



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE ESPÉCIES PARA ADUBAÇÃO VERDE E SUA
INFLUÊNCIA EM ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO**

NUBIA MARISA FERREIRA

AREIA

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE ESPÉCIES PARA ADUBAÇÃO VERDE E
SUA INFLUÊNCIA EM ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO**

NUBIA MARISA FERREIRA

Sob a Orientação do Professor

Djail Santos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “**Mestre em Agronomia**”.

Areia-PB

Fevereiro de 2017

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

F383a Ferreira, Nubia Marisa.

Avaliação agronômica de espécies para adubação verde e sua influência em atributos químicos e físicos do solo / Nubia Marisa Ferreira. - Areia: UFPB/CCA, 2017. xvi, 90 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: Djail Santos.

1. Adubação verde – Região Nordeste 2. Conservação do solo – Adubos verdes 3. Solos – Desempenho I. Santos, Djail dos (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA


CDU: 631.874(043.3)


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AVALIAÇÃO AGRÔNOMICA DE ESPÉCIES PARA ADUBAÇÃO VERDE E SUA INFLUÊNCIA EM ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

AUTOR: NUBIA MARISA FERREIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:


Prof. Dr. Djail Santos – CCA/UEPB
(Orientador)


Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira – CCA/UEPB
(Examinador Interno)


Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita – CCHA/UEPB
(Examinador Externo)

Data de realização: 22 de Fevereiro de 2017

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Djail Santos

Dedico

Aos meus pais Maria Raimunda da Silva Ferreira e Antonino Ferreira da Silva Neto,
por estarem sempre ao meu lado me apoiando e incentivando desde criança a
estudar, e acima de tudo pelo amor incondicional.

Ao meu Irmão César Ferreira, por apoio e incentivo.

Ao meu esposo Antonio Michael Pereira Bertino, pelo amor, carinho,
companheirismo e confiança em mim depositado.

Aos meus avós Maria do Socorro Ferreira (*in memória*) e José Ferreira, pelos
ensinamentos.

Ofereço

À Deus, por saber sempre o melhor para mim, e me conceder discernimento

À minha mãe, uma mulher guerreira, sábia e temente a Deus

Agradecimento

A Deus, pela dádiva da vida e por me levantar a cada dia mais forte e perseverante

A toda a minha família, pelo amor, apoio, incentivo e carinho, especialmente aos meus pais Maria Raimunda da Silva Ferreira e Antonino Ferreira da Silva Neto e ao meu irmão Cézar da Silva Ferreira.

Ao meu esposo, Antonio Michael, pelo amor, companheirismo e paciência, que o amo muito, tenho enorme carinho, respeito e admiração pela pessoa que é. TE AMO

À Universidade Federal da Paraíba, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela concessão do título de Mestre.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo, pois não teria como realizar o curso sem o auxílio financeiro.

Ao meu orientador, Professor Djail Santos, por ser além de orientador, um amigo que sempre incentiva o aluno a crescer profissionalmente; admiro o jeito simples e humilde de ser.

A toda a equipe LOFECA, por me ajudar na condução do experimento.

Aos amigos Antonio Michael, Alian Cássio, Antonio Missiemário, Adailza Guilherme, Ana Jéssica, Liliane Soares e Ewerton Abrantes, pelas horas de estudos e troca de conhecimento.

A todos os professores dos Programas de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do Solo, por me proporcionar crescer cada dia mais, como pessoa e como profissional, em especial ao professor Walter Esfrain Pereira por me auxiliar na estatística dos dados, e ao professor Flávio Pereira de Oliveira por me auxiliar com as análises de física do solo.

Aos técnicos dos laboratórios de Fertilidade do Solo, Física do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, pela ajuda com as análises.

Aos trabalhadores da Fazenda Experimental Experimental Olho d'Água (Chã de Jardim), pelo auxílio na condução do experimento.

À banca examinadora, os professores Evandro Franklin de Mesquita e Walter Esfrain Pereira, por aceitar o convite, e se disporem contribuir para melhorar o trabalho.

Em especial, as minhas amigas Liliane Soares, Fabiana Oliveira e Paula Lorrane, por sempre acreditarem mim, pelos momentos felizes e tristes que passamos juntas; tenho um carinho enorme pelas três.

A todos que contribuíram direto ou indiretamente para realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	ix
ABSTRACT	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
1. Introdução Geral	17
2. Referencial Teórico	19
2.1. Adubação verde.....	19
2.2. Adubação verde na região Nordeste.....	19
2.3. Espécies utilizadas na adubação verde.....	20
2.3.1. Produção de fitomassa	22
2.3.2. Teores e acúmulos de nutrientes.....	23
2.3.3. Decomposição de espécies utilizadas na adubação verde	24
2.4. Efeitos nas propriedades do solo.....	25
2.4.1. Químicos.....	25
2.4.2. Físicos.....	26
3. Referências Bibliográficas	27
CAPÍTULO I	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1. Introdução	34
2. Material e Métodos	36
2.1. Local do experimento.....	36
2.2. Caracterização química e física do solo	36
2.3. Delineamento e caracterização do experimento	37
2.4. Variáveis analisadas	38
2.4.1. Avaliação da altura, diâmetro e taxas de cobertura.....	38
2.4.2. Produção de fitomassa, teores e acúmulos de nutrientes.....	39
2.5. Taxa de decomposição	39
3. Resultados e Discussão	41
4. Conclusões	58
5. Referências Bibliográficas	59

CAPÍTULO II	64
RESUMO	64
ABSTRACT	65
1. Introdução	66
2. Material e Métodos	68
2.1. Local do experimento	68
2.2. Caracterização química e física do solo	68
2.3. Delineamento e caracterização do experimento	69
2.4. Variáveis analisadas	70
2.4.1. Fertilidade do solo	70
2.4.2. Física do Solo	70
2.5. Análise estatística	71
3. Resultados e Discussão	72
4. Conclusões	85
5. Referências Bibliográficas	86
Conclusões gerais	90

FERREIRA, N. M. **Avaliação agronômica de espécies para adubação verde e sua influência em atributos químicos e físicos do solo.** 2017. xvi, 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

RESUMO GERAL

A adubação verde é uma prática agrícola importante para fins de manejo e conservação do solo, com o propósito de melhorar as propriedades químicas e físicas. Existem poucos estudos com adubação verde na região Nordeste, sendo importante a avaliação do desempenho de espécies utilizadas com esta finalidade na região. Neste experimento, objetivou-se avaliar as características agronômicas, composição nutricional e influência de diferentes espécies utilizadas como adubos verdes, nas propriedades químicas e físicas do solo, na região do Brejo Paraibano. Foi conduzido um experimento com delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com nove tratamentos, e distribuídos em três blocos. Os tratamentos foram: *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Crotalaria juncea* L., *Dolichos lablab* L., *Stizolobium niveum* (Roxb.) Kuntze, *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.. Foram avaliados o crescimento vegetativo das plantas, a taxa de cobertura, a fitomassa verde e seca, os teores e acúmulos de nutrientes no tecido vegetal (nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e enxofre), taxa de decomposição e atributos químicos (pH do solo, fósforo disponível, potássio, soma de bases, saturação por bases e capacidade de troca catiônica) e físicos do solo (densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey, e as taxas de decomposição foram avaliadas utilizando o modelo exponencial $M_t = M_0 * e^{-kt}$. Dentre as espécies analisadas observou-se que *C. ochroleuca* e *C. ensiformes* são as mais precoces e as que apresentam maior porte (ex. altura e diâmetro caulinar). Para as espécies *N. wightii*, *S. niveum* e *S. aterrimum* são recomendadas para cobertura de solo devido apresentarem maiores taxas de cobertura em um menor espaço de tempo. Os maiores teores de N foram verificados em *C. ensiformes* e *C. spectabilis*, enquanto os maiores teores de P, K e S foram encontrados em *P. glaucum*. Já os teores de Mg foram encontrados em *C. ochroleuca*. De acordo com os dados obtidos no experimento de campo, foi observado que as espécies *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*

são mais eficientes em acúmulo de nutrientes. *C. spectabilis* apresentou a maior taxa de decomposição em comparação as demais espécies estudadas. Os efeitos das espécies sobre os atributos químicos e físicos são mais expressivos na camada superficial do solo; sendo que as espécies *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes* e *N. wightii*, são mais eficientes na ciclagem de potássio e apresentaram maiores teores de matéria orgânica e maiores valores de soma de bases. As espécies *S. aterrimum* e *S. niveum* são identificadas com maiores valores de macroporosidade e microporosidade, respectivamente.

Palavras-chave: Adubação verde, Ciclagem de nutrientes, Atributos químicos do solo, Espécies de cobertura

FERREIRA, N. M. **Agronomic evaluation of crop species for green fertilization and its influence on soil chemical and soil physical properties.** 2017. xvi, 90 f. Dissertation (Master in Agronomy) - Federal University of Paraiba, Areia, 2017.

ABSTRACT

Green fertilization is an important agricultural practice used in several regions of Brazil. This practice can be used to improve soil chemical (e.g soil pH, soil organic matter, and soil fertility) and soil physical (e.g. soil density and soil porosity) properties due to its role on soil conservation and maintenance of soil fertility. However, in the Brazilian Northeast, there are few works with green fertilization, emphasizing the importance of evaluating the cover crops performance into this region. Our objective with this experiment was to evaluate the agronomic characteristics, nutritional status and influence of different cover crops used as green fertilizers on the chemical and physical properties of the soil. For this purpose, a field experiment was carried out in a randomized complete block design, with nine treatments, and three blocks. The treatments were: *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Crotalaria juncea* L., *Dolichos lablab* L., *Stizolobium niveum* (Roxb.) Kuntze, *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey and *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.. We evaluated the plant growth, cover rate, green and dry biomass, content and nutrient accumulation in the plant tissue, rate of decomposition and the chemical and physical attributes of the soil. The database was submitted to one-way ANOVA and Tukey's *post-hoc* test. For the decomposition rate, we used the exponential model $M_t = M_0 * e^{-kt}$ to analyse it. We found that *C. ochroleuca* e *C. ensiformes* were more precocious and present higher growth than other studied cover crops. *N. wightii*, *S. niveum* e *S. aterrimum* showed higher premature cover rates. For the plant nutritional status, we found higher N content in *C. ensiformes* and *C. spectabilis*; higher P, K and S in *P. glaucum*; and finally higher Mg content in *C. ochroleuca*. We also found higher decomposition rate in *C. spectabilis*. For soil properties (chemical and physical) we observed that the cover crops influence significantly the studied parameters in the soil surface. *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes* and *N. wightii* showed higher organic matter content, K cycling, and sum of bases, while *S. aterrimum* and *S. niveum* promotes higher soil density and soil porosity.

Key words: Green fertilization, Nutrient cycling, Soil chemical properties, Cover crops

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015. 37
- Tabela 2.** Caracterização física do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015..... 37
- Tabela 3.** Densidade de plantas e número de dias até o florescimento de 50% (DAF) de espécies de adubos verdes. Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB.38
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância (quadrado médio), altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) de espécies utilizadas para adubação verde, avaliadas aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS. Fazenda Experimental Olho D'água- Areia-PB. 41

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Caracterização química da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015..... 69
- Tabela 2.** Caracterização física da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015..... 69
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis (pH, P, K, Na, Ca e Mg) 60 dias após o experimento, na Fazenda Experimental Olho d'água, Areia-PB. 72
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância para as variáveis (H+Al, MO, SB) 60 dias após o experimento, na Fazenda Experimental Olho d'água, Areia-PB..... 72
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância com os quadrados médios referentes aos atributos densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD), na Fazenda Experimental Olho d'água, Areia-PB, 2017..... 80

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Dados de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, referentes aos anos de 2015 (A) e 2016 (B). Estação Meteorológica do CCA-UFPB-Areia-PB. 36
- Figura 2.** Altura de plantas (cm), de espécies utilizadas como adubo verde, *C. ochroleuca*, feijão-de-porco, lab-lab e *C. spectabilis* aos 30, 45, 60, 75 e 90 (DAS), (Figura 2A). Milheto e *C. juncea* aos 30 e 45 DAS (Figura 2B). 42
- Figura 3.** Diâmetro do caule de espécies utilizadas como adubo verde *C. ochroleuca*, feijão-de-porco, lab-lab, *C. spectabilis*, aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS (Figura 3A), milheto e *C. juncea* aos 30 e 45 DAS (Figura 3B). 43
- Figura 4.** Taxa de cobertura (%) de espécies utilizadas como adubo verde mucuna cinza, mucuna preta, feijão-de-porco, lab-lab, aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS (Figura 4A), soja perene aos 30, 45 e 60 DAR (Figura 4B). 44
- Figura 5.** Valores médios de massa da matéria verde (A) e seca (B) da parte aérea ($t\ ha^{-1}$) de espécies utilizadas com fins para adubação verde, em fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 46
- Figura 6.** Valores médios de massa da matéria verde (A) e seca (B) de raízes ($t\ ha^{-1}$) de espécies utilizadas com fins para adubação verde, em fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 47
- Figura 7.** Valores médios de massa da matéria verde (A) e seca (B) total ($t\ ha^{-1}$), de espécies utilizadas com fins para adubação verde, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 48
- Figura 8.** Teores (A, $g\ kg^{-1}$) e acúmulos (B, $kg\ ha^{-1}$) médios de nitrogênio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 49
- Figura 9.** Teores (A, $g\ kg^{-1}$) e acúmulos (B, $kg\ ha^{-1}$) médios de fósforo na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 50
- Figura 10.** Teores (A, $g\ kg^{-1}$) e acúmulos (B, $kg\ ha^{-1}$) médios de potássio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 52
- Figura 11.** Teores (A, $g\ kg^{-1}$) e acúmulos (B, $kg\ ha^{-1}$) de cálcio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 53
- Figura 12.** Teores (A, $g\ kg^{-1}$) e acúmulos (B, $kg\ ha^{-1}$) de magnésio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 53

Figura 13. Teores (A, g kg ⁻¹) e acúmulos (B, kg ha ⁻¹) de enxofre na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	54
Figura 14. Variação percentual de massa em função do tempo em espécies de adubos verdes avaliadas aos 0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias.....	56

CAPÍTULO II

Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, referentes aos anos de 2015 (A) e 2016 (B). Estação Meteorológica do CCA-UFPB-Areia-PB.	68
Figura 2. Teores de acidez ativa (pH), na camada de 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, as letras estão comparando diferença entre as camadas.	73
Figura 3. Teores de fósforo na camada de 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, as letras estão comparando diferença entre as camadas.....	74
Figura 4. Teores de potássio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, as letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamento e letras maiúsculas tratamento dentro de profundidade.	74
Figura 5. Teores de sódio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamentos e letras maiúsculas tratamento dentro de cada profundidade.	76
Figura 6. Teores de cálcio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, letras minúsculas profundidade dentro de tratamento e letras maiúsculas estão comparando tratamento dentro de profundidade.	77
Figura 7. Teores de magnésio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies de adubos verdes, profundidade dentro de tratamento com as mesmas letras não diferem a 5 % pelo teste Tukey.....	77
Figura 8. Acidez potencial (H+Al) na camada de 0-10 cm e 10-20 cm analisado aos 60 dias após o corte das espécies, profundidade dentro de tratamento com as mesmas letras não diferem a 5 % pelo teste Tukey.	78
Figura 9. Teores de matéria orgânica no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisado aos 60 dias após o corte das espécies; As letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamento e as letras maiúsculas tratamento dentro de profundidade, letras semelhantes não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.....	79
Figura 10. Soma de bases do solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisada aos 60 dias após o corte das espécies: As letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamentos e letras maiúsculas tratamento dentro de profundidade.....	80

Figura 11. Densidade do solo (g cm^{-3}), camada 0-10 cm e 10-20 cm analisada aos 60 dias após corte das espécies.....	81
Figura 12. Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisada aos 60 dias após o corte das espécies.....	82
Figura 13. Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisada 60 dias após o corte das espécies, na (Figura 13A) está comparando profundidade dentro de tratamentos e na (Figura 13B) está analisando diferença entre tratamentos.....	83
Figura 14. Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), analisada aos 60 dias após o corte das espécies: As letras semelhantes não diferem entre si pelo teste Tukey a ($p < 0,05$)...	84

1. Introdução Geral

A preocupação com o ambiente e a qualidade de vida está aumentando, estando disperso amplamente as correntes de agricultura alternativa, com destaque a agricultura orgânica (FONTANÉTTI et al., 2006). A adubação verde tem por finalidade preservar e/ou restaurar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, contribuindo para melhor desenvolvimento e produção das culturas, assim como, proteger o solo, minimizando o processo erosivo (ALCÂNTRARA et al., 2000; ANDRADE NETO, 2007).

A prática da adubação verde pode ser capaz de reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados, conferindo maior sustentabilidade aos agroecossistemas (NASCIMENTO et al., 2003). Para esta finalidade, destacam-se as espécies pertencentes à família das leguminosas, por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, uma vez que é possível avaliar diferentes famílias botânicas, objetivando cobrir o terreno em períodos de tempo ou durante todo o ano (TEODORO et al., 2011). As leguminosas destacam-se pela sua capacidade de fixar N no solo através do processo simbiótico, realizado com as bactérias do gênero *Rhizobium*, mas também produzem grande quantidade de fitomassa, proporcionando melhorias na qualidade química e física do solo (PERIN et al., 2004).

A adubação verde é uma prática viável para complementar a adubação orgânica, reduzindo e melhorando a eficiência da fertilização mineral (CARLOS et al., 2006). Contudo, para que ocorra a mineralização e absorção de nutrientes depende de fatores como umidade, temperatura, relação C/N, época de semeadura e aporte de material na área (FONTANÉTTI et al., 2006). A adubação orgânica, em relação à adubação mineral, tem a capacidade de aumentar os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, sendo um método importante para manter a conservação da qualidade do solo (LEITE et al., 2003). No entanto a escolha da espécie de adubo verde a ser cultivada é importante considerar qual a época de cultivo da cultura agrônômica e a sua exigência nutricional (CALEGARI, 2006; DINIZ et al., 2014).

A compactação do solo afeta o desenvolvimento, o crescimento e a produtividade das culturas, bem como a conservação do solo e da água (MÜLLER et al., 2001). A produtividade das culturas é dependente da fertilidade do solo, sendo este um fator dominante para o sucesso na produção agrícola. Em sistemas de produção

agroecológico, a conservação do solo e a forma de fornecer nutrientes são alguns dos desafios.

O uso do solo de forma inadequada tem favorecido o aumento da erosão e compactação dos solos, gerando impactos negativos na produção agrícola sendo necessário aplicar técnicas de manejo visando manter e/ou restaurar o potencial produtivo do solo (TEODORO et al., 2011). No Nordeste brasileiro, grande parte dos solos encontra-se degradados por falta de manejo adequado, reduzindo assim, os teores de matéria orgânica e a sua fertilidade (PEGADO et al., 2008)

No Brejo Paraibano, os estudos voltados para cobertura/adubação verde ainda são escassos, especificamente no município de Areia, onde os solos são predominantemente de textura arenosa, deficientes em nutrientes e em matéria orgânica (NASCIMENTO et al. 2003a). Além disso, a região apresenta forte influência de cultivos convencionais sob monocultivo, com práticas agrícolas inadequadas que expõem o solo aos processos degradativos, evidenciando a importância de estudos que venham a contribuir para a conservação dos solos. Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características agronômicas, composição nutricional e influência de diferentes espécies utilizadas como adubos verdes, nas propriedades químicas e físicas do solo, na região do Brejo Paraibano.

2. Referencial Teórico

2.1. Adubação verde

A adubação verde consiste em uma prática milenar, utilizada antes da Era Cristã, onde objetiva-se conservar o solo contra os processos de degradação física, química e biológica; dentre aos diversos manejos empregados com as leguminosas, consiste no plantio de espécies para cobertura do solo, incorporação do material ao solo, consórcio com grandes culturas, rotação de culturas e, mais recentemente, o uso de coquetéis, onde é realizada a mistura de diferentes espécies de leguminosas, gramíneas e crucíferas (LIMA FILHO et al., 2014). Para Alcântara et al. (2000); Cardoso et al. (2013), a adubação verde consiste em um desenvolvimento sustentável que está associado a conservação dos recursos naturais, como água e solo, combinada às práticas de manejo onde se destaca o cultivo de plantas de cobertura e/ou adubos verdes.

No Brasil, com a Revolução Verde nos anos 60, houve redução na prática da adubação verde, pois com o crescente uso de máquinas, equipamentos e, principalmente insumos, a adubação verde teve um decréscimo. Após passar a “febre”, de que o uso de máquinas e insumos agrícolas era a melhor opção, os produtores perceberam que nem tudo estava resolvendo, uma vez que o uso de insumos externos se tornou um investimento caro e as máquinas pesadas favoreciam a compactação do solo. Foi nos anos de 1980, que o meio agrícola passou a dar atenção aos adubos verdes, quando foi inserido nos sistemas de rotação e sucessão de culturas, com o cultivo mínimo dos solos (LIMA FILHO et al., 2014). Existe ampla diversidade de plantas cultivadas para finalidade de utilização como adubo verde. No entanto, há uma preferência por espécies leguminosas, pela capacidade de fixar N atmosférico em associação com bactérias diazotróficas, produção elevada de biomassa, e por apresentarem sistema radicular agressivo, capaz de descompactar o solo e reciclar maior quantidade de nutrientes (FONTANÉTTI et al., 2006; RODRIGUES et al., 2007).

