



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DISSERTAÇÃO**

**TROCAS GASOSAS EM LEGUMINOSAS E SEUS EFEITOS SOBRE A COMUNIDADE  
DE MACROARTRÓPODES DO SOLO**

**LUAN NUNES DE MELO**

**AREIA**  
**2018**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



TROCAS GASOSAS EM LEGUMINOSAS E SEUS EFEITOS SOBRE A  
COMUNIDADE DE MACROARTRÓPODES DO SOLO

**LUAN NUNES DE MELO**

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 2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

M528t Melo, Luan Nunes de.

Trocas gasosas em leguminosas e seus efeitos sobre a comunidade de macroartrópodes do solo / Luan Nunes de Melo. - Areia, 2018.

58 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Taxa fisiológica. 2. Leguminosas perenes e anuais.  
3. Macroartrópodes edáficos. I. Título

UFPB/CCA-AREIA

© 2018 by Luan Nunes de Melo

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, por qualquer meio ou forma, sem a autorização escrita e prévia do detentor do copyright.



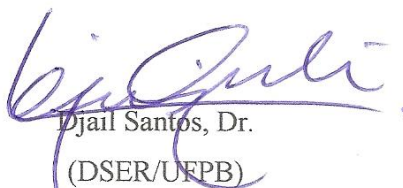
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**TÍTULO:** TROCAS GASOSAS EM LEGUMINOSAS E SEUS EFEITOS SOBRE A  
COMUNIDADE DE MACROARTRÓPODES DO SOLO

**AUTOR:** LUAN NUNES DE MELO

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

  
Djail Santos, Dr.  
(DSER/UFPB)  
(Orientador)

  
Ademair Pereira de Oliveira, Dr.  
(DFCA/UFPB)  
(Examinador Interno)

  
Tancredo Augusto Feitosa de Souza, Dr.  
(PNPD/CAPES/PPGCS/CCA/UFPB)  
(Examinador Externo)

Data de realização: 26 de fevereiro de 2018

Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. Djail Santos

*A meus pais, e a todos aqueles que de alguma forma  
contribuíram na minha formação.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por interceder em todos os momentos de dificuldades e alegria.

Aos meus pais José Antônio de Melo e Maria Marlene Nunes de Melo, por sempre me apoiarem, e terem dado todas as condições para que eu estudasse.

À meus irmãos, Luiz Nunes de Melo e Lucas Nunes de Melo, a minha avó, meu avô e tios que sempre me incentivaram.

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

À Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de estudar neste belo Centro.

Ao Prof. Dr. Djail Santos, não apenas pelas suas sabias orientações, ensinamentos, mas pelo vínculo de companheirismo e amizade adquirido ao longo da caminhada.

A toda equipe do grupo *Tenda*, em especial a Tancredo Souza, Ednaldo (Naldinho), Diego, Lucas Sombra, Samuel, Joaquim e Ronaldo pela amizade e companheirismo.

Ao professor Ademar, pela disponibilidade da área experimental, e aos funcionários, Fã, Jó, Xuriu e Vavá pela amizade e apoio na condução do experimento.

Aos amigos e colegas de turma, Mirelly, Cristine, Micheli e Izabela, que me deram a oportunidade de conviver com elas.

A minha namorada, Samara Dayse, pela paciência e companheirismo; tenho certeza que sem você, não teria graça.

**Obrigado a todos!**

MELO, L.N. **Trocas gasosas em leguminosas e seus efeitos sobre a comunidade de macroartrópodes do solo.** 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

**RESUMO GERAL:** A utilização de leguminosas é uma prática conservacionista que promove a sustentabilidade dos solos agrícolas. Objetivou-se avaliar quais leguminosas apresentam maior potencial para agricultura no Brejo Paraibano, em função de suas características agrônômicas, nutricionais e fisiológicas e, quais os efeitos dessas espécies na comunidade de macroartrópodes do solo. O estudo foi realizado em 3 blocos (DBC); contendo 8 tratamentos, com 10 repetições por bloco ( $N = 240$ ). Os tratamentos foram: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e vegetação espontânea, caracterizada por *Brachiaria decumbes* Stapf. cv. Basilisk. Na avaliação das trocas gasosas, as variáveis analisadas foram: taxa fotossintética, transpiração foliar, condutância estomática, concentração interna de  $\text{CO}_2$ , eficiência instantânea no uso da água, eficiência instantânea de carboxilação e eficiência intrínseca no uso da água. Para avaliação das características agrônômicas, as variáveis foram: taxa de crescimento, biomassa verde e seca, e teor de nutrientes (N, P e K) na planta. Para avaliar os efeitos das diferentes espécies de leguminosas sobre a comunidade de macroartrópodes, as variáveis foram: abundância, frequência relativa, biomassa seca, riqueza de espécies, índice de Diversidade de Shannon (H) e índice de dominância de Simpson (C). Os dados foram submetidos ao teste de Bonferroni a 5% de probabilidade. De acordo com os resultados, a *C. juncea*, apresentou a maior taxa fisiológica, refletindo em maior adaptabilidade as condições de zona úmida da região semiárida brasileira. A *D. lablab* apresenta a maior taxa de crescimento, biomassa seca, e teor de N na folhas. As leguminosas alteraram positivamente a abundância e a riqueza dos macroartrópodes do solo. As espécies *D. lablab*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e *C. ensiformis* têm influência direta na macrofauna do solo. A macrofauna do solo pode ser utilizada para avaliar os impactos de diferentes espécies de cobertura, em novas áreas.

**Palavras-Chave:** taxa fisiológica, leguminosas perenes e anuais, macroartrópodes edáficos.

MELO, L.N. **Gaseous exchanges of different legumes species and their effects on soil macroarthropod community.** 2018. 56 f. Dissertation (Master in Agronomy) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

**MAIN ABSTRACT** – The use of legume plant species as green manuring is a conservationist practice that promotes the sustainability of agricultural soils. Our aim here, was to evaluate the gaseous exchanges pattern and agronomic characteristics of different legume species used as green manure, and in turn how could these legume species impact the soil macroarthropod community. We used an experimental randomized blocks design distributed in eight treatments (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey and, spontaneous vegetation) with three replications ( $N = 24$ ). To evaluate the gaseous exchanges pattern and agronomic characteristics of the studied legume species, we analysed: photosynthetic rate, leaf transpiration, stomatal conductance,  $\text{CO}_2$  internal concentration, instantaneous water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency, water use efficiency, growth rate, fresh and dry biomass and nutrient content in the plant; and to evaluate the effects of different species of green manure, we analysed: abundance, relative frequency, dry biomass, species richness, Shannon Diversity index (H) and Simpson dominance index (C). We found that *C. juncea* presented the highest physiological rates, reflecting greater adaptability in the humid zone conditions of the Brazilian semiarid, whereas *D. lablab* presented the highest values of growth rate, dry biomass, and N content in the leaves. Also, all the studied legume species positively changed soil macroarthropod abundance and richness. There was a positive correlation between high biomass production by legume species and soil macroarthropod diversity. Our results highlight the importance to consider soil macroarthropod as bioindicator used to evaluate the impacts of different species of covering, in new areas.

**Keywords:** photosynthetic rate, legume plant species, soil macroarthropod

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Caracterização dos atributos químicos e texturais do solo da área experimental antes da condução do experimento. ....                             | 18 |
| <b>Tabela 2.</b> Variáveis relacionadas com as trocas gasosas das leguminosas no período de floração (Médias e desvio padrão) (Areia, Paraíba, Brasil, 2017) ..... | 22 |

### CAPÍTULO II

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Caracterização dos atributos químicos e texturais do solo da área experimental antes da condução do experimento .....                                          | 34 |
| <b>Tabela 3.</b> Efeito de diferentes leguminosas na comunidade de macroartrópodes edáficos sobre os índices de Shannon (H) e Simpson (C), (Areia, Paraíba, Brasil, 2017) ..... | 39 |

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1.** Temperatura média (°C, linha pontilhada) e precipitação acumulada (mm, linha reta) da área experimental no período de agosto de 2016 a abril de 2017; Dados obtidos do website: <http://www.inmet.gov.br> ..... 17
- Figura 2.** Taxa de crescimento (%), biomassa verde (t ha<sup>-1</sup>) e biomassa seca (t ha<sup>-1</sup>) das leguminosas (média ± DP, N = 240). As barras seguidas da mesma letra indicam não haver diferenças significativas dos parâmetros pelo teste Bonferroni (p<0,05)..... 23
- Figura 3.** Teor de N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio) (g kg<sup>-1</sup>) nas folhas das leguminosas e da vegetação espontânea (média ± DP, N = 240). As barras seguidas da mesma letra não indicam diferenças significativas dos parâmetros pelo teste Bonferroni (p<0,05) ..... 24
- Figura 4.** Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio nas leguminosas (média ± DP, N = 240). As barras seguidas da mesma letra não indicam diferenças significativas dos parâmetros pelo teste Bonferroni (p<0,05).....24

### CAPÍTULO II

- Figura 2.** Temperatura média (° C, linha pontilhada) e precipitação acumulada (mm, linha preta) da área experimental no período de agosto de 2016 a abril de 2017, Dados obtidos do website: <http://www.inmet.gov.br> ..... 34
- Figura 3.** Abundância (nº de indivíduos), frequência (%) e biomassa da macrofauna do solo (g m<sup>-2</sup>) (HYM-Hymenoptera, COL-Coleoptera; DIP-Diptera; ORT-Orthoptera; LLEP-Larva Lepidopetra; LEP-Lepidopetra; ODO-Odonata; MAN-Mantodea; HEM-Hemiptera; ARA-Araneae; DER- Dermaptera; ESC-Escorpionida; THY-Thysanoptera; CHI-Chilopoda) em áreas com leguminosas (Areia, PB, 2017)..... 37
- Figura 4.** Dendograma de similaridade com Índice de Jaccard construído a partir dos dados obtidos nos três anos consecutivos de experimento referentes aos atributos físicos e químicos do solo, as características agrônômicas e a comunidade de macroartrópodes do solo, em áreas com leguminosas..... 38
- Figura 5.** Análise dos componentes principais em áreas com leguminosas. (pH; COT-carbono orgânico total; CAFU-carbono da fração ácido fúlvico; CAHU-carbono da

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| fração ácido húmico; CHUM-carbono da fração humina; P-fósforo; GR- taxa de crescimento; PGB-biomassa verde; PDB-biomassa seca..... | 40 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO GERAL .....                                                                                                                      | 1  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                            | 2  |
| 1 REVISÃO DE LITERATURA .....                                                                                                               | 4  |
| 1.1 Plantas de cobertura .....                                                                                                              | 4  |
| 1.2 O uso de Leguminosas perenes e anuais para proteção do solo .....                                                                       | 5  |
| 1.2.1 Leguminosas perenes .....                                                                                                             | 5  |
| 1.2.2 Leguminosas anuais .....                                                                                                              | 6  |
| 1.3 Trocas gasosas em Leguminosas .....                                                                                                     | 6  |
| 1.4 Macrofauna do solo submetidas a práticas de manejo sustentável do solo .....                                                            | 7  |
| 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                          | 8  |
| CAPÍTULO I-Trocas gasosas de leguminosas e seu potencial de uso como em zona úmida do semiárido brasileiro .....                            | 13 |
| RESUMO.....                                                                                                                                 | 13 |
| ABSTRACT .....                                                                                                                              | 14 |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                          | 15 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                                  | 17 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                              | 20 |
| 4 CONCLUSÕES.....                                                                                                                           | 25 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                          | 26 |
| CAPÍTULO II-Efeitos de médio prazo de espécies de cobertura vegetal sobre a comunidade de macroartrópodes edáficos em solos agrícolas ..... | 30 |
| RESUMO.....                                                                                                                                 | 30 |
| ABSTRACT .....                                                                                                                              | 31 |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                          | 32 |

|   |                                  |    |
|---|----------------------------------|----|
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS .....         | 33 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....     | 36 |
| 4 | CONCLUSÕES.....                  | 41 |
| 5 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 41 |
|   | CONCLUSÕES GERAIS.....           | 45 |
|   | ANEXOS .....                     | 46 |

## INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura brasileira vem alcançando recordes de produção a cada safra (ALTMANN, 2010; IBGE, 2017). Esse desenvolvimento deve-se aos modelos de pacotes tecnológicos utilizados na agricultura como: agricultura de precisão, cultivares mais produtivas; aliado a isso, o surgimento de novas fronteiras agrícolas impulsionaram a produtividade brasileira (CUNHA et al., 2008). Entretanto, essa agricultura é extremamente dependente de insumos sintéticos, principalmente fertilizantes, elevando o custo produtivo. Essa situação, se agrava para os pequenos produtores, por não possuírem recursos financeiros para adubar as culturas (CHIEZA et al., 2017). Além disso, quando aplicados em quantidade excessiva, em solos arenosos, os nutrientes solúveis são lixiviados, podendo contaminar o lençol freático (ALVES et al., 2011; LI et al., 2014; DALL'ORSOLETTA et al., 2017).

Nesse contexto, é necessário adotar práticas agrícolas mais sustentáveis. Entretanto, a adoção de sistemas sustentáveis requer tempo e, muitas das vezes, os agricultores ficam receosos de introduzir, devido a disponibilização dos nutrientes para as culturas ser lenta, por outro lado, a liberação lenta, minimiza as perdas de nutrientes no solo, quando comparados com a dos fertilizantes minerais (SILVA et al., 2015). Nesse cenário, a utilização de leguminosas é uma maneira de se produzir sustentavelmente, devido aos seus vários benefícios como: aumento de matéria orgânica, melhoria na porosidade do solo, minimização dos efeitos da erosão, podendo ser utilizados na rotação de culturas, controle de pragas, supressão de plantas daninhas, fixação de nitrogênio, além de aumentar o teor de nutrientes no solo (WUTKE et al., 2014).

Por outro lado, a utilização dessas espécies em novas áreas requer estudos, especialmente para verificar, espécies com maior potencial para cada região; entretanto, pouca atenção tem sido dada a estudos relacionando parâmetros como: taxa fisiológica, produção de biomassa verde e seca, e teor de nutrientes, com a adaptação das espécies em novas áreas (GRZESIAK et al., 2013; SOUZA et al., 2018). Além disso, devido ao amplo número de leguminosas e a crescente degradação dos solos da região semiárida brasileira, verifica-se a necessidade de realizar estudos abordando a adaptação de novas

espécies, bem como avaliar a interferência dessas espécies na comunidade macroartrópodes do solo, de modo a traçar estratégias de manejo do solo de forma sustentável, preservando os recursos naturais (CALEGARI, 2014).

