T	t	V%
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			
Sem resíduo	27,0 de	40,6 d	28,0 de	65,9 abc
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	26,3 e	40,2 d	27,3 e	64,7 c
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	28,7 bcde	44,2 abcd	29,7 bcd	68,9 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	28,3cde	43,8 bcd	29,3 cde	66,2 abc
<i>M. hostilis</i> (F)	27,6 de	43,1 cd	28,7 cde	65,3 abc
<i>M. hostilis</i> (G)	29,0 bcd	45,2 abc	30,0 bcd	67,5 abc
<i>M. hostilis</i> (F + G)	27,4 de	43,0 cd	28,4 de	64,9 bc
<i>G. sepium</i> (F)	30,1 abc	46,5 abc	31,1 abc	68,5 abc
<i>G. sepium</i> (G)	32,4 a	48,2 a	33,4 a	68,8 ab
<i>G. sepium</i> (F + G)	31,0 ab	47,8 ab	32,0 ab	69,2 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos e (F + G)= folhas mais galhos.

Os resultados para T e t seguem a mesma tendência, mostrando que os resíduos de *G. sepium* adicionados ao solo proporcionaram maiores valores de CTC. A troca de cátions de solos com maiores teores de MOS, como ocorreu no solo que recebeu folhas mais galhos de *G. sepium* comparado ao controle, também é influenciada pelo alto poder de reatividade da MOS, diretamente relacionada aos diversos radicais orgânicos que a mesma possui (IWATA *et al.*, 2012).

Alcântara *et al.* (2000), Nascimento *et al.* (2003) e Faria *et al.* (2007) também verificaram efeito de adubos verdes na T e t. Iwata *et al.* (2012), estudando sistemas agroflorestais com diferentes tempos de estabelecimento e a agricultura de corte e queima, verificaram maiores valores de T e t em SAFs de seis e treze anos de implantação quando comparado à agricultura de corte e queima. Em sistema de plantio direto, onde há incremento significativo na MOS, Campos *et al.* (2011) verificaram maiores valores da T e t em sistemas com mais de cinco anos de estabelecimento, quando comparado ao plantio convencional e ao cerrado nativo.

Ao que remete à V%, folhas mais galhos de *G. sepium* promoveram média estatisticamente superior às folhas de *M. caesalpinifolia* e folhas mais galhos de *M. hostilis*, não diferindo dos demais tratamentos. Observa-se que para esse parâmetro, não houve

diferença significativa entre o solo que recebeu resíduos de leguminosas e o controle. Uma possível justificativa para essa ausência de diferença é o fato do íon Na^+ estar presente em maiores quantidades no solo que não recebeu resíduo e, como este entra na SB, conseqüentemente eleva os valores de V%. Estes resultados diferem dos encontrados por Alcântara *et al.* (2000), Iwata *et al.* (2012) e Nascimento *et al.* (2003) que relataram aumento na V% em relação ao controle.

É oportuno ressaltar que uma V% elevada nem sempre condiz com um solo fértil, como no caso de solos que apresentam elevados teores de Na^+ . Esse íon não é benéfico às plantas, mas ocupa o sítio de trocas e entra na soma de bases, contribuindo assim para valores mais altos de V%.

5 CONCLUSÕES

As leguminosas influenciaram positivamente os parâmetros de crescimento MSPA e MST, no entanto, 65 dias após a aplicação não há diferença entre as espécies estudadas no sentido da que promove melhor desenvolvimento para a cultura.

Os resíduos das leguminosas influenciaram positivamente o acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de milho, principalmente quanto a N, P e K. Para todos os tratamentos o acúmulo seguiu a seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > Mg > P$.

Os resíduos das leguminosas arbóreas estudadas melhoraram atributos químicos do solo logo após os 65 dias de aplicação, com destaque para os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$, K^+ , SB, T e t.

No presente estudo não é possível afirmar que a melhoria dos atributos químicos do solo depende da parte da planta adicionada.

Mais estudos devem ser desenvolvidos para averiguar o efeito dos resíduos provenientes de leguminosas arbóreas na cultura do milho e nos atributos químicos do solo em condições de campo no semiárido cearense.