2.2. Adubação verde na região Nordeste

Na região Nordeste, os agricultores praticam predominantemente agricultura de sequeiro, plantando culturas anuais para subsistência, em cultivos convencionais. Nesse

cenário, é característico solos pouco produtivos, irregularidade climática, junto com manejo inadequado de culturas e do solo, fazendo com que os solos fiquem improdutivos e mais susceptíveis degradação física, química e biológica do solo. Dessa forma, a prática da adubação verde torna-se um aliado em reduzir os impactos ao solo desnudo (NASCIMENTO et al., 2003b).

Contudo, na Paraíba existe resistência dos pequenos produtores em realizar a rotação de culturas com as plantas de cobertura, pois não irão deixar de cultivar o alimento para cultivar plantas para fertilizar o solo, o que pode ser uma alternativa trabalhar com consórcio.

Antes da implantação dos adubos verdes é necessário conhecer o histórico da área e escolher espécies adequadas para a finalidade desejada. Para recuperar solos degradados, deve-se optar por espécies que possuam resistência a déficit hídrico, alta produção de biomassa e raízes que explorem maior volume do solo (NASCIMENTO et al., 2003a). Os autores explicam que, nas condições estudadas em Alagoinha-PB, três anos de cultivo foram insuficientes para alterar a fertilidade do solo, devido ao solo ser bastante degradado, e as condições climáticas desfavoráveis, que não foi eficiente para disponibilizar quantidades suficientes de nutrientes. O uso da adubação orgânica no Agreste da Paraíba proporcionou maiores teores de N, P e K, ao solo para o esterco bovino e crotalária no cultivo de batata, ao longo de sete anos de cultivo (SILVA & MENEZES, 2007).

2.3. Espécies utilizadas na adubação verde

Antes da implantação de espécies de adubos verdes em uma área, deve ser realizado um estudo prévio acerca de solo, clima, infraestrutura da propriedade, conhecer a forma de manejo das plantas, e capacitar o produtor a forma de manejo (CALEGARI, 2006b). Existe uma diversidade de espécies utilizadas na adubação, que se dividem em espécies de primavera/verão, outono/inverno ou verão/outono. Nas condições do Cerrado e do Nordeste brasileiro, há pesquisas com predomínio de espécies inseridas na modalidade primavera/verão, por apresentarem grande produção de fitomassa e elevado aporte de N (leguminosas). Já as espécies da modalidade outono/inverno são cultivadas na região Sul do Brasil. As espécies da modalidade verão/outono são utilizadas principalmente em sucessão de culturas em semeaduras

tardias como adubos verdes de verão e em sementeiras antecipadas como adubos verdes de inverno (LIMA FILHO et al., 2014).

Espécies de primavera/verão: nesta modalidade estão inseridas as espécies em que o período de sementeira ocorre de setembro/outubro a janeiro/fevereiro. Dependendo das condições climáticas da região e características fenológicas da planta, o ciclo pode estender-se a maio/junho. As espécies mais empregadas nesta modalidade são: mucunas (*mucuna* spp.), guandus arbóreo e anão [*Cajanus cajan* (L.), Millips.], crotalárias (*C. mucronata*, *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. paulina*, *C. spectabilis*), tefrócias (*Tephrosia candida*, *t.vogelli*), caupi (*Vigna unguiculata*), feijão-de-porco (*C. ensiformes*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) e milheto (*P. glaucum*).

Espécies de outono/inverno: são espécies utilizadas predominantemente na região Sul do Brasil, onde seu cultivo inicia-se em março/junho e o ciclo vegetativo pode estender-se de agosto a dezembro. As espécies com destaque são: aveias (*Avena strigosa* Schreb. e *Avena sativa* L.), nabo-forageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*), ervilhacas (*Vicia sativa* L. e *Vilisa villosa* Roth), tremoços (*Lupinus albus* e *L. angustifolius*), centeio (*Secale cereale* L.), ervilha-forageira (*Pisum arvense* L.), chícharo comum (*Lathyrus sativus*), gorga (*Spergula arvensis* L.) e azevém (*Lolium multiflorum*) (LIMA FILHO et al., 2014).

A espécie *C. spectabilis* é originária da Índia, sendo conhecida popularmente por crotalária, guizo-de-cascavel e chocalho-de-cascavel (MONEGAT, 1991). É uma planta capaz de melhorar os atributos do solo, bastante utilizada em sistemas de rotação de culturas e eficiente em reduzir a multiplicação de população de nematóides (CALEGARI et al., 1992). As mucunas são leguminosas más hospedeiras de nematóides, possuem ação supressora de plantas invasoras. São resistentes a seca e podem ser utilizadas para alimentação animal (CARLOS et al., 2006). A mucuna preta (*S. aterrimum*) é uma espécie que possui rápido crescimento, eficiente em cobertura do solo e que produz grande quantidade de massas verde e seca, o que a torna uma das espécies mais utilizadas no Brasil (BUENO et al., 2007).

A *C. ochroleuca* é originária da Índia tropical, espécie de porte arbustivo ereto. É uma leguminosa anual, de clima tropical e subtropical, possui crescimento inicial rápido, com efeito, alelopático e/ou supressor de invasoras bastante expressivas, sendo sensível à geadas. Tem apresentado bom comportamento em solos argilosos e arenosos. É uma leguminosa que se desenvolve em solos quimicamente pobres, com baixo teor de matéria orgânica (CARLOS et al., 2006).

A espécie lab-lab é originária da África, apresenta crescimento prostrado/trepador com ciclo anual, geralmente sensível ao fotoperíodo, sendo algumas variedades de dias curtos e outras de dias longos, de alta tolerância à seca e baixa a geadas. Adapta-se bem a solos argilosos e arenosos, com melhor desempenho em áreas drenadas e férteis. Em solos com fertilidade baixa e pH inferior a 5,5, normalmente o crescimento é mais lento (LIMA FILHO et al., 2014).

O feijão-de-porco é de origem Centro-americana, bastante cultivado em regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo encontrado em zonas africanas e asiáticas (LOPEZ, 2012). É uma leguminosa muito eficiente no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*), ocupa o solo em menor espaço de tempo, apresenta efeito supressor e/ou libera substâncias tóxicas a diversas invasoras. Por ser uma planta de clima tropical e subtropical é resistente à seca e a altas temperaturas e não é exigente quanto a solo (FONTANÉTTI et al., 2004).

O milheto é uma gramínea originária do norte da África (especificamente da Etiópia) que apresenta grande rusticidade, tolerância à seca e à acidez do solo, assim como à salinidade, adaptando-se bem a solos arenosos, possui boa capacidade de rebrota, permitindo uma boa cobertura do solo (CARLOS et al., 2006).

Cultura perene (ressemeadura natural), de origem africana e resistente à seca, a soja perene foi introduzida no Brasil na década de 1950. Possui alto valor forrageiro. É uma planta de hábito prostrado/trepadora, que não tolera solos com drenagem deficiente e alta concentração de alumínio, sendo exigente em solos férteis. Espécie que apresenta ampla adaptação às regiões tropicais e subtropicais (CARLOS et al., 2006).

2.3.1. Produção de fitomassa

Dentre as espécies que toleram o clima da região Nordeste, destacam-se as mucunas, feijão de porco, feijão guandu e crotalárias. Estudando o desenvolvimento das espécies feijão guandu e *C. juncea*, Alcântara et al. (2000) e Souza et al. (2008), afirmam que estas espécies são sensíveis ao fotoperíodo, sendo esta característica responsável por reduzir a produção de biomassa dessas espécies.

Para produção de biomassa, dá-se preferência a leguminosas que apresentem rápido crescimento, porte herbáceo e semi-arbustivo e, principalmente, que sejam adaptadas às condições edafoclimáticas da região. A dificuldade na obtenção de

sementes das espécies, não favorece o cultivo de adubos verdes em diversas regiões do país (NEVES & ESPÍNDOLA, 2003). Para Ferreira et al. (2007), o feijão-de-porco e a mamona adaptam-se bem as condições do Vale do São Francisco, sendo responsável por 30% da fitomassa verde e seca produzida em coquetéis. Espera-se que maior produção de biomassa seja em cultivo com leguminosas, porém Cavalcante et al. (2012), verificaram maior produção de biomassa a vegetação espontânea; os autores explicam que são espécies adaptadas às condições edafoclimáticas da região, possuem bancos de sementes no solo, que se regeneram naturalmente, com a disponibilidade de umidade, enquanto que as leguminosas são introduzidas de maneira controlada. Ao estudarem produção de fitomassa de gramíneas, leguminosas e outras famílias, Souza et al. (2008), encontraram maior produtividade de fitomassa em milho, *C. spectabilis* e nabo forrageiro, com valores superiores a (8, 5 e 10 Mg ha⁻¹), respectivamente.

Um ponto importante a ser considerado quando se trabalha com mistura de diferentes leguminosas ao mesmo tempo (coquetel), é que as plantas podem competir entre si por água, nutrientes e luminosidade, o que pode reduzir o desenvolvimento de uma espécie sobre a outra. No entanto, o cultivo com coquetel promove maior capacidade em produzir fitomassa, recuperar áreas degradadas e reciclar mais nutrientes, isto por avaliar espécies com hábitos de crescimento e desenvolvimento radicular diferente. Estudando supressão de plantas espontâneas, Favero et al. (2001) afirmam que a mucuna possui efeitos alopatóicos sobre as plantas espontâneas, podendo atingir também outras espécies da mesma família. Diferentes proporções de biomassa são eficientes no controle de plantas invasoras. Avaliando o efeito de supressão de diversas espécies de adubos verdes, sobre a erva de touro, Oliveira et al. (2016) concluíram que *P. glaucume* e *V. unguiculata* reduziram a emissão dessas plantas em (78,99 e 76,30 %), respectivamente.

2.3.2. Teores e acúmulos de nutrientes

Para que a cultura subsequente ao cultivo de adubos verdes possa absorver os nutrientes liberados ao solo, é importante considerar o ciclo da cultura econômica, a relação C/N do adubo verde, além de temperatura e umidade do solo. O potássio é um nutriente cuja liberação ocorre predominantemente por lixiviação, uma vez que não faz parte de nenhum composto celular (CAVALCANTE et al., 2012). O teor de K pode ser

indicativo indireto de recalcitrância do material vegetal (RODRIGUES et al., 2007). Espécies que produzem maior quantidade de matéria seca têm a tendência de apresentar maior acúmulo de nutrientes, o que condiz com os resultados obtidos por (ALCÂNTARA et al., 2000). Segundo estes autores, o guandu foi a espécie que apresentou maior produtividade de matéria seca e maiores conteúdos de nutrientes. No cultivo de espécies em um Latossolo Vermelho distroférico, Souza et al. (2008) observaram maiores acúmulos de N nas espécies *C. spectabilis*, Kenaf 1 e no guandu normal, resultados explicados pela maior produção de massa seca das espécies.

O produtor geralmente não realiza capina quando cultiva adubos verdes. No entanto, Favero et al. (2000) verificaram maiores produtividades de fitomassa na ausência de espontâneas, com destaque para feijão-de-porco, lab-lab e guandu, e maiores acúmulos de N e Ca. A quantidade de nutrientes acumulados depende da espécie utilizada, do estágio fenológico, da produção de matéria seca e do período de plantio. O milho acumula maiores teores de K, sendo semelhante ao capim-pé-de-galinha em acúmulo de P, Ca e S, e superior ao amaranto em P, Ca e S (BOER et al., 2007).

A densidade populacional de plantas na área pode influenciar a produção de massa seca e o acúmulo de nutrientes. Perin et al. (2004), estudando diferentes espaçamentos e densidades de plantas, verificaram maior produção de matéria seca e maior acúmulo de N, P e K no cultivo das espécies em espaçamento de 25 cm, e densidades de 10, 15 e 20 plantas m⁻¹. Os teores de nutrientes no tecido vegetal dos adubos verdes divergem de espécie para espécie, assim com o manejo de solo adotado e com a cultura anterior (ANDRADE NETO, 2007).

2.3.3. Decomposição de espécies utilizadas na adubação verde

A decomposição dos resíduos é uma variável importante na ciclagem de nutrientes, sendo que para ocorrer a ciclagem dos nutrientes, deve ser considerada a qualidade do material, natureza da biota do solo associada às condições climáticas favoráveis para a decomposição e mineralização do material vegetal (KLIEMANN et al., 2006; SOUTO, 2009). A decomposição dos resíduos é influenciada por precipitação pluvial, temperatura, umidade e a relação C/N do material vegetal (NUNES et al., 2010). É importante saber a finalidade do plantio das espécies, assim como aspectos

como produção de biomassa, cobertura, recuperação de áreas degradadas, dentre outros. Ao optar por cultivo de adubos verdes objetivando a implantação de uma cultura econômica em seguida, é interessante optar por espécies de ciclo curto, que produzem satisfatória fitomassa e com baixa relação C/N.

A relação C/N do material pode ter influência quando cultivada por dois anos consecutivos na mesma área, já que, se em um ano agrícola as condições climáticas forem desfavoráveis para as espécies, sua relação C/N será maior, pois irá reduzir a absorção de N em gramíneas e fixação biológica de N em leguminosas, sendo o inverso em um ano agrícola com clima favorável ao desenvolvimento das espécies (TORRES et al., 2005). Esses autores verificaram taxas de decomposição nos primeiros 42 dias de 55 %, 59 %, 43,8 % e 43,1 %, para milho, sorgo, *C. juncea* e aveia-preta, respectivamente. Espécies com baixa relação C/N apresentam rápida decomposição e maior liberação de nutrientes, o que resulta em solo protegido por menos tempo; por outro lado, espécies com alta relação C/N e alto teor de lignina, apresentam decomposição e liberação dos nutrientes mais lenta, mantendo o solo coberto por mais tempo (FLOSS, 2000; KLIEMANN et al., 2006).

2.4. Efeitos nas propriedades do solo

2.4.1. Químicos

O não revolvimento do solo reduz as perdas de nutrientes e de matéria orgânica, visto que no sistema convencional, com o revolvimento do solo há maiores perdas devido ao material vegetal ficar exposto à ação mais ativa dos microrganismos, associado ao processo da oxidação da matéria orgânica, sendo liberado CO₂ para a atmosfera. O sistema de plantio direto consiste no não revolvimento do solo e manutenção de resíduos sobre o mesmo, o que contribui para o aumento do teor de matéria orgânica nos solos (SOUSA NETO et al., 2008; CARDOSO et al., 2014). A maior produtividade das culturas pode estar ou não relacionada aos teores de matéria orgânica nos solos. No entanto, Moreira & Siqueira. (2006) afirmam que, quanto maior o teor de MO, nos solos, mais fértil ele se torna, uma vez que promove aumento da biota do solo, formação de agregados e melhoria do ponto de vista químico, com a decomposição e mineralização de nutrientes. Avaliando crescimento e rendimento do

sorgo cultivado em sucessão, Andrade Neto. (2007) verificaram que a adubação verde influenciou as características agrônômicas da cultura e incrementou os teores de K, carbono orgânico e N do solo.

O uso de leguminosas tem como principal objetivo o incremento de N e P ao solo, sendo as espécies mais propícias: mucunas, crotalárias, soja, guandu, ervilhaca, ervilha forrageira, nabo-forrageiro (CALEGARI & COSTA, 2009). Com relação ao nitrogênio, este por possuir uma dinâmica instável no solo, pode ser facilmente perdido pelos processos de lixiviação, volatilização e desnitrificação. Quanto ao P, os solos brasileiros possuem mineralogia que têm alto poder de reter P, sendo facilmente adsorvidos da forma lábil para não lábil, deixando as plantas deficientes por não conter a quantidade necessária para suprir a sua demanda (FERNANDES, 2006).

2.4.2. Físicos

As propriedades físicas do solo podem ser alteradas quando submetido a diferentes sistemas de manejo e cultivo. Com a finalidade de manter e/ou melhorar a condição física do solo, é necessário buscar métodos que auxiliem, sendo a matéria orgânica um aliado relevante, assim como a atividade biológica, com atuação de raízes, macro, meso e microfauna do solo, que atuam nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica (ALVES, 2001). O principal responsável pela estabilização de agregados é a atividade microbiana do solo, via hifas de fungos, aumentando a aeração, percolação de água no solo (SOUSA NETO, 2008).

A compactação dos solos é um fator limitante ao desenvolvimento de raízes e infiltração de água. Avaliando o desenvolvimento de diferentes espécies de adubos verdes e solo compactado, Muller et al. (2001) verificaram melhores resultados com nabo forrageiro e aveia preta, pois estas plantas são capazes de penetrar as raízes em camadas compactadas e, após a decomposição, deixam maior número de bioporos ao solo, proporcionando recuperação da estrutura do solo em superfície. O manejo do solo na forma de plantio direto melhora ao longo do tempo a agregação de partículas, através da formação de complexos organo-minerais, aumento da capacidade de armazenamento de água, associada à espécies que possuem sistema radicular agressivo, como o guandu, nabo forrageiro, girassol, mamona, ervilhaca-peluda, crotalárias e *tephrosia*, que favorecem o aumento da porosidade do solo (CALEGARI & COSTA, 2009).

3. Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, F. P.; FURTUNI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. D.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev. 2000.

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira**. 2001. 83 f. Tese (Livre Docência) Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 2001.

ANDRADE NETO, R. C. **Efeitos de adubos verdes nas propriedades químicas do solo, crescimento e rendimento de sorgo**. 2007. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2007.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, set. 2007.

BUENO, J. R.; SAKAI, R. H.; NEGRINI, A. C.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (Org.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu, 2006. p. 55-73.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (Org.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu, 2006. p. 55-73.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 209-327.

CALEGARI, A.; COSTA, A. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. **Visão agrícola**, n. 9, p. 1-2, 2009.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 375-382, 2013.

CARDOSO, R. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 51-60, 2014.

CARDOSO, S. C.; SOARES, A. C. F. S.; BRITO A. S.; LARANJEIRA, F. F.; LEDO C. A. S.; SANTOS, A. P. Control of tomato bacterial wilt through the incorporation of aerial part of pigeon pea and crotalaria to soil. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 32, n. 1, p. 27-33, 2006.

CARLOS, J. A. D.; COSTA, J. A.; COSTA, M. B. Adubação Verde: do conceito à prática. **II. Série Produtor Rural, nº 30**, Piracicaba, p.32, 2006.

CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 521-528, 2012.

DINIZ, E. R.; VARGAS, T. O.; PEREIRA, W. D.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; PETERNELLI, L. A. Decomposition and mineralization of the nitrogen from the green manure *Crotalaria juncea*. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 1, p. 51-59, 2014.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p.1355-1362, 2001.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.171-177, 2000.

FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, C. E. S.; CHAVES, V. C.; MOTTA, E. F.; RIBEIRO, F. N.; SILVA, S. A. B.; SILVA, M. S. L. Produção de fitomassa e composição química de plantas utilizadas em coquetéis vegetais para cobertura de solo e adubação verde no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado-RS: SBCS, 2007. p. 1-4.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 57, n.1, p. 25-29, 2000.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; MORAIS, A.R.; ALMEIDA, K.; DUARTE, W. F. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 967-973, 2004.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Cidade, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C.; Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.821-832, 2003.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e práticas. Brasília: Embrapa, DF, v. 2, 2014. 478 p

LOPEZ, R.E.S. *Canavalia ensiformes* (L.) DC (Fabaceae). **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 7, n.3, 2012.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo**: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: Ed. do Autor, 1991, 337 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed., Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 531-538, 2001.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F. Efeito de leguminosas e de adubação mineral na produção do milho em um Luvissole degradado de Alagoinha-PB. **Agropecuária Técnica**, Cidade, v. 24, n. 2, p.103-111, 2003a.

NASCIMENTO, J. T.; 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, 2003b.

NEVES, M. C. P.; ESPINDOLA, J. A. A. A adubação verde e as bactérias do solo. **Agroecologia Hoje**, Cidade, n. 22, p. 4-5, 2003.

NUNES, H. V. N.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S.; PEREIRA, W. E.; SILVA, E. O. Decomposição de restos culturais dispostos na superfície do solo e submetidos a adubação nitrogenada na microrregião de Guarabira-PB. **Revista ACTA Tecnológica**, Cidade, v. 5, n.1, p. 17-30, 2010.

OLIVEIRA, J. B. S.; SANTOS, A. S. S.; FONSECA, W. L.; SOUSA, T. O.; PACHECO, L. P.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, L. C.; ZUFFO, A. M. The influence of cover crop on erve de touro (*Tridax procumbens*). **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 40, p. 4015-4020, 2016.

PEGADO, C. M. A.; BARBOSA, L. J. N.; MENDES, J. E. M. F.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p.218-223, 2008.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; ZONTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 207-213, 2004.

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. 36, n. 1, p. 35-40, 2004.

RODRIGUES, A. C. G.; RODRIGUES, E. F. G.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II - disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 51-61, 2007.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, fev. 2008.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; BAKKE, I. A. Características químicas da serapilheira depositada em área de caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 264-272, 2009.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; BANYNS, V. L. Fitomassa e acúmulo de nitrogênio, em espécies vegetais de cobertura do solo para um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 525-531, 2008.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 2, p. 635-643, 2011.

TORRES, J. L. R.; PERIERA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 609-618, 2005.

