

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**AGRICULTURA ORGÂNICA**

**DISSERTAÇÃO**

**Arranjos espaciais de mistura de adubos verdes  
antecedendo o cultivo orgânico do feijoeiro**

**Pedro Antonio Paçó**

**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**ARRANJOS ESPACIAIS DE MISTURA DE ADUBOS VERDES  
ANTECEDENDO O CULTIVO ORGÂNICO DO FEIJOEIRO.**

**PEDRO ANTONIO PAÇÓ**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Dr. José Guilherme Marinho Guerra**

Dissertação submetida  
como requisito parcial para  
obtenção do grau de **Mestre  
em Agricultura Orgânica**,  
no Programa de Pós-  
Graduação em Agricultura  
Orgânica.

Seropédica, RJ  
Março de 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**PEDRO ANTONIO PAÇÓ**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: **04/03/2016**

---

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. Embrapa Agrobiologia  
(Orientador)

---

José Antonio Azevedo Espindola. Dr. Embrapa Agrobiologia

---

Alberto Feiden. Dr. Embrapa Pantanal

## DEDICATÓRIA

*“Ó donos do agrobiz, ó reis do agronegócio,  
Ó produtores de alimento com veneno,  
Vocês que aumentam todo ano sua posse,  
E que poluem cada palmo de terreno,  
E que possuem cada qual um latifúndio,  
E que destratam e destroem o ambiente,  
De cada mente de vocês olhei no fundo  
E vi o quanto cada um, no fundo, mente.*

*[...]*

*Eu vejo o campo de vocês ficar infértil,  
Num tempo um tanto longe ainda, mas não muito;  
E eu vejo a terra de vocês restar estéril,  
Num tempo cada vez mais perto, e lhes pergunto:  
O que será que os seus filhos acharão de  
Vocês diante de um legado tão nefasto,  
Vocês que fazem das fazendas hoje um grande  
Deserto verde só de soja, cana ou pasto?...”*

***Trecho de Reis do agronegócio,  
parceria de Chico César (música) e  
Carlos Rennó (letra).***

**À minha família,**

Por acreditar em meus sonhos,  
Pelo apoio à educação e a espiritualidade.

Por tudo que fizeram por mim,  
Este trabalho é dedicado a vocês.

## AGRADECIMENTOS

Presto meus agradecimentos a Deus por ceder-me a Luz da vida e uma encarnação repleta de bênçãos.

À minha família, por compreender a minha ausência durante todo este período dos estudos e, por sempre batalharem em prol de minha liberdade em viver e sonhar. Pelo sacrifício dos meus pais em todos os momentos, principalmente, quanto ao esforço do educar. A meu pai, por compartilhar os ensinamentos que a vida lhe trouxe e pelo carinho. À minha mãe, pelo exemplo de coragem e fé, doando-se a cada minuto de sua vida aos seus filhos. Aos meus irmãos por se mostrarem meus verdadeiros amigos e fiéis companheiros nesta vida. À minha avó e madrinha Luiza (*in memoriam*), por ter sido uma segunda mãe para mim e, hoje, iluminando-me em momentos de aperto. Enfim, minha eterna gratidão por fazer parte da vida de vocês.

Ao amigo e orientador Dr. José Guilherme Marinho Guerra, pela receptividade desde o momento em que nos conhecemos. Pela oportunidade e confiança em todas as fases deste trabalho. Pelos conhecimentos passados não só a mim, mas a todos que o rodeiam e lutam por uma agricultura mais cônica. Ao amigo e pesquisador Dr. José Antonio Azevedo Espindola, pelas conversas e orientações, sempre que as necessitei. Ao amigo e professor Eli Lino de Jesus e Alberto Feiden, pela honra em aceitar o convite em contribuir como membro da banca avaliadora do trabalho aqui descrito. A vocês, meus sinceros agradecimentos.

À minha grande companheira Livia, que de forma especial tornou-se minha melhor amiga, e meu porto-seguro nos momentos mais difíceis. Torço para que nossa missão em prol de uma agricultura condigna à natureza humana continue nos unindo cada vez mais. Agradeço pelos momentos de apoio e carinho despendido a nós.

Aos coordenadores e professores do Programa de Pós-graduação em Agricultura Orgânica – PPGAO, pelo empenho e atenção para com todos. Ao amigo Braulio Bezerra, atual secretário do PPGAO, pela atenção sempre. Aos amigos da 4ª turma, por compartilharem suas experiências de vida e profissão. Obrigado a todos.