Sendo assim, objetivou-se avaliar, dentro oito espécies de leguminosas, quais apresentam maior potencial para agricultura no Brejo Paraibano, em função de suas características agronômicas, nutricionais e fisiológicas e, quais os efeitos das leguminosas sobre a comunidade de macroartrópodes do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, N. **Plantio direto no cerrado: 25 anos acreditando no sistema**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2010. 568p.

ALVES, R.N. *et al.* Relação entre qualidade e liberação de N por plantas do semiárido usadas como adubo verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1107–1114, 2011.

CUNHA, T.J.F. *et al.* **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 60 p.

IBGE (Ed.). **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: v.30, p.1-83. 2017.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D.(org). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e práticas. Brasília: Embrapa, DF; 2014. p. 19-36.

CHIEZA, E.D. *et al.* Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, p. 189-196, 2017.

DALL'ORSOLETTA, D.J. *et al.* Urea coated with poultry litter as an option in the control of nitrogen losses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.398-403, 2017.

GRZESIAK, S. *et al.* Changes in root system structure, leaf water potential and gas exchange of maize and triticale seedlings affected by soil compaction. **Environmental and Experimental Botany**, v.88, p.2-10, 2013.

LI, J. *et al.* Use of nitrogen process inhibitors for reducing gaseous nitrogen losses from land-applied farm effluents. **Biology and Fertility of Soils**, v.50, p.133–145, 2014.

SILVA, D. V. *et al.* Decomposition of ground biomass of secondary forest and yield of annual crops in no tillage system. **Revista Ceres**, v.62, p. 568-576, 2015.

SOUZA, G.A.V.S. *et al.* Agronomic evaluation of legume cover crops for sustainable agriculture. **Russian Agricultural Sciences**, v.44, p.31-38, 2018.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L.P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (org). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília: Embrapa, DF, 2014. p. 59-168.

# **1 REVISÃO DE LITERATURA**

## **1.1 Plantas de cobertura**

O uso de espécies vegetais como cobertura do solo provém desde a Era Cristã (ROSSI; CARLOS, 2014), com o passar dos anos, a sua utilização tornou-se escassa, principalmente na década de 60, auge da Revolução verde, nessa época a utilização dos insumos sintéticos estava em alta. A busca por produtos sintéticos (i.e., fertilizantes, agroquímicos) promoveu uma revolução nos campos agrícolas; como aumento na produção das culturas agrícolas, por outro lado, essa evolução acarretou em sérios problemas ambientais (desmatamento e contaminação das águas), e novas formas de manejo passaram a ganhar destaque novamente, principalmente técnicas de manejo sustentáveis (CALEGARI, 2014).

O uso de fertilizantes minerais é a forma de fertilização do solo mais utilizada (ALTMANN, 2010), porém em áreas de agricultura familiar o seu uso eleva os custos de produção (SOUZA et al., 2017). Dessa forma, a utilização de plantas de cobertura surge como uma alternativa mais sustentável para utilização no meio agrícola, diminuindo os custos com fertilizantes. O uso das plantas de cobertura consiste no plantio de espécies vegetais, em geral leguminosas, com o objetivo de conservar e aumentar a fertilidade do solo (LÁZARO et al., 2013). A sua utilização no meio agrícola pode ser empregada em diferentes sistemas de manejo, como: em consórcio com a cultura principal, cobertura vegetal, rotação de culturas, controle de pragas, controle de plantas daninhas e fonte de nutrientes (FAVARATO et al., 2014).

Existe ampla variedade de espécies vegetais que podem ser utilizadas na adubação verde, entretanto, as leguminosas são as mais utilizadas, devido a sua capacidade de fixar nitrogênio (N) atmosférico, elevada produção de biomassa, rápido crescimento, e sistema radicular vigoroso, que descompacta o solo, além de atuar na reciclagem de nutrientes (RODRIGUES et al., 2007). Outra opção de utilização são, as gramíneas, pois têm alta produção de biomassa; além disso, sua decomposição lenta permite proteção ao solo por um período mais longo, minimizando os efeitos da erosão (AMABILE et al., 2000; GERLACH, 2014).

## 1.2 O uso de Leguminosas perenes e anuais para proteção do solo

As leguminosas são as espécies mais utilizadas como plantas de cobertura, devido a simbiose com as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, permitindo uma redução, ou, até mesmo a não utilização de fertilizantes nitrogenados (BRITO et al., 2017). Em estudo de Lázaro et al. (2013), o uso de leguminosas foi uma alternativa para reduzir a adubação nitrogenada na cultura do milho, evitando a utilização da adubação de cobertura. Resultados semelhantes foram obtidos por Favarato et al. (2017) na cultura do repolho, em que a incorporação de leguminosas substituiu a adubação de cobertura.

De acordo com Wutke et al. (2014), as leguminosas são espécies de fácil decomposição, devido sua baixa relação C/N (carbono/nitrogênio), favorecendo a mineralização e liberação dos nutrientes para o solo. Entretanto a decomposição do material varia de acordo com a biota do solo e as condições climáticas (i.e., precipitação pluvial, temperatura, umidade) (NUNES et al., 2010; FERREIRA, 2017). Estudos de Xavier et al. (2017) no Recôncavo Baiano, verificaram que a *D. lablab* não é recomendada para cobertura de solo na região, devido sua decomposição ser muito rápida, por outro lado, os autores concluíram que a *C. juncea* é a espécie mais recomendada para cobertura do solo naquela região, além de ser uma espécie recicladora de nutrientes.

### 1.2.1 Leguminosas perenes

A principal leguminosa perene utilizada é *Dolichos lablab* (WUTKE et al., 2014), que apresenta crescimento prostrado alta tolerância à seca e elevada produção biomassa seca (PERIN et al., 2004), é adaptada a solos com textura areno-argilosa. Outra espécie utilizada é a *Neonotonia wightii*, utilizada em sistemas de consórcio com pastagens, apresenta elevada produção de biomassa, com boa palatabilidade para os animais, evidenciando seu potencial forrageiro (MORAIS et al., 2017). Seu crescimento é do tipo trepador, inicialmente lento, mas rápido depois do seu estabelecimento (CAMPOS et al., 2012), adapta-se a regiões altas, entretanto, é muito

exigente em solos esse desenvolvimento é favorecido em solos com boa fertilidade (WUTKE et al., 2014).

### 1.2.2 Leguminosas anuais

As principais leguminosas anuais utilizadas são as mucunas (*mucuna* spp.), guandu arbóreo e anão [*Cajanus cajan* (L.), Millips.], crotalárias (*C. mucronata*, *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. paulina*, *C. spectabilis*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) (WUTKE et al., 2014). A utilização de cada uma depende das condições climáticas de cada região, e do manejo que será adotado (FAVARATO et al., 2017; SOUZA et al., 2018). A *Mucuna pruriens* é resistente à seca, apresenta elevada produção de biomassa verde, e crescimento inicial é rápido, garantindo rápida proteção ao solo e impedindo o desenvolvimento de plantas daninhas; além disso, pode ser utilizada na alimentação animal (WUTKE et al., 2014). É uma das espécies mais utilizadas no Brasil, devido ao seu fácil manejo e adaptação (FERREIRA, 2017).

Outras espécies bastante utilizadas são as crotalárias, dentre elas *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* são as mais empregadas no Brasil, devido sua elevada fixação de N – atmosférico, produção de biomassa verde e seca. Além disso, são amplamente utilizadas no controle de nematoides em áreas com produção de grãos. São leguminosas com boa adaptação em solos de baixa fertilidade e com baixo teor de matéria orgânica (CALEGARI, 2014). A *Canavalia ensiformes* é a espécie mais utilizada no controle de plantas daninhas, tem boa taxa de cobertura do solo, protegendo rapidamente. Além disso, libera substâncias tóxicas, impedindo o desenvolvimento de plantas daninhas de difícil controle, como a *Cyperus rotundus* (tiritica) (LOPEZ, 2012). Adapta-se a solos de baixa fertilidade e com problemas de drenagem (WUTKE et al., 2014).

## 1.3 Trocas gasosas em Leguminosas

As taxas fisiológicas das plantas são responsáveis pela acumulação direta de matéria seca do vegetal. Dessa forma, os estudos de comparação em plantas, sob

condições normais e de estresse, tem grande efeito, sob a respiração vegetal. A transpiração é essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, nessa fase ocorre a assimilação de CO<sub>2</sub>. Além disso, a transpiração atua como mecanismo do resfriamento, diminuindo o calor absorvido pela radiação solar (PINTO et al., 2014).

A redução da área foliar causa efeitos diretos na capacidade fotossintética das plantas, afetando as reações bioquímicas e o funcionamento do mecanismo fotossintético, devido a mecanismo de fechamento estomático (TAIZ; ZEIGER, 2017). Rossi; Castro (2012), observaram que a diminuição da abertura estomática se comporta como uma das respostas diretas ao estresse biótico e abiótico, como forma de diminuir a perda de água e possível morte por dessecação (SOARES et al., 2015). De acordo com Pinzón-Torres; Schiavinato (2008) a fotossíntese está intimamente relacionada com a produção de biomassa, devido a quantidade de luz incidente sobre a planta, de modo que a eficiência da conversão da luz é determinada diretamente pelos processos fotossintéticos. Por outro lado, o crescimento vegetativo das espécies é associado à taxa fotossintética, refletindo indiretamente na taxa de assimilação líquida, que por sua vez varia de acordo com variações no ambiente (i.e., luz, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes) (GODOY, 2017).

Sendo assim, no Brejo Paraibano, as espécies que tem apresentado maior tolerância ao clima são: *Mucuna pruriens*, *Canavalia ensiformes*, *Cajanus cajan* e crotalárias (FERREIRA, 2017). Entretanto, em estudos de Souza et al. (2008) mostraram que o fotoperíodo influenciou a produção de biomassa da *C. juncea* no Cerrado Brasileiro.

#### **1.4 Macrofauna do solo submetidas a práticas de manejo sustentável do solo**

A macrofauna do solo é constituída pelos invertebrados com mais de 10 mm de comprimento e/ou 2 mm de diâmetro, que passam uma ou mais fases de desenvolvimento no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A macrofauna do solo contribui para a avaliação do grau de sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pois sistemas de manejos que promovem proteção do solo (i.e., cobertura vegetal) servem como habitat para diversos macroartrópodes no solo; dessa forma, permite maior diversidade de macroartrópodes no ambiente (SOUZA et al.; 2016). Os

macroartrópodes possuem diversas funções ecológicas como, decomposição, mineralização e humificação dos resíduos vegetais, infiltração de água no solo, formação do solo, ciclagem de nutrientes (VASCONCELLOS et al., 2013). Apesar da importância dos macroartrópodes para o equilíbrio do ecossistema, poucos estudos tem sido realizados para avaliação dos efeitos das alterações naturais e antrópicas sobre esses indivíduos (SOUZA et al., 2016; BIANCHI et al., 2017).

Os macroartrópodes mais comuns são coleópteros (larvas e adultos), centopeias, cupins, formigas, diplópodes, isópodes e aracnídeos (KROLOW et al., 2017). De acordo com Cunha et al. (2014) as plantas de cobertura têm efeito positivo na macrofauna do solo. Segundo os autores, as leguminosas proporcionam maior fornecimento de alimentos e garantem microambientes favoráveis para o seu desenvolvimento, protegendo-a dos raios solares. Por outro lado, a introdução dessas espécies em novas áreas promove alterações no ambiente, podendo causar efeitos negativos em algumas ordens de macroartrópodes; entretanto, a fácil adaptação da ordem Hymenoptera a esses ambientes garante maior abundância, como relatado em trabalhos por Brito et al. (2016) e Martins et al. (2017).

Segundo Lima et al. (2010), a agricultura intensiva promove alterações na estrutura das comunidades, abundância e biomassa na população de macroartrópodes do solo. De acordo com Souza et al. (2016), para manutenção da qualidade do solo é fundamental que a abundância e a diversidade de espécies da macroartrópodes sejam promovidas. A adoção de técnicas de manejo que proporcionem melhorias na fertilidade do solo e aumento da qualidade nutricional das resíduos, possibilita a colonização desses indivíduos em ambientes antes desfavoráveis (SOUZA et al., 2018).

## 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, N. **Plantio direto no cerrado: 25 anos acreditando no sistema**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2010. 568p.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.47-54, 2000.

BIANCHI, M.O. *et al.* Macrofauna Edáfica como Indicadora em Revegetação com Leguminosas Arbóreas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p.1-8, 2017.

BRITO, M.F. *et al.* Reciclagem de nutrientes de adubos verdes e produtividade de milho cultivado em sucessão em agroecossistema de transição agroecológica. **Acta Iguazu**, v.6, p.11-21, 2017.

BRITO, M. F. *et al.* Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.253-260, 2016.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (org) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília: Embrapa, DF, 2014. p. 19-36.

CAMPOS, L.H.F. *et al.* Crescimento inicial de *Merremia cissoides*, *Neonotonia wightii* e *Stizolobium aterrimum*. **Planta Daninha**, v.30, p.497-504, 2012

CUNHA, J.A.S.; ANDRADE, E.B.; BARROS, R.F.M. Associação da diversidade de artrópodes com características do solo em diferentes plantios de melancia. **Revista Biociências**, v.20, p.22-31, 2014.

FAVARATO, L.F. *et al.* Population density and weed infestation in organic no-tillage corn cropping system under different soil covers. **Planta Daninha**, v.32, p.739-746, 2014.

FAVARATO, L.F. *et al.* Biomassa verde de plantas como adubo de cobertura em cultivo orgânico de Repolho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, p.16-23, 2017.

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

GERLACH, G.A.X. **Consórcio entre milho e leguminosas, produção de palha e manejo do nitrogênio no feijão de inverno em região com verão chuvoso e inverno**

**seco**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP, Ilha Solteira, 2014.

GODOY, J.R.L. **Ecofisiologia do estabelecimento de leguminosas arbóreas da Mata Atlântica, pertencentes a diferentes grupos funcionais, sob atmosfera enriquecida com CO<sub>2</sub>: uma abordagem sucessional**. 2017. 114 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente), Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2017.