CAPÍTULO I

Potencial de diferentes espécies de cobertura cultivados em um Neossolo Regolítico

RESUMO

Com a crescente demanda por alimentos e o elevado custo de insumos a adubação verde é uma alternativa eficiente para aumentar a produtividade das culturas reduzindo o emprego de fertilizantes. Objetivou-se avaliar o potencial de diferentes espécies de cobertura utilizadas na adubação verde. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com nove tratamentos distribuídos em três blocos. Os tratamentos foram: *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Crotalaria juncea* L., *Dolichos lablab* L., *Stizolobium niveum* (Roxb.) Kuntze, *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. As variáveis analisadas foram crescimento, fitomassa fresca e seca, taxa de cobertura, teores e acúmulos de nutrientes e taxa de decomposição. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5 % de probabilidade. A decomposição dos resíduos culturais, colocados em sacos de malha de 1 mm, foi avaliada durante 150 dias. O modelo que proporcionou melhor ajuste foi o exponencial de primeira ordem. Pelos resultados pode-se concluir que, as espécies *C. ochroleuca* e *C. ensiformes* possuem rápido crescimento sendo as espécies com destaque quanto a maior altura e diâmetro caulinar; as espécies *N. wightii*, *S. niveum* e *S. aterrimum* são recomendadas para cobertura de solo; *C. ensiformes* e *C. spectabilis* apresentam os maiores teores de N, *P. glaucum* maiores teores de P, K e S e a espécie *C. ochroleuca* maiores teores de Mg; as espécies *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* são mais eficientes em acúmulo de nutrientes e a *C. spectabilis* apresentou a maior taxa de decomposição de matéria seca.

Palavras-chave: Plantas de cobertura, Fitomassa, Macronutrientes, Decomposição

ABSTRACT

The green fertilization can be used in the modern agriculture as an alternative to mineral fertilization to reduce costs, utilization of chemical compounds (e.g. herbicide, fungicide, fertilizers, etc.) by promoting soil conservation and soil quality. Our objective with this experiment was to evaluate the agronomic characteristics of different cover crops. For this purpose, a field experiment was carried out in a randomized complete block design, with nine treatments, and three blocks. The treatments were: *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Crotalaria juncea* L., *Dolichos lablab* L., *Stizolobium niveum* (Roxb.) Kuntze, *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey and *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.. We evaluated the plant growth, green and dry biomass, cover rate, content and nutrient accumulation, and decomposition rate. The database was submitted to one-way ANOVA and Tukey's *post-hoc* test. We found that *C. ochroleuca* e *C. ensiformes* were more precocious and present higher growth than other studied cover crops. *N. wightii*, *S. niveum* e *S. aterrimum* showed higher premature cover rates. For the plant nutritional status, we found higher N content in *C. ensiformes* and *C. spectabilis*; higher P, K and S in *P. glaucum*; and finally higher Mg content in *C. ochroleuca*. We also found higher decomposition rate in *C. spectabilis*.

Keywords: Cover crops, Phytomass, Macronutrients, Decomposition

1. Introdução

O Nordeste brasileiro é caracterizado por uma variabilidade climática a qual, associada à reduzida cobertura vegetal, favorece o processo erosivo, reduzindo a qualidade física, química e biológica dos solos (NASCIMENTO et al., 2003a). O uso de plantas de cobertura do solo vem se tornando uma prática eficiente em manter o solo coberto por um período maior, assim como promover a melhoria nas propriedades químicas e físicas. O manejo adequado das plantas, além de manter o solo protegido contra os impactos das chuvas, com a decomposição e mineralização desse material, promove uma melhoria da fertilidade do solo, reduzindo a quantidade de fertilizantes, principalmente nitrogenados, utilizados na cultura de valor econômico (ALCÂNTARA et al., 2000; CALEGARI et al., 2008).

O uso de leguminosas utilizadas para fins da adubação verde promove uma supressão de plantas espontâneas. No estudo com plantas de cobertura, avaliando a supressão de plantas daninhas, Fongod et al. (2010) afirmam que o grau de supressão dessas plantas depende da espécie de cobertura utilizada, do manejo dado aos resíduos, da quantidade de plantas espontâneas presentes no plantio e do tipo de solo. As espécies que possuem crescimento indeterminado, rasteiro ou herbáceo, a exemplo das mucunas e feijão-de-porco são indicadas para cobertura de solo (FAVERO et al., 2001). As condições climáticas favorecem o desenvolvimento de espécies, como por exemplo, uma espécie primavera/verão introduzida em outono/inverno, ou vice-versa, poderá não se adaptar podendo apresentar produtividade de matéria seca e teores de nutrientes inferiores apresentando resultados frustrantes ao produtor (FERNANDES et al., 2007).

O ciclo das espécies é um fator importante a ser considerado, pois um ciclo mais curto irá favorecer esta espécie a ser inserida no sistema de rotação e sucessão de culturas, assim como espécies que possuem um rápido crescimento, cobrindo o solo mais rápido possível, contribuem para a incidência de plantas espontâneas, protegendo o solo, e favorecendo a redução do processo erosivo e da insolação, contribuindo para o acúmulo de matéria seca e o aporte de nutrientes de forma mais rápida (TEODORO et al., 2011).

Condições climáticas, época de semeadura, manejo e população de plantas, são fatores importantes que interferem na produção de biomassa, extração de nutrientes, decomposição, mineralização e liberação de nutrientes ao solo (AMBROSANO et al., 2013). Nas condições estudadas por Mangaravite et al. (2014), foram verificadas

maiores produções de fitomassa e acúmulo de nutrientes para *C. juncea* em relação à mucuna anã, levando a conclusão de que a adubação nitrogenada e inoculação em leguminosas é ineficaz, podendo variar de acordo com as condições edafoclimáticas.

A não reposição/ou lenta mineralização do material vegetal, proporcionará baixa disponibilidade de nutrientes no solo, resultando em baixos teores de nutrientes no material vegetal de adubos verdes (SALMI et al., 2006), enquanto que maiores teores e produção de fitomassa, resultarão em maiores acúmulos de nutrientes, além de manter a umidade do solo e proteger contra a erosão.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o crescimento, produção de fitomassa, teores, acúmulos de nutrientes e taxa de decomposição de diferentes espécies utilizadas na adubação verde.

2. Material e Métodos

2.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de maio a novembro de 2015 na área experimental do Módulo de Olericultura, localizado na Fazenda Experimental Experimental Olho D'Água, Areia-PB, pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB). O clima da região é do tipo Tropical úmido (As, com verão seco), segundo Köppen. O solo é classificado como Neossolo Regolítico psamítico típico, de textura-franco arenosa (EMBRAPA, 2013).

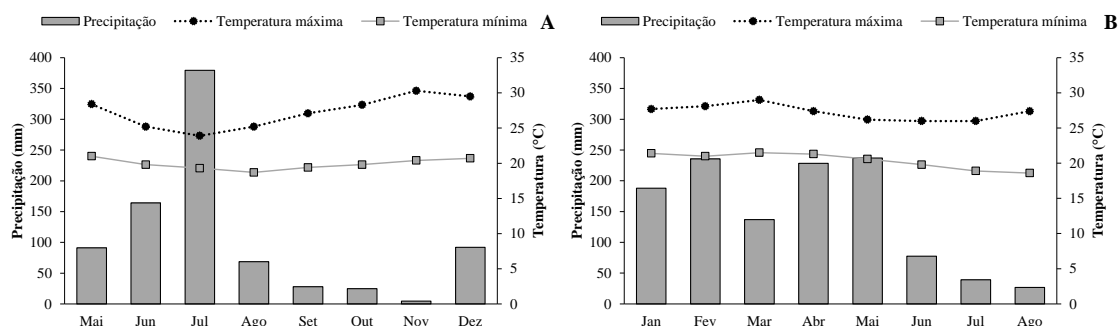


Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, referentes aos anos de 2015 (A) e 2016 (B). Estação Meteorológica do CCA-UFPB-Areia-PB.

2.2. Caracterização química e física do solo

As amostras para caracterização química e física do solo foram coletadas por meio de uma sonda, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, sendo 8 amostras por parcela, 4 na camada de 0-10 cm e 4 na camada de 10-20 cm, perfazendo 240 amostras. As amostras foram acondicionadas em sacolas e levadas ao telado pertencente ao Módulo de Olericultura para secagem. Em seguida, o material de solo foi passado em peneira de malha de 2 mm, e encaminhado aos Laboratórios de Fertilidade e de Física do Solo no Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do CCA, Campus II da UFPB, para análises de acordo com metodologia proposta por (DONAGEMMA et al., 2011). As características químicas e físicas encontram-se nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015.

Camada	pH	Atributos									M.O.	
		P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	CTCp	V		
Cm	H ₂ O	---- mg dm ⁻³ ---									%	g kg ⁻¹
0-10	5,8	34,99	102,30	0,03	1,91	0,77	3,06	2,97	6,03	49	10,97	
10-20	5,6	37,01	78,27	0,03	1,94	0,75	3,26	2,94	6,20	47	10,72	

pH: Potencial de hidrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+ Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTCp: Capacidade de troca catiônica potencial; V: Saturação por bases; M.O.: Matéria orgânica.

Tabela 2. Caracterização física do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015.

Camada (cm)	Atributos						Classe Textural			
	AMG	AG	AME	AF	AMF	Areia Total	Silte	Argila		
0-10	135,53	268,95	238,88	166,86	42,67	851,59	79,25	69,16	Franco/Arenoso	
10-20	128,19	262,16	239,53	170,21	42,95	843,34	82,55	74,10		

AMG: Areia muito grossa; AG: Areia grossa; AME: Areia média; AF: Areia fina; AMF: Areia muito fina.

2.3. Delineamento e caracterização do experimento

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e três repetições, perfazendo 27 parcelas. Os tratamentos constituídos foram: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*, lab-lab (*Dolichos lablab*), mucuna cinza (*Stizolobium niveum*), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*), soja perene (*Neonotonia wightii*), *Crotalaria juncea* e milheto (*Pennisetum glaucum*). Para a espécie soja perene, optou-se por trabalhar com rebrota. A espécie *Crotalaria juncea* foi inserida no trabalho, sendo o primeiro ano de cultivo e as demais espécies em segundo ano. As sementes foram obtidas junto ao Laboratório de Tecnologia de Sementes, pertencente ao CCHSA/UFPB-Campus III, Bananeiras-PB.

O experimento inicial foi instalado em 2014 e vem sendo avaliado anualmente, sendo em 2015, o segundo ano de avaliação. Para o preparo do solo, inicialmente realizou-se um roço na área, em seguida, demarcou-se as parcelas com piquetes, e procedeu-se a abertura dos sulcos manualmente, com enxada. Cada parcela foi constituída de uma área útil de 24 m² (6 × 4 m), sendo 8 linhas com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,10 m entre plantas. As distâncias entre blocos foram de 1 m e entre parcelas de 0,5 m. A semeadura foi realizada no dia 20/06/2015, considerando uma profundidade de 3 cm.

No período inicial de semeadura e estabelecimento, não foi necessário a irrigação, em virtude da ocorrência de chuvas na região, conforme se pode verificar na Figura 1A. Entretanto, nos meses de setembro a novembro (Figura 1A) as chuvas cessaram, sendo necessária a irrigação suplementar, com turno de rega semanal, com uma vazão média dos microaspersores de 8 mm, irrigado por 30 minutos. Os tratos culturais constituíram de capinas, sendo realizadas no período inicial do ciclo das plantas de cobertura.

Tabela 3. Densidade de plantas e número de dias até o florescimento de 50% (DAF) de espécies de adubos verdes. Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB.

Espécies	Nº pl/m'	Início da floração (DAS)	50 % da floração (DAS)
Milheto	50	42	52
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	30	65	75
Mucuna cinza	7	112	121
Mucuna preta	7	127	140
Feijão-de-porco	7	79	90
Soja perene	30	41	56
Lab-lab	10	75	90
<i>Crotalaria spectabilis</i>	30	69	90
<i>Crotalaria juncea</i>	30	49	55

*Corte para rebrota; Nº pl/m' = número de plantas por metro linear. DAS = Dias após a semeadura; DAF = Dias até o florescimento.

2.4. Variáveis analisadas

2.4.1. Avaliação da altura, diâmetro e taxas de cobertura

O ciclo vegetativo de cada espécie foi monitorado semanalmente, até atingir 50% de plantas em floração (Tabela 3). Para o acompanhamento do crescimento vegetativo foram marcadas 10 plantas centrais por tratamento para determinar altura e diâmetro das plantas aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS). Utilizou-se uma trena milimétrica, para determinar a altura nas espécies de crescimento ereto, arbustivo/ereto e prostrado/trepador (milheto, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *C. juncea* feijão-de-porco e lab-lab), respectivamente. Para determinar o diâmetro do caule das plantas, considerou-se uma altura a 5 cm do solo e a leitura foi realizada com paquímetro digital de 6" 150 mm (DC-60 Western®).

A taxa de cobertura do solo foi avaliada para as espécies milheto, mucuna cinza, mucuna preta, feijão-de-porco, soja perene e lab-lab aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS, pelo método do número de interseções descrito por Alvarenga (1993), utilizando-se um quadrado de madeira com 1 m², com uma rede de barbantes espaçados em 10 cm, totalizando 100 pontos de interseção. O quadrado foi lançado de forma aleatória dentro das parcelas, em quatro pontos. O somatório de interseções resultou em percentagem de cobertura do solo.

2.4.2. Produção de fitomassa, teores e acúmulos de nutrientes

A fitomassa verde foi obtida quando as parcelas estavam com 50 % das plantas em floração, sendo lançado aleatoriamente um quadrado de madeira de 0,50 × 0,50 m em 4 pontos da parcela. O material situado dentro do quadrado foi coletado e pesado. Em seguida, aos 10 cm laterais do centro da linha, procedeu-se uma escavação no solo da camada de 0-20 cm para coleta das raízes das espécies. As amostras foram pesadas em balança eletrônica digital modelo SF-410. Com base dos dados foi calculado a massa verde e seca da parte aérea (t ha⁻¹), massa verde e seca da raiz (t ha⁻¹) e massa verde e seca total (t ha⁻¹).

Após pesagem das amostras, estas foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do DSER/CCA/UFPB, onde foram lavadas em água corrente e depois em água destilada. Em seguida, levadas para secar em estufa a 65 °C por 72 horas. Após secagem, o material foi pesado e moído em moinho tipo Willey[®] e do material triturado de cada amostra composta retirou-se 12 g para serem encaminhados a FULLIN - Laboratório de Análise Agronômica, Ambiental e Preparo de Soluções Químicas, Vitória-ES, para determinação dos teores de macronutrientes de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1998). O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto da quantidade de massa seca pelo teor dos nutrientes da parte aérea das diferentes espécies de adubos verdes.

2.5. Taxa de decomposição

Após o corte das plantas no período de floração, foi coletado material para analisar a taxa de decomposição de matéria seca. Este material foi levado para o

Laboratório de Fruticultura do CCA/UFPB e colocado para secar em estufa a 65 °C até peso constante. O carbono no material foi determinado por meio do método de mufla (GOLDIN, 1987) no Laboratório de Nutrição de Plantas do DSER/CCA/UFPB. Com base nos teores de C e N foi determinada a relação C/N das amostras (Tabela 5). Em seguida, foram separados 30,0 g correspondentes ao material de cada tratamento e acondicionados em sacolas de náilon (litterbags), medindo 0,04 m², confeccionadas com tela de 1 mm de malha (ALVES et al., 2006). Posteriormente, foram distribuídas cinco sacolas por tratamento sobre a superfície do solo em cada parcela, totalizando 135 sacolas na área experimental.

A matéria seca decomposta em função do tempo foi calculada pela diferença entre o peso original (30 g) e o peso após secagem em estufa a 65 °C, por 24 horas ao final de cada período de decomposição, obtendo-se, assim, o percentual de peso seco remanescente. Com esses dados, estimaram-se as taxas da decomposição por diversos modelos de regressão comumente usados em estudos de decomposição. O modelo que proporcionou melhor ajuste para todas as espécies foi o exponencial de primeira ordem, $M_t = M_0 * e^{-kt}$, descrita por Barlocher et al. (2007), em que M_t é o percentual de peso seco remanescente após t dias e M_0 é 100 % quando t é igual a zero. Obteve-se, assim, para cada planta de cobertura, em cada parcela experimental, uma equação. Calculou-se o tempo de meia-vida ($t_{1/2} = 0,693/k$). Com base no modelo ajustado, os gráficos foram gerados no programa R[®], segundo o cálculo para determinar o tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) proposto por Paul & Clark (1989), onde $t_{1/2} = 0,693/k$, sendo $t_{1/2}$ o tempo necessário para que ocorram 50 % de decomposição e k a constante de decomposição.

2.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativo foi realizado o teste Tukey ($p < 0,05$), sendo utilizado o pacote estatístico SAS[®] (SAS Institute Inc., 2011).

3. Resultados e Discussão

Na tabela 4, está apresentado o resumo de análise de variância para as variáveis, altura da planta e diâmetro do caule, observa-se que houve diferença significativa para interação tratamento * dias, pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (quadrado médio), altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) de espécies utilizadas para adubação verde, avaliadas aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS. Fazenda Experimental Olho D'água- Areia-PB.

FV	GL	AP	DC
Bloco	2	0,23	1,03
Trat	5	28,52**	13,46**
Resíduo (a)	10	35,60	0,21
Dias	4	150,22**	95,70**
Trat*dias	13	27,40**	1,49**
Resíduo (b)	44	30,06	0,18
Média		30,04	3,97
CV % (a)		19,86	11,54
CV % (b)		18,25	10,91

** : significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Para as variável altura de plantas e diâmetro caulinar, foi possível avaliar apenas 5 espécies, (*C. ochroleuca*, feijão-de-porco, lab-lab, *C. spectabilis*, milho e *C. juncea*) das 9 espécies estudadas, devido ao hábito de crescimento indeterminado de mucuna cinza, mucuna preta e soja perene. Os dados de todas as espécies tiveram ajuste quadrático em função dos dias de avaliação, sendo que a espécie *C. ochroleuca* foi a que mais se desenvolveu em todas as avaliações (Figura 2A). Aos 75 DAS, as avaliações para esta espécie foram encerradas, uma vez que as plantas atingiram 50 % do florescimento, com altura máxima de 104,84 cm e taxa de crescimento de 1,38 cm dia⁻¹, diferindo de lab-lab, *C. spectabilis* e feijão-de-porco as quais, aos 90 DAS contavam com alturas de 67,19; 40,38; e 37,93 cm, e crescimento diário de 0,74; 0,44; e 0,42 cm, respectivamente. O rápido crescimento de *C. ochroleuca* está associado ao hábito de crescimento arbustivo/ereto da espécie.

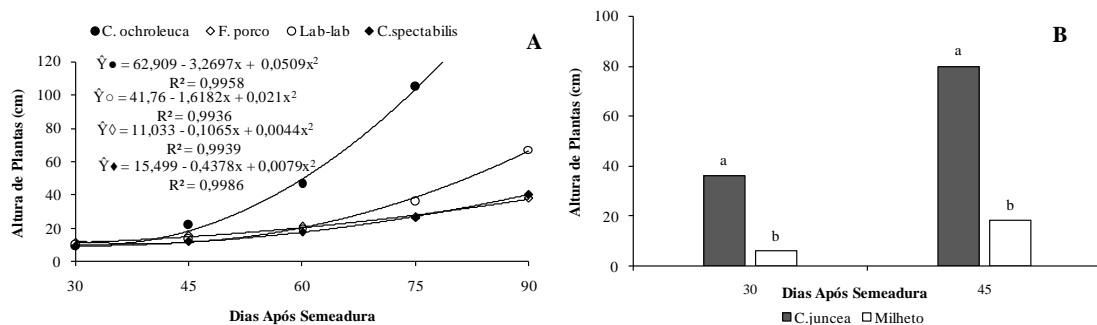


Figura 2. Altura de plantas (cm), de espécies utilizadas como adubo verde, *C. ochroleuca*, feijão-de-porco, lab-lab e *C. spectabilis* aos 30, 45, 60, 75 e 90 (DAS), (Figura 2A). Milheto e *C. juncea* aos 30 e 45 DAS (Figura 2B).

Na figura 2B estão apresentados os resultados para as espécies *C. juncea* e milho, que atingiram 50 % aos 45 DAS, e não se adequaram a nenhum modelo matemático. A espécie *C. juncea* apresentou crescimento nos primeiros 30 DAS de 36,35 cm de altura diferindo de todas as espécies que apresentaram crescimento semelhante. Aos 45 dias a *C. juncea* foi acamada sobre o solo com altura de 79,90 cm, com taxa de crescimento de 1,77 cm dia⁻¹. Trabalhando com as mesmas espécies, Souza (2015) também observou maior altura para *C. ochroleuca*. A *Crotalaria juncea* é uma espécie que possui crescimento inicial rápido em relação às outras leguminosas, corroborando com Soares et al. (2015), que observaram maior crescimento inicial para *C. juncea* > *C. spectabilis* > *M. aterrimum* > *C. ensiformes* (59; 15,96; 34,44; 24,74 cm), respectivamente. O milho apresentou o menor crescimento (18,36 cm) aos 45 DAS.

Na figura 3A estão apresentados os diâmetros médios de espécies de adubos verdes. Os dados ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático para *C. ochroleuca*, feijão-de-porco e lab-lab e ao modelo linear para *C. spectabilis*. Já o milho e *C. juncea* (Figura 3B) não se ajustaram a nenhum dos modelos testados. Maiores diâmetros foram observados em feijão-de-porco (7,23 cm) e lab-lab (6,41 cm) aos 90 DAS, com acréscimo caulinar de 0,08 e 0,07 mm dia⁻¹, respectivamente. A espécie *C. ochroleuca* apresentou acréscimo diário de 0,06 mm e alcançou diâmetro máximo de 4,87 mm, aos 75 DAS, podendo-se destacar o seu maior crescimento em menor tempo. Já a *C. spectabilis* apresentou diâmetro de 4,72 mm com expansão caulinar de 0,05 mm dia⁻¹ aos 90 DAS. As espécies milho e *C. juncea* apresentaram diâmetro médio de 2,97 e 3,28 mm e expansão caulinar de 0,066 e 0,072 mm dia⁻¹, aos 45 dias. Estes resultados

foram superiores aos de Souza (2015) para as espécies *C. spectabilis*, *C. ochroleuca* e milho.