À minha amiga Lucia Helena pela grande ajuda durante toda minha jornada em Seropédica/RJ. Aos amigos (José Sávio, Murilo, Livia e Paulo Lima) desde o início presentes nos momentos de condução e avaliação do experimento. Aos colegas e estudantes do IF Bahiano (Bismark e Vandearley) e do IF Rondônia (Dayenne, Silvania, Anna e Alex) pelo grande auxílio no momento do plantio da primeira parte do experimento.

Aos meus colegas de trabalho e funcionários da Fazendinha Agroecológica do Km 47, pelo suor escorrido de seus corpos e pelos calos que surgiram em suas mãos, resultantes do calor e de intensos dias de trabalho em Seropédica/RJ. Pelo aprendizado, força e amizade. A todos moradores do alojamento da Embrapa Agrobiologia, que pela convivência ajudaram a despertar em mim a consciência do exercício da paciência e da bondade.

Finalmente, a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão dessa importante etapa em minha vida.

## **BIOGRAFIA**

**PEDRO ANTONIO PAÇÓ**, pisciano, nascido em 18 de março de 1989, em São Carlos, São Paulo, filho de Damaira Ap. Ez. Gonçalves e Antonio Augusto Paçó. Começou seus estudos na área agrônômica em 2008, quando ingressou no curso de engenharia agrônômica da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) *campus* Araras/SP. Durante a graduação, conscientizou-se de que a agroecológica era a ciência que poderia ajudar a construir alternativas mais humanizadas a se produzir alimentos realmente condignos à vida dos seres humanos e à Terra. Procurando aprofundar os conhecimentos na área agroecológica, realizou o estágio de conclusão de curso junto à Embrapa Agrobiologia e a Fazendinha Agroecológica Km 47, em Seropédica/RJ, sob a supervisão do Prof. Manoel Baltasar Baptista da Costa e do pesquisador José Guilherme M. Guerra. Graduou-se em agosto de 2013 e, logo em seguida, em março de 2014, iniciou o curso de mestrado profissional do Programa de Pós-graduação em Agricultura Orgânica – PPGA. Foi bolsista pelo CNPq de abril/2014 a novembro/2015, trabalhando em atividades relacionadas ao projeto do Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia e Produção Orgânica do Estado do Rio de Janeiro. Em fevereiro/2016 foi aceito para iniciar estudos em agricultura biodinâmica na fazenda escola Dottenfelderhof, em Bad Vilbel, Alemanha.

## RESUMO

PAÇÓ, Pedro Antonio. **Arranjos espaciais de mistura de adubos verdes antecedendo o cultivo orgânico do feijoeiro**. 2016. 56p Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de uma sucessão envolvendo milho e feijoeiro, submetidos ao manejo orgânico, associada à adubação verde formada de uma mistura de espécies com diferentes arranjos espaciais. O experimento foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica – SIPA (UFRRJ/Embrapa Agrobiologia/PESAGRO-RIO), localizado no município de Seropédica, região da Baixada Fluminense, RJ. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas. Neste sentido, o experimento foi planejado em duas partes, onde a primeira foi o estudo de arranjos espaciais de plantio composta por uma mistura de espécies (*Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* e *Helianthus annuus*) de plantas de cobertura do solo (ECS) para adubação verde, contemplando cultivos consorciados com o milho (variedade Caatingueiro) em fileiras duplas. Os tratamentos constaram de: ECS semeadas a lanço; ECS semeadas em sulcos; ECS semeadas a lanço em consórcio com o milho; ECS semeadas em sulcos em consórcio com o milho; monocultivo de milho; pousio (controle). Avaliou-se a cobertura do solo proporcionada pelas ECS; produtividade de biomassa fresca e seca; composição química da parte aérea das espécies de cobertura do solo; e a produtividade de grãos de milho. Na segunda parte do trabalho, na mesma área em sucessão, cultivou-se o feijoeiro (cv. Constanza) nas parcelas empregadas na primeira parte. Avaliou-se a influência das espécies de cobertura do solo na reinfestação de espécies espontâneas e a produtividade de grãos de feijão. Como conclusão geral, observou-se que as ECS cobriram com maior velocidade o terreno do que a vegetação espontânea presente no sistema em pousio. As produtividades de biomassa fresca e seca da parte aérea e a quantidade acumulada de nutrientes na biomassa aérea dos tratamentos que continham as ECS foram maiores do que no monocultivo do milho. Notou-se que a presença das ECS influenciou positivamente no controle da reinfestação das espécies espontâneas. A produtividade de grãos de milho foi menor quando consorciado com as ECS, no entanto, a produtividade de grãos de feijão não foi influenciada. O modo de semeadura, a lanço ou em sulcos, não demonstrou diferenças nas avaliações realizadas, sendo um dado interessante pelo fato do agricultor, dessa maneira, ter livre escolha quanto ao modo de semeadura, sem ter a preocupação de prejuízos correlacionados.