KROLOW, D.R.V. *et al.* Alteration in soil fauna due to soil management and crop rotation in a long-term experiment. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, p. 50-63, 2017.

LÁZARO, R.F. *et al.* Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.43, p.10-17, 2013.

LIMA, S.S. *et al.* Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.322-331, 2010.

LOPEZ, R.E.S. *Canavalia ensiformes* (L.) DC (Fabaceae). **Revista Fitos**, v. 7, p.146-154, 2012.

MARTINS, L.F. *et al.* Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, p. 11-22, 2017.

MORAIS, L.F. *et al.* Efeito da mastigação sobre a sobrevivência de sementes de leguminosas forrageiras tropicais e germinação. **Archivos de Zootecnia**, v.66, p.131-135, 2017.

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

NUNES, H.V.N. *et al.* Decomposição de restos culturais dispostos na superfície do solo e submetidos a adubação nitrogenada na microrregião de Guarabira-PB. **Revista ACTA Tecnológica**, v.5, p.17-30, 2010.

PERIN, A. *et al.* Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.35-40, 2004.

PINTO, C. M. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Agropecuária Técnica**, v.35, p.35-40, 2014.

PINZÓN-TORRES, J.A; SCHIAVINATO, M.A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**, v.35, p. 395-404, 2008.

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**, v.31, p.1421-1428, 2007.

ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. Histórico da adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (org) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília: Embrapa, DF, 2014. p.37-58.

ROSSI, G.; CASTRO, P.R.C. **Ecofisiologia dos adubos verdes**. 51. ed. Piracicaba: ESALQ, 2012. 74 p.

SOARES, L. A. A. *et al.* Crescimento de combinações copa - porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.211–217, 2015.

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

SOUZA, G.A.V.S. *et al.* Agronomic evaluation of legume cover crops for sustainable agriculture. **Russian Agricultural Sciences**, v.44, p.31-38, 2018.

SOUZA, T.A.F.; RODRÍGUES, A.F. MARQUES, L.F. The trend of soil chemical properties, and rapeseed productivity under different long-term fertilizations and stubble

management in a Ferralsol of Northeastern Brazil. **Organic Agriculture**, v.7, p. 353-363, 2017.

SOUZA, T.A.F.; RODRÍGUES, A.F.; MARQUES, L.F. Long-term effects of alternative and conventional fertilization on macroarthropod community composition: a field study with wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated on a ferralsol. **Organic Agriculture**, v.6, p. 323-330, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 819p.

VASCONCELLOS, R.L.F. *et al.* Soil macrofauna as an indicator of soil quality in a undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v.8, p.105-112, 2013.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L.P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (org) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília: Embrapa, DF, 2014. p. 59-168.

XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, J.I.A.; SILVA, M.R. Decomposition and nutrient release dynamics of shoot phytomass of cover crops in the Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, p.1-14, 2017.

## CAPÍTULO I

### **Trocas gasosas de leguminosas e seu potencial de uso em zona úmida do semiárido brasileiro**

#### **RESUMO**

O uso de leguminosas é uma forma de aumentar o teor de nutrientes do solo de maneira sustentável e sua utilização é essencial para manutenção da fertilidade dos solos agrícolas. Objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas de diferentes espécies de plantas usadas como adubos verdes e seu potencial uso na agricultura do Brejo Paraibano. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, distribuídos em 8 tratamentos, 3 blocos e 10 repetições por bloco ( $N = 240$ ). Os tratamentos foram: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e, vegetação espontânea, caracterizada por *Brachiaria decumbes* Stapf. cv. Basilisk. As variáveis analisadas foram: taxa fotossintética, transpiração foliar, condutância estomática, concentração interna de  $\text{CO}_2$ , eficiência instantânea no uso da água, eficiência instantânea de carboxilação, eficiência intrínseca no uso da água, taxa de crescimento, biomassa verde e seca, e teor de nutrientes na planta. Os dados foram submetidos ao teste de Bonferroni a 5% de probabilidade. A espécie *C. juncea* apresentou a maior taxa fotossintética, diferindo significativamente das demais espécies. Não houve diferença significativa entre a vegetação espontânea e as espécies *C. ensiformes*, *D. lablab*, *M. pruriens* e *N. wightii* para a taxa fotossintética. A vegetação espontânea apresentou a maior taxa de crescimento; entretanto, a sua produção de fitomassa verde e seca foi menor que as espécies de adubos verdes. Não houve diferença significativa entre *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes*, *D. lablab* e *M. pruriens* para o teor de nitrogênio. Os maiores teores de fósforo foram encontrados na vegetação espontânea e de potássio na *C. juncea*. De acordo com os resultados a espécie *C. juncea*, apresentou maior taxa fisiológica, refletindo em maior adaptabilidade às condições de zona úmida da região

semiárida brasileira. A espécie *D. lablab* apresentou maior taxa de crescimento, biomassa seca, e teor de N na folha.

**Palavras-chave:** Taxa fotossintética, produção de biomassa, teor de nutrientes

### **Gaseous exchanges of different legume species and their potential to cultivation in the humid region of Brazilian semiarid**

#### **ABSTRACT**

The use of legume species as green manuring is a way to increase the soil nutrient content in a sustainable agricultural system. Thus, its utilization is essential to maintain the fertility of agricultural soils. Our aim here, was to evaluate the gas exchange of different legume species and their potential use in the edaphoclimatic conditions of the humid region of the Brazilian semiarid. We used a randomized blocks design was used, distributed in eight treatments (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, and spontaneous vegetation) with three replications (N = 24). We analysed: photosynthetic rate, leaf transpiration, stomatal conductance, CO<sub>2</sub> internal concentration, instantaneous water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency, intrinsic water use efficiency, growth rate, fresh and dry biomass, and plant nutrient content. We found that *C. juncea* presented the highest photosynthetic rate. For the photosynthetic rate, there was no significant difference between the spontaneous vegetation and the following legume species: *C. ensiformes*, *D. lablab*, *M. pruriens* and *N. wightii*. The spontaneous vegetation showed the highest growth rate; however, the fresh and dry biomass production was lower than the legume species. There was no significant difference among *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformes*, *D. lablab* and *M. pruriens* for nitrogen content. The highest levels of phosphorus were found in the spontaneous vegetation and potassium in *C. juncea*. According to the results, leguminous plants (mainly *C. juncea*) presented higher physiological rates, reflecting greater adaptability in the humid zone conditions of the Brazilian semiarid region. Green manure species (for example: *D.*

*lablab*) presented the highest values of growth rate, dry biomass, and N content in the leaves than other studied legume species in this study.

**Keywords:** Photosynthetic rate, plant biomass production, nutrient content.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a agricultura moderna enfrenta diversos desafios para suprir a crescente população mundial com alimentos mais saudáveis (GHIMIRE et al., 2016). Aliado a isso, ainda existem os problemas relacionados ao incremento de áreas com solos em algum estágio de degradação em função do manejo incorreto adotado a longo-prazo (i.e., queimadas e cultivo “morro abaixo”), sobretudo em pequenas propriedades caracterizadas como áreas de agricultura familiar (SOUZA et al., 2016). Diante disso, a adoção de técnicas de manejo voltadas a proteção física do solo, a manutenção dos teores de carbono orgânico total no solo e da fertilidade natural, tornam-se essenciais para o aumento da produtividade agrícola e garantia dos recursos naturais para as futuras gerações (DURANTE et al., 2017; CHIMITDORZHIEVA, 2017).

Umas das formas de aumentar a produtividade das culturas sem degradar os recursos naturais é melhorar a fertilidade do solo com técnicas de manejo que visem a utilização de fontes de matéria orgânica para o solo, proteção física de agregados, controle de plantas espontâneas, práticas de baixo custo e que favoreçam o incremento natural da fertilidade, por evitar as perdas de nutrientes por lixiviação ou erosão (LEAL et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2012; DROPPELMANN et al., 2017). Nessa perspectiva, a utilização de plantas de cobertura com leguminosas é uma alternativa para melhorar ou recuperar os solos de áreas degradadas (TEODORO et al., 2011; SOUZA et al., 2018).

Na região semiárida do Brasil, são poucos os estudos que caracterizem os parâmetros fisiológicos, o potencial de produção de biomassa e quantidade de nutrientes no tecido vegetal de diferentes leguminosas. Segundo Grzesiak et al. (2013) e Souza et al. (2018) pouca atenção tem sido dada a estudos relacionando estes componentes com a

adaptação das espécies em novas áreas. Devido ao amplo número de plantas de cobertura com potencial para uso como adubos verdes e a crescente degradação dos solos da região semiárida brasileira, verifica-se a necessidade de realizar estudos abordando os efeitos da adaptação de novas espécies, bem como avaliar alguns parâmetros (i.e., trocas gasosas, produção de biomassa e teor de nutrientes) para definição de espécies adaptadas às condições regionais.

De acordo com Santos et al. (2014) a avaliação das taxas de crescimento das espécies serve como um indicativo para se deduzir sobre os processos fisiológicos no desenvolvimento das plantas. Estudos de Souza et al. (2018) e Ferreira (2017) observaram que a *C. spectabilis* tem maior taxa de crescimento e produção de biomassa seca, quando comparada a outras leguminosas, em áreas de zona úmida do semiárido brasileiro. Entretanto, Brito et al. (2017) verificaram que a *C. juncea* produziu mais biomassa no Cerrado Sul-Matogrossense, evidenciando o potencial da espécie para determinada região. Sendo assim, a identificação de espécies de adubos verdes apropriadas para as condições edafoclimáticas de cada região, garante maior eficiência das espécies, permitindo maior produção de biomassa seca (OLIVEIRA, 2012).

Diante do exposto, estabeleceu-se um experimento de média duração (3 anos) em condições de campo em um Neossolo Regolítico Psamítico típico. Neste experimento, foram comparadas as trocas gasosas, a taxa de crescimento, a produção de biomassa e teores de nutrientes nas folhas de diferentes espécies de cobertura (i.e., anuais e perenes). Para tanto objetivou-se comparar a adaptabilidade fisiológica e agrônômica de oito espécies de plantas de cobertura e seu potencial de crescimento em zona úmida da região semiárida brasileira. Foram levadas em consideração duas questões principais durante a condução do experimento: (1) Plantas leguminosas possuem maiores taxas de crescimento e melhores taxas fisiológicas do que espécies não-leguminosas, devido sua habilidade de fixar N potencializando assim o crescimento vegetativo e a absorção de N e de outros nutrientes. Baseando-se nos estudos desenvolvidos por Teodoro et al. (2011), Ferreira (2017) e Souza et al. (2018), espera-se que as espécies leguminosas apresentassem maiores taxas fisiológicas, maiores taxas de crescimento, maior produção de biomassa e maior teor de N no tecido foliar do que as espécies não-leguminosas; (2) As espécies de plantas perenes são mais recomendadas para serem usadas como plantas de cobertura do que as espécies de plantas anuais, devido a elevada produção de biomassa em função do seu hábito de crescimento.

Baseando-se nos resultados de Souza et al. (2018), espera-se observar maiores produções de biomassa (seca e verde) nas espécies de plantas perenes devido suas elevadas taxas de crescimento, associadas ao período prolongado de crescimento vegetativo em comparação às espécies de crescimento determinado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo no período de setembro de 2016 a março de 2017 na área experimental do Módulo de Olericultura, localizado na Fazenda Experimental Olho D'Água, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), localizada no município de Areia, Paraíba, Brasil (06°57'30" S, 35°45'33,8" W, altitude de 560 m). O clima da região é do tipo Tropical úmido (As', com verão seco) com precipitação anual e temperatura médias de 1500 mm e 23 °C, respectivamente. Os dados mensais (agosto de 2016 a abril de 2017), referentes às condições climáticas da área de estudo, foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>) (Figura 1).

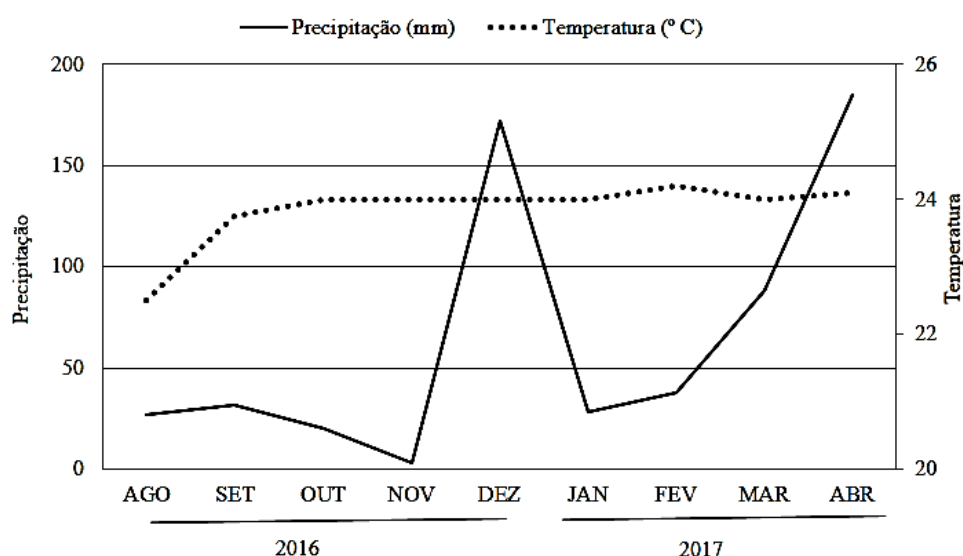


**Figura 1.** Temperatura média (°C, linha pontilhada) e precipitação acumulada (mm, linha reta) da área experimental no período de agosto de 2016 a abril de 2017; Dados obtidos do website: <http://www.inmet.gov.br>

O solo da área experimental foi classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico típico, de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0,0 - 0,2 m, com um trado tipo holandês, para caracterização química e física do solo de acordo com metodologia proposta por Donagema et al. (2011). A caracterização química e física do solo antes da condução do experimento é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização dos atributos químicos e texturais do solo da área experimental antes da condução do experimento.

| Atributos químicos |                     |                |                 |                  |                  |                  |                                  |      |      | Granulometria      |       |       |        |
|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|------|------|--------------------|-------|-------|--------|
| pH <sup>1</sup>    | P                   | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | SB   | CTC  | M.O                | Areia | Silte | Argila |
|                    | mg dm <sup>-3</sup> |                |                 |                  |                  |                  |                                  |      |      | g kg <sup>-1</sup> |       |       |        |
|                    |                     |                |                 |                  |                  |                  |                                  |      |      |                    |       |       |        |
| 5,7                | 36                  | 0,23           | 0,03            | 1,93             | 0,76             | 0,1              | 3,16                             | 2,95 | 6,11 | 10,85              | 847   | 81    | 72     |

<sup>1</sup>H<sub>2</sub>O (1:2,5); P – fósforo; K<sup>+</sup> - potássio; Na<sup>+</sup> - sódio; Ca<sup>2+</sup> - cálcio; Mg<sup>2+</sup> - magnésio; Al<sup>3+</sup> - alumínio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> - acidez potencial; SB- soma de bases; CTC - capacidade de troca catiônica; M.O – matéria orgânica.