REFERÊNCIAS

- ADEEL, Z.; SAFRIEL, U.; NIEMEIJER, D.; WHITE, R. **Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre Desertificación - un informe de la EM (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio)**. Washington: World Resources Institute, 2005. 36 p.
- AKYEAMPONG, E.; HITIMANA, L. Agronomic and economic appraisal of alley cropping with *Leucaena diversifolia* on a acid soil in the highlands of Burundi. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 1-11, 1996.
- ALCÂNTARA, F. A.; FERREIRA NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 277-288, 2000.
- ALENCAR, M. T. Semiárido piauiense: educação e contexto. In. SILVA, C. M. S.; LIMA, E. S.; CANTALICE, M. L.; ALENCAR, M. T.; SILVA, W. A. L. ed. **Semiárido piauiense: educação e contexto**. Campina Grande: INSA, 2010. 236 p.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 115-123, 2004.
- AMARAL, A. S.; SPADER, V.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J. Resíduos vegetais na superfície do solo afetam a acidez do solo e a eficiência do herbicida flumetsulam. **Ciência Rural**, v. 30, p. 789-794, 2000.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GOES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, n. 14, p. 124-130, 2010.
- ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; DORNELAS, G. V. Análise da vegetação arbóreo-arbustiva; espontânea; ocorrente em taludes íngremes no município de Areia- Estado da Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 165-172, 2002.
- AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHOA, S. C. P. & FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Caatinga: Agroecologia *versus* desertificação. **Revista Ciência Hoje**, v. 30, p. 44-45, 2002.
- ARAUJO, J. L.; FAQUIN, V.; VIEIRA, N. M. B.; OLIVEIRA, M. V. C.; SOARES, A. A.; RODRIGUES, C. R.; MESQUITA, A. C. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de Nitrato e de Amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 921-930, 2012.

BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; SALCEDO, I. H. Forage yield and quality of a dense thorny and thornless “jurema-preta” stand. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 341-347, 2007.

BARRETO, A. C.; CHAER, G. M.; FERNANDES, M. F. Hedgerow pruning frequency effects on soil quality and maize productivity in alley cropping with *Gliricidia sepium* in Northeastern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 120, p. 112-120, 2012.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.

BARRIOS, E.; COBO, J. G.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J.; AMÉZQUITA, E.; JIMÉNEZ, J. J.; RONDÓN, M. A. Fallow management for soil fertility recovery in tropical Andean agroecosystems in Colombia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 110, n. 1-2, p. 29-42, 2005.

BATISTA, Q. R.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; SILVA, C. F. Bioqualidade de área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. e Sabiá. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 169-178, 2008.

BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; HOPMANS, P.; WESTON, C. Is soil carbon a useful indicator of sustainable soil management? – a case study from native Eucalypt forest of southeastern Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.171, n.1-2, p. 59-74, 2002.

BAYER, C; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.

BEEDY, T. L.; SNAPP, S. S.; AKINNIFESI, F. K.; SILESHI, G. W. Impact of *Gliricidia sepium* intercropping on soil organic matter fractions in a maize-based cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 138, p. 139-146, 2010.

BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo. Ícone. 2008. 355 p.

BONI, N. R.; ESPÍNDOLA, R.; GUIMARÃES, E. C. **Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado**. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. Anais. Curitiba, FUPEF, 1994. p. 563-568.

BRASIL, Senado Federal. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio 92. Agenda 21. Brasília: Senado Federal; Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996, 585 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do Semi-árido brasileiro. Brasília, DF, 2005b. 32 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas. Brasília, DF, 2005a. 1 CD-ROM.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILLO-BOTERO, C.; GARCIA, S. L. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na zona da mata-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 805-812, 2007.

CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; IWATA, B. F.; NÓBREGA, J. C. A. Atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1681-1689, 2011.

CARVALHO FILHO, O. M.; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. Gliricidia sepium – leguminosa promissora para regiões semiáridas. Petrolina: EMBRAPACPATSA, 1997. 16 p. (EBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).

CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; BODDEY, R. M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011.

COELHO, R. A.; SILVA, G. T. A.; RICCI, M. S. F.; RESENDE, A. S. Efeito de leguminosa arbórea na nutrição nitrogenada do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn) consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 21-27, 2006.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, 2004.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ/Londrina - IAPAR, 1991. 272p.

DICK, P. D.; NOVOTONY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo, Parte II**. Viçosa: SBCS, 2009. p. 01-68.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., ed. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 551-589.

FAGERIA, N. K.; ARAÚJO, A. P.; STONE, L. F. Mudanças químicas na rizosfera. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo, Parte II**. Viçosa: SBCS, 2009. p. 161-182.

FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D.; FARIA, A. F. Atributos químicos de um argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 299-307, 2007.

FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.

FERREIRA IRMÃO, J. **O Bioma caatinga: Caracterização e Delimitação**. Rio de Janeiro: documento apresentado em seminário/ CPDA-UFRJ, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, R. L. C.; LIRA JUNIOR, M. A.; ROCHA, M. S.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; BARRETO, L. P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p.7-12, 2007.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semiarid soils under subsystems farming. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n.1, p. 215-224, 2004.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de Solos Degradados**. Comunicado Técnico – EMBRAPA, nº 9, p. 1-9, 1992.