**Palavras-chaves:** Espécies de cobertura do solo. Consórcio. Sucessão de culturas.

## ABSTRACT

PAÇÓ, Pedro Antonio. **Spatial arrangements of green manures mixture before organic bean crooping**. 2016. 56p Dissertation (Master of Science in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Department of Plant Science, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

This study aimed to evaluate the performance of a succession of corn and bean, submitted to organic management associated with green manure from a mixture of species with different spatial arrangements. The experiment was conducted in the Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA, located in Seropédica - RJ, Brazil. The statistical design was a completely randomized blocks with six treatments and four replicates, totaling twenty four plots. In this sense, the experiment was planned in two parts, the first part was the study of spatial arrangements of planting, consisting in a mixture (*Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* and *Helianthus annuus*) of cover crops species (ECS) for green manure contemplating: intercropping with corn (cv. Caatingueiro) in double rows. The treatments consisted : ECS haul sowing; ECS furrow sowing; ECS haul sowing in a intercropping with corn; ECS furrow sowing in a intercropping with corn; corn monoculture; fallow (control). The evaluated parameters were: cover soil provided by ECS; fresh and dry biomass productivity; chemical composition of ECS aerial part; and corn grains productivity. The second part of the experiment took place in the same area, and bean (cv. Constanza) was planted in the same plots of the first part of the experiment. It was evaluated the influence of cover crops species on weed reinfestation and on the productivity of beans. As a general conclusion it was observed that the ECS covered the soil faster than the current spontaneous vegetation on fallow did. The fresh and dry biomass productivity and the cumulative quantity of nutrients in the biomass of the treatments that took in the ECS were higher than in corn monoculture. It was noted that the presence of the ECS influenced positively on weed reinfestation control. The corn grains productivity was lower when intercropping with ECS, however, the yield of beans was not influenced. The sowing way, haul or furrow, showed no differences, one interesting finding because the smallholder have freedom to choice the sowing way, without concern with related losses.