Este experimento foi instalado no ano de 2014, repetido em 2015, e instalado novamente no ano de 2016 (terceiro ano de condução e avaliação). Anteriormente a instalação do estudo, a área foi cultivada com hortaliças por 10 anos. As parcelas já haviam sido demarcadas no primeiro ano de estudo (2014), sendo necessário apenas realizar a limpeza da área com auxílio de enxada. A área de cada parcela experimental foi de 24 m<sup>2</sup> (6 × 4 m). Cada parcela apresentou 8 linhas com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,10 m entre plantas. As distâncias entre blocos e parcelas foram de 1 m e 0,5 m, respectivamente. As sementes das espécies de cobertura foram obtidas junto ao Laboratório de Tecnologia de Sementes pertencente ao Campus III da UFPB, Bananeiras, PB.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 8 tratamentos, 3 repetições e 10 repetições por bloco ( $N = 240$ ). Os tratamentos foram: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e vegetação espontânea, caracterizada por *Brachiaria decumbes* Stapf. cv. Basilisk.

Foram avaliados ao longo do experimento características relacionadas a: (i) trocas gasosas, (ii) crescimento vegetativo, (iii) produção de biomassa e (iv) os teores de macronutrientes primários na folha diagnóstica de cada espécie de cobertura estudada. Para as avaliações das trocas gasosas foi utilizado um analisador de gás infravermelho – (IRGA) (ACD, modelo LCPro SD, Hoddlesdon, UK). As avaliações foram realizadas entre 9:00 e 11:00 horas em 10 plantas, quando as estas apresentavam mais de 50% de florescimento (SOUZA et al., 2018). As leituras foram realizadas, adotando-se, como critério, a terceira folha totalmente expandida, contada a partir do ápice do ramo principal. Foram determinadas as seguintes variáveis: taxa fotossintética ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração foliar ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Quantificou-se a eficiência do uso da água [ $\text{EUA}$ ,  $(\mu\text{mol CO}_2) (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ ] por meio da relação entre a taxa fotossintética e a transpiração, a eficiência instantânea de carboxilação [ $\text{EiC}$ ,  $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol s}^{-1})^{-1}$ ] através da relação entre a taxa fotossintética e carbono interno, e a eficiência intrínseca do uso da água [ $\text{EiUA}$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ] por meio da relação entre a taxa fotossintética e a condutância estomática.

Para o crescimento vegetativo, foram selecionadas 10 plantas por parcela. Foi avaliado o crescimento em altura com uma trena milimétrica aos 30 e 150 dias após a emergência das espécies de cobertura. A taxa de crescimento (TC) foi calculada de acordo com metodologia descrita por Souza et al. (2018), utilizando a seguinte equação:  $\text{TC (\%)} = [(\ln G_2 - \ln G_1) / T] \times 100$ , onde  $\ln$  é o logaritmo neperiano,  $G_2$  é a medida da altura da planta aos 150 dias,  $G_1$  é a medida de altura da planta aos 30 dias, e  $T$  é a diferença do número de dias entre as avaliações  $G_2$  e  $G_1$ .

Para a produção de biomassa, por ocasião do corte e colheita foi determinada a biomassa verde de 10 plantas por parcela. O corte foi efetuado quando as plantas estavam em pleno florescimento, o que varia entre as espécies em função de seu ciclo. Após a determinação da biomassa verde, as amostras foram encaminhadas para o laboratório e colocadas em estufa com circulação forçada a  $65^\circ\text{C}$  por 72 horas para posterior determinação da biomassa seca. Com base nos dados obtidos para biomassa verde e seca por planta foram calculados a biomassa verde e seca da parte aérea ( $\text{t ha}^{-1}$ ), e biomassa verde e seca da parte aérea ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

Para determinação do teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) foram coletadas as folhas diagnósticas de cada espécie de cobertura (MALAVOLTA et al.,

1997). Foram coletadas 2 folhas de 10 plantas. Estas foram colocadas em sacos de papel e encaminhadas para o laboratório onde foram lavadas em água corrente e depois em água destilada. Em seguida, foram colocadas 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 foram encaminhados ao Laboratório de Análise Agronômica, Ambiental e Preparo de Soluções Químicas (FULLIN), Vitória, ES, para determinação dos teores de NPK, 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 leguminosas.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para testar se os dados obedeciam a uma distribuição normal. Para as análises estatísticas os dados foram transformados em  $\log_{10}$  e apresentados nos gráficos e tabelas na sua escala real. Foi realizada a análise de variância (ANOVA tipo “one-way”) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Bonferroni a 5% usando o pacote *stats* do software R.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diferenças significativas entre as espécies de cobertura para todos os parâmetros avaliados referentes as trocas gasosas. Dentre as espécies estudadas, observou-se que *C. juncea* apresentou os maiores valores para taxa fotossintética (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), transpiração foliar (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*) e eficiência instantânea de carboxilação (*E<sub>i</sub>C*). Já com relação à eficiência instantânea do uso de água (*EUA*), observou-se os menores valores nas parcelas com vegetação espontânea e *C. juncea*. Quando comparadas as demais espécies avaliadas com *C. juncea* e com a vegetação espontânea, observou-se que para a taxa fotossintética (*A*) e condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), *C. ensiformis* e *N. wightii* foram semelhantes à vegetação espontânea. As espécies *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *D. lablab* e *M. pruriens* apresentaram as menores taxas fotossintéticas. Para a transpiração foliar (*E*), *C. ensiformis* e *M. pruriens* não diferiram ( $p < 0,05$ ) de *C. juncea*. Com relação a concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), não foi observado diferenças significativas entre *C.*

*spectabilis*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformis*, *M. pruriens* e *N. wightii* quando comparadas com a vegetação espontânea (Tabela 2).

**Tabela 2.** Variáveis relacionadas com as trocas gasosas das leguminosas no período de floração (Médias e desvio padrão) (Areia, Paraíba, Brasil, 2017)

| Espécies                          | Variáveis                                          |                                    |                                                 |                                       |                                                        |                                          |                                                                   |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                   | A                                                  | $g_s$                              | E                                               | Ci                                    | EUA                                                    | EiUA                                     | EiC                                                               |
|                                   | $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol de H}_2\text{O})^{-1}$ | $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ | $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} (\mu\text{mol s}^{-1})^{-1}$ |
| <i>Crotalaria juncea</i>          | 18,8 ± 5,52a                                       | 0,44 ± 0,25a                       | 5,10 ± 1,79a                                    | 249,5 ± 11,32a                        | 3,01 ± 1,18a                                           | 50,5 ± 17,47a                            | 0,08 ± 0,02a                                                      |
| <i>Crotalaria ochroleuca</i>      | 4,01 ± 0,79c                                       | 0,07 ± 0,01c                       | 1,80 ± 0,26c                                    | 132,3 ± 4,36b                         | 2,10 ± 0,17b                                           | 54,7 ± 8,72a                             | 0,03 ± 0,01c                                                      |
| <i>Crotalaria spectabilis</i>     | 4,03 ± 0,27c                                       | 0,21 ± 0,18b                       | 2,30 ± 0,28b                                    | 147,1 ± 9,97b                         | 1,82 ± 0,11c                                           | 38,6 ± 8,90c                             | 0,03 ± 0,00c                                                      |
| <i>Canavalia ensiformis</i>       | 8,20 ± 0,29b                                       | 0,23 ± 0,10b                       | 4,40 ± 0,93a                                    | 138,8 ± 22,61b                        | 2,04 ± 0,35b                                           | 47,8 ± 13,03a                            | 0,06 ± 0,01b                                                      |
| <i>Dolichos lablab</i>            | 5,62 ± 1,41c                                       | 0,12 ± 0,03bc                      | 2,90 ± 0,71b                                    | 129,9 ± 13,50c                        | 2,03 ± 0,22b                                           | 52,5 ± 8,71a                             | 0,05 ± 0,01b                                                      |
| <i>Mucuna pruriens</i>            | 5,15 ± 3,51c                                       | 0,26 ± 0,33b                       | 4,30 ± 0,45a                                    | 148,5 ± 45,79b                        | 1,51 ± 0,73c                                           | 42,2 ± 31,77b                            | 0,03 ± 0,02c                                                      |
| <i>Neonotonia wightii</i>         | 6,00 ± 3,45b                                       | 0,16 ± 0,10b                       | 3,40 ± 1,87b                                    | 144,0 ± 18,63b                        | 1,86 ± 0,42c                                           | 44,2 ± 11,08b                            | 0,04 ± 0,02bc                                                     |
| Vegetação espontânea <sup>1</sup> | 6,93 ± 0,55b                                       | 0,19 ± 0,02b                       | 1,68 ± 1,37c                                    | 144,0 ± 11,67b                        | 4,07 ± 0,15a                                           | 35,95 ± 3,54c                            | 0,05 ± 0,00b                                                      |

<sup>1</sup>*Brachiaria decumbens*; A - taxa fotossintética;  $g_s$  - condutância estomática; E - transpiração foliar; Ci - concentração interna de CO<sub>2</sub>; EUA- eficiência instantânea no uso da água; EiUA- eficiência intrínseca no uso da água; EiC- eficiência instantânea de carboxilação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste Bonferroni a 5%

Com relação aos valores ótimos relacionados as trocas gasosas observadas com a espécie *C. juncea*, Rodrigues et al. (2014) relatam que pode-se associar tal comportamento com características intrínsecas da espécie, tais como: (1) elevada adaptação a condições de baixa precipitação, exemplos das condições verificadas durante o experimento de campo (Figura 1) e (2) rápido crescimento vegetativo. Segundo estes mesmos autores estas características podem favorecer o estabelecimento de *C. juncea* em condições adversas, em relação às demais espécies de cobertura avaliadas. Com relação aos dados obtidos para a taxa fotossintética (A) e condutância estomática ( $g_s$ ) de todas as plantas de cobertura estudadas, à medida que a taxa fotossintética diminui, a condutância estomática também diminui devido ao fechamento dos estômatos para reduzir a perda de água, resultando em um maior uso eficiente de

água (EUA) e maior taxa de crescimento (BALIGAR et al., 2010; WANG et al., 2013), o que pode explicar os valores obtidos nas parcelas com predomínio de vegetação espontânea (LOPES et al., 2013; OLIVEIRA, 2012; SINGH et al., 2011).

Para a taxa de crescimento, biomassa verde e biomassa seca observou-se diferenças significativas entre as espécies de cobertura avaliadas (Figura 2).

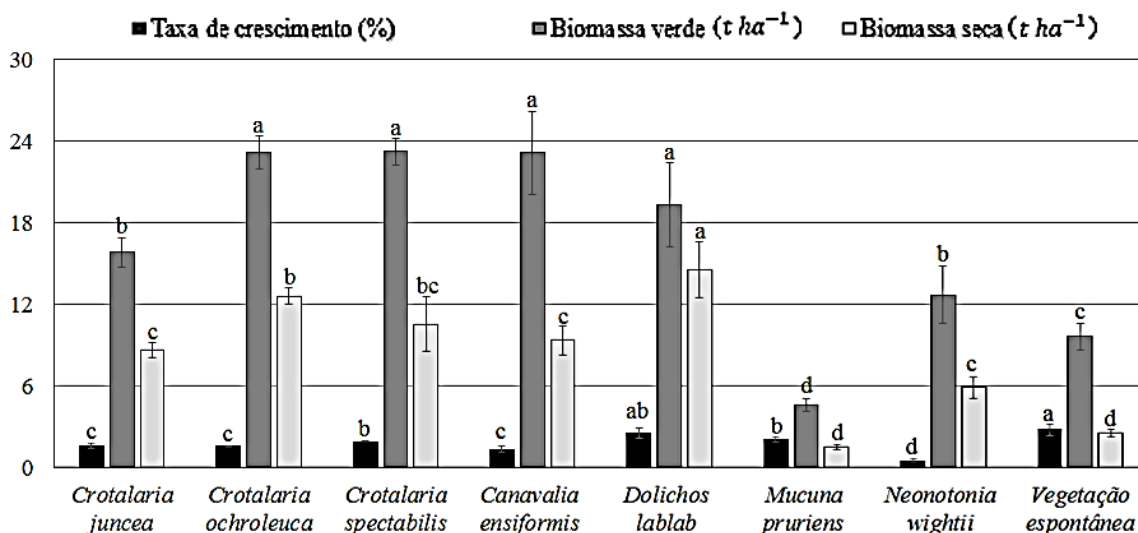
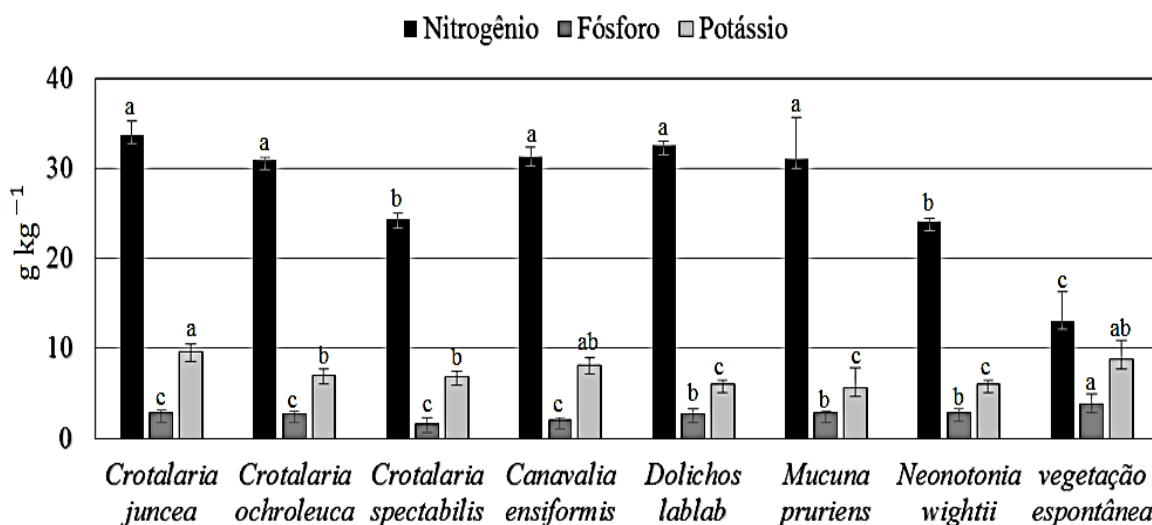