GALINDO, I. C. de L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. de F. de A. V.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. de A. e L. Relações Solo-Vegetação em Áreas Sob Processo de Desertificação no Município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1283-1296, 2008.

GARRIDO, M. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MARQUES, T. R. R. Crescimento e absorção de nutrientes pelo algodoeiro e pela mamoneira adubados com gliricídia e esterco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 531-536, 2009.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 111-164.

HEINEMAN, A. M.; OTIENO, H. J. O.; MENGICH, E. K.; AMADALO, A. Growth and yield of eight agroforestry tree species in line plantings in Western Kenya and their effect on maize yields and soil properties. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 91, n. 1, p. 103-135, 1997.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A. & FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 225-230, 2002.

IPECE (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ). **Perfil Básico Municipal, Sobral**. SEPLAN - Secretaria do Planejamento e Coordenação, Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, 2005. 10p.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012.

JEDDI, K.; CHAIEB, M. Restoring degraded arid Mediterranean areas with exotic tree species: Influence of an age sequence of *Acacia salicina* on soil and vegetation dynamics. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 207, n. 9, p. 693-700, 2012.

JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; SEIFERT, J. R. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA. 2. Competition for water. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 41-59, 2000.

JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; SEIFERT, J. R.; POPE, P. E. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA. 3. Competition for nitrogen and litter decomposition dynamics. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 48, n.1, p. 61-77, 2000.

KANG, B. T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A. N. Alley farming. **Advances in Agronomy**, New York, v. 43, p. 315-359, 1990.

LAL, R.; STEWART, B. A. Need for land restoration. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil restoration**. Boca Raton: CRC Press, 1992. p. 1-11. (Advances in Soil Science, 17).

LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.

LEITE, L. F. C.; PETRESE, V. G.; SAGRILO, E. In: 2ª Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas. Fortaleza. Anais: ICID + 18. 2010.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo, Oficina de Textos. 178 p. 2002.

LEVINE, J. M.; VILÀ, M.; D'ANTONIO, C. M.; DUKES, J. S.; GRIGULIS, K.; LAVOREL, S. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. **Proceedings the Royal Society B**, Londres, v. 270, n. 1517, p. 775-781, 2003.

LOFFREDO, E.; MONACI, L.; SENESI, N. Humic substances can modulate the allelopathic potential of caffeic, ferulic, and salicylic acids for seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and

tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 24, p. 9424-9430, 2005.

LORENZO, P.; PEREIRA, C. S.; RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S. Differential impact on soil microbes of allelopathic compounds released by the invasive *Acacia dealbata* Link. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 57, p. 156-163, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 68-75, 2009.

MACEDO, M. O.; RESENDE, A. S.; GARCIA, P. C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 5-6, p. 1516-1524, 2008.

MAFONGOYA, P. L.; NAIR, P. K. R.; DZOWELA, B. H. Mineralisation of nitrogen from decomposing leaves of multipurpose trees as affected by their chemical composition. **Biology and Fertility of Soils**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p.143-148, 1998.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDONZA, E. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestral do tipo “cultivo em aleias” e em cerrado na região de Botucatu, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 54, p. 41-54, 1998b.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDONZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aleias e sob vegetação nativa de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 43-48, 1998a.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo D&Z, 2004. 413 p.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Frações de nitrogênio em Luvissole sob sistemas agroflorestrais e convencional no semiárido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 381-392, 2008.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aleias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 669-677, 2007.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestral no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 555-564, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B. ; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da**

salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: INCT Sal, 2010, p. 279-299.

MELO FILHO, J. F. M.; SOUSA, A. L. V. O manejo e a conservação do solo no semiárido baiano: desafios para a sustentabilidade. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 3, p. 50-60, 2006.

MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 57, n. 2, p. 117-125, 2003.

MILLER, A. **Meteorology**. 2ª ed. Columbia, OHIO: Charles. E. Marril Publishing Company, 164p, 1971.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/>. Acesso em: 10 jan. 2013.

MOREIRA, 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**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1643-1651, 2006.

MOURA, E. G.; SERPA, S. S.; SANTOS, J. G. D.; COSTA SOBRINHO, J. R. S.; AGUIAR, A. C. F. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1-2, p. 363-371, 2010.

MUNDUS, S.; MENEZES, R. S. C.; NEERGAARD, A. & GARRIDO, M. S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricidia in semiarid NE Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 82, n. 1, p. 61-73, 2008.

NASCIMENTO, T. J.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.

NUNES, S. R. D. F. S.; GARCIA, F. C. P.; LIMA, H. C.; CARVALHO-OKANO, R. M. Mimosoideae (Leguminosae) arbóreas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil: distribuição geográfica e similaridade florística na Floresta Atlântica no Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 2, p. 403-421, 2007.