**Key words:** Cover crops. Intercropping. Crop succession.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Valores de temperatura diurna e noturna máximas no período de condução do experimento. Dados obtidos da Estação Ecologia Agrícola, Seropédica – RJ (INMET, 2015)..... 16
- Figura 2.** Precipitação pluviométrica no período de condução do experimento (Estação Ecologia Agrícola, Seropédica - RJ). ..... 17
- Figura 3.** Umidade relativa no período de condução do experimento (Estação Ecologia Agrícola, Seropédica – RJ)..... 17
- Figura 4.** Desenho esquemático das parcelas experimentais exemplificando o plantio da mistura de adubos verdes semeada nos sulcos (A) e semeada a lanço (B) entre linhas de milho semeado em fileiras duplas. As letras X e Y representam a área onde a mistura foi semeada a lanço. A linha tracejada separa as parcelas (A) e (B). ..... 18
- Figura 5.** Semeadura em sulco das plantas de cobertura do solo. .... 19
- Figura 6.** Semeadura a lanço das plantas de cobertura do solo em tratamento não consorciado com o milho..... 19
- Figura 7.** Imagens fotográficas do procedimento de trituração das plantas pelo triton®. Entrada do implemento em uma parcela (A); vista traseira do trabalho de trituração (B); detalhe do triton® em uso (C); porção da área onde o triton® já passou (D); restos vegetais após trituração (E); vista geral da área após o término (F)..... 21
- Figura 8.** Temperatura média do ar no período de cultivo do feijoeiro em sucessão ao milho ou do consórcio milho e adubos verdes nas condições da Baixada Fluminense. Dados obtidos da Estação Ecologia Agrícola, Seropédica – RJ (INMET, 2015). ..... 23
- Figura 9.** Precipitação pluviométrica no período de condução do experimento (Estação Ecologia Agrícola, Seropédica - RJ). ..... 23
- Figura 10.** Umidade relativa no período de condução do experimento (Estação Ecologia Agrícola, Seropédica – RJ)..... 24
- Figura 11.** Sulcos de plantio prontos para a semeadura do feijão. .... 25
- Figura 12.** Etapas da inoculação das sementes de feijão até a semeadura. Sementes de feijão cultivar constanza (A); inoculante à base de turfa (B); acrescentou-se junto ao inoculante um pouco de água potável em um copo descartável para se formar uma pasta (C); juntou-se esta pasta com as sementes (D); misturou-se (E); sementes após a mistura (F); as sementes foram espalhadas e secas à sombra (G); dia de mutirão para o plantio das sementes (H)..... 26
- Figura 13.** Taxas de cobertura do solo (%) de uma mistura de diferentes espécies de cobertura do solo em diferentes arranjos espaciais (sulco e lanço), avaliada aos 07, 12, 17, 20, 28, 35, 41, 47 dias após semeadura (Seropédica – RJ, 2015)..... 29
- Figura 14.** Produtividade de biomassa seca acumulada das espécies de cobertura do solo e do milho em termos percentuais de cada tratamento (Seropédica – RJ, 2015).... 34
- Figura 15.** Cobertura do solo proporcionada pelas plantas espontâneas avaliada aos 18 dias após semeadura do feijão-comum (Seropédica/RJ – 2015)<sup>(1)</sup>..... 39
- Figura 16.** Produtividade total de biomassa seca da parte aérea das espécies de ocorrência espontânea associadas aos tratamentos que formaram os cultivos antecedendo ao feijoeiro (Seropédica/RJ - 2015) ..... 40

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características agronômicas da variedade de milho BRS caatingueiro.....	14
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros estimados a partir da função Logística, para as taxas de cobertura do solo proporcionadas por diferentes arranjos espaciais de misturas de ECS. ....	30
<b>Tabela 3.</b> Produtividade de parte aérea de biomassa fresca e seca individual e total das Espécies de cobertura de solo semeadas na forma de mistura em sulcos ou a lanço (Seropédica – RJ, 2015). ....	32
<b>Tabela 4.</b> Teor e acúmulo de nutrientes da parte área das espécies de cobertura do solo (ECS) e do milho em cada tratamentos (Seropédica – RJ, 2015) <sup>(1)</sup> . ....	36
<b>Tabela 5.</b> Nomes comuns, famílias botânicas e frequência relativa (%) da comunidade de plantas espontâneas presentes nos tratamentos estudados durante o cultivo do feijoeiro (Seropédica/RJ – 2015). ....	42
<b>Tabela 6.</b> Produção de grãos e componentes de produção do feijoeiro cultivado em sucessão a espécies de cobertura do solo, monocultivo de milho e pousio (Seropédica/RJ – 2015). ....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Agroecologia e Agroecossistema.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Agricultura Orgânica .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Adubação Verde e Plantas de Cobertura de Solo.....</b>	<b>5</b>
2.3.1 Considerações sobre a crotalária júncea .....	8
2.3.2 Considerações sobre o feijão-de-porco.....	9
2.3.3 Considerações sobre o girassol.....	10
<b>2.4 Arranjos Populacionais de Plantio, Consórcios e Sucessões de Cultivos .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Espécies utilizadas no estudo .....</b>	<b>13</b>
2.5.1 Milho: espécie estratégica .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Caracterização da Área e Estudo.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Planejamento.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Primeira Etapa: Arranjos Espaciais de Plantio de uma Mistura de Espécies de Plantas de Cobertura do Solo para Adubação Verde .....</b>	<b>16</b>
3.3.1 Implantação e condução do experimento .....	18
3.3.2 Avaliações .....	21
<b>3.4 Segunda Etapa: Cultivo do Feijoeiro comum em Sucessão .....</b>	<b>23</b>
3.4.1 Implantação e condução .....	24
3.4.2 Avaliações .....	27
<b>3.5 Procedimentos Estatísticos.....</b>	<b>28</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Primeira etapa: Arranjos espaciais de plantio de uma mistura de espécies de plantas de cobertura do solo para Adubação Verde .....</b>	<b>28</b>
4.1.1 Taxa de cobertura do solo.....	28