**Figura 2.** Taxa de crescimento (%), biomassa verde (t ha<sup>-1</sup>) e biomassa seca (t ha<sup>-1</sup>) das leguminosas (Média ± DP, N = 240). As barras seguidas da mesma letra indicam não haver diferenças significativas dos parâmetros pelo teste Bonferroni (p<0,05)

A espécie *D. lablab* e a vegetação espontânea apresentaram as maiores taxas de crescimento. Com relação a biomassa verde, os maiores valores foram obtidos com *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *C. ensiformis* e *D. lablab*. Já para a biomassa seca, *D. lablab* foi a espécie com maior produção. Espécies com rápido crescimento inicial e elevado teor de umidade no tecido vegetal como *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e *C. ensiformis* têm capacidade de maior produção de biomassa verde (BRITO et al., 2017), muito embora, isto não se reflita numa elevada produção de biomassa seca (PACHECO et al., 2015). Segundo Oliveira (2012), existe uma correlação positiva entre a taxa de crescimento e a produção de biomassa seca, assim como observado em *D. lablab*. Os resultados de produção de biomassa verde e seca para todas as espécies de cobertura foram superiores aos valores encontrados por Silva et al. (2010), Lima et al. (2012), Santos et al. (2014) e Brito et al. (2017).

Com relação aos teores de macronutrientes primários na folha diagnóstica das espécies de cobertura estudadas, observou-se diferenças significativas nos teores de



nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) entre todas as espécies estudadas (Figura 3).

**Figura 3.** Teor de N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio) (g kg<sup>-1</sup>) nas folhas das leguminosas e da vegetação espontânea (Média ± DP, N = 240). As barras seguidas da mesma letra não indicam diferenças significativas dos parâmetros pelo teste Bonferroni (p<0,05)

Os maiores teores de N foram observados em *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformis*, *D. lablab* e *M. pruriens*. Por outro lado, os maiores teores de fósforo (P) e potássio (K) foram observados na vegetação espontânea, devido ao teores de P e K existentes no solo (tabela 1), entretanto, os teores foliares de K não diferiram estatisticamente dos encontrados na *C. juncea*, *C. ensiformis*. As leguminosas possuem a capacidade de fixar o N atmosférico através da simbiose realizada com as bactérias do gênero *Rhizobium*, dessa forma o N é imobilizado no tecido vegetal (SILVA et al., 2010; VARGAS et al., 2011), evidenciando maiores valores de N nas espécies, quando comparadas com a vegetação espontânea. Embora algumas espécies tenham produzido pouca biomassa seca (Figura. 2) (a exemplo de *C. juncea*, *M. pruriens* e *N. wightii*), apresentaram valores significativos de N, dessa forma essas espécies têm potencial de utilização na ciclagem de nutrientes (RODRIGUES et al., 2012). Em trabalhos de Cavalcante et al. (2012) os teores de P encontrados no *D. lablab* e *C. spectabilis* foram superiores ao deste trabalho; entretanto, a produção de biomassa seca do estudo foi superior à dos autores. De maneira geral há uma grande variabilidade dos teores de

NPK das espécies de leguminosas, uma possível explicação está relacionada a fertilidade do solo (BRITO et al., 2017), como o experimento está no terceiro ano de avaliação, existem benefícios das espécies para o solo.

Foram observadas diferenças significativas no acúmulo de macronutrientes primários entre as espécies de leguminosas estudadas (Figura 4).

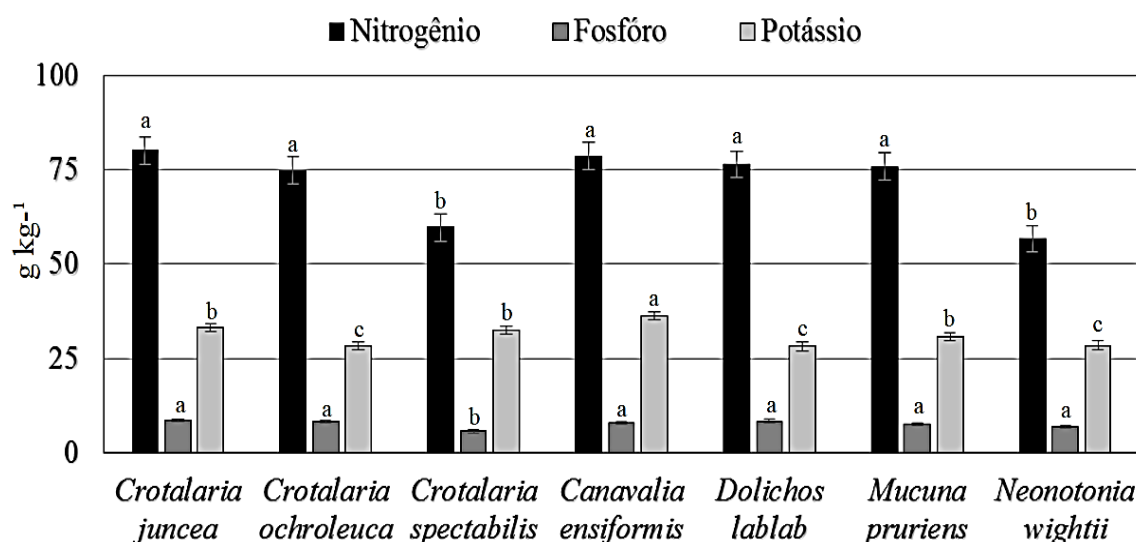


**Figura 4.** Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio nas leguminosas (média  $\pm$  DP, N = 240). As barras seguidas da mesma letra não indicam diferenças significativas dos parâmetros pelo teste Bonferroni ( $p < 0,05$ )

A *C. ensiformis* obteve o maior acúmulo de nutrientes entre as espécies de leguminosas. As espécies *C. spectabilis* e *N. wightii* obtiveram os menores valores de acúmulo de nitrogênio em relação as demais espécies estudadas, entretanto, foram maiores que encontrados por Ferreira (2017) e Souza et al. (2018). O acúmulo de nitrogênio varia de acordo com as leguminosas, espécies com alta capacidade de reciclar nutrientes, como as crotalarias, e alta produção de biomassa tendem a acumular mais nutrientes (LOZIER et al., 2017; PACHECO et al., 2017; SASTRE et al., 2018).

#### 4 CONCLUSÕES

A *C. juncea* apresentou a maior taxa fisiológica, refletindo em maior adaptabilidade nas condições de zona úmida da região semiárida brasileira. A *D. lablab*

obteve os maiores valores de taxa de crescimento, biomassa seca, e teor de N na folha, entretanto, a *C. ensiformes* apresentou maior acúmulo de nutrientes, do que outras espécies utilizadas no estudo

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIGAR, V.C. *et al.* Irradiance, external carbon dioxide concentration and temperature influence photosynthesis in tropical cover crop legumes. **Tropical Grasslands**, v.44, p.24-32, 2010.

BRITO, M.F. *et al.* Reciclagem de nutrientes de adubos verdes e produtividade de milho cultivado em sucessão em agroecossistema de transição agroecológica. **Acta Iguazu**, v.6, p.11-21, 2017.

CAVALCANTE, V.S. *et al* Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.16, p.521-528, 2012.

CHIMITDORZHIEVA, E.O. Carbon reserves in postagrogenic dry steppe soils of Western Transbaikalia. **Arid Ecosystems**, v.7, p.178-183, 2017.

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

DROPPELMANN, K.J.; SNAPP, S.S.; WADDINGTON. Sustainable intensification options for smallholder maize based farming systems in sub-Saharan Africa. **Food Security**, v.9, p. 133-150, 2017.

DURANTE, M. *et al.* Primary production of lowland natural grasslands and upland sown pastures across a narrow climatic gradient. **Ecosystems**. v.20, p.503-532, 2017.

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

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

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

GHIMIRE, R. *et al.* Soil organic matter, greenhouse gases and net global warming potential of irrigated conventional, reduced-tillage and organic cropping systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 106, p.1-15, 2017.

GRZESIAK, S. *et al.* Changes in root system structure, leaf water potential and gas exchange of maize and triticale seedlings affected by soil compaction. **Environmental and Experimental Botany**, v.88, p.2-10, 2013.

LEAL, M.A.A. *et al.* Desempenho de crotalaria cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, v.59, p.386-391, 2012.

LIMA, J.D.; SAKAI, R.K.; ALDRIGHI, M. Produção de biomassa e composição química de adubos verdes cultivados no Vale do Ribeira. **Biosci. J.**, v.28, p.709-717, 2012.

LOPES, M.N. *et al.* Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v.7, p.10-17, 2013.

LOZIER, T.M. *et al.* Release of phosphorus from crop residue and cover crops over the non-growing season in a cool temperate region. **Agricultural Water Management**. v.189, p.39-51, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípio e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 1997. 3219p

PACHECO, L. P. *et al.* Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, p.464-472, 2015.

PACHECO, L. P. *et al.* Biomass and nutrient cycling by cover crops in brazilian cerrado in the state of piaui. **Revista Caatinga**. v.30, p.13-23, 2017.

OLIVEIRA, T.C.T. **Crescimento, aporte de nutrientes e trocas gasosas de leguminosas associadas à *Vitis vinifera*.** 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2012.

RODRIGUES, A.C.C. *et al.* Desempenho de linhagens de duas espécies de *Crotalaria* em função da aplicação de nitrogênio. **Acta Iguazu**, v.3, p. 44-56, 2014.

RODRIGUES, G.B. *et al.* Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, v.59, p.380-385, 2012.

SANTOS, R.A. *et al.* Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.1255-1261, 2014.

SASTRE, B. *et al.* Three years of management with cover crops protecting sloping olive groves soils, carbon and water effects on gypsiferous soil. **Catena**. v.171, p.115-124, 2018.

SILVA, A.G. *et al.* Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.40, p.2092-2098, 2010.

SINGH, A.; BEVERIDGE, J.; SINGH, N. Decreased CSF Transferrin in sCJD: a potential pre-mortem diagnostic test for prion disorders. **Plos One**. v.6, p.45-51. 2011.

SOUZA, G.A.V.S. *et al.* Agronomic evaluation of legume cover crops for sustainable agriculture. **Russian Agricultural Sciences**, v.44, p.31-38, 2018.

SOUZA, T.A.F.; RODRIGUES, A.F.; MARQUES, L.F. Long-term effects of alternative and conventional fertilization II: Effects on *Triticum aestivum* L. development and soil properties from a Brazilian Ferralsols. **Russian Agricultural Sciences**, v.42, p.11-16, 2016.

TEODORO, R.B. *et al.* Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.635-643, 2011.

VARGAS, T. O. *et al.* Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 562-568, 2011.

WANG, D. *et al.* Effects of soil compactation stress on carbohydrate metabolism of cucumber. **Journal Plant Nutrition and Fertilizer Science**, v.19, p. 159-175, 2013.

## CAPÍTULO II

### Efeitos de médio prazo de espécies de cobertura vegetal sobre a comunidade de macroartrópodes edáficos em solos agrícolas

#### RESUMO

A utilização de espécies de cobertura proporciona vários benefícios para o solo, no entanto, pouco se sabe sobre o efeito de médio prazo da utilização de espécies de cobertura sobre a diversidade da comunidade de macroartrópodes edáficos. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes espécies de cobertura sobre a macrofauna do solo, bem como correlacionar a diversidade deste grupo de organismos com o crescimento das espécies de cobertura e compartimentos da matéria orgânica do solo. Para tanto foram cultivadas em um Regossolo, durante 3 anos consecutivos as seguintes espécies de cobertura: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e, vegetação espontânea, caracterizada por *Brachiaria decumbes* Stapf. cv. Basilisk. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, distribuídos em oito tratamentos, três blocos e 10 repetições cada ( $N = 240$ ). Foram avaliadas a abundância, frequência relativa, biomassa, riqueza, índice de Diversidade de Shannon (H) e índice de dominância de Simpson (C). Para as análises de agrupamento e multivariadas foram também analisados a produção de biomassa seca e verde das espécies de cobertura, a taxa de crescimento, o pH, o fósforo disponível, o carbono orgânico total, e as frações das substâncias húmicas. Foram observados 13 grupos taxonômicos, com predominância para as ordens Araneae, Coleoptera, Diptera e Hymenoptera. A maior abundância e frequência relativa foi da ordem Hymenoptera para todas as espécies avaliadas, com predominância da família Formicidae. As espécies de cobertura influenciaram positivamente a riqueza da comunidade de macroartrópodes, o que proporcionou maiores índices de Shannon (diversidade) e Simpson (dominância).