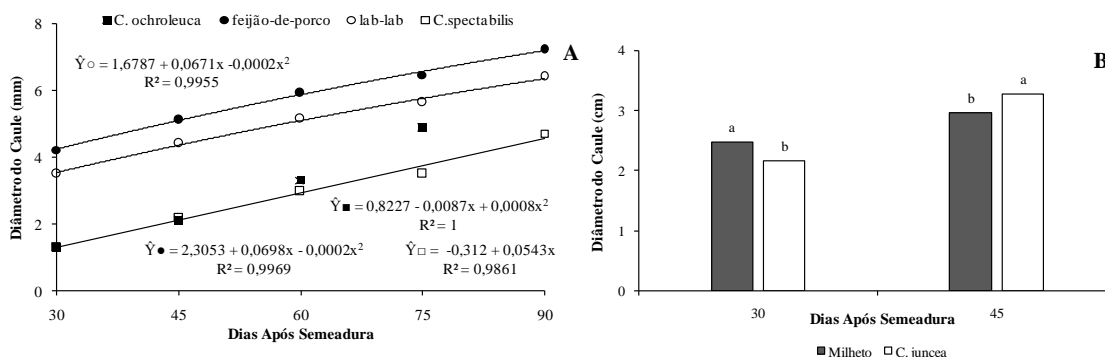


Figura 3. Diâmetro do caule de espécies utilizadas como adubo verde *C. ochroleuca*, feijão-de-porco, lab-lab, *C. spectabilis*, aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS (Figura 3A), milho e *C. juncea* aos 30 e 45 DAS (Figura 3B).

Na tabela 5, está apresentado o resumo de análise de variância para a variável taxa de cobertura, observa-se que houve diferença significativa para a interação tratamento* dias, pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 5. Resumo de análise de variância (Quadrado Médio), taxa de cobertura (TC) de espécies utilizadas para adubação verde, avaliadas aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após sementeira. Fazenda Experimental Olho D'água- Areia-PB.

FV	GL	TC
Bloco	2	0,49
Trat	4	112,33**
Resíduo (a)	8	3,11
Dias	4	374,01**
Trat*Dias	14	8,91**
Resíduo (b)	44	18,92
Média		61,41
CV % (a)		2,87
CV % (b)		7,08

**significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Na figura 4A, são apresentados os dados de cobertura de solo das espécies que se ajustaram ao modelo polinomial quadrático. Aos 90 DAS, a mucuna cinza foi a única espécie que alcançou cobertura de 100 % da área, tendo atingido 50 % do florescimento aos 123 DAS, enquanto que mucuna preta aos 90 DAS cobriu 90,95 % da área. No entanto, atingindo o valor de 100 % antes do corte, 50 % do florescimento foi observado aos 143 DAS, no período de florescimento dessa espécie, as chuvas na região haviam

cessado o que pode ter prejudicado o desenvolvimento e produtividade de massa (Figura 7). Aos 90 DAS, o feijão-de-porco cobriu 75,5 % do solo, quando se procedeu ao corte desta espécie.

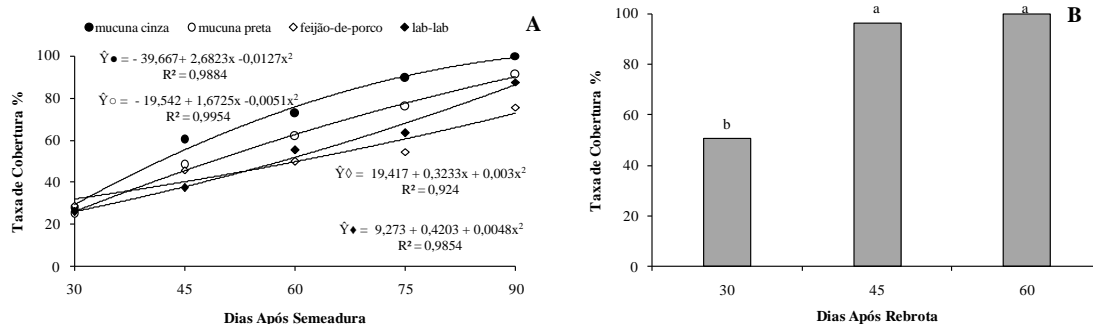


Figura 4. Taxa de cobertura (%) de espécies utilizadas como adubo verde mucuna cinza, mucuna preta, feijão-de-porco, lab-lab, aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS (Figura 4A), soja perene aos 30, 45 e 60 DAR (Figura 4B).

Aos 90 DAS a espécie lab-lab cobriu 87,5 % e a *C. spectabilis* cobriu 61,83 % de solo. A maior cobertura de solo foi atribuída às espécies com hábito de crescimento prostrado/trepador, mucuna cinza, mucuna preta e lab-lab (100 %; 90,95 % e 87,50 %), respectivamente. Na figura 4B, estão apresentados os dados de taxa de cobertura para soja perene, que não se ajustaram a nenhum modelo matemático. Observa-se que aos 30 DAS, a soja perene apresentou 50 % de cobertura, indicando sua capacidade para supressão de espontâneas, pois possui agressividade e rápida cobertura de solo, tendo aos 60 DAS atingido 100 % de cobertura. As mucunas e o feijão-de-porco são eficientes quando se busca maior cobertura de solo e supressão de plantas daninhas. Favero et al. (2001), afirmam que espécies com hábito de crescimento rasteiro, possuem maior capacidade de abafamento e agressividade, diminuindo a população de espontâneas. Aos 90 DAS foi observado senescência foliar para feijão-de-porco, o que reduz a taxa de cobertura, característica também observada por (FAVERO et al., 2001).

Estudando produção de adubos verdes no Cerrado brasileiro, Soares et al. (2015) atribuíram maior cobertura pelas mucunas, por apresentarem crescimento rasteiro indeterminado, cobrindo o solo por completo, em virtude do entrelaçamento dos ramos. Durante a condução do experimento, as chuvas foram irregulares, fato este que retardou o desenvolvimento das espécies, sendo que as taxas de cobertura foram inferiores ao descrito por Souza. (2015), ao avaliar a taxa de cobertura das mesmas espécies estudadas, o que pode ser explicado pelo fato de que em seu trabalho, não houve uma

ampla irregularidade das chuvas como observado neste estudo, sendo assim Alvarenga et al. (1995), afirmam que são esperadas diferentes respostas de espécies submetidas a locais com condições climáticas adversas. O mês mais chuvoso em 2015 foi julho, quando as espécies apresentavam 30 dias. Nos meses posteriores, as chuvas foram reduzidas, mesmo assim, pode-se verificar que as mucunas são resistentes ao estresse hídrico, pois mesmo em condições desfavoráveis, cobriram 100% do solo.

Na tabela 6 está apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis (t ha⁻¹), massa verde e seca da parte aérea, massa verde e seca de raízes, massa verde e seca total, observa-se que houve diferença para tratamento, pelo teste F a 1 % de probabilidade.

Tabela 6. Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa verde de raízes (MVR), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (FST) em espécies utilizadas para adubação verde em fase de 50 % da floração.

FV	GL	MVPA	MSPA	MVR	PMSR	MVT	MST
Bloco	2	0,6407	0,0131	0,0082	0,0015	0,5390	0,1346
Tratamento	8	61,3655**	6,9549**	7,8059**	0,7614**	72,3700**	8,7321**
Resíduo	16	1,1044	0,0495	0,0510	0,0049	1,3814	0,2428
CV (%)		12,05	8,18	16,91	17,39	11,70	15,47
Média (t ha ⁻¹)		8,71	2,71	1,34	0,40	10,05	3,18

** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Na figura 5A, observa-se maior produção de massa da matéria verde da parte aérea para as espécies *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* (17,24; 15,77 t ha⁻¹, respectivamente), que foram estatisticamente semelhantes, diferindo das demais (p < 0,005). Na figura 5B pode-se verificar que a *C. ochroleuca* foi a espécie que produziu maior quantidade de matéria seca da parte aérea (5,89 t ha⁻¹), que diferiu das demais espécies. A *C. spectabilis* produziu 4,04 t ha⁻¹ de massa seca, sendo a segunda espécie com maior produção. As espécies soja perene e *C. juncea* produziram 3,12 e 2,98 t ha⁻¹ respectivamente, sendo que também apresentaram valores semelhantes quanto a produtividade de matéria seca; as espécies milho e feijão-de-porco 2,31 e 2,01 t ha⁻¹, diferindo de mucuna cinza, mucuna preta, e feijão-de-porco 1,54; 1,64 e 2,01 t ha⁻¹, nesta ordem. A espécie lab-lab apresentou a menor produtividade de massa seca (0,89 t ha⁻¹).

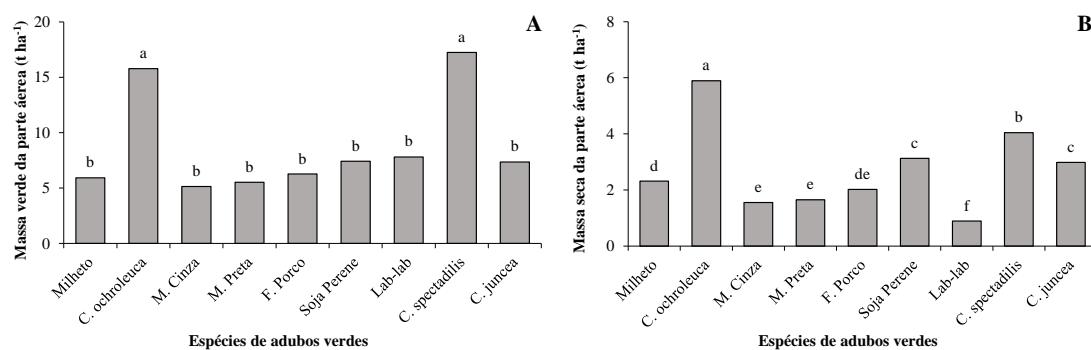


Figura 5. Valores médios de massa da matéria verde (A) e seca (B) da parte aérea ($t\ ha^{-1}$) de espécies utilizadas com fins para adubação verde, em fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Valores superiores de produtividade foram encontrados no estudo de Silva et al. (2010), para milho e *C. juncea* ($14,04$ e $8,11\ t\ ha^{-1}$), respectivamente, para Teixeira et al. (2008), a matéria seca para o milho e feijão-de-porco foi semelhante ao presente estudo ($2,90$ e $2,72\ t\ ha^{-1}$). A maior produção de matéria seca para *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* pode ser explicada por estas espécies apresentarem caule mais lenhoso, quando comparadas com as demais que possuem caules mais tenros. O fato de o experimento ter sido desenvolvido em cultivo de sequeiro e as chuvas na região serem irregulares no período (Figura 1A) pode ter contribuído para uma redução na produção de massa da matéria seca das espécies de hábito de crescimento prostrado/trepador (mucuna cinza, mucuna preta, feijão-de-porco, soja perene e lab-lab). Essas espécies possuem caules finos e no período de escassez de água visualmente foram as espécies que mais sentiram o déficit hídrico. Pacheco et al. (2011) afirmam que a semeadura tardia e a baixa precipitação interferem no crescimento das plantas e, conseqüentemente, na produção de biomassa. Estudando efeito de supressão de espontâneas, Queiroz et al. (2015) observaram maior supressão no cultivo com crotalária, estando relacionado a maiores produções de fitomassa, que pode proporcionar maiores acúmulos de nutrientes para cultura em sucessão.

A maior massa da matéria verde (Figura 6A) e massa da matéria seca (Figura 6B) de raízes foram verificadas para soja perene, $5,49$ e $1,75\ t\ ha^{-1}$, respectivamente, diferindo estatisticamente das demais. Esta espécie destaca-se por suas raízes serem tuberosas servindo de reserva e com isso maior peso. A espécie possui raízes profundas e a maior produtividade está associada ao cultivo em rebrota. A *C. ochroleuca* apresenta o segundo maior valor de massa da matéria seca da raiz demonstrando seu potencial

para a produção de massa radicular. As demais espécies apresentaram valores semelhantes para massa de matéria verde e seca de raízes, não diferindo entre si ($p \leq 0,05$).

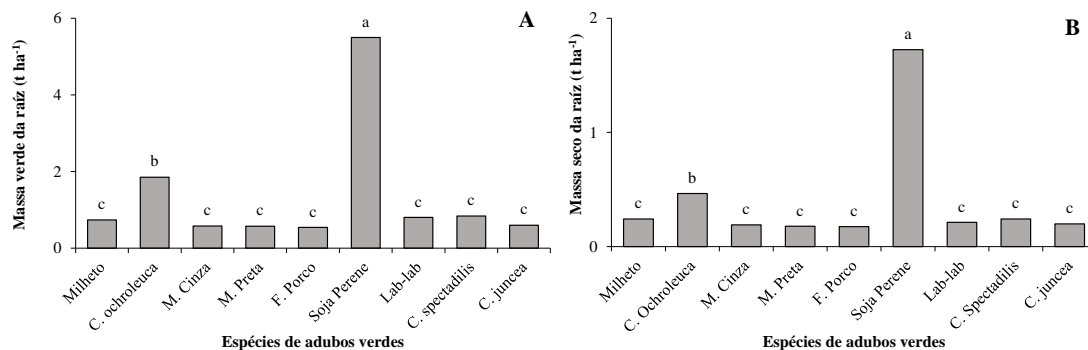


Figura 6. Valores médios de massa da matéria verde (A) e seca (B) de raízes ($t\ ha^{-1}$) de espécies utilizadas com fins para adubação verde, em fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As espécies *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* produziram maior massa de matéria verde total ($17,24$ e $15,77\ t\ ha^{-1}$) (Figura 7A). Para a variável massa de matéria seca total (Figura 7B) a espécie *C. ochroleuca* produziu maior massa ($6,35\ t\ ha^{-1}$) diferindo das demais, o que pode ser explicado por apresentar uma produção satisfatória tanto na parte aérea como da raiz, seguido de soja perene ($4,85\ t\ ha^{-1}$) e *C. spectabilis* ($4,28\ t\ ha^{-1}$).

A maior produtividade de massa da matéria verde para as espécies *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*, pode estar relacionada com o rápido crescimento dessas espécies, e por apresentarem colmos e ramificações contribuindo para resultados superiores aos de outras espécies, que apresentam caules mais tenros (PACHECO et al., 2015). As maiores produtividades estão associadas à maior densidade de plantas por metro linear, o que está de acordo com Tavares Junior et al. (2015) que observaram, que o maior adensamento de plantas favorece a maior produtividade de massa seca. Os valores de produtividade podem ser influenciados pela época de plantio e o clima, que podem inibir ou estimular o desenvolvimento das espécies (FINHOLDT et al., 2009; WOLSHICK et al., 2016).

Estudando a produção de massa de adubos verdes, Macêdo et al. (2013) verificaram que as produtividades de *C. juncea* e do milho ($3,80$ e $3,0\ t\ ha^{-1}$) foram semelhantes às do presente estudo ($3,17$ e $3,13\ t\ ha^{-1}$). Estudando manejo de adubos verdes na floração e maturação, Carvalho et al. (2015), verificaram que a produtividade

de massa para *C. juncea* foi inferior ao presente estudo (2,32 Mg ha⁻¹), e menor também para a espécie *C. spectabilis* (0,90 Mg ha⁻¹) como observado por (MIRANDA et al. 2010).

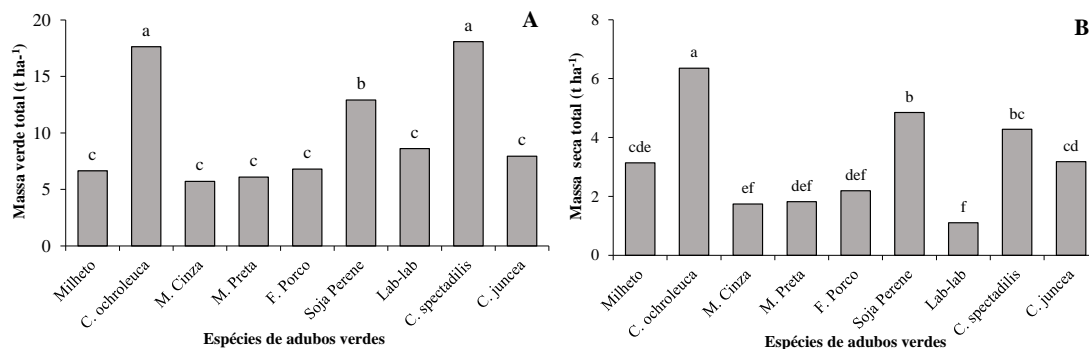


Figura 7. Valores médios de massa da matéria verde (A) e seca (B) total (t ha⁻¹), de espécies utilizadas com fins para adubação verde, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Nas tabelas 7 e 8, estão apresentados os resumos da análise de variância para os teores e acúmulos de macronutrientes, podendo se verificar que houve diferença significativa entre tratamentos para todas as variáveis analisadas, pelo teste F (≤ 0,01).

Tabela 7. Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para teores de macronutrientes em espécies utilizadas para adubação verde no período de 50 % do florescimento.

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	2	4,755	0,084	10,933	2,784	0,105	0,003
Tratamento	8	96,954**	2,242**	85,953**	65,425**	1,463**	0,290
Resíduo	16	4,518	0,154	2,800	2,437	0,127	0,026
CV (%)		8,82	14,74	11,36	9,48	8,98	12,27
Média		24,10	2,67	14,72	16,46	3,98	1,32

** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8. Resumo da análise de variância (Quadrado Médio) para acúmulo de macronutrientes em espécies utilizadas para adubação verde no período de floração.

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	2	48,278	0,281	39,030	37,617	2,947	0,182
Tratamento	8	5607,856**	53,555**	2816,667**	1864,361**	211,706**	10,379**
Resíduo	16	60,200	2,1596	79,809	22,488	2,3784	0,505
CV (%)		11,62	20,06	20,40	10,90	13,42	20,01
Média		66,74	7,32	43,77	43,50	11,49	3,55

** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

As espécies feijão-de-porco e *C. spectabilis* apresentaram teores de nitrogênio de 30,86 e 30,15 g kg⁻¹ (Figura 8A), semelhantes às espécies *C. ochroleuca*, mucuna cinza, soja perene e lab-lab (24,75, 24,68, 27,74 e 24,92 g kg⁻¹), respectivamente. As espécies milho e *C. juncea* apresentaram os menores teores de N (12,39 e 19,81 g kg⁻¹), respectivamente, podendo-se explicar o menor teor de N no milho pelo fato de ser uma gramínea. A *C. ochroleuca* acumulou 145,93 kg ha⁻¹ de N diferindo das demais espécies (Figura 8B) enquanto a *C. spectabilis* foi a espécie que acumulou o segundo maior conteúdo de N. O milho foi a espécie que menos acumulou N (28,70 kg ha⁻¹), sendo semelhante à mucuna preta e ao lab-lab.

Os teores de N encontrados para feijão-de-porco e *C. spectabilis* foram superiores ao descritos por Cavalcante et al. (2012), com valores de 22,2 e 28,0 g kg⁻¹, respectivamente. Para feijão-de-porco e *C. juncea* os teores de N foram superiores ao descrito por (AMBROSANO et al. 2013).

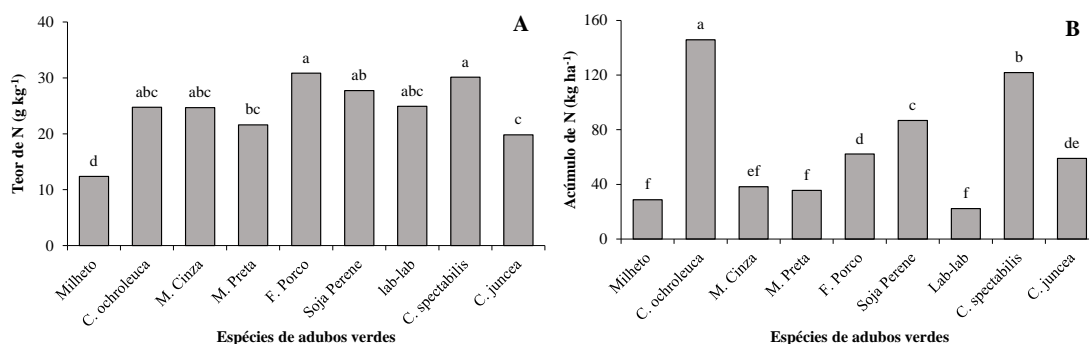


Figura 8. Teores (A, g kg⁻¹) e acúmulos (B, kg ha⁻¹) médios de nitrogênio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As leguminosas possuem uma maior capacidade de fixar o N atmosférico por meio da simbiose realizada com as bactérias do gênero *Rhizobium*, sendo o N fixado pelas leguminosas imobilizado no material vegetal. Após o corte das espécies, com o processo de decomposição e mineralização do material será liberado N ao solo, atendendo a cultura em sucessão. As leguminosas apresentaram maiores teores de N (exceto a *C. juncea*), que pode ser explicado por ter sido o primeiro ano de cultivo desta espécie na área experimental, e não havia resíduos do cultivo anterior, provocando um menor teor desse nutriente quando comparado às demais espécies leguminosas em segundo ano de cultivo.

Para Reis et al. (2006), os fatores biológicos, químicos e físicos influenciam na fixação biológica de nitrogênio e, em uma mesma espécie, o genótipo e a idade podem

contribuir para uma maior ou menor fixação de N. Além disso, fatores como temperatura e umidade, solos ácidos, deficiência nutricional do solo, entre outros, também pode influenciar. O milho, por ser uma gramínea, não possui capacidade de fixar N atmosférico, o que explica o menor teor de N encontrado nessa espécie.