4.1.2 Produtividade de biomassa fresca e seca e composição química da parte aérea das espécies de cobertura do solo .....	31
4.1.3 Produtividade de grãos de milho .....	37
<b>4.2 Segunda Etapa: Cultivo do Feijoeiro Comum em Sucessão.....</b>	<b>38</b>
4.2.1 Influência das espécies de cobertura do solo na reinfestação de espécies espontâneas.....	38
4.2.2 Produtividade de grãos de feijão .....	42
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em nossa concepção, o fundamento científico da agricultura orgânica se baseia nos conceitos e princípios da ciência agroecológica. A agroecologia, por sua vez, procura oferecer aos sistemas orgânicos de produção caminhos alternativos ao convencional para um futuro durável da agricultura, principalmente de base familiar. Essa oferta refere-se ao conhecimento holístico das unidades de produção, também compreendidas como agroecossistemas. Dessa forma, para o manejo sustentável dos agroecossistemas faz-se necessário integrar princípios ecológicos, agronômicos, sociais e econômicos para a melhor compreensão dessa abordagem.

Toda agricultura de caráter sustentável procura direcionar suas práticas agrícolas voltadas às técnicas de conservação do solo e dos recursos naturais, buscando uma sinergia dos processos biológicos no sistema de produção.

A adubação verde é considerada uma prática de manejo conservacionista, que busca, por meio de rotações, sucessões ou consorciações com as culturas de interesse comercial, promover benefícios ao sistema produtivo por meio da utilização de espécies que produzem quantidades expressivas de biomassa, favorecem a proteção dos solos e apresentam potencial para melhorar suas características químicas, físicas e biológicas. As espécies da família das leguminosas são opções interessantes na adubação verde, pelo fato de apresentarem a capacidade de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico a partir da formação de uma simbiose mutualística com bactérias diazotróficas e, dessa forma, substituir insumos que são fontes de nitrogênio, como adubos sintéticos e esterco de origem animal. Além disso, a família das leguminosas é formada por um número expressivo de espécies, adaptadas a diversas condições edafoclimáticas. Não obstante, plantas de outras famílias botânicas são também empregadas como adubos verdes por oferecerem outros benefícios para sustentação a longo prazo dos agroecossistemas.

Uma estratégia de adubação verde ainda pouco empregada, é a mistura ou “coquetel” de adubos verdes, que consiste na combinação de diferentes espécies de várias famílias botânicas, cultivadas em consórcio. No entanto, ainda há poucos trabalhos científicos avaliando a contribuição desse tipo de técnica. A ideia que permeia essa técnica é estimular a complexidade das relações existentes entre as espécies em decorrência do aumento da diversidade inerente às famílias botânicas, de forma a superar o caráter de monocultivo e introduzir nos desenhos diferentes aspectos funcionais. Todavia, arranjos populacionais e espaciais formados entre as espécies empregadas constantemente ainda carecem de estudos.

Nesse sentido, a combinação da mistura de plantas pode, hipoteticamente, trazer variados benefícios, como: a melhor exploração de camadas diferenciadas do solo, favorecendo assim, a maior ciclagem dos nutrientes; o acúmulo diferenciado de nutrientes na biomassa vegetal, ampliando qualitativa e quantitativamente a oferta para as culturas comerciais; velocidade diferenciada de decomposição dos resíduos vegetais, impactando tanto no nível da proteção física quanto na atividade biológica do solo (ALMEIDA et al., 2007). Assim, verificar o desempenho de determinadas espécies em distintos arranjos torna-se uma etapa fundamental de estudo, antecedendo a disseminação junto a agricultores.

Diante do exposto, a hipótese formulada neste trabalho é que o emprego de uma mistura de adubos verdes semeada em sulcos ou a lanço e, consorciadas ao milho promove a cobertura uniforme do solo e não prejudica o desenvolvimento desta gramínea, favorecendo o aumento da produtividade do feijoeiro cultivado em sucessão. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho produtivo de uma sucessão envolvendo milho e feijoeiro, submetidos ao manejo orgânico, associada à adubação verde formada por uma mistura de espécies com diferentes arranjos espaciais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Agroecologia e Agroecossistema

Partindo de sua etimologia, a palavra agroecologia pode ser entendida como a justaposição de duas palavras. **Agro**, de origem latina, relativo à agricultura, e outra grega, **ecologia**, que por sua vez é formada por duas outras palavras gregas: eco (oikos, que significa casa) e logia (logos, que significa estudo). Então, fazendo uma interpretação, ecologia refere-se ao ‘estudo da casa ou por extensão, do ambiente onde vivem os seres vivos, assim como de suas relações’ (JESUS, 2005).