**Palavras-chave:** Leguminosas, experimento de media duração, comunidade de macroartrópodes do solo.

## Medium-term effects of cover crops on soil macroarthropods in agricultural soils

### ABSTRACT

The use of cover crops can promote positively soil ecosystem by its protection to soil erosion, soil fertility maintenance and sustainable management. However, how the medium-term effects of cover crops utilization influence soil macroarthropods community composition is not well known. Here we tested how different cover crops cultivated on a Regosol can impact soil macroarthropod community composition in a medium-term field study. We also correlated macroarthropod diversity with cover crops growth and soil organic matter compartments. The experiment was carried out at a Regosol for 3 consecutive years, where we tested the following cover crops: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e, native weeds. Eight treatments were allocated in a randomized block design that consisted of eight different cover crops. Each treatment was replicated in four blocks, and to our analysis we considered 10 repetitions per block (N=240). We compared macroarthropod abundance, frequency of occurrence of macroarthropods, macroarthropod biomass, richness, diversity index (Shannon) and dominance index (Simpson). To our multivariate analysis we assess both cover crop dry and green biomass, growth rate, soil pH, available P, total organic carbon and humic substances. We found 13 macroarthropods groups and the most frequent groups were Araneae, Coleoptera, Diptera and Hymenoptera. The highest macroarthropod abundance and frequency of occurrence were found with Hymenoptera, family Formicidae for all studied cover crops. All cover crops changed positively macroarthropods richness that in turn changed macroarthropod diversity and dominance.

**Keywords:** Legume plant species, Medium-term field experiment, Soil macroarthropods community

## 1 INTRODUÇÃO

O uso contínuo do solo acarreta em perdas na sua fertilidade. Uma das formas de recuperar essa fertilidade é a utilização de fertilizantes minerais. Entretanto, o elevado preço desses fertilizantes, torna a sua utilização quase inviável em áreas de agricultura familiar (SOUZA et al., 2016a). Nesse sentido, torna-se necessário adotar técnicas mais viáveis e sustentáveis no meio agrícola e o uso de leguminosas surge com uma prática que promove a sustentabilidade agrícola (BRITO et al., 2016). O uso da leguminosas é uma alternativa viável e, a curto prazo aumenta a fertilidade e qualidade dos solos agrícolas (WITTWER et al., 2017).

A introdução dessas leguminosas em novas áreas pode afetar a dinâmica do ambiente, sobretudo a comunidade de macroartrópodes. De acordo com Souza et al. (2016b), entender como essa comunidade reage às alterações no ambiente pode contribuir para determinar práticas agrícolas mais eficientes. Isso é possível, devido aos macroartrópodes desempenharem diversas funções no ambiente (JOUQUET et al., 2011; BIANCHI et al., 2017) como: infiltração de água no solo, formação do solo, decomposição de resíduos vegetais e ciclagem de nutrientes (SACKETT et al., 2010; VASCONCELLOS et al., 2013). Entretanto, são poucos estudos que avaliem os efeitos de espécies de leguminosas na abundância e riqueza da comunidade de macroartrópodes. De acordo com Souza et al. (2016b) pouca atenção tem sido dada a estudos relacionando estes parâmetros com a adaptação das espécies em novas áreas. Devido à grande diversidade de espécies de leguminosas e o grande número de ordens da macrofauna do solo, verifica-se necessário avaliar alguns parâmetros (i.e., abundância, frequência, riqueza) para entender espécies benéficas, ou não, à macrofauna do solo.

Em estudos de Bianchi et al. (2017), as espécies de leguminosas influenciaram positivamente a diversidade da macrofauna do solo, proporcionando maior diversidade na comunidade de insetos e melhor estruturação. A utilização de adubos verdes altera a diversidade da macrofauna do solo, principalmente quando utilizada em sistema de rotação, devido ao fornecimento de alimento (KROLOW et al., 2017), bem como a abundância e frequência foram influenciadas pelas diferentes espécies vegetais utilizadas (GOMES et al., 2015; MARTINS et al., 2017).

Diante do exposto, estabeleceu-se um experimento de média duração (3 anos) em condições de campo em um Neossolo Regolítico Psamítico típico, onde foram comparadas a abundância, frequência, biomassa e riqueza das espécies em áreas com diferentes espécies de cobertura (i.e., anuais e perenes). Para tanto, objetivou-se o efeito de oito espécies de plantas de cobertura sobre a diversidade da macrofauna do solo. Baseando-se responder a duas questões principais durante a condução do experimento: 1), se plantas leguminosas com alta produção de biomassa afetam o desenvolvimento das comunidades de macroartrópodes. Baseando-se nos estudos desenvolvidos por Silva et al. (2015), espera-se que a maior produção de biomassa seja uma forma de atrair maior número de ordens de insetos; 2), se as espécies de plantas anuais, proporcionam maior fornecimento de alimentos para a macrofauna do solo. Baseando-se nos resultados de Souza et al. (2018) essas espécies, por passarem um maior período na área, apresentam maior produção de biomassa, isso garante alimentação, por um período de tempo maior, quando comparadas às espécies perenes. Embora, de acordo com Ferreira (2017), as espécies perenes possuem uma alta taxa de crescimento, o que pode favorecer os macroartrópodes.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em condições de campo no período de setembro de 2016 a março de 2017 na área experimental do Módulo de Olericultura, localizado na Fazenda Experimental Olho D'Água, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizada no município de Areia, Paraíba, Brasil (06°57'30" S, 35°45'33,8" W, altitude de 560 m). O clima da região é do tipo Tropical úmido (As', com verão seco) com precipitação anual e temperatura médias de 1500 mm e 23 °C, respectivamente. Os dados mensais (agosto de 2016 a abril de 2017) referentes as condições climáticas da área de estudo foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>) (Figura 1).

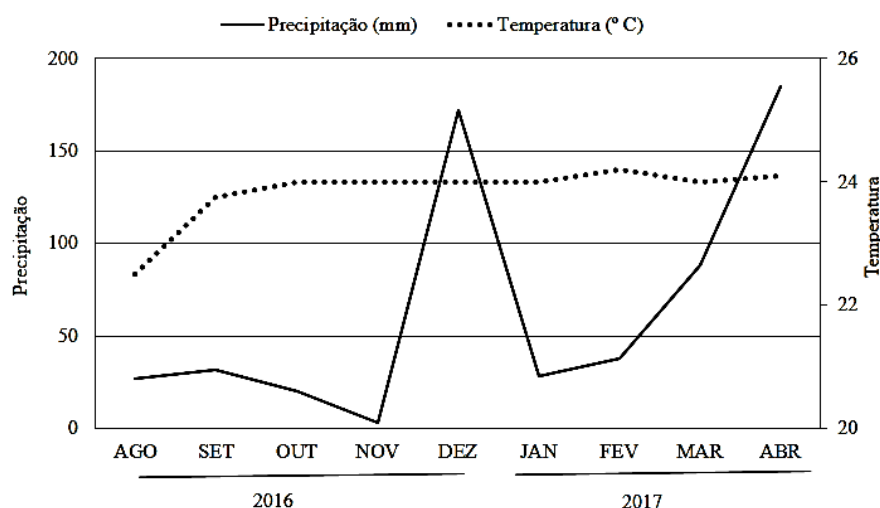


**Figura 1.** Temperatura média (° C, linha pontilhada) e precipitação acumulada (mm, linha preta) da área experimental no período de agosto de 2016 a abril de 2017, Dados obtidos do website: <http://www.inmet.gov.br>

O solo da área experimental foi classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico típico, de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 - 20 cm, com um trado tipo holandês, para caracterização química e física do solo de acordo com metodologia proposta por Donagema et al. (2011). A caracterização química e física do solo antes da condução do experimento é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização dos atributos químicos e texturais do solo da área experimental antes da condução do experimento

| Atributos químicos |                     |                |                 |                  |                                    |                  |                                  |      |      | Granulometria      |       |                    |        |
|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------------|------|------|--------------------|-------|--------------------|--------|
| pH <sup>1</sup>    | P                   | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup>                   | Al <sup>3+</sup> | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | SB   | CTC  | M.O                | Areia | Silte              | Argila |
|                    | mg dm <sup>-3</sup> |                |                 |                  |                                    |                  |                                  |      |      | g kg <sup>-1</sup> |       |                    |        |
|                    |                     |                |                 |                  | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                                  |      |      |                    |       | g kg <sup>-1</sup> |        |
| 5,7                | 36                  | 0,23           | 0,03            | 1,93             | 0,76                               | 0,1              | 3,16                             | 2,95 | 6,11 | 10,85              | 847   | 81                 | 72     |

<sup>1</sup>H<sub>2</sub>O (1:2,5); P – Fósforo; K<sup>+</sup> - Potássio; Na<sup>+</sup> - Sódio; Ca<sup>2+</sup> - Cálcio; Mg<sup>2+</sup> - Magnésio; Al<sup>3+</sup> - Alumínio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> - Acidez potencial; SB- Soma de bases; CTC - Capacidade de troca catiônica; M.O. – Matéria orgânica.

Este experimento foi instalado no ano de 2014, e repetido nos anos de 2015 e 2016. Anteriormente a instalação do estudo, a área foi cultivada com hortaliças por 10 anos. A área de cada parcela experimental foi de 24 m<sup>2</sup> (6 × 4 m). Cada parcela

apresentou 8 linhas com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,10 m entre plantas. As distâncias entre blocos e parcelas foram de 1 m e 0,5 m, respectivamente. As sementes das espécies de cobertura foram obtidas junto ao Laboratório de Tecnologia de Sementes pertencente ao Campus III da UFPB, Bananeiras, PB.

O delineamento experimental utilizado foi em 3 blocos, 8 tratamentos, com 10 repetições por bloco ( $N = 240$ ). Os tratamentos foram: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don., *Canavalia ensiformes* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey e vegetação espontânea, caracterizada por *Brachiaria decumbes* Stapf. cv. Basilisk.

Ao término do experimento (180 dias), foram coletadas amostras de solo nas parcelas, na camada de 0-20 cm, para determinação do pH, fósforo (P), seguindo a metodologia de Donagema et al. (2011), Carbono orgânico total (COT) e Carbono das frações húmicas (Humina-CAHU, ácido fúlvico-CAFU e ácido húmico-CHUM), de acordo com a metodologia descrita por Benites et al. (2003).

No final do experimento foram instaladas em cada parcela, armadilhas do tipo Provid (GIRACCA et al., 2003; FORNAZIER et al., 2007), para coleta da macrofauna invertebrada do solo. As armadilhas continham 200 mL de uma solução de detergente a uma concentração de 10 % e 10 mL de álcool a 70 %. As armadilhas permaneceram no campo por um período de 48 horas. Posteriormente, o material coletado foi lavado e, submetido a identificação dos organismos, em nível de ordem, dos grandes grupos taxonômicos. Na avaliação quantitativa da macrofauna, foi mensurado o número total de organismos (abundância de espécies) e qualitativamente, mediante a diversidade. Após a contagem, o material coletado foi colocado para secar, para determinação da biomassa. As comparações entre comunidades dos diferentes tratamentos foram feitas por meio dos Índice(s) de Diversidade de Shannon (H) e Índice de dominância de Simpson (C) (BEGON et al., 1996; SIMPSON, 1949).

Os dados analisados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para testar se os dados obedeciam a uma distribuição normal. Para as análises estatísticas, os dados de frequência foram transformados em raiz quadrada e os demais dados foram transformados em  $\log_{10}$  e apresentados nos gráficos e tabelas na sua escala real. A similaridade entre as espécies de plantas de cobertura foi avaliada através de um

dendograma com matriz descrita usando o Índice de similaridade de Jaccard (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974). Para os índices ecológicos (riqueza, diversidade-H e dominância-C) foi realizado a análise de variância (ANOVA tipo “one-way”) e as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Bonferroni a 5%. Para avaliar as relações existentes entre atributos químicos do solo, as características agronômicas das espécies de plantas de cobertura e a composição da comunidade de macroartrópodes foi realizada a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) (ASSIS et al., 2016). O teste de Kolmogorov-Smirnov, a ANOVA, o teste de comparação de médias e a transformação dos dados, foram realizados utilizando o pacote *Stat*, enquanto que o dendograma e a NMDS foram realizados utilizando o pacote *Vegan* do software R (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados 13 distintos grupos taxonômicos (ordens) para a comunidade de macroartrópodes edáficos (Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Orthoptera, Larva Lepidoptera, Lepidoptera, Odonata, Mantodea, Hemiptera, Araneae, Dermaptera, Scorpionida, Thysanoptera e Chilopoda) (Figura 2). No entanto, foi observado que as ordens Hymenoptera, Araneae, Diptera e Coleoptera foram as de maior predominância em todas as espécies de cobertura utilizadas. As maiores abundância e frequência relativa observadas foram da ordem Hymenoptera para todas as espécies avaliadas, com predominância da família Formicidae. O maior número de ordens (9 ordens) foi observado na *C. spectabilis*, e a menor (5 ordens) em ambas, *C. ensiformes* e vegetação espontânea. As ordens observadas com menor frequência foram: Odonata, Dermaptera, Lepidoptera, Mantodea, Hemiptera, Scorpionidae e Larva de Lepidoptera. Muito embora, a maior abundância tenha sido observada na ordem Hymenoptera, as maiores biomassas foram observadas para as ordens Orthoptera e Chilopoda nas espécies *C. ochroleuca*, *D. lablab*, *C. spectabilis* e *C. juncea* (Figura 2).