No estudo de Silva et al. (2010) e Vargas et al. (2011), maiores acúmulos de N foram observados em crotalárias, podendo ser explicados por esta espécie apresentar grande capacidade recicladora de nutrientes associada à maior produção de massa. Os valores de acúmulo do milho neste trabalho foram superiores aos encontrados por Nicolau Sobrinho et al. (2009), de 8,5 kg ha⁻¹.

O milho foi a espécie que apresentou maior teor de P, quando comparada com as demais, seguida de feijão-de-porco e *C. spectabilis*, enquanto a mucuna preta foi a espécie que apresentou o menor teor de P (4,63; 3,08; 2,77 e 1,49 g kg⁻¹, respectivamente) (Figura 9A). Em relação ao acúmulo de P (Figura 9B), as espécies que mais acumularam esse nutriente são *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e milho (14,19; 11,31 e 10,71 kg ha⁻¹, respectivamente).

Os teores de P encontrados em feijão-de-porco e *C. spectabilis* neste estudo foram semelhantes ao encontrados por Cavalcante et al. (2012), de 3,50 e 3,0 g kg⁻¹. Algumas espécies apresentam baixa produtividade de fitomassa seca, no entanto, apresentam teores satisfatórios de nutrientes, o que lhes confere uma capacidade recicladora de nutrientes (CARVALHO et al., 1999). O milho apesar de apresentar baixa produtividade de fitomassa, apresentou maiores teores e acúmulos de P (Figura 7B), sendo uma espécie considerada eficiente em reciclar este nutriente (PERIN et al., 2010; RODRIGUES et al., 2012).

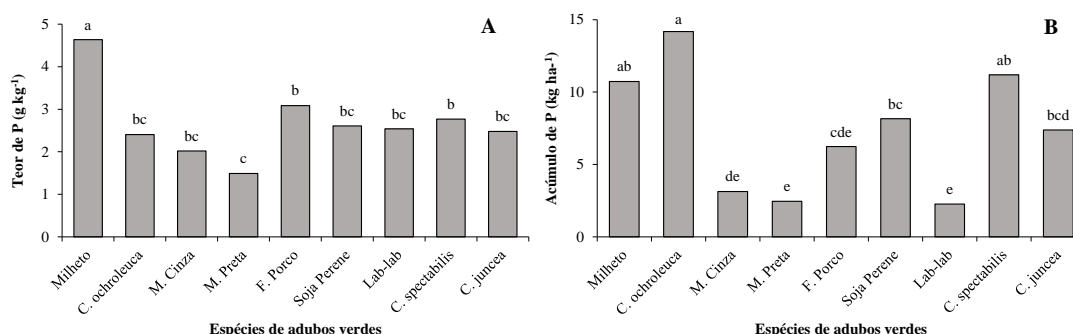


Figura 9. Teores (A, g kg⁻¹) e acúmulos (B, kg ha⁻¹) médios de fósforo na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os resultados para acúmulo nesse estudo foram superiores ao descrito por Nicolau Sobrinho et al. (2009) que, ao cultivarem milho na presença de NPK, leguminosa e testemunha, encontraram acúmulos de 4,7; 3,4 e 5,3 kg ha⁻¹, respectivamente. O acúmulo neste trabalho foi inferior ao encontrado por Boer et al. (2007), onde o milho acumulou 17,26 kg ha⁻¹ de P. Os autores afirmam que o acúmulo de nutrientes varia com a espécie utilizada, com o estágio fenológico, produção de matéria seca e a época de plantio. No presente estudo, as condições climáticas durante o experimento foram irregulares, o que pode ter contribuído para produtividade de fitomassa e acúmulos de nutrientes inferiores aos encontrados na literatura.

O fósforo tem como dinâmica de absorção, a interceptação radicular e difusão; com isso, tem uma maior dificuldade para ser absorvido pelas plantas que apresentem sistema radicular pivotante (FERNANDES, 2006). O autor explica que o diâmetro radicular está associado ao volume de solo que pode ser explorado pelas raízes, por meio do investimento de uma determinada quantidade de fotoassimilados, pois raízes mais finas podem explorar maior volume de solo por unidade de massa radicular, o que pode explicar maior absorção pelo milho, que possui raízes fasciculadas.

O milho apresentou teor de K de 23,75 g kg⁻¹, sendo superior quando comparado às demais espécies (Figura 10A). As espécies *C. ochroleuca*, soja perene, *C. spectabilis* e *C. juncea*, não diferiram entre si com valores de 16,88; 18,75; 16,87 e 16,67 g kg⁻¹, respectivamente. Os menores teores foram encontrados nas espécies mucuna cinza, mucuna preta e lab-lab (7,92; 7,71 e 10,00 g kg⁻¹, respectivamente). Com relação ao acúmulo, a *C. ochroleuca* foi responsável por acumular 99,26 kg ha⁻¹ de K, sendo superior às demais espécies (Figura 10B). As espécies *C. spectabilis*, soja perene, milho e *C. juncea* apresentaram acúmulo de 69,09; 58,59; 54,98; 49,85 kg ha⁻¹, enquanto as espécies menos promissoras ao acúmulo de K foram feijão-de-porco, mucuna preta, mucuna cinza e lab-lab (28,14; 12,69; 12,27 e 9,05 kg ha⁻¹, respectivamente).

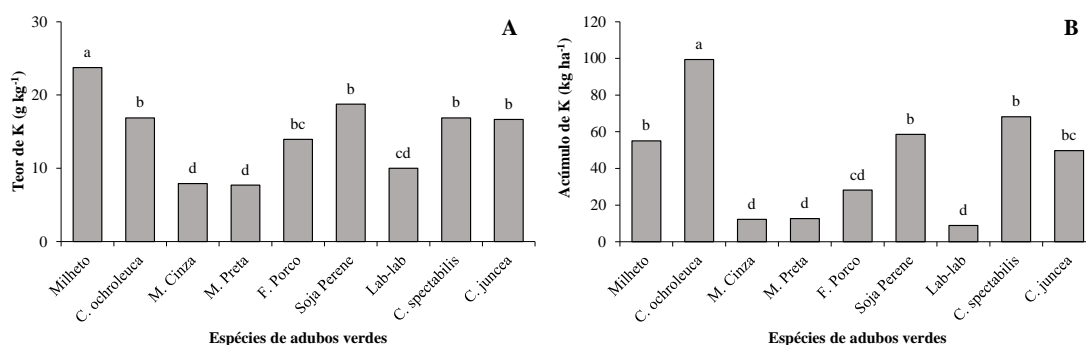


Figura 10. Teores (A, g kg⁻¹) e acúmulos (B, kg ha⁻¹) médios de potássio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Em relação aos teores de nutrientes Cherr et al. (2006) afirmam que o tipo de solo, temperatura, umidade, densidade de plantas, sistema de consórcio, disponibilidade de água e nutrientes afetam a produção e absorção nutrientes em adubos verdes. Os resultados para as espécies que apresentaram menor acúmulo de K estão relacionados com a menor produção de fitomassa e menor teor de K dessas espécies. O K é um nutriente importante para culturas que acumulam amido, como o inhame e a mandioca Oliveira et al. (2010), podendo-se recomendar o cultivo de adubos verdes antecedendo o plantio ou consorciado a essas espécies.

O maior teor de Ca foi encontrado no tecido vegetal do feijão-de-porco (22,07 g kg⁻¹), não diferindo das espécies *C. spectabilis*, mucuna preta, lab-lab (21,71; 19,20 e 7,78 g kg⁻¹, respectivamente) (Figura 11A). Maiores acúmulos de Ca foram verificados no tecido das *Crotalaria spectabilis* e *ochroleuca* (87,38; 73,97 kg ha⁻¹), diferindo das demais espécies, seguido por soja perene, feijão-de-porco e *C. juncea* (54,14; 44,55 e 44,45 kg ha⁻¹) (Figura 11B).

Os teores Ca foram superiores aos encontrados no estudo de Miranda et al. (2010), para as espécies feijão-de-porco, *C. spectabilis*, mucuna preta, lab-lab e *C. juncea* (4,70; 3,43; 2,80; 4,06 e 4,70 g kg⁻¹, respectivamente).

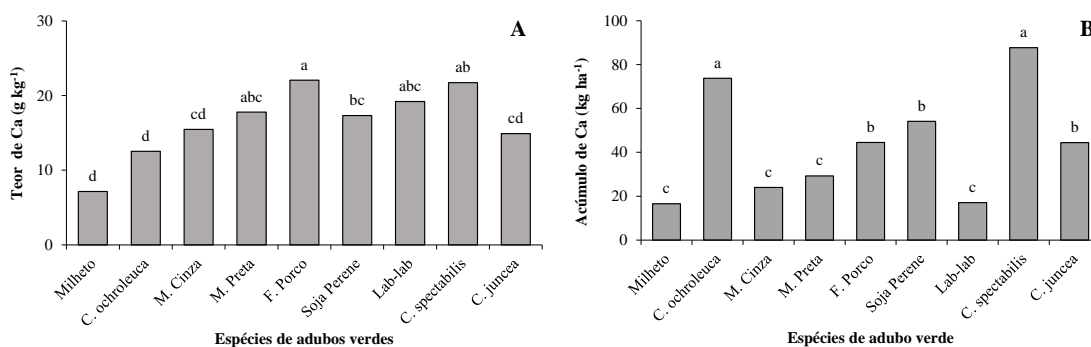


Figura 11. Teores (A, g kg⁻¹) e acúmulos (B, kg ha⁻¹) de cálcio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Os resultados para *C. juncea* foram superiores aos de Barbosa et al. (2011), que constataram acúmulo de Ca na ordem de 26,04 e 17,01 kg ha⁻¹, em duas datas de semeadura (27/03/2008 e 23/04/2008), respectivamente. O acúmulo de Ca de *C. spectabilis* foi superior ao do estudo de Miranda et al. (2010), com 20,89 kg ha⁻¹, e também superiores a Souza et al. (2015) que observaram menores acúmulos de Ca para *C. ochroleuca* e *C. juncea* (65,38 e 41,99 kg ha⁻¹).

Na figura 12A, são apresentados os teores de Mg, verificando-se que a *C. ochroleuca* foi a que mais se destacou com teor de 5,14 g kg⁻¹, seguido de soja perene (4,75 g kg⁻¹) *C. juncea* (4,27 g kg⁻¹) e lab-lab (4,06 g kg⁻¹). A *Crotalaria ochroleuca* apresentou maior acúmulo de Mg (30,37 kg ha⁻¹), diferindo das demais (Figura 12B). As espécies *C. spectabilis*, soja perene e *C. juncea* acumularam (16,30; 14,84 e 12,77 kg ha⁻¹) de Mg.

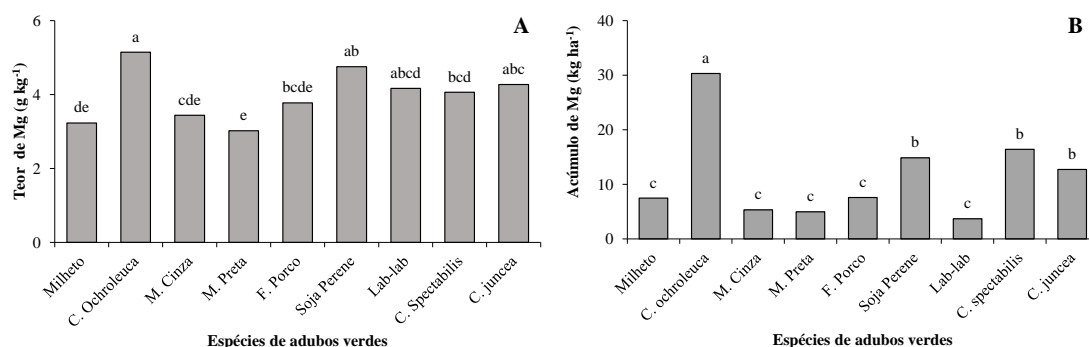


Figura 12. Teores (A, g kg⁻¹) e acúmulos (B, kg ha⁻¹) de magnésio na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Os teores de Mg foram semelhantes ao estudo de Rodrigues et al. (2012) em Mato-Grosso-do-Sul, para as espécies *C. juncea*, mucuna preta, feijão-de-porco e milho (4,1; 3,0; 3,6 e 4,5 g kg⁻¹). Para maiores acúmulos de nutrientes é essencial que o solo apresente boa fertilidade e que os nutrientes estejam disponíveis às plantas, além de precipitações adequadas para formação para maior produção de fitomassa (PACHECO et al., 2011).

O milho apresentou maior teor de S (2,04 g kg⁻¹), dentre os demais tratamentos (Figura 13A). Já para acúmulo de S, a *C. ochroleuca* foi superior, seguida de *C.*

spectabilis, milho, soja perene e *C. juncea*, com respectivos valores de 6,45; 5,49; 4,72; 4,53 e 3,56 kg ha⁻¹ (Figura 13B).

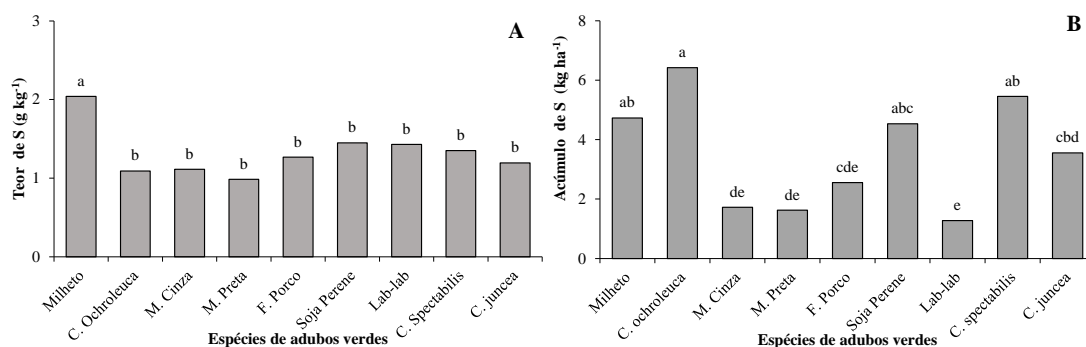


Figura 13. Teores (A, g kg⁻¹) e acúmulos (B, kg ha⁻¹) de enxofre na matéria seca de adubos verdes, na fase de 50 % do florescimento. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O teor de S observado para milho nesse estudo foi semelhante ao verificado por Foloni et al. (2016) ao avaliar teores de nutrientes em diferentes estágios de desenvolvimento do milho sob doses de N, onde o maior teor de S (2,56 g kg⁻¹) foi encontrado na dose estimada de 149 kg ha⁻¹ de N em cobertura. O maior teor de S verificado ao milho é superior ao descrito por Rodrigues et al. (2012), que encontraram teor de 1,2 g kg⁻¹. O acúmulo de nutrientes é proporcional à produção de massa, sendo que para obter resultados significativos é necessário escolher a espécie recomendada para a região e, principalmente, que as condições climáticas sejam favoráveis ao seu desenvolvimento e maior produção de massa por área (ALCÂNTARA et al., 2000; PACHECO et al., 2011). Os adubos verdes podem ser eficientes em acumular nutrientes na matéria seca das plantas, que através da decomposição e mineralização, proporcionarão melhoria química do solo, com isso reduzindo o uso de fertilizantes (RODRIGUES et al., 2012).

Na tabela 9 estão apresentados os valores de M_0 (potencial máximo decomponível, %); k (taxa de decomposição, % mês⁻¹); R^2 (coeficiente de determinação do modelo); $T_{1/2}$ (meia-vida, ou tempo necessário para que ocorra 50 % da decomposição, meses) e a relação C/N das espécies utilizadas na adubação verde.

Tabela 9. Potencial máximo decomponível, taxas de decomposição mensal, parâmetros do modelo, número de meses para ocorrer 50 % de decomposição e relação C/N, de espécies utilizadas na adubação verde.

Tratamentos	M_0	K	R^2	$T_{1/2}$ meses	Relação C/N
Milheto	100	0,264	0,97	2,62	36
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	100	0,276	0,98	2,61	19
Mucuna cinza	100	0,26	0,99	2,66	19
Mucuna preta	100	0,245	0,99	2,82	22
Feijão-de-porco	100	0,352	0,98	1,96	15
Soja perene	100	0,299	0,99	2,31	17
Lab-lab	100	0,317	0,98	2,18	18
<i>Crotalaria spectabilis</i>	100	0,44	0,98	1,57	15
<i>Crotalaria juncea</i>	100	0,335	0,98	2,06	23

A decomposição do material vegetal depende dos fatores precipitação, temperatura, umidade e presença de organismos no solo. Na figura 14 estão apresentados os valores e intervalos de k , em relação à taxa de decomposição das espécies. Milheto, *C.ochroleuca*, mucuna preta e mucuna cinza são semelhantes com decomposição mensal média de 0,264; 0,276; 0,26 e 0,245 % mês⁻¹, diferindo de feijão-de-porco, soja perene, lab-lab e *C. juncea* (0,352; 0,299; 0,317 e 0,335 % mês⁻¹). A maior taxa de decomposição foi observada para a espécie *C. spectabilis* com $k = 0,44$ % mês⁻¹, o que pode estar relacionado com ao seu maior teor de N e menor relação C/N (15:1), já que a taxa de decomposição das espécies é totalmente dependente da relação C/N (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

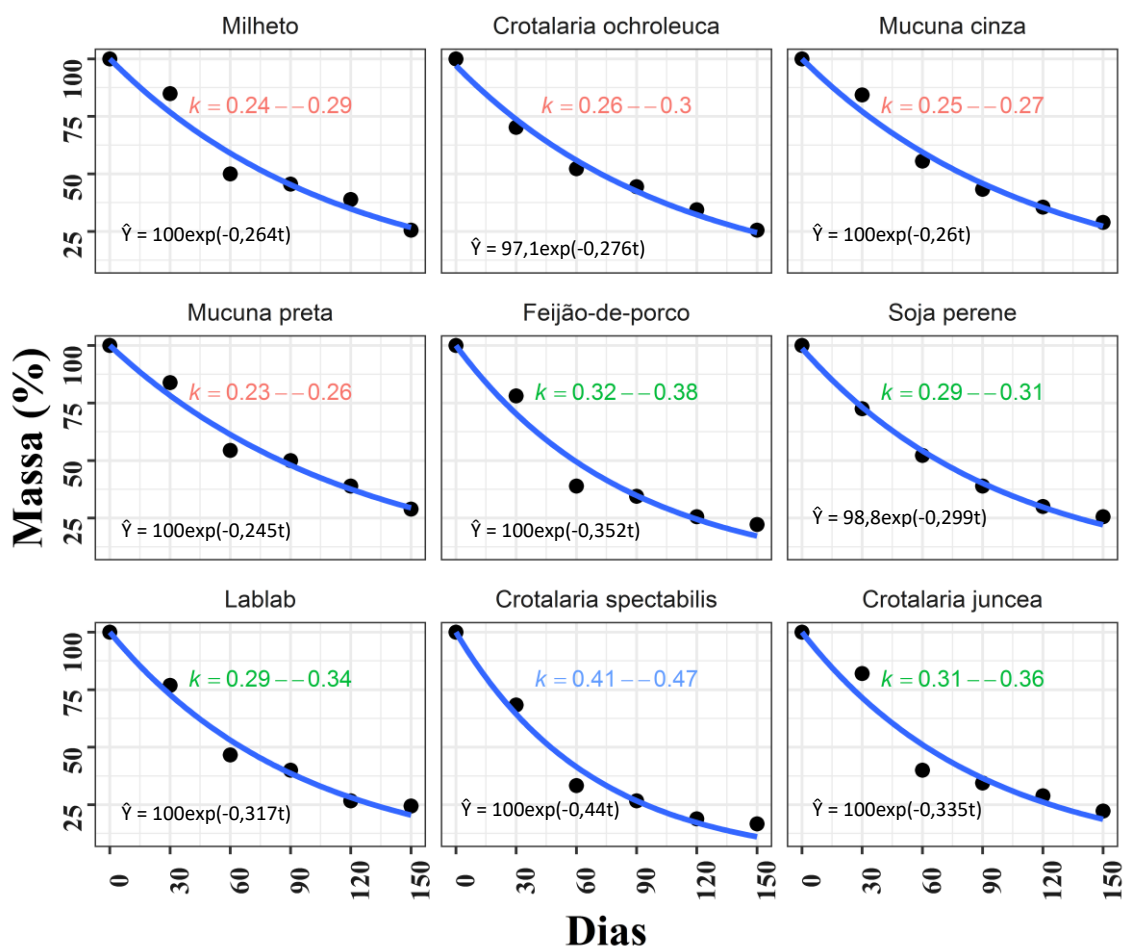


Figura 14. Variação percentual de massa em função do tempo em espécies de adubos verdes avaliadas aos 0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias.

Aos 30 dias, as espécies apresentaram decomposição semelhante de 25% e mais lenta, o que pode ser explicado devido à baixas precipitações registradas no mês de dezembro (Figura 1B), exceto para a espécie *C. spectabilis* que, aproximadamente 35% do material inicial já tinha sido decomposto aos 30 dias. A partir dos 30 dias, a taxa de decomposição foi mais rápida, em relação aos outros períodos o que pode ser explicado pelas baixas precipitações registradas no mês de dezembro (Figura 1A).

O fato de as espécies apresentarem semelhança na taxa de decomposição pode estar relacionado com os valores de relação C/N próximos, assim como com o tempo de meia vida (BOER et al., 2007). O tempo de meia-vida ($T_{1/2}$), ou seja, tempo para que ocorra 50 % da decomposição da matéria seca de cada espécie está apresentado na (Tabela 9). São recomendadas espécies que possuem maior $T_{1/2}$ quando se objetiva manter os resíduos sob o solo, e espécies com menor $T_{1/2}$ quando a sucessão é uma cultura agrônômica, pois a decomposição e mineralização de nutrientes é mais rápida

(VIOLA et al., 2013). A *Crotalaria spectabilis* apresentou o menor $T_{1/2}$, e a mucuna preta apresentou maior $T_{1/2}$, o que pode estar relacionado aos altos teores de lignina, dificultando a ação de microrganismos e, conseqüentemente, a decomposição (VIOLA et al., 2013).