A agroecologia é uma ciência, e pode ser definida como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos na configuração e manejo de agroecossistemas sustentáveis. A ciência agroecológica oferece o conhecimento e metodologia necessários para o desenvolvimento de uma agricultura que é ambientalmente consciente, altamente produtiva e economicamente viável (GLIESSMAN, 2001).

Gomes (2005) acredita que agroecologia seja uma disciplina científica, indo além dos limites da própria ciência, ao pretender incorporar em sua base questões não tratadas pela ciência clássica (relações sociais de produção, equidade, segurança alimentar, autoconsumo, qualidade de vida, sustentabilidade, dentre outros). No entanto, acrescenta que embora a agroecologia represente grande contribuição na busca do novo paradigma agrícola, está longe de ser consolidado como modelo produtivo hegemônico. Para Sevilla-Guzmán (2005) a agroecologia pretende, então, que os procedimentos para a transição da agricultura convencional para a agricultura ecológica, na unidade produtiva agrícola, se desenvolvam no contexto social, cultural e político e, direcionem propostas coletivas que transformem as relações de dependência do modelo convencional de agricultura.

Se por um lado Gomes (2005) não considera a agroecologia como um novo paradigma, Jesus (2005) a considera como paradigma emergente, sendo este substituto da agricultura industrial ou convencional, exatamente por incorporar em seu escopo elementos de síntese, unificadores, integradores. Tal paradigma se diferencia do paradigma vigente por possuir uma abordagem holística, não apenas sobre as questões ambientais, como também às questões humanas. Feiden (2005) sintetiza ainda que a agroecologia é uma ciência em construção e, além de ser caracterizada pela transdisciplinaridade, agrega conhecimentos de diversas outras ciências e, incorpora ainda, o conhecimento tradicional, sendo este um dos pilares fundamentais da ciência agroecológica.

O fundamento das práticas agrícolas alternativas é, sem dúvida, orientar o pensamento para a preservação da produtividade dos agroecossistemas a longo prazo, mostrando o caminho para a sustentabilidade às futuras gerações. Tais práticas são orientadas ao profundo conhecimento dos processos ecológicos que permeiam e ocorrem nas unidades de produção ou agroecossistemas.

Existem diversas definições para o termo agroecossistema, mas todas são de caráter ecológico. Para Gliessman (2001), os agroecossistemas são definidos, conceitualmente, como locais de produção agrícola, compreendidos como ecossistemas. Para o entendimento do agroecossistema, é necessário o estudo dos princípios ecológicos envolvidos em ecossistemas, tendo como finalidade alcançar qualidades de resiliência, estabilidade, produtividade e equilíbrio, encontradas em ecossistemas naturais. Altieri (2012) observa que a ênfase dos agroecossistemas está nas interações entre as pessoas e os recursos de produção de alimentos dentro de uma propriedade ou área específica. Caporal e Costabeber (2002) consideram que o agroecossistema é uma unidade fundamental para o estudo e planejamento das intervenções humanas em prol do desenvolvimento rural sustentável. Na prática e teoricamente, a agroecologia deve ser compreendida como um enfoque científico, uma ciência ou um conjunto de conhecimentos que nos auxilia tanto na análise crítica da agricultura da ‘Revolução Verde’, como também no desenho e planejamento de agroecossistemas sustentáveis.

Sarandón (2008) faz uma crítica sobre a formação dos profissionais ligados as ciências agrárias, que os preparam para o modelo agrícola produtivista, o modelo considerado insustentável. Tal deficiência na educação agrária dificulta o entendimento e sensibilização do profissional para a complexa abordagem ecológica dos sistemas produtivos. Dessa forma, a agroecologia surge para dar suporte científico-tecnológico-ético ao desenvolvimento das agriculturas não-convencionais.