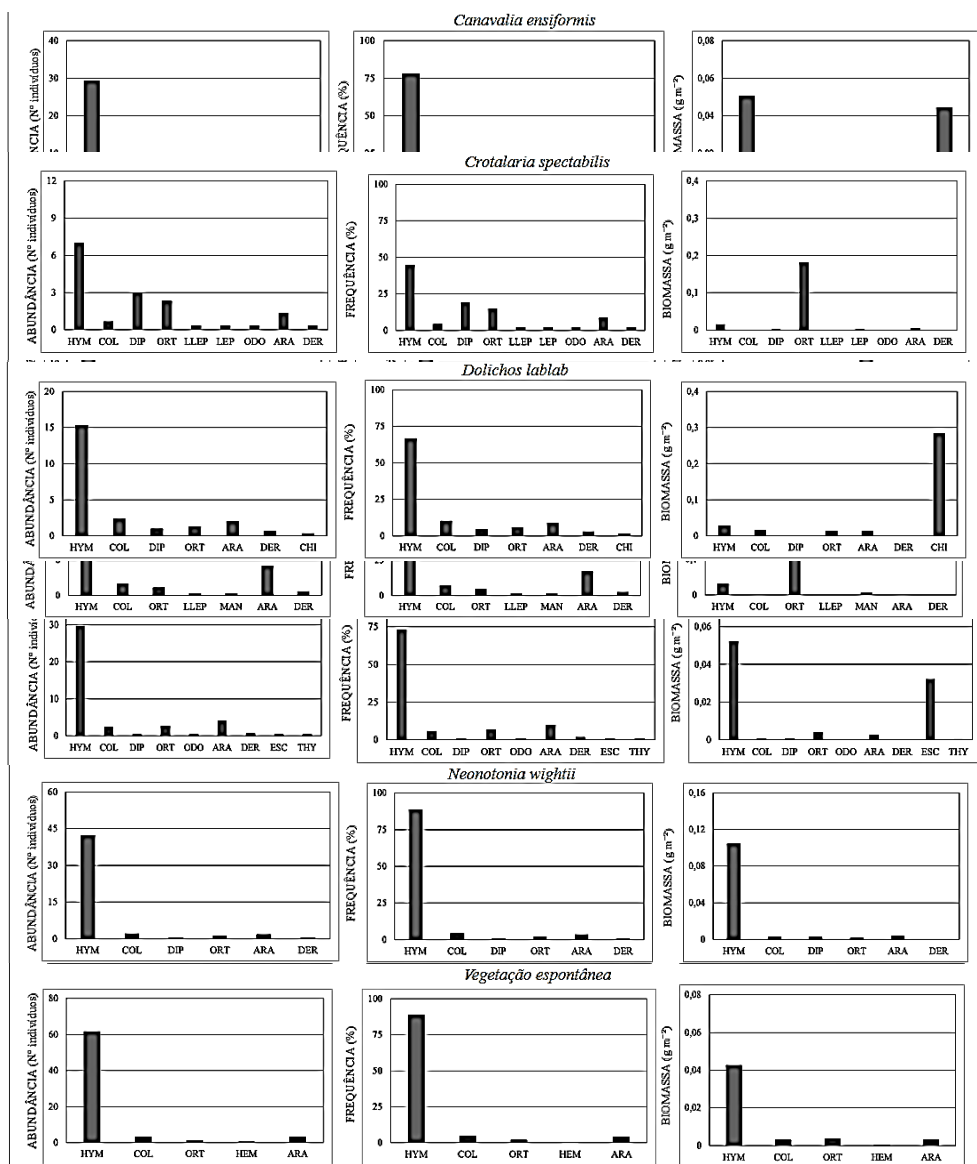
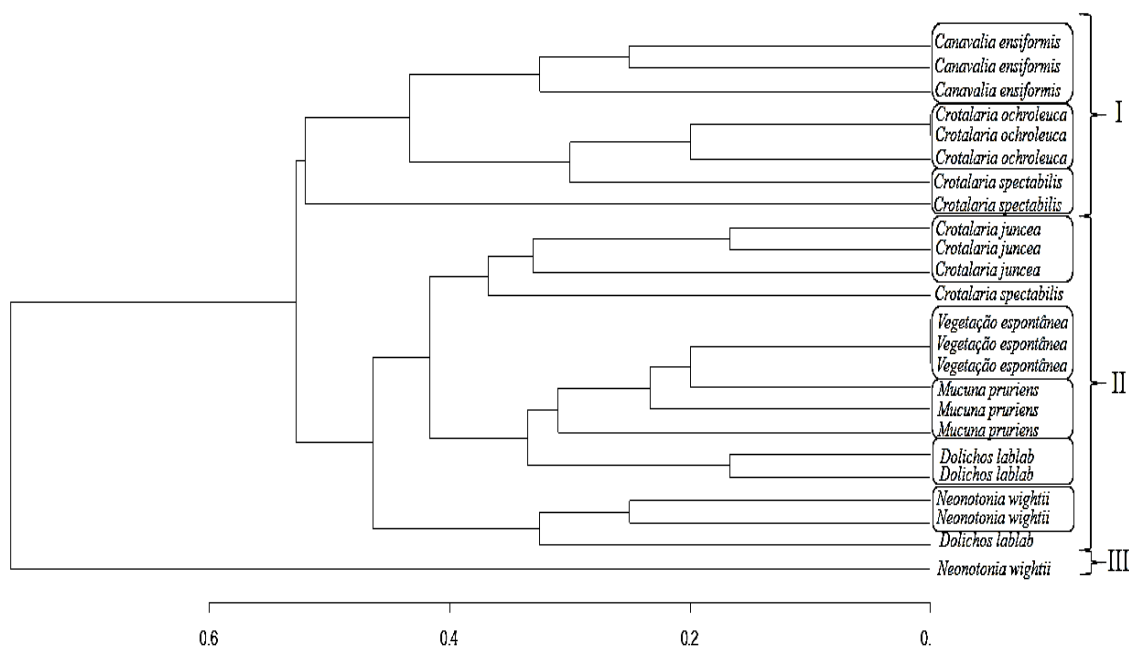


**Figura 2.** Abundância (nº de indivíduos), frequência (%) e biomassa da macrofauna do solo (g m<sup>-2</sup>) (HYM-Hymenoptera, COL-Coleoptera; DIP-Diptera; ORT-Orthoptera; LLEP-Larva Lepidoptera; LEP-Lepidoptera; ODO-Odonata; MAN-Mantodea; HEM-Hemiptera; ARA-Araneae; DER-Dermaptera; ESC-Escorpionida; THY-Thysanoptera; CHI-Chilopoda) em áreas com leguminosas (Areia, PB, 2017)

A fácil adaptação da ordem Hymenoptera, principalmente da família Formicidae, aos diversos ambientes é um dos fatores para maior abundância dessa ordem (SILVA et al., 2015; BRITO et al., 2016) nas áreas estudadas. A disponibilidade de alimentos e a sua resistência aos sistemas de manejos (i.e., capinas e roços) praticados no ambiente, facilitam a sua predominância (ALVES et al., 2014; BORGES

et al., 2016; MARTINS et al., 2017). A família Formicidae é importante para o ambiente, pois participa do grupo funcional caracterizado como “Engenheiros do ecossistema” e participam na melhoria das características físicas do solo, decomposição da serapilheira, favorecendo o aumento do teor de matéria orgânica e melhorando a ciclagem de nutrientes (SOUZA et al., 2016b; BIANCHI et al., 2017), além de favorecer a dispersão de sementes de espécies espontâneas (BOLICO et al., 2012). De acordo com Luz et al. (2013) as ordens com maior abundância são geralmente utilizadas para estudar o estado de conservação dos ambientes. No entanto, os resultados encontrados neste estudo discordam dos verificados por BRITO et al. (2016), que observaram maior frequência da ordem Diptera em áreas sob *C. ensiformes*. No presente estudo, a maior frequência de Diptera foi observada sob os cultivos de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis*.

Com relação a análise de agrupamento com o índice de Jaccard, observou-se a



formação de três grupos distintos (I, II e III) entre as espécies de cobertura (Figura 3).

**Figura 3.** Dendrograma de similaridade com Índice de Jaccard construído a partir dos dados obtidos nos três anos consecutivos de experimento referentes aos atributos físicos e químicos do solo, as características agrônômicas e a comunidade de macroartrópodes do solo, em áreas com leguminosas.

O fato da maioria das espécies estão no grupo II, está relacionado ao seu aporte de resíduos vegetais pelas espécies, garantindo uma maior oferta de alimentos, além de temperatura ambiental favorável (20 a 25 °C) aos macroartrópodes (SILVA et al., 2008;

BRITO et al., 2016). Isso indica que ambientes com maior diversidade de espécies favorece o fornecimento constante de resíduos vegetais orgânicos, mantendo o solo coberto (MERCANTE et al., 2008; DUARTE et al., 2014), proporcionando aumento no estoque de matéria orgânica e melhoria da ciclagem de nutrientes, influenciando na diversidade e dinâmica dos microrganismos (GOMES et al., 2015; SOUZA et al., 2016b).

Observou-se diferenças significativas entre as espécies de plantas de cobertura quanto à riqueza de grupos, Índices de diversidade de Shannon (H) e, Índice de dominância de Simpson (C). As espécies *M. pruriens* e *C. ensiformes* apresentaram os maiores valores de riqueza ( $9 \pm 0,18$  e  $5 \pm 0,11$ , respectivamente), diferindo estatisticamente das demais espécies. Entretanto, os maiores valores dos índices de Shannon e Simpson foram apenas para *M. pruriens* ( $1,17 \pm 0,03$  e  $0,58 \pm 0,01$ , respectivamente), não se diferenciando estatisticamente de *D. lablab* quanto ao Índice Shannon (Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeito de diferentes leguminosas na comunidade de macroartrópodes edáficos sobre os índices de Shannon (H) e Simpson (C), (Areia, Paraíba, Brasil, 2017)

| Espécies                      | Riqueza        | Shannon (H)       | Simpson (C)       |
|-------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| <i>Canavalia ensiformis</i>   | $5 \pm 0,11$ c | $0,91 \pm 0,02$ b | $0,38 \pm 0,02$ e |
| <i>Crotalaria juncea</i>      | $7 \pm 0,20$ b | $0,95 \pm 0,02$ b | $0,49 \pm 0,02$ b |
| <i>Crotalaria ochroleuca</i>  | $6 \pm 0,10$ b | $0,87 \pm 0,01$ c | $0,41 \pm 0,02$ d |
| <i>Crotalaria spectabilis</i> | $9 \pm 0,20$ a | $0,94 \pm 0,02$ b | $0,50 \pm 0,02$ b |
| <i>Dolichos lablab</i>        | $7 \pm 0,25$ b | $0,91 \pm 0,02$ b | $0,46 \pm 0,01$ c |
| <i>Mucuna pruriens</i>        | $9 \pm 0,18$ a | $1,17 \pm 0,03$ a | $0,58 \pm 0,01$ a |
| <i>Neonotonia wightii</i>     | $6 \pm 0,09$ b | $1,00 \pm 0,02$ a | $0,50 \pm 0,02$ b |
| Vegetação espontânea          | $5 \pm 0,16$ c | $0,49 \pm 0,02$ d | $0,23 \pm 0,01$ f |

Letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5%

As espécies de leguminosas, exceto *C. ensiformes*, proporcionaram aumento na riqueza da macrofauna do solo, os macroartrópodes tem preferência alimentar pelo resíduos oriundos das leguminosas, por apresentar baixa relação C/N (BRITO et al., 2016; KROLOW et al., 2017). Esses dados concordam com Bianchi et al. (2017), que verificaram a contribuição das leguminosas para o aumento da riqueza e diversidade dos macroartrópodes, especialmente da família Formicidae e Araneae, ressaltando que a

cobertura vegetal proporcionada pelas leguminosas favorecem o deslocamento dos macroartrópodes no solo, principalmente por diminuir os impactos da luz solar (ROUSSEAU et al., 2012). Esse aumento na riqueza pode estar relacionado ao domínio da ordem Hymenoptera (VASCONCELLOS et al., 2013; BIANCHI et al., 2017), em função da grande variação nos índices de Shannon e Simpson (SANTOS et al., 2014).

Com relação à análise dos componentes principais, as variáveis: taxa de crescimento das espécies, carbono orgânico total, carbono das substâncias húmicas (humina, ácido húmico e ácido fúlvico), teor de fósforo e pH do solo, foram as que mais influenciaram a população de macroartrópodes em função da presença das diferentes plantas de cobertura. Espécies com elevada produção de biomassa favorecem positivamente o aumento do carbono na fração ácido fúlvico ( $r^2 = 0,91$ ), e apresentaram menor impacto sobre a população de macroartrópodes. Por outro lado, as espécies com maiores taxas de crescimento e teor de fósforo influenciaram diretamente a macrofauna do solo (Figura 4).

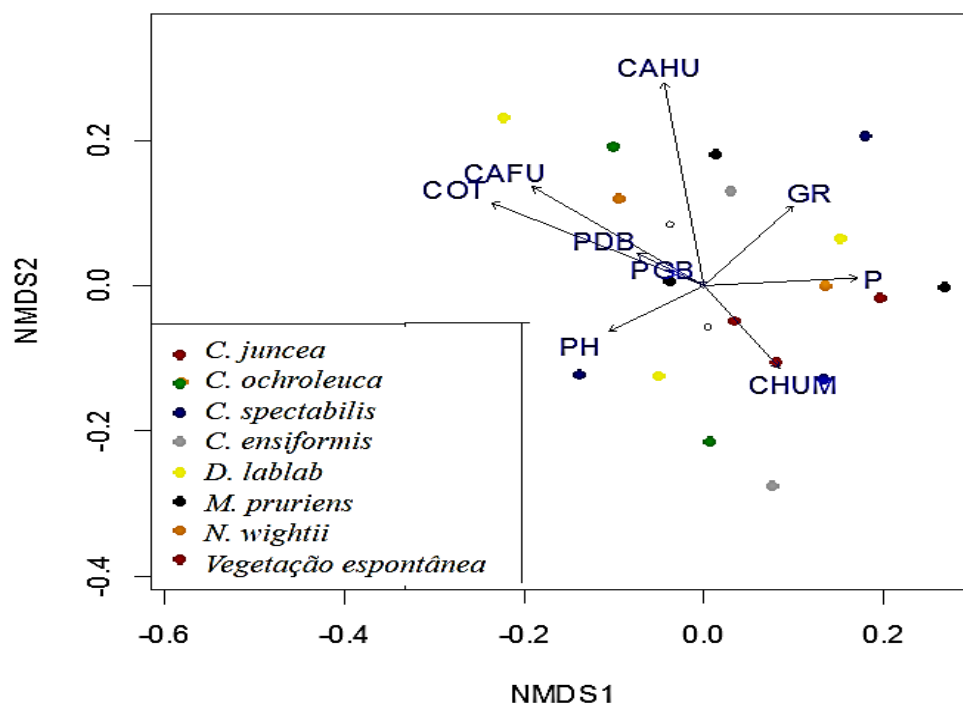


**Figura 4.** Análise dos componentes principais em áreas com leguminosas. (pH; COT-carbono orgânico total; CAFU-carbono da fração ácido fúlvico; CAHU-carbono da fração ácido húmico; CHUM-carbono da fração humina; P-fósforo; GR- taxa de crescimento; PGB-biomassa verde; PDB-biomassa seca).

A utilização de espécies plantas de cobertura influenciam diretamente a população de macroartrópodes. De acordo com Austin et al. (2017) e Sousa et al.