O clima é um fator fundamental para o processo de decomposição, principalmente precipitação e temperatura, já que ambos influenciam as condições ambientais do solo, portanto, na maior ou menor atividade microbiana. Na decomposição inicial ocorre a remoção de materiais menos recalcitrantes como açúcares solúveis e aminoácidos livres (FREIRE et al., 2010). Segundo Santana et al. (2011), o tipo de manejo interfere na taxa de decomposição, sendo que a incorporação do material acelera o processo de decomposição, assim como a precipitação. No presente estudo, a precipitação e a temperatura foram maiores nos meses de janeiro a maio (Figura 1B), período em que foram realizadas as coletas.

4. Conclusões

Dentre as espécies analisadas observou-se que *C. ochroleuca* e *C. ensiformes* são as mais precoces e as que apresentam maior porte (ex. altura e diâmetro caulinar);

Para as espécies *N. wightii*, *S. niveum* e *S. aterrimum* são recomendadas para cobertura de solo devido apresentar maiores taxas de cobertura em um menor espaço de tempo;

Os maiores teores de N foram verificados em *C. ensiformes* e *C. spectabilis*, enquanto os maiores teores de P, K e S foram encontrados em *P. glaucum*, já os teores de Mg foram encontrados em *C. ochroleuca*;

As espécies *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* são mais eficientes em acúmulo de nutrientes;

A espécie *C. spectabilis* apresentou a maior taxa de decomposição em comparação as demais espécies estudadas.

5. Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, F. P.; FURTUNI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. D.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVARENGA, R. C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993.112 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

ALVES, R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba, **Revista de Biologia e Ciências da Terra, Cidade**, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.

AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; ROSSI, F.; SCHAMMASS, E. A.; SILVA, E. C.; AMBROSANO, G. M. B.; DIAS, F. L. F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cidade, v. 8, n. 3, p. 80-90, 2013.

BARBOSA, C. E. M.; LAZARINI, E.; PICOLI, P. R. F.; FERRARI, S. Determinação da massa seca, teor de nutrientes e cobertura do solo de espécies semeadas no outono-inverno. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 265-272, 2011.

BARLOCHER, F. Leaf mass loss estimated by litterbag technique: a practical guide In: GRAÇA, M. A. S.; BÄRLOCHER, F.; GESSNER, M. (Org.). **Methods to study litter decomposition**. The Netherlands: Springer, 2005. p. 37-42.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. **Informações Agrônomicas**, nº 122, p. 18-21, 2008.

CARVALHO, A. M.; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. **Manejo de adubos verdes no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 28p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A. MOREIRA.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 521-528, 2012.

CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; Mc SORLEY, R. Green Manure Approaches to Crop Production: A Synthesis. **Agronomy Journal**, v. 98, p. 302-319, 2006.

DONAGEMMA, G. K. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMBRAPA. **Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo** (Métodos Usados na Embrapa Solos). 3. ed. 1998. 44 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.

FERNANDES, A. R.; MORAIS, F. I. O.; LINHARES, L. C. F.; SILVA, G. R. produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e Mg em leguminosas herbáceas. **Acta Amazônica**, Cidade, v. 37, p. 169-176, 2007.

FERNANDES, M. Eds. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

FINHOLDT, R. S.; ASSIS, A. M.; BISINOTTO, F. F.; AQUINO JÚNIOR, V. M.; SILVA, L. O. Avaliação da biomassa e cobertura do solo de adubos verdes. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 6, p. 11-52, 2009.

FOLONI, J. S. S.; CATUCHI, T. A.; BARBOSA, A. M.; CALONEGO, J. C.; TIRITAN, C. S. Acúmulo de nutrientes e relação C/N em diferentes estádios fenológicos do milho submetido à adubação nitrogenada, **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2016.

FONGOD, A. G. N.; FOCHO D. A.; MIH, AFUI. M.; FONGE, B. A.; LANG, P. S. Weed management in banana production: The use of *Nelsonia canescens* (Lam.) Spreng as a non leguminous cover crop. **African Journal of Environmental Science and Technology**, Cidade, v. 4, n. 3, p. 167-173, 2010.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil science and Plant Analysis**, Cidade, v. 18, n. 10, p. 1111-1116, 1987.

MACÊDO, G. A. R.; COSTA, E. L.; VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M. Características produtivas e tecnológicas de variedades de cana-de-açúcar em sucessão a diferentes cultivos em pastagem degradada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 223-228, 2013.

MANGARAVITE, J. C. S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; BURAK, D. L.; MENDONÇA, E. S. Phytomass production and nutrient accumulation by green manure species. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 732-739, 2014.

MIRANDA, N. O.; GOES, G. B.; ANDRADE NETO, R. C.; LIMA, A. S. Sorgo forrageiro em sucessão a adubos verdes na região de Mossoró, RN. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 202-206, 2010.

NICOLAU SOBRINHO, W.; SANTOS, R. V.; MENEZES JÚNIOR J. C.; SOUTO, J. S. Acúmulo de nutrientes nas plantas de milho em função da adubação orgânica e mineral, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 107-110, 2009.

OLIVEIRA, F. L.; GOSCH, C. I. L.; GOSCH, M. S.; MASSAD, M. D.; Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e decomposição de leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 503-508, 2010.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PACHECO, L. P.; MIGUEL, A. S. C. C. S.; SILVA, E. M. B.; SOUZA, E. D.; SILVA, F. D. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 464-472, 2015.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989. 275 p.

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. 274-281, 2010.

QUEIROZ, L. R.; GALVÃO, J. C. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, M. F.; TARDIN, F. D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto, **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 153-174.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 380-385, 2012.

SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABOUND, A. C. S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 673-678, 2006.

SANTANA, J. A. S.; VIEIRA, F. A.; SOUTO J. S.; GONDIM, S. C.; FONSECA, F. C. E. Decomposição da biomassa foliar de cana-de-açúcar em um Neossolo na região de Areia-PB. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 28-32, 2011.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011. 8621 p.

SILVA, A. G.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2092-2098, 2010.

SOARES, C. M. J.; RAMBO, J. R.; CAVALLARI, L. A.; OLIVEIRA, M. S.; SOARES, D. M. J. Produção de adubos verdes no cerrado e seus efeitos sobre as plantas daninhas, **Revista Ciência Agroambiental**, Alta Floresta, v. 13, n. 2, p. 57-64, 2015.

SOUZA, D. C. J.; RODRIGUES, D. M. S.; RAYANE, M. R.; BORGES, W. L. Avaliação da cobertura do solo e acúmulo de biomassa e de nutrientes em leguminosas., **Cadernos de Agroecologia**, Cidade, v. 10, n. 3, p.1-5, 2015.

SOUZA, G. A. V. S. **Avaliação agronômica de espécies com potencial para uso em adubação verde**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

TAVARES JUNIOR, J. B.; SANTOS, T. M. M.; SOUZA, E. G. A.; MENESES, C. H. S. G.; SOARES, C. S. Produção de fabáceas para adubação verde no agreste paraibano. **Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, n. 1, v. 11, p. 47-58, 2015.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; FURTUNI NETO, M. J. B. Fitomassa, teor e acúmulo de micronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão, em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 533-538, 2008.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.635-643, 2011.

VARGAS, T. O.; DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; LIMA, C. T. A; URQUIAGA, S.; CECON, P. R. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 562-568, 2011.

VIOLA, R; BENIN, G; CASSOL, L.C; PINNOW, C; FLORES, BORNHOFEN. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 72 n. 1, p. 90-100, 2013.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; WERNER, R. S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016.

CAPÍTULO II

TÍTULO: Espécies de adubos verdes e sua relação com os atributos químicos e físicos do solo

RESUMO

A adubação verde tem-se tornado um aliado na melhoria química e física do solo, na região de areia há predomínio de solos com textura arenosa, sendo que manter resíduos vegetais sobre o solo pode reduzir perdas da matéria orgânica e de nutrientes, conseqüente aumento de soma de bases, e CTC, dos solos. Objetivou-se avaliar a influência de plantas de cobertura em atributos químicos e físicos do solo. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos sendo 9×3 (9 tratamentos distribuídos em três blocos). Os tratamentos foram: Os tratamentos foram: *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Crotalaria juncea* L., *Dolichos lablab* L., *Stizolobium niveum* (Roxb.) Kuntze, *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. Para a avaliação da influência das espécies de adubação verde nos atributos químicos e físicos do solo, foi utilizado o delineamento em parcelas subdivididas no espaço em blocos casualizados, num fatorial $10 \times 2 \times 3$ (sendo as 9 espécies citadas no primeiro delineamento, + a testemunha, as camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, e 3 blocos). As variáveis analisadas foram pH, P, K, Na, Ca, Mg, H+Al, M.O, SB, CTC, V %, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível. Os dados foram submetidos à análise de variância, realizando-se o teste Tukey para as espécies e teste F para profundidade ($p < 0,05$). Os efeitos das espécies sobre os atributos químicos e físicos são mais expressivas na camada superficial do solo; as espécies *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes* e *N. wightii*, são mais eficientes na ciclagem de potássio, e apresentaram maiores teores de matéria orgânica e maiores valores de soma de bases; as espécies *S. aterrimum* e *S. niveum* são identificadas com maiores valores de macroporosidade e microporosidade, respectivamente.

Palavras-chave: Neossolo Regolítico, Mineralização, Qualidade do solo.

ABSTRACT

Green fertilization has been made an ally in chemical and physical soil chemistry, in the predominant sand region of sandy soils, and to maintain vegetal residues on the soil can reduce losses of the organic matter and of nutrients, consequent increase of Sum of Bases, and CTC, of the soils. The objective of this study was to evaluate the influence of cover crops on soil chemical and physical attributes. The experimental design in blocks was 9×3 (9 treatments distributed in three blocks). The treatments were: *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Crotalaria juncea* L., *Dolichos lablab* L., *Stizolobium niveum* (Roxb.) Kuntze, *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey and *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.. For the evaluation of the influence of the green manure species on the chemical and physical attributes of the soil, the plot was subdivided into the randomized blocks in a $10 \times 2 \times 3$ factorial (the 9 species mentioned in the first design, + a Control, the layers 0-10 and 10-20 cm deep, and 3 blocks). The analyzed variables were pH, P, K, Na, Ca, Mg, H + Al, M.O, SB, CTC, V%, soil density, macroporosity, microporosity, field capacity, permanent wilting point and available water. Data were submitted to analysis of variance, Tukey test was performing for the species and F test for depth ($p < 0.05$). For soil properties (chemical and physical) we observed that the cover crops influence significantly the studied parameters in the soil surface. *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes* and *N. wightii* showed higher organic matter content, K cycling, and sum of bases, while *S. aterrimum* and *S. niveum* promotes higher soil density and soil porosity.

Key words: Neosol Regolítico, Mineralization, Soil quality

1. Introdução

A fertilidade do solo é de grande importância para um adequado desenvolvimento das culturas, para atender às necessidades das culturas, é necessário manter um solo fértil. Diversos meios para manter/ou aumentar a fertilidade são estudados, como a fertilização química, e adubação com resíduos animais e vegetais. Os recursos mais usados pelo produtor para fertilizar o solo é o esterco animal, pois a aquisição de fertilizantes acarreta custos, e a utilização de material vegetal como adubo é menos utilizado, pois os produtores não têm espaço suficiente e falta assistência técnica. (CUNHA et al., 2011)

É possível fertilizar o solo com a prática da adubação verde, sendo possível o cultivo dessas plantas consorciadas com grandes culturas, de acordo com Alcântara et al. (2000), verificaram que aos 90 e 120 dias após o manejo de adubos verdes, maiores teores de N, K, Ca e Mg, maior soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases em diferentes profundidades. É interessante optar por espécies com capacidade recicladora de nutrientes, que apresentem elevados teores de nutrientes em sua biomassa, associada com decomposição e mineralização rápida, contribuindo para liberação desses nutrientes e melhoria química do solo (CARVALHO et al., 2015).

As plantas de cobertura é uma opção viável quando se pretende recuperar os atributos químicos e físicos do solo. Estudando o efeito de plantas de cobertura no condicionamento de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico Cardoso et al. (2013) observaram que aos 27 dias após o manejo de *Crotalaria juncea*, feijão-de-porco e milho, não houve aumento dos teores de P e K e condutividade hidráulica. Os autores explicam que para ocorrer alterações nesses atributos é necessário um período de tempo maior.

As raízes de milho proporcionam ao raio abrangente melhor agregação do solo, devido à elevada densidade de raízes finas, que promovem a aproximação de partículas, sendo mais eficiente que as leguminosas em aumentar a estabilidade de agregados (LUCIANO et al., 2009). Solos compactados têm alta densidade, baixa porosidade total e macroporosidade (STONE et al., 2001). Ao longo dos anos, o acúmulo de matéria orgânica reduz a densidade do solo, sendo maior o efeito, quanto maior o teor de matéria orgânica, com reflexos positivos na porosidade total e macroporosidade (ANDRADE et al., 2009).

As propriedades físicas do solo são afetadas pelo sistema de manejo do solo, sendo que para ocorrer melhorias é necessário um período longo de tempo, como verificado por Cremom. (2004) ao avaliar durante oito anos de cultivo com leguminosas em um Latossolo, textura argilosa, que dentre os atributos físicos observados, houve diferença apenas para argila dispersa em água.

Diante o exposto, objetivou-se avaliar a influência de plantas de cobertura nos atributos químicos e físicos do solo.

2. Material e Métodos

2.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de maio a novembro de 2015 na área experimental do Módulo de Olericultura, localizado na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB). O clima da região é do tipo Tropical úmido (As, com verão seco), segundo Köppen. O solo é classificado como Neossolo Regolítico Psamítico típico, de textura-franco arenosa (EMBRAPA, 2013).

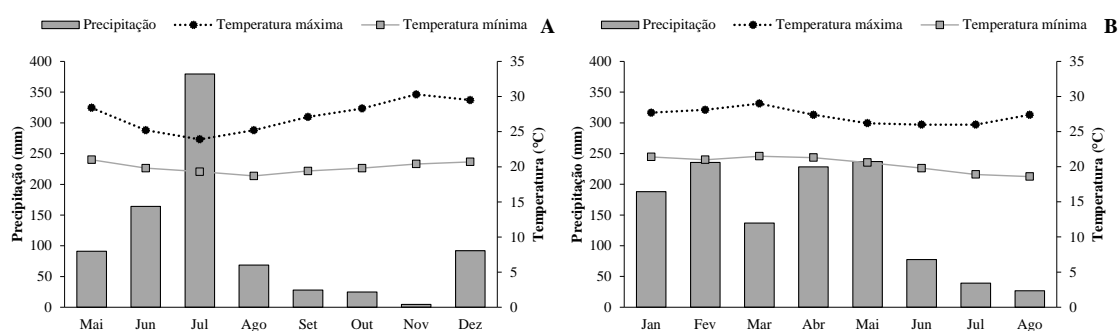


Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, referentes aos anos de 2015 (A) e 2016 (B). Estação Meteorológica do CCA-UFPB-Areia-PB.

2.2. Caracterização química e física do solo

As amostras para caracterização química e física do solo foram coletadas por meio de uma sonda, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, sendo 8 amostras por parcela, 4 na camada 0-10 cm e 4 na camada 10-20 cm, perfazendo 240 amostras. As amostras foram acondicionadas em sacolas e levadas ao telado pertencente ao Módulo de Olericultura para secagem, em seguida, o solo foi passado em peneira de 2 mm, e encaminhadas aos Laboratórios de Fertilidade e de Física do Solo no Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA, Campus II da Universidade Federal da Paraíba (DSER/UFPB), para os procedimentos de análise, de acordo com metodologia proposta por (DONAGEMA et al. 2011). As características químicas e físicas encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Caracterização química da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015.

Camada	Atributos										
	pH	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	CTCp	V	M.O.
Cm	H ₂ O	---- mg dm ⁻³ ---			----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----		%	g kg ⁻¹
0-10	5,8	34,99	102,30	0,03	1,91	0,77	3,06	2,97	6,03	49	10,97
10-20	5,6	37,01	78,27	0,03	1,94	0,75	3,26	2,94	6,20	47	10,72

pH: potencial de hidrogênio; P: fósforo; K: potássio; Na: sódio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+ Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por base; M.O: matéria orgânica.

Tabela 2. Caracterização física da área experimental, na Fazenda Experimental Olho D'Água, Areia-PB, 2015.

Camada (cm)	Atributos						Classe Textural			
	AMG	AG	AME	AF	AMF	Areia Total	Silte	Argila	Franco/Arenoso	
0-10	135,53	268,95	238,88	166,86	42,67	851,59	79,25	69,16		
10-20	128,19	262,16	239,53	170,21	42,95	843,34	82,55	74,10		

AMG: Areia muito grossa; AG: Areia grossa; AME: areia média; AF: Areia fina; AMF: Areia muito fina

2.3. Delineamento e caracterização do experimento

O primeiro delineamento utilizado foi em blocos casualizados, distribuídos em nove tratamentos e três repetições. Os tratamentos constituídos foram: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*, lab-lab (*Dolichos lablab*), mucuna cinza (*Stizolobium niveum*), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*), soja perene (*Neonotonia wightii*), *Crotalaria juncea* e milheto (*Pennisetum glaucum*). Para a espécie soja perene optou-se por trabalhar com rebrota. A espécie *Crotalaria juncea* foi inserida no trabalho, sendo o primeiro ano de cultivo e as demais espécies segundo ano. As sementes foram obtidas junto ao Laboratório de Tecnologia de Sementes pertencente ao CCHSA/ DLA/UFPB- Campus III-Bananeiras-PB.

Para a avaliação da influência das espécies de adubação verde na fertilidade do solo, foi utilizado o delineamento em parcelas subdivididas no espaço em blocos casualizados, num fatorial 10 x 2, sendo as 9 espécies citadas no primeiro delineamento, + a testemunha e as camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, e 3 blocos.

O experimento inicial foi instalado em 2014 e vem sendo avaliado anualmente, sendo em 2015 segundo ano de avaliação. Para o preparo do solo inicialmente realizou-se um roço na área, em seguida, demarcou-se as parcelas com piquetes, e procedeu-se a abertura dos sulcos manualmente. Cada parcela foi constituída de uma área útil de 24 m² (6 x 4 m), sendo 8 linhas com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,10 m entre

plantas. As distâncias entre blocos foram de 1 m e entre parcelas de 0,5 m. A semeadura foi realizada no dia 20/06/2013, considerando uma profundidade de 3 cm.

No período inicial de semeadura e estabelecimento, não foi necessário à irrigação, em virtude da ocorrência de chuvas na região, conforme se pode verificar na (Figura 1A), mas nos meses de setembro a novembro (Figura 1A), as chuvas cessaram na região sendo necessária a irrigação suplementar. Sendo o turno de rega, realizado semanalmente, com uma vazão média dos microaspersores de 8 mm, irrigado por 30 minutos. No período inicial do ciclo das culturas, foram realizadas capinas.

2.4. Variáveis analisadas

2.4.1. Fertilidade do solo

Em cada parcela foram coletadas 8 amostras, sendo quatro na camada de 0-10 e quatro de 10-20 cm para formar (amostra composta), para avaliar pH, P, K, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, Al+H, CTC, SB, V, C e MO aos 60 dias após o aporte de espécies por parcela. Após as coletas o solo foi homogeneizado para formar uma amostra composta, e acondicionado em sacolas, posteriormente com o solo de todas as parcelas experimentais, foi levado para sala de secagem, quando o mesmo se encontrava seco, foi peneirado em peneira com malha de 2 mm. Posteriormente, encaminhado ao Laboratório de Fertilidade do Solo pertencente ao (DSER/CCA/UFPB). As análises foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por (DONAGEMA et al., 2011).

2.4.2. Física do Solo

As amostras indeformadas para análise da física do solo, foi coletado pelo método do anel volumétrico, de dimensões 5 cm de diâmetro e 5 de altura, sendo que foram coletadas oito amostras por parcela, quatro amostras na camada de 0-10 cm e quatro amostras na camada de 10-20 cm, totalizando 240 amostras. As amostras foram envolvidas com papel filme e encaminhadas ao Laboratório de Física do Solo pertencente ao DSER (CCA/UFPB), e em seguida foi retirado o excesso de solo nos anéis, onde na parte inferior das amostras foi colocado um tule fixado com uma liga:

com as amostras determinou-se densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade de acordo com a metodologia proposta por (DONAGEMA et al. 2011), e água disponível, Richards. (1947).

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, realizando-se o teste Tukey para as espécies e teste F para profundidade ($p < 0,05$), sendo utilizado o pacote estatístico SAS[®] (SAS Institute Inc., 2011).

3. Resultados e Discussão

Na tabela 3, observa-se diferença significativa pelo teste F, em camadas para, pH, P, Ca, Mg e H+Al e interação significativa entre tratamento e camada para K, Na, MO e SB, pelo teste de F ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis (pH, P, K, Na, Ca e Mg) 60 dias após o experimento, na Fazenda Experimental Olho d'água, Areia-PB.