NZIGUHEBA, G.; BÜNEMANN, E. Organic phosphorus dynamics in tropical agroecosystems. In: TURNER, B. L.; FROSSARD, E.; BALDWIN, D. S., (Eds.) **Organic phosphorus in the environment**. Wallingford, CAB International, 2005. p. 243-268.

PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J. A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1598-1607, 2009.

PAULINO, G. M.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, R. L.; COSTA, G. S.; CARNEIRO, J.G. A. Desempenho da gliricídia no cultivo em aleias em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 781-789, 2011.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 274-28, 2010.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PRIMO, D. C.; MENESES, R. S. C.; SILVA, T. O.; GARRIDO, M. S.; CABRAL, P. K. T. Contribuição da adubação orgânica na absorção de nutrientes e na produtividade de milho no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 1, p. 81-88, 2012.

QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G. Cultivo de milho no sistema de aleias com leguminosas perenes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1303-1309, 2007.

QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G.; GALVÃO, J. C. C. Cultivo de milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes no sistema de aleias com suprimento de fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 5, p. 409-415, 2008.

QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G.; GALVÃO, J. C. C. Cultivo de milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes no sistema de aleias com suprimento de fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 5, p. 409-415, 2008.

RAO, M. R.; MATHUVA, M. N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 78, n. 2, p. 123-137, 2000.

RAYA, A. M. Degradacion de tierras em regiones semiáridas. In: XIII CONGRESO LATINO-AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO. Águas de Lindóia. Anais: EMBRAPA, 1996. CD-ROM.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*): árvore de múltiplo uso no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 104). Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com_tec104.pdf>. Acesso em: 30 junho 2011.

SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p. 1267-1272, 2010.

SANTOS, C. C.; SILVA, L. G.; SILVA, G. C.; FERRAZ JUNIOR, A. S. L. Alelopatia entre leguminosas arbóreas e feijão-caupi. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 187-192, 2010.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, E. F. F.; LIMA NETO, J. A. Perdas de carbono orgânico, potássio e solo em Neossolo Flúvico sob diferentes sistemas de manejo no semiárido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 2, p. 143-149, 2007.

SCHJOERRING, J. K.; HUSTED, S.; MÄCK, G.; MATTSSON, M. The Regulation of ammonium translocation in plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 370, p. 883-890, 2002.

SHARMA, K. L.; MANDAL, U. K.; SRINIVAS, K.; VITTAL, K. P. R.; MANDAL, B.; GRACE, J. K.; RAMESH, V. Longterm soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 83, n. 2, p. 246-259, 2005.

SILESHI, G. W.; AKINNIFESI, F. K.; AJAYI, O. C.; MUYS, B. Integration of legume trees in maize-based cropping systems improves rain use efficiency and yield stability under rain-fed agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 9, p. 1364-1372, 2011.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A.; ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 275-374.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. na germinação de *Lactuca sativa* L. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 472-477, 2012b.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. Potencial alelopático do extrato aquoso de cascas de jurema preta no desenvolvimento inicial de alface. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 20-27, 2012a.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., ed. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.551-589.

SPRENT, J. I. Legume trees and shrubs in the tropics: N₂ fixation in perspective. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 4-5, p. 401-407, 1995.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n. 3, p. 307-311, 2007.

UNCCD. Ficha Informativa, 2. Disponível em:

<http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Factsheets_SPA.pdf>.

Acesso em: 17 fev. 2012.

VALADARES, R. V.; DUARTE, R. F.; MENEZES, J. B. C.; FERNANDES, L. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; SAMPAIO, R. A.; MOTA, T. C.; ALMEIDA, R. M. Fertilidade do solo e produtividade de milho em sistemas de adubação verde no norte de Minas Gerais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 505-516, 2012.

WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. C.; ALVES, L. S. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 29p. (Embrapa Acre, Documentos, 90).

WANVESTRAUT, R. H.; JOSE, S.; NAIR, P. K. R; BRECKE, B. J. Competition for water in a pecan (*Carya illinoensis* K. Koch) - cotton (*Gossypum hirsutum* L.) alley cropping system in southern United States. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 60, n. 2, p. 167-179, 2004.

YANG, L.; LIU, N.; REN, H.; WANG, J. Facilitation by two exotic Acacia: *Acacia auriculiformis* and *Acacia mangium* as nurse plants in South China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 257, p. 1786-1793, 2009.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. New York: CAB International, 1997. 320 p.

ZAHARAH, A. R.; BAH, A. R.; MWANGE, N. K.; KATHULI, P.; JUMA, P. Management of *Gliricidia sepium* residues for improved sweet corn yield in an ultisol. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 54, n. 1, p. 31-39, 1999.