(2018), as plantas de cobertura (i.e. leguminosas) apresentam influência direta nos teores de carbono, carbono das frações húmicas e fósforo do solo, devido ao aporte de material vegetal fornecido pelas espécies, favorecendo a ciclagem e a dinâmica do carbono (POEPLAU et al., 2017).

#### 4 CONCLUSÕES

A utilização de leguminosas com maior produção de biomassa, promove, a médio prazo, maior diversidade da comunidade de macroartrópodes edáficos (Hymenoptera), bem como a manutenção de compartimentos da matéria orgânica (ácido fúlvico). Este trabalho revela a importância de se considerar compartimentos biológicos para avaliação da qualidade do solo e a eficácia de práticas de manejo, a exemplo da adubação verde.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F.A.L. *et al.* Caracterização da macro e mesofauna edáfica sobre um fragmento remanescente de “Mata Atlântica” em Areia-PB. **Gaia Scientia**, v.2, p.384-391, 2014.

ASSIS, D.M.A. *et al.* Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi in fluvial and maritime dunes of Brazilian Northeast. **Applied Soil Ecology**. v.108, p.136-146, 2016.

AUSTIN, E.E. *et al.* Cover crop root contributions to soil carbon in a no-till corn bioenergy cropping system. **GCB Bioenergy**, v.9, p.1252-1263, 2017.

BEGON, M.; HAPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology**: individuals, populations and communities. 3. ed. Oxford: Blackwell Science. 1996. 524p.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo**: um procedimento simplificado e de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, nº 16).

BIANCHI, M.O. *et al.* Macrofauna edáfica como indicadora em revegetação com leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, v.24, p.1-8, 2017.

BOLICO, C.F. *et al.* Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de duas marismas do Estuário da Lagoa dos Patos, RS: diversidade, flutuação de abundância e similaridade como indicadores de conservação. **EntomoBrasilis**, v.5, p.11-20, 2012.

BORGES, C.H.A. *et al.* Artrópodes edáficos em fragmentos de floresta ombrófila aberta na Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 26-32, 2016.

BRITO, M.F. *et al.* Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.51, p.253-260, 2016.

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

DUARTE, I.B. *et al.* Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**. v.3, p.150-165, 2014.

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

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

FORNAZIER, R.; GATIBONI, L.C; WILDNER, L.P; BIANZI, D.; TODERO, C. Modificações da fauna edáfica durante a decomposição da fitomassa de *Crotalaria juncea* L. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Gramado. **Anais...** Gramado, SBCS. 2007, CD-ROM.

GIRACCA, E.M.N. *et al.* Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo, RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, p. 257-261, 2003.

GOMES, S.S. *et al.* Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista Faculdade de Agronomia La Plata**. v.114, p. 30-37, 2015.

KROLOW, D.R.V. *et al.* Alteration in soil fauna due to soil management and crop rotation in a long-term experiment. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, p. 50-63, 2017.

JOUQUET, P. *et al.* Influence of termites on ecosystem functioning. Ecosystem services provided by termites. **European Journal of Soil Biology**, v.47, p.215-222, 2011.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E.D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**. v.129, p.271-280, 2001.

LUZ, R.A. *et al.* Diversity of the arthropod edaphic fauna in preserved and managed with pasture áreas in Teresina-Piauí-Brazil. **Brazil Journal Biology**, v.73, p. 483-489, 2013.

MARTINS, L.F. *et al.* Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, p. 11-22, 2017.

MERCANTE, F.M. *et al.* Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, p.479-485, 2008.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. Jhon Wiley & Sons. New York. 1974. 547p.

POEPLAU, C. *et al.* Qualitative and quantitative response of soil organic carbon to 40 years of crop residue incorporation under contrasting nitrogen fertilization regimes. **Soil Res**, v.55, p.1-9, 2017.

ROUSSEAU, G.X. *et al.* Indication soil quality in cacao-based agroforestry systems and old-growth forest: the potential of soil macrofauna assemblage. **Ecological Indicators**, v.23, p535-543, 2012.

SACKETT, T.E.; CLASSEN, A.T.; SANDERS, N.J. Linking soil food web structure to above- and below-ground ecosystem processes: a meta-analysis. **Oikos**, v.119, p. 1984-1992, 2010.

SANTOS, C.C. *et al.* Fauna invertebrada epigeica em área de consórcio de adubos verdes perenes com bananeira em sistema sob transição agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, p.1-8, 2014.

SILVA, L.L.G.G. *et al.* Soil macrofauna in wooded pasture with legume trees. **Ciência Rural**, v.45, p.1191-1197, 2015.

SILVA, R.F. *et al.* Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.725-731, 2008.

SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. **Nature** v.163, p. 688, 1949.

SOUZA, T.A.F. ; RODRIGUES, A.F.; MARQUES, L.F. Long-term effects of alternative and conventional fertilization II: Effects on *Triticum aestivum* L. development and soil properties from a Brazilian Ferralsol. **Russian Agricultural Sciences**, v.42, p.11-16, 2016a.

SOUZA, T.A.F.; RODRIGUES, A.F.; MARQUES, L.F. Long-term effects of alternative and conventional fertilization on macroarthropod community composition: a field study with wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated on a ferralsol. **Organic Agriculture**, v.6, p. 323-330, 2016b.

SOUZA, G.A.V.S. *et al.* Agronomic evaluation of legume cover crops for sustainable agriculture. **Russian Agricultural Sciences**, v.44, p.31-38, 2018.

VASCONCELLOS, R.L.F. *et al.* Soil macrofauna as an indicator of soil quality in a undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v.8, p.105-112, 2013.

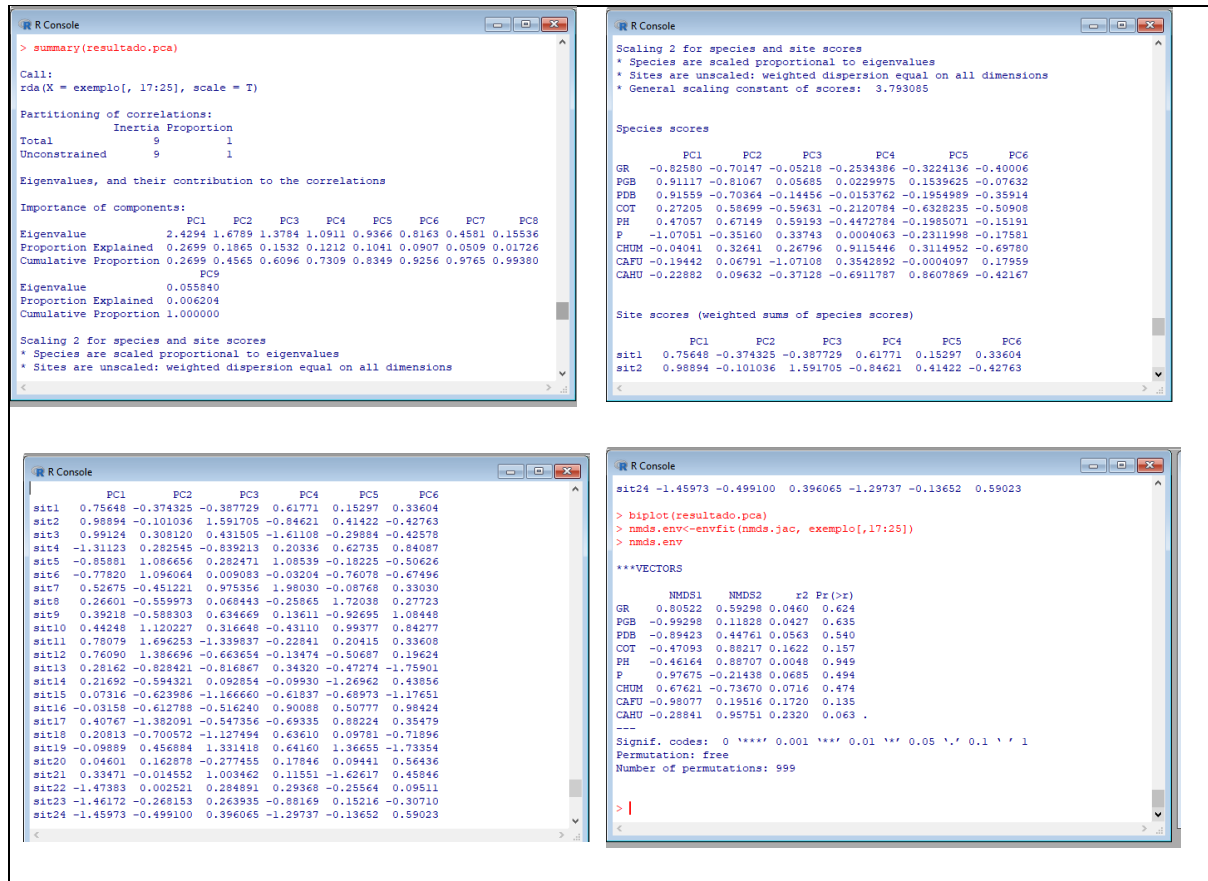
WITTEWER, R.A. *et al.* Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. **Scientific Reports**, v.7, p.1-9, 2017.

## CONCLUSÕES GERAIS

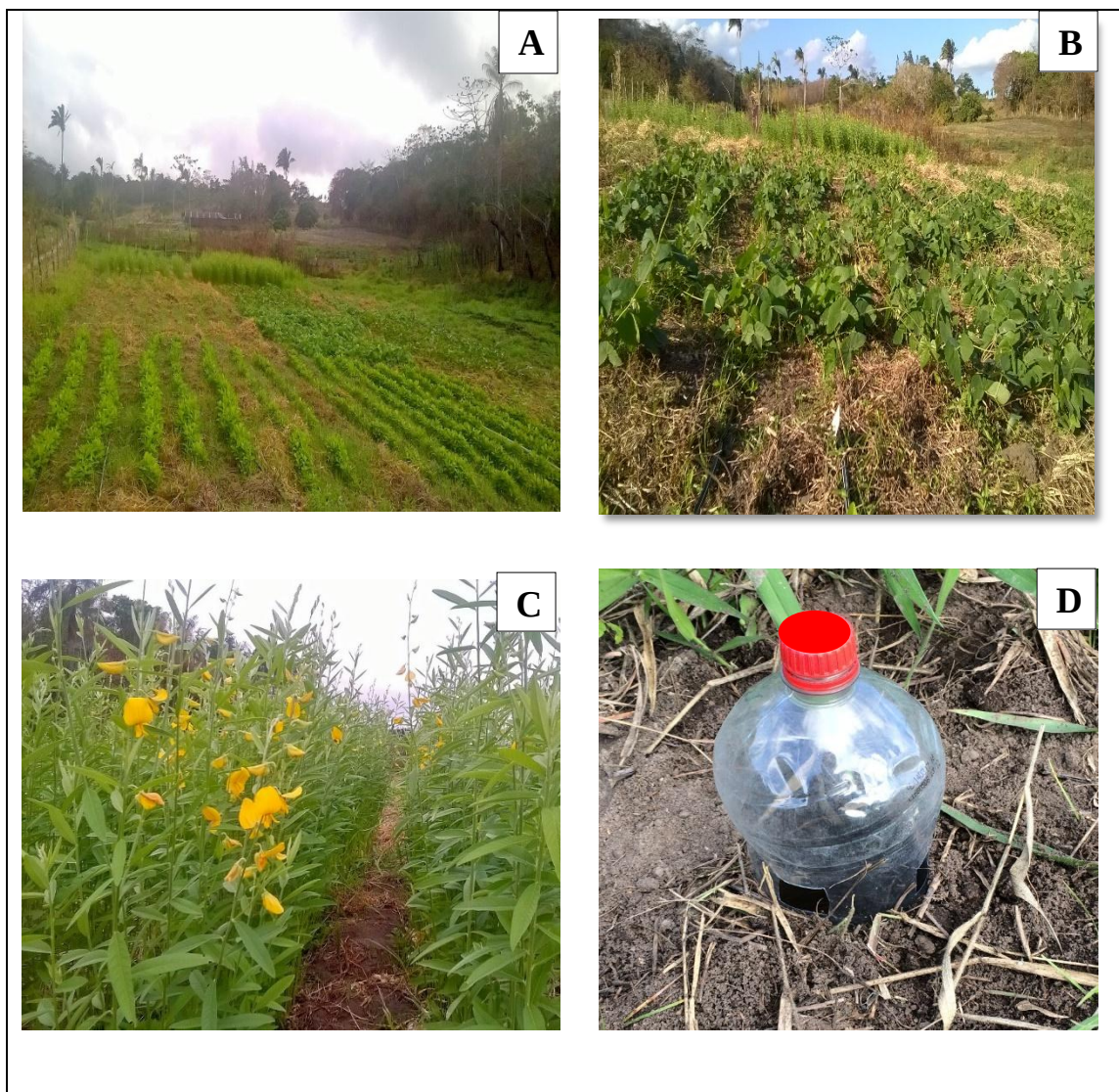
Com base nos resultados, obtidos no experimento de média duração em condições de campo, pode-se afirmar que: (a) espécies de leguminosas anuais são recomendadas para adubação verde com objetivo de elevada produção de biomassa; e (b) espécies leguminosas perenes são recomendadas em condições adversas (i.e., áreas degradadas), visto que, as taxas fisiológicas obtidas nessas espécies são superiores as obtidas nas espécies anuais.

Observou-se ainda, que as espécies de cobertura podem promover efeitos significativos influenciando, a comunidade de macroartrópodes a partir de três formas principais: (1) rápido crescimento vegetal; (2) produção de biomassa e taxas fotossintéticas; e (3) rebrota da vegetação. Pode-se concluir que a utilização de espécies de cobertura promove, a médio prazo, maior diversidade da comunidade de macroartrópodes edáficos, bem como a manutenção dos compartimentos da matéria orgânica. Este trabalho revela a importância de considerar compartimentos biológicos para avaliação da qualidade do solo e eficácia de práticas de manejo, a exemplo da adubação verde.

## ANEXOS



A1. Descrição da estatística utilizada para obtenção da análise de escalonamento multidimensional não-métrica (NMDS).



A2. **A-** Visão geral da área experimental aos 45 dias após a emergência. **B-** Parcela experimental contendo *Mucuna pruriens* aos 50 dias após a emergência. **C-** Parcela experimental contendo *Crotalaria Juncea* iniciando o florescimento. **D-** Armadilhas do tipo Provid utilizada na coleta de macroartrópodes.