FV	GL	pH	P	K	Na	Ca	Mg
Bloco	2	0,1731	631,8056	655,2676	0,0016	0,0756	0,0807
T	9	0,0226 ^{ns}	80,7356 ^{ns}	7610,6646*	0,0008*	0,1750 ^{ns}	0,0423 ^{ns}
Resíduo (a)	18	0,0484	81,8462	2356,0779	0,0002	0,0820	0,0308
C	1	0,3256**	728,7068**	35959**	0,0045**	0,4770**	0,2842**
T*C	9	0,0262 ^{ns}	20,4448 ^{ns}	8000,3785**	0,0002**	0,0775 ^{ns}	0,0456 ^{ns}
Resíduo (b)	20	0,0209	25,5861	1168,0634	0,00005	0,0525	0,0287
Média		5,55	34,29	134,32	0,03	1,80	0,75
CV% (a)		3,96	26,38	36,14	47,00	15,83	23,34
CV% (b)		2,60	14,75	25,44	23,50	12,67	22,53

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis (H+Al, MO, SB) 60 dias após o experimento, na Fazenda Experimental Olho d'água, Areia-PB.

FV	GL	H+Al	M.O	SB
Bloco	2	0,3118	1,4082	0,0174
T	9	0,3146 ^{ns}	4,1371**	0,4993**
Resíduo (a)	18	0,3051	0,7720	0,1131
C	1	2,3196**	10,3353**	2,8568**
T*C	9	0,0988 ^{ns}	1,3168**	0,1669**
Resíduo (b)	20	0,0966	0,8812	0,0312
Média		3,14	10,23	2,93
CV% (a)		17,57	8,58	11,46
CV% (b)		9,88	9,17	6,02

** , * , ns: significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F significativo e não significativo, respectivamente

Na Figura 1, observa-se diferença entre camadas de 0-10 e 10-20 cm, com valores de pH em média de 5,6 e 5,5, respectivamente. De acordo com Ribeiro et al. (1999), na classificação química, esses valores estão na faixa de acidez média, e na classificação agrônômica na faixa bom. Com a mineralização da matéria orgânica, ocorre a liberação de bases que se encontravam no tecido vegetal para a solução do solo, a exemplo do Ca e Mg, favorecendo o aumento do pH, o que ocorre mais rápido na camada superficial,

onde está o material em decomposição/mineralização. Nas plantas que podem se associar simbioticamente com microorganismos fixadores de N_2 , pode ocorrer desbalanço na proporção de cátions e ânions, pois em predomínio da absorção de cátions, ocorre a extrusão de H^+ , de acordo com a intensidade do desbalanço. Com o aumento do pH da rizosfera em solos ácidos, pode ocorrer diminuição da atividade do alumínio Novais et al. (2007), visto que, em pH's acima de 5,5, o Al é precipitado na forma de $Al(OH)_3$, e pode também ocorrer formação com complexos orgânicos reduzindo a atividade do Al na solução do solo.

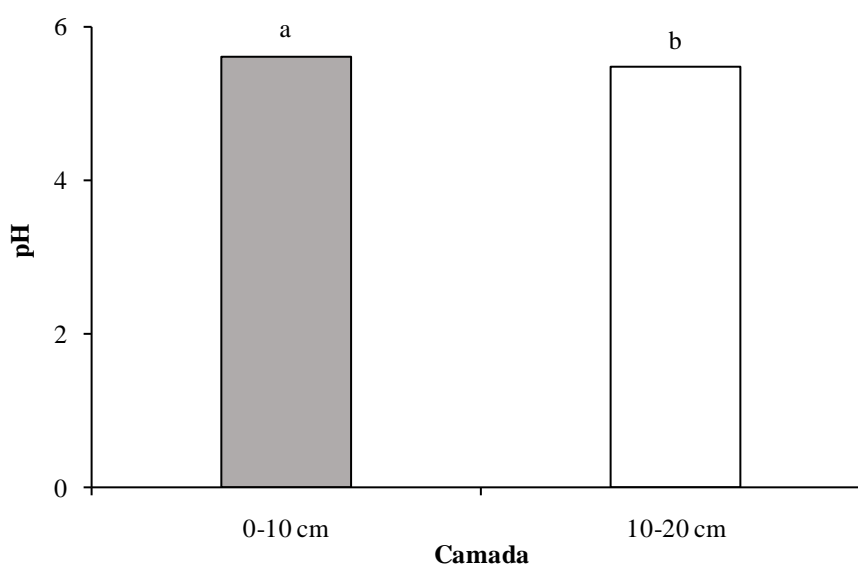


Figura 2. Teores de acidez ativa (pH), na camada de 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, as letras estão comparando diferença entre as camadas.

Os maiores valores dos teores de P foram observado na camada 0-10 cm ($43,6 \text{ mg dm}^{-3}$), enquanto que, na camada 10-20 cm, observou-se o valor de ($32,7 \text{ mg dm}^{-3}$) (Figura 3). Como os resíduos das plantas foram apenas acamados sobre o solo, ou seja, não incorporados, pode-se explicar o maior teor de P na camada 0-10 cm. De acordo com a percentagem de argila no solo, de 0 a 15%, o teor de P no solo está na faixa de alto (RIBEIRO et al., 1999). A maior disponibilidade de P na camada superficial pode esta associada ao produto da mineralização dos compostos orgânicos que possuem P em sua estrutura, assim tornando-se componente de formas mais lábeis de P.

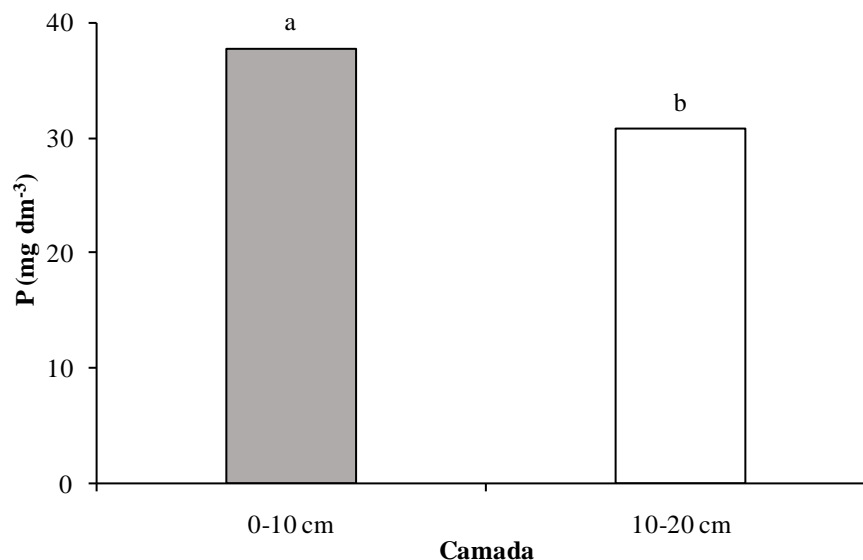


Figura 3. Teores de fósforo na camada de 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, as letras estão comparando diferença entre as camadas.

Houve interação significativa entre tratamentos e camada, observa-se diferença entre profundidades para os tratamentos *C. ochroleuca*, mucuna cinza, feijão-de-porco, soja perene, lab-lab, *C. spectabilis* e *C. juncea* (Figura 4). Os maiores teores de K⁺ foram observados na camada de 0-10 cm sob o cultivo de soja perene (224,18 mg dm⁻³) e na camada de 10-20 cm sobre cultivo de *C. ochroleuca* (243,42 mg dm⁻³). Não houve diferença significativa para tratamentos na camada de 0-10 cm, na camada 10-20 cm os tratamentos milho, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e testemunha foram semelhantes estatisticamente. Estes resultados estão na faixa de muito alto (RIBEIRO et al., 1999).

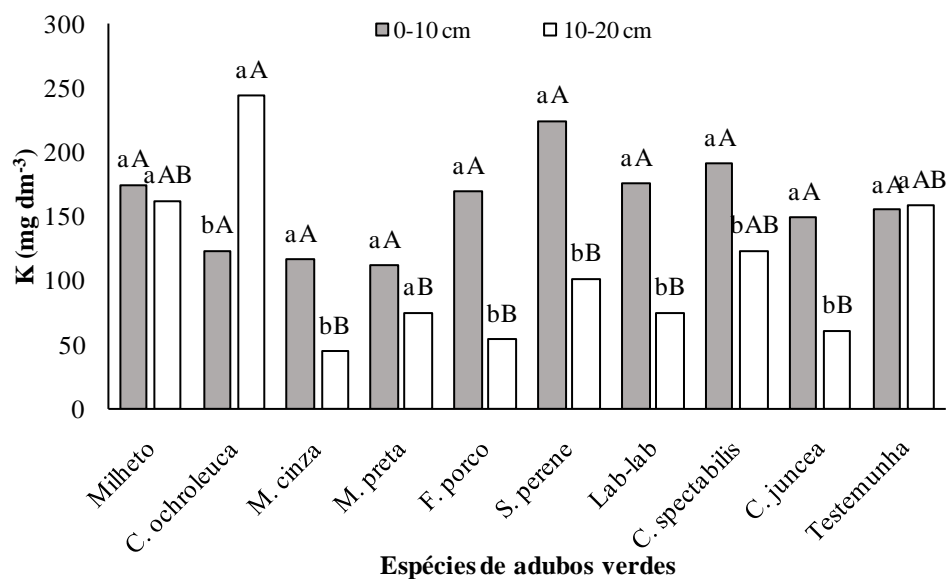


Figura 4. Teores de potássio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, as letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamento e letras maiúsculas tratamento dentro de profundidade.

Os maiores teores de K^+ na camada de 10-20 cm para o tratamento com *C. ochroleuca* pode ser explicado, por este nutriente não ser constituinte de nenhum composto orgânico na planta, sendo facilmente extraído dos resíduos dos vegetais, não sendo necessário a mineralização do material para liberação (BETTIOL, 2014). O K^+ pode ser lixiviado para as camadas subadjacentes do solo, evidenciando maiores teores na camada de 10-20 cm.

Os valores de K^+ após 60 dias do manejo para foram superiores ao apresentado por Alcântara et al. (2000), onde avaliando teores de K^+ na biomassa de guandu e crotalária não incorporadas, encontraram aos 90 dias 107,0 e 21,5 $mg\ dm^{-3}$ na camada de 0-10 cm. Com relação às espécies na camada de 10-20 cm, encontraram 45 e 28 $mg\ dm^{-3}$ para guandu e *C. juncea* aos 90 dias após o manejo, respectivamente. Estudando o condicionamento químico e físico do solo, Cardoso et al. (2013) observaram menores teores de K^+ para as espécies crotalária, feijão-de-porco e milho, quando comparado ao presente estudo. Quando ocorre aumento da concentração de potássio em superfície, este tende a lixiviar para as camadas subsuperficiais, assim, o uso da matéria orgânica é uma alternativa que reduz a lixiviação de cátions no solo. No entanto, Moretti et al. (2007) afirmam que o K^+ tem efeito antagonico com o Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Analisando o efeito entre camadas dentro dos tratamentos (Figura 5), verifica-se que houve diferença significativa para milho, *C. ochroleuca*, feijão-de-porco, soja perene, lab-lab, *C. spectabilis* e *C. juncea*. Analisando tratamento em função da camada 0-10 cm, pode-se observar que os maiores valores de Na^+ foram encontrados nos tratamentos *C. spectabilis* e soja perene (0,06 e 0,05 $cmol_c\ dm^{-3}$, respectivamente), sendo semelhantes às espécies milho, *C. ochroleuca*, feijão-de-porco, lab-lab e *C. juncea*. Os menores teores de Na^+ foram observados no tratamento mucuna cinza (0,01 $cmol_c\ dm^{-3}$). Avaliando os tratamentos na camada de 10-20 cm, não houve diferença significativa, estes resultados estão na faixa normal de acordo com (RICHARDS, 1954).

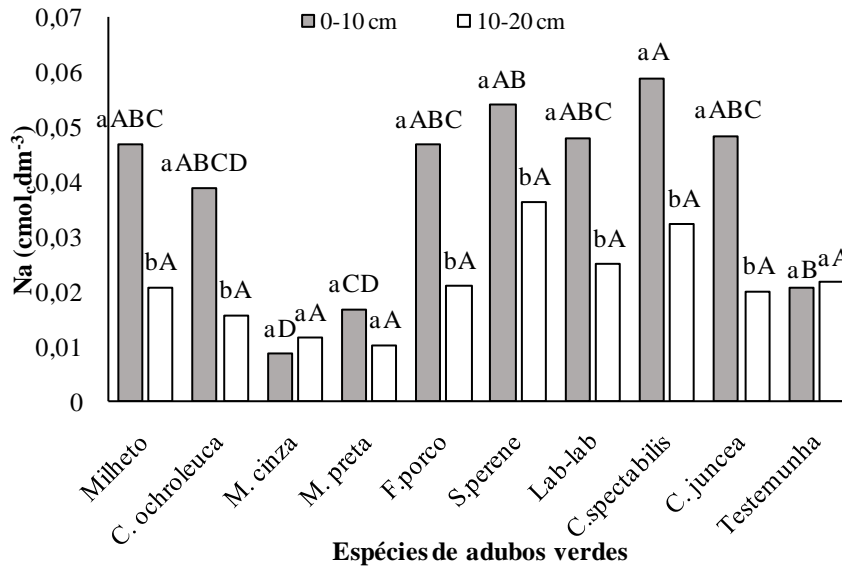


Figura 5. Teores de sódio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamentos e letras maiúsculas tratamento dentro de cada profundidade.

Observa-se maiores teores de Ca^{2+} na camada 0-10 cm $1,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na camada de 10-20 cm os teores são $1,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 6). Estes teores estão na faixa média (RIBEIRO et al., 1999). O Ca^{2+} é um nutriente que possui baixa mobilidade no solo. Analisando a dinâmica do Ca^{2+} em um Latossolo após a calagem, Ziglio et al. (1999) observaram que o Ca^{2+} por ser mais efetivo na solução do solo que Mg^{2+} , K^+ e Na^+ , ocorre aumento de cargas negativas induzido pelo aumento do pH, atuando uma força iônica que aumenta a adsorção do Ca, reduzindo a lixiviação para os horizontes do solo.

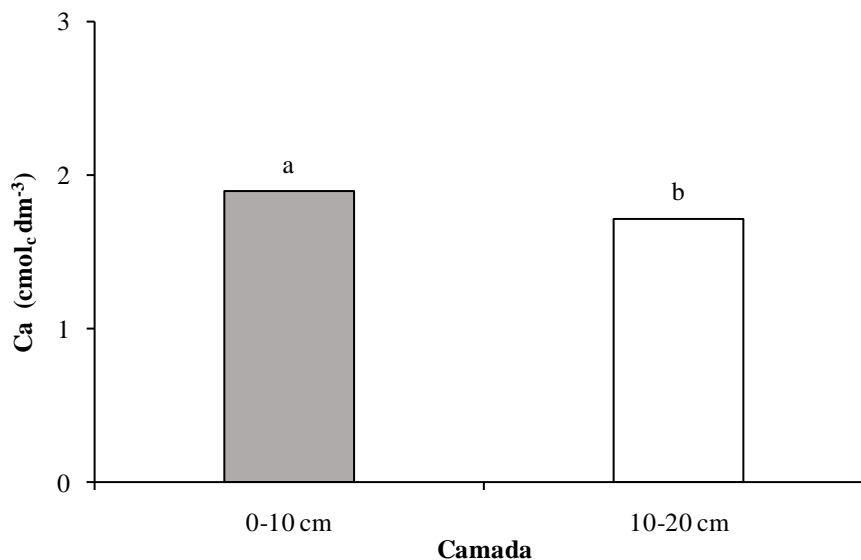


Figura 6. Teores de cálcio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies, letras minúsculas profundidade dentro de tratamento e letras maiúsculas estão comparando tratamento dentro de profundidade.

Para os teores de Mg^{2+} no solo, foi observado diferença entre camadas, sendo que na camada de 0-10 cm, observou-se valor de $0,82 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e na camada de 10-20 cm $0,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. De acordo com Ribeiro et al. (1999), estes teores estão na faixa de médio a baixo. A decomposição/mineralização dos resíduos promove aumento dos teores de Mg^{2+} , ao fornecer Mg oriundo da composição de organelas, como a clorofila, assim como, pelo aumento dos sítios de cargas negativas no solo, o que vem a promover maior capacidade de retenção catiônica, principalmente na camada superficial, onde está os maiores teores de matéria orgânica (NOVAIS et al., 2007).

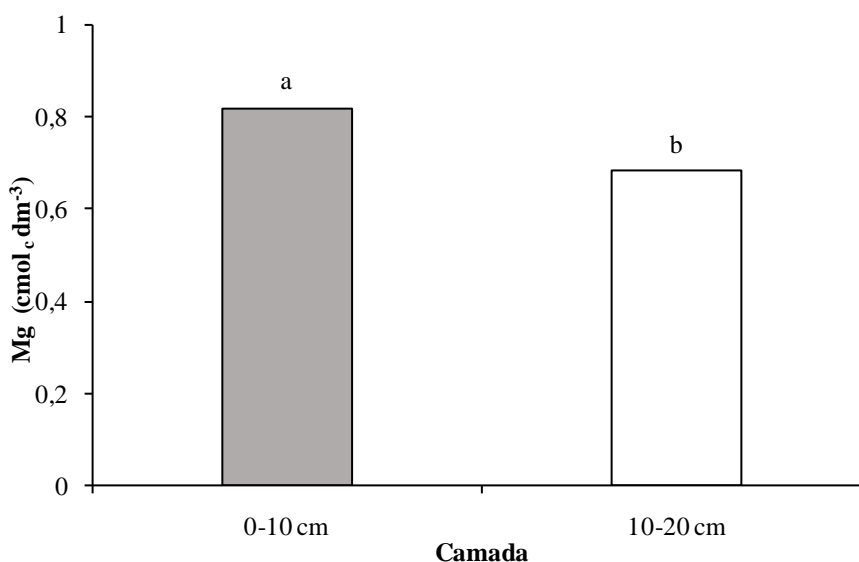


Figura 7. Teores de magnésio no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm, analisado aos 60 dias após o corte das espécies de adubos verdes, profundidade dentro de tratamento com as mesmas letras não diferem a 5 % pelo teste Tukey.

Maior valor de acidez potencial foi observado na camada de 10-20 cm ($3,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), e menor na camada de 0-10 cm ($2,94 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). A acidez potencial do solo está na faixa média de acordo com (RIBEIRO et al., 1999). Os teores no presente estudo foram superiores ao descrito por Menezes et al. (2008), ao avaliarem as mudanças na fertilidade durante seis anos em um Neossolo Regolítico submetido à adubação orgânica não observou alteração na acidez potencial, no entanto observaram elevação das bases trocáveis, levando em consideração que os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (Figura 6 e 7) foram superiores na camada de 0-10 cm, o que explica o porquê do menor valor de $H+Al$ na camada de 0-10 cm, uma vez que houve maiores valores de Ca^{2+} ,

Mg²⁺, SB e MO para camada 0-10 cm, relacionando com o aumento das bases trocáveis, que reduz a acidez potencial do solo.

Os resultados do presente estudo diferem de Cardoso et al. (2013) que não observaram diferença para os teores de Ca, Mg, Al, H+Al, SB, e CTC a pH 7,0 entre as plantas de cobertura.

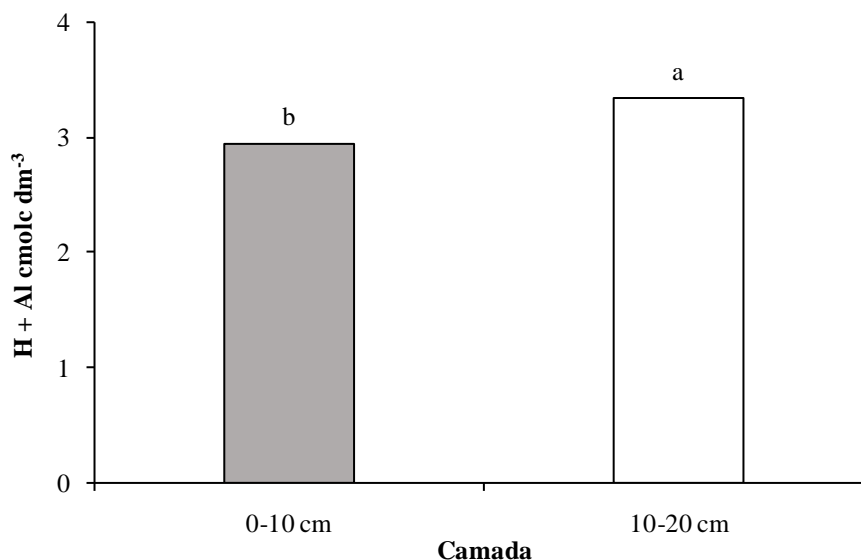


Figura 8. Acidez potencial (H+Al) na camada de 0-10 cm e 10-20 cm analisado aos 60 dias após o corte das espécies, profundidade dentro de tratamento com as mesmas letras não diferem a 5 % pelo teste Tukey.

Houve diferença significativa nos teores de matéria orgânica no solo profundidades e tratamento, sendo observado efeito nas espécies mucuna preta, feijão-de-porco e *C. spectabilis* com maior teor de MO na camada 0-10 cm, ao avaliar tratamentos dentro de profundidade, observou-se semelhança entre os tratamentos, sendo maiores teores para soja perene, mucuna preta, testemunha e *C. spectabilis* (12,03; 11,90; 11,36 e 11,26 g kg⁻¹, respectivamente). Quando avaliou tratamento dentro da camada 10-20 cm, o maior valor foi encontrado sob soja perene. Estes resultados estão inferiores ao descrito por Andrade Neto et al. (2007), e superiores ao teor inicial no solo. No entanto, os teores de matéria orgânica encontrados no solo estão na faixa baixa Ribeiro et al. (1999), o que não podia ser diferente pois trata-se de um Neossolo com textura franco-arenosa. No solo arenoso, a formação de agregados é pouca, o que leva a exposição da matéria orgânica, e conseqüentemente, o acesso mais fácil pelos microrganismos que irão atuar na decomposição/mineralização.

Para Cunha et al. (2011), o aumento do teor de matéria orgânica do solo associa-se ao aporte de resíduos vegetais ao solo, e depende da decomposição e mineralização, o que refere-se a relação C/N e a presença de compostos mais recalcitrantes como ligninas, ceras e compostos fenólicos.

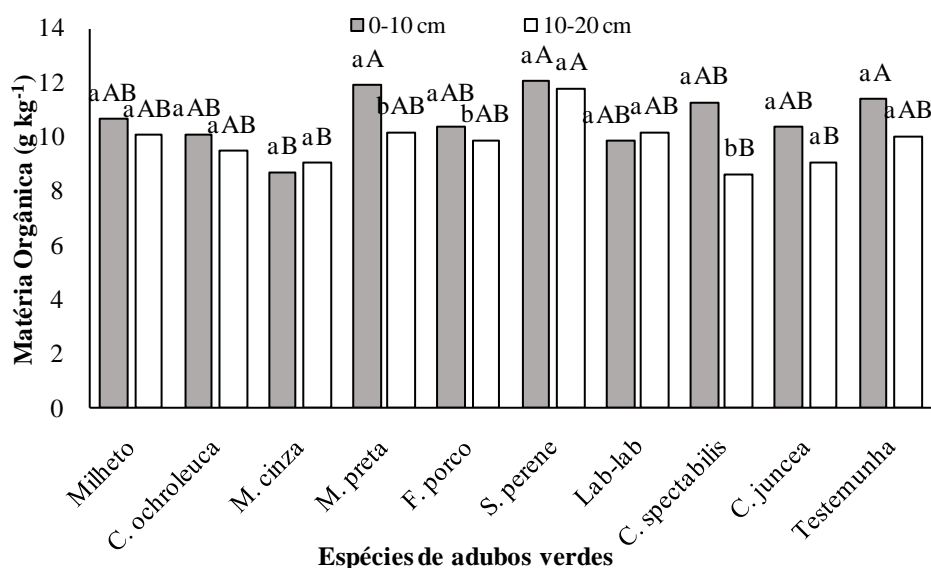


Figura 9. Teores de matéria orgânica no solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisado aos 60 dias após o corte das espécies; As letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamento e as letras maiúsculas tratamento dentro de profundidade, letras semelhantes não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Houve interação significativa ($p < 0,05$) para tratamento e profundidade para SB. Os resultados diferiram significativamente na profundidade dentro dos seguintes tratamentos: milho, mucuna cinza, mucuna preta, soja perene, lab-lab, *C. spectabilis* e *C. juncea*. Os maiores valores de soma de base foram observados na camada de 0-10 cm para os tratamentos soja perene e feijão-porco ($3,50$ e $3,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente), estando na faixa média (RIBEIRO et al., 1999).

Estes resultados podem ser atribuídos pela soja perene, por ser uma espécie que possui raízes profundas, podendo explorar maior volume de solo, e pelo fato de se ter trabalhado com rebrota, o que possivelmente ocasiona raízes mais profundas capazes de reciclar maiores quantidades de nutrientes, o que vem a contribuir para aumentar a soma de base nesse tratamento. Estes resultados estão superiores ao encontrado por Bergo et al. (2006) quando avaliaram espécies de leguminosas na formação de cafezais no Acre em um Latossolo Vermelho-Amarelo, a soma de base em cultivo das espécies mucuna preta e feijão-de-porco e na testemunha foram de $2,21$, $2,33$ e $2,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente.

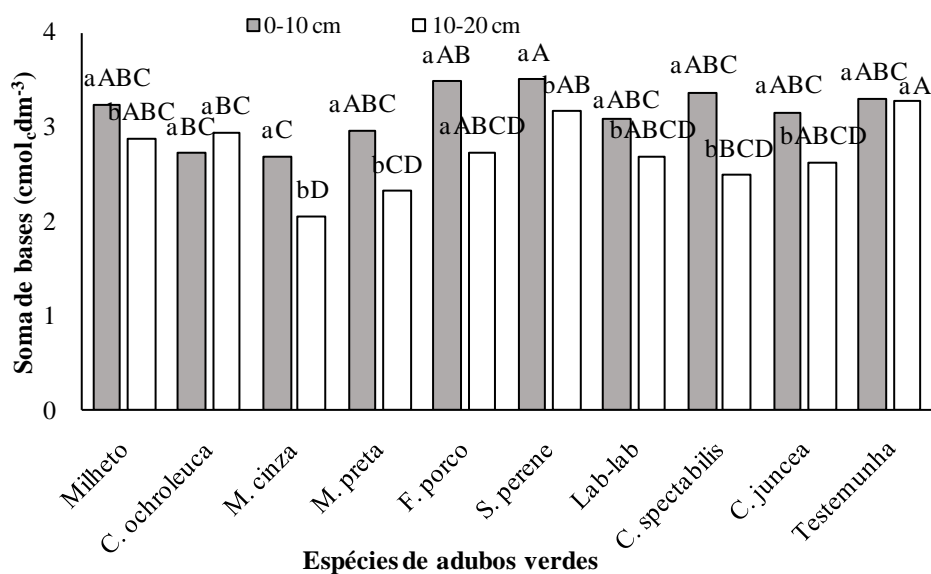


Figura 10. Soma de bases do solo na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisada aos 60 dias após o corte das espécies: As letras minúsculas estão comparando profundidade dentro de tratamentos e letras maiúsculas tratamento dentro de profundidade.

Observa-se na Tabela 5, o resumo da análise de variância para os atributos físicos de um Neossolo Regolítico em função dos tratamentos e camadas avaliadas. Dentre os atributos analisados, houve diferença significativa para densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade e microporosidade. Já para os atributos capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD), não foram significativos pelo teste F e Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 5. Resumo da análise de variância com os quadrados médios referentes aos atributos densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD), na Fazenda Experimental Olho d'água, Areia-PB, 2017.

FV	GL	DS	PT	Macrop	Microp	CC	PMP	AD
Bloco	2	0,0012	0,0003	0,0013	0,0006	0,0008	0,0005	0,0282
T	9	0,0010 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,0009 ^{**}	0,0026 ^{**}	0,0004 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0072 ^{ns}
Resíduo (a)	18	0,0031	0,0017	0,0004	0,0020	0,0005	0,0005	0,0037
P	1	0,1795 ^{**}	0,0217 ^{**}	0,0178 ^{**}	0,0001 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
T*P	9	0,0018 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Resíduo (b)	20	0,0008	0,0002	0,0002	0,0007	0,0003	0,0004	0,0037
Média		1,57	0,38	0,11	0,26	0,11	0,10	0,13
CV% (a)		3,54	10,85	18,18	17,20	20,32	22,26	46,79
CV% (b)		1,81	7,24	14,36	10,28	15,70	21,45	46,34

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ns: não significativo

A média para a variável densidade do solo encontra-se dentro do limite considerado adequado para solos arenosos ($1,2$ a $1,8 \text{ g cm}^{-3}$), e o limite crítico para textura fraco arenosa segundo Reichert et al. (2003), é de $1,7$ a $1,8 \text{ g cm}^{-3}$. De acordo com Kiehl. (1979), as características físicas de um solo ideal é aquele com valores para macroporosidade entre $0,10$ a $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, para microporosidade até $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e para porosidade total $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

A menor densidade foi observada na camada $0-10 \text{ cm}$ no tratamento com mucuna cinza, supondo que maiores concentrações de raízes estavam na camada superficial, a densidade do solo tende a ser superior com o aumento da profundidade, por isso maior densidade foi observada na camada $10-20 \text{ cm}$.

A menor densidade na camada $0-10 \text{ cm}$ pode estar relacionada com maior concentração de raízes na camada superficial (REINERT et al., 2008). Esta afirmação condiz com Silva et al. (2008), que observou menor densidade na camada superficial quando avaliou consorcio de milho + braquiária, sendo pelo fato da maior distribuição radicular. Os autores observaram ainda maior porosidade total e macroporosidade no cultivo com *C. juncea*, soja e consorcio de milho + mucuna preta.

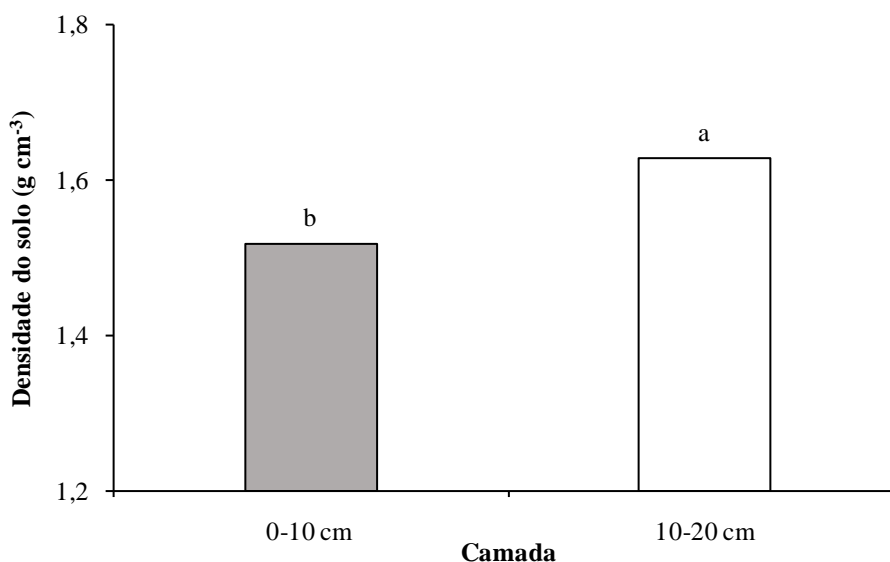


Figura 11. Densidade do solo (g cm^{-3}), camada $0-10 \text{ cm}$ e $10-20 \text{ cm}$ analisada aos 60 dias após corte das espécies.

Observa-se maior porosidade na camada de $0-10 \text{ cm}$ em todos os tratamentos analisados, sendo que houve diferença significativa entre profundidades, apenas para o tratamento com espécie mucuna cinza, que apresentou resultados superiores na camada $0-10 \text{ cm}$ ($0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Os atributos físicos do solo são afetados pelo teor de matéria

orgânica que proporciona redução na densidade, aumento da porosidade total e da macroporosidade (ANDRADE et al., 2009). Dentre as plantas de cobertura estudadas por estes autores, as leguminosas e gramíneas mantiveram a camada superficial do solo cultivada com boa qualidade física.

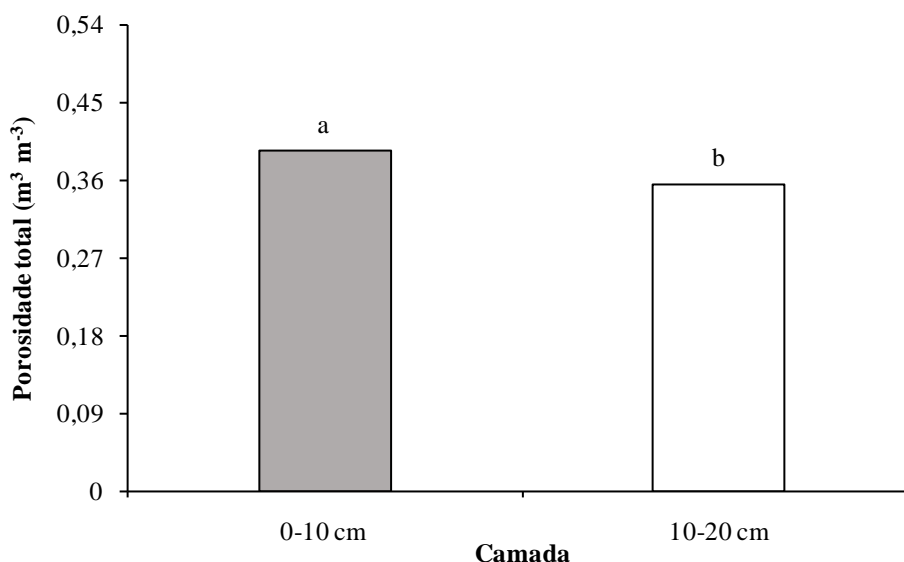


Figura 12. Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisada aos 60 dias após o corte das espécies.

Em relação à macroporosidade observa-se na (Figura 13A) que houve maior volume de macroporos na camada 0-10 cm ($0,13 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$), na camada 10-20 cm foi observado ($0,09 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$). Sugere-se o cultivo destas espécies para aumentar e/ou manter a macroporosidade dos solos, por apresentar raízes profundas, que deixam canais, para quando ocorrer à decomposição dessas, ocorrer o aumento da aeração e outras características.

Na figura 13B observa-se maior macroporosidade no tratamento mucuna preta, ($0,13 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$), diferindo estatisticamente apenas da testemunha ($0,08 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$). Esta espécie possui raiz pivotante, capaz de explorar o solo em até 1 metro de profundidade, e raízes secundárias que podem apresentar até 50 cm de comprimento (ALVARENGA et al., 1995). Estas raízes serão decompostas no perfil do solo e formarão galerias, resultando em melhor desenvolvimento da cultura principal. Os resultados do presente estudo foram semelhantes ao descrito por Silva et al. (2008) para a porosidade total, macro e microporosidade.

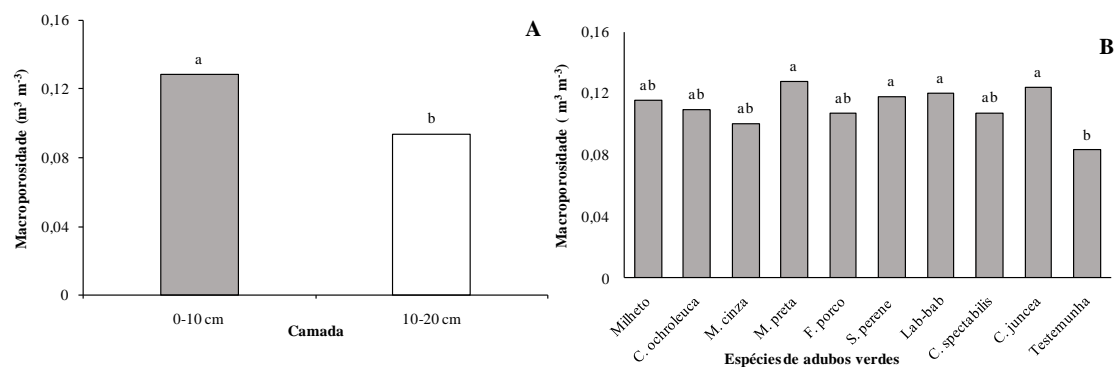


Figura 13. Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), na camada 0-10 cm e 10-20 cm analisada 60 dias após o corte das espécies, na (Figura 13A) está comparando profundidade dentro de tratamentos e na (Figura 13B) está analisando diferença entre tratamentos.

Na Figura 14 observa-se que a mucuna cinza é superior as demais, no entanto estatisticamente semelhante a *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, feijão-de-porco e testemunha diferindo dos demais tratamentos. Em relação a microporosidade, autores como Stone et al. (2001) e Richart et al. (2005) explicam que o manejo em plantio direto pode aumentar a microporosidade, isso devido ao adensamento de partículas do solo ocasionado pelo não revolvimento do solo. Os autores afirmam ainda que, isto não impede o desenvolvimento radicular de espécies, podendo ocorrer devido a qualidade dos poros, que segundo Henklain et al. (1996), por mais que no solo ocorra redução dos macroporos, ao longo do perfil do solo é formado galerias através da atividade biológica e decomposição de raízes das culturas anteriores.

De acordo com Santos et al. (2012) estudando a classificação de Neossolos Regolíticos, explicam que o predomínio de areia nesses solos está relacionado ao material de origem, que apresenta elevados teores de quartzo e é confirmado pela mineralogia da fração areia. Os autores observaram predomínio da fração areia fina sobre a soma das frações mais finas (silte + argila), corroborando com resultados do presente estudo. Sendo assim, Lepsch. (2002) afirma que normalmente essa característica pode causar problemas de diminuição de macroporos, limitando a esses solos sua capacidade de infiltração de água. Outrora, esse aspecto pode ser benéfico, devido aos baixos teores de silte e argila nesse solo, no sentido de reduzir a percolação da água e aumentar a retenção e disponibilidade de água.

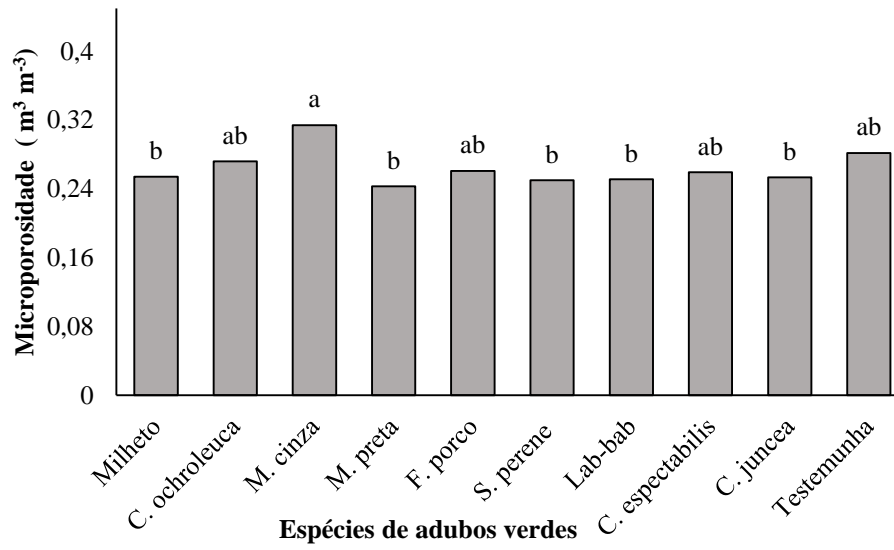


Figura 14. Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), analisada aos 60 dias após o corte das espécies: As letras semelhantes não diferem entre si pelo teste Tukey a ($p < 0,05$)

4. Conclusões

Os efeitos das espécies sobre os atributos químicos e físicos são mais expressivas na camada superficial do solo;

As espécies *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes* e *N. wightii*, são mais eficientes na ciclagem de potássio, e apresentaram maiores teores de matéria orgânica e maiores valores de soma de bases;

As espécies *S. aterrimum* e *S. niveum* são identificadas com maiores valores de macroporosidade e microporosidade, respectivamente.

5. Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, F. P.; FURTUNI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. D.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ANDRADE NETO, R. C. **Efeitos de adubos verdes nas propriedades químicas do solo, crescimento e rendimento de sorgo**. 2007. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2007.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 41-418, 2009.

BERGO, C. L.; PACHECO, E. P.; MENDONÇA, H. A.; MARINHO, J. T. S.; Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 1, p. 19-24, 2006.

BETTIOL, A. L. T. **Efeitos de plantas de cobertura em atributos químicos do solo**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2014.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 375-382, 2013.

CARVALHO, A. MOREIRA.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CREMOM, C. **Variação temporal dos atributos de um Latossolo Vermelho, cultivado com leguminosas para adubação verde**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; FERREIRA, E. P. B.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1021-1029, 2011.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013, 353 p.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 641-648, 2008.

HENKLAIN, J. C.; GUIMARÃES, M. F.; VIEIRA, M. J. & MEDINA, C.C. Efeito do preparo do solo no desenvolvimento radicular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1, 1996, Ponta Grossa. **Resumos...** Ponta Grossa: Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. p.103-105.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

LEPSCH, I. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 177 p.

LUCIANO R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; VÁZQUEZ, E. V.; FABIAN, E. L. Perdas de água e solo por erosão hídrica em duas direções de semeadura de aveia e ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 669-676, 2009.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 251–257, 2007.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CARVALHO, M. P. Atributos químicos de um Latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 167-175, 2007.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007 p. 1017.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Cidade, v. 27, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBURQUERQUE, F. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 805-1816, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação** Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, 1999. p. 359.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus construction and use. **Agric. Eng**, Cidade, v. 28, p. 451-454, 1947.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, USDA Agricultural Handbook, v. 60, 1954. p. 160.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, F. R.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

SANTOS, J. C. B.; SOUZA JUNIOR, V. S; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da Região Semiárida do Estado de Pernambuco, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 683-695, 2012.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011. 8621 p.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 395-401, 2001.

ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Cidade, v. 42, n. 2, 1999.

Conclusões Gerais

Dentre as espécies analisadas observou-se que *C. ochroleuca* e *C. ensiformes* são as mais precoces e as que apresentam maior porte (ex. altura e diâmetro caulinar);

Para as espécies *N. wightii*, *S. niveum* e *S. aterrimum* são recomendadas para cobertura de solo devido apresentar maiores taxas de cobertura em um menor espaço de tempo;

Os maiores teores de N foram verificados em *C. ensiformes* e *C. spectabilis*, enquanto os maiores teores de P, K e S foram encontrados em *P. glaucum*, já os teores de Mg foram encontrados em *C. ochroleuca*;

As espécies *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* são mais eficientes em acúmulo de nutrientes;

A espécie *C. spectabilis* apresentou a maior taxa de decomposição em comparação as demais espécies estudadas.

Os efeitos das espécies sobre os atributos químicos e físicos são mais expressivas na camada superficial do solo;

As espécies *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes* e *N. wightii*, são mais eficientes na ciclagem de potássio, e apresentaram maiores teores de matéria orgânica e maiores valores de soma de bases;

As espécies *S. aterrimum* e *S. niveum* são identificadas com maiores valores de macroporosidade e microporosidade, respectivamente.