## **2.2 Agricultura Orgânica**

A agricultura orgânica, considerada uma das principais vertentes alternativas, iniciou sua trajetória histórica através das obras do pesquisador inglês Sir Albert Howard, entre os anos de 1925 e 1930, na Índia, na cidade de Indore. Howard trabalhou em uma unidade de pesquisa de plantas, onde estudou o processo de compostagem de resíduos orgânicos e adubação orgânica. Um dos mais importantes legados para o movimento orgânico foi a publicação do livro “An agricultural testament” (Um testamento Agrícola) em 1943 dando,

definitivamente, um ponto de partida para essa agricultura não-convencional (EHLERS, 1999).

Conceitualmente, podemos entender que a agricultura orgânica é o sistema de manejo sustentável da unidade de produção, com enfoque sistêmico que privilegia a preservação ambiental, a agrobiodiversidade, os ciclos biológicos e a qualidade de vida do homem, visando à sustentabilidade ambiental e econômica no tempo e no espaço. Baseia-se na conservação dos recursos naturais e não utiliza fertilizantes de alta solubilidade, agrotóxicos, antibióticos, aditivos químico-sintéticos, hormônios, organismos transgênicos e radiações ionizantes (NEVES et al., 2004).

Há ainda os que acreditam que a agricultura orgânica represente o retorno a práticas antieconômicas de décadas passadas e à produção de subsistência de pequena escala, usando lógicas agronômicas já superadas. No entanto, embora os agricultores não-convencionais não utilizem o pacote tecnológico resultante do processo de modernização agrícola, e utilizem práticas eficientes do passado, o conceito é muito mais abrangente. Os métodos alternativos de agricultura são considerados modernos, desenvolvidos e adaptados em complexo sistema de técnicas agronômicas, onde o objetivo principal não é a exploração econômica imediatista e inconsequente, mas sim o aproveitamento econômico por longo prazo, mantendo o agroecossistema equilibrado e autossuficiente (PASCHOAL, 1994).

Em 2003, o governo brasileiro sancionou a lei nº 10.831, que dispõe sobre todo o sistema de produção orgânica: a produção, o armazenamento, a rotulagem, o transporte, a certificação, a comercialização e a fiscalização dos produtos. Mais tarde, em dezembro de 2007, o governo regulamentou essa lei através do Decreto nº 6.323, dispondo sobre as novas regras de produção orgânica. A agroecologia e a produção orgânica ganharam mais incentivo, em 2012, através da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) com o Decreto nº 7.794, onde o desenvolvimento agrícola sustentável e a qualidade de vida da população fazem parte do objetivo. Dessa forma, o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), busca implementar programas e ações em prol da transição agroecológica das unidades de produção (BRASIL, 2003; BRASIL, 2007; BRASIL, 2012; CIAPO, 2013).

### **2.3 Adubação Verde e Plantas de Cobertura de Solo**

A agricultura “moderna”, comumente denominada convencional da forma como é praticada, através de seu modelo tecnológico desenvolvido para a agricultura leva o solo a uma exposição direta ao sol, à chuva e aos ventos, principais responsáveis de sua degradação.

A interrupção desse processo implica na adoção de práticas de manejo que assegurem sua permanente cobertura com matéria viva ou morta, a reciclagem mais efetiva da biomassa, considerando essa como o material orgânico com propriedades condicionadoras de solo. Nessa visão ampliada de manejo e conservação do solo, especial ênfase deve ser conferida à prática de adubação verde. Por suas qualidades, as plantas de cobertura do solo propiciam benefícios bastante significativos à agricultura, que as tradicionais práticas convencionais não conseguem exercer (CALEGARI et al., 1992).

A prática da adubação verde é milenar e, em sua trajetória histórica observam-se contribuições para muitos povos. Chineses, gregos e romanos, antes da era cristã, já a utilizavam com êxito na agricultura (GRANATO, 1925 apud CALEGARI et al., 1992). Pode-se definir a adubação verde, em um conceito mais amplo, como o uso de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas principais, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se à proteção superficial, bem como a manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, inclusive a profundidades significativas. Eventualmente, partes das plantas utilizadas como adubos verdes podem ter outras destinações como, por exemplo, produção de sementes, fibras, alimentação animal, dentre outras (CALEGARI et al., 1992).

As plantas mais utilizadas para a adubação verde são as plantas da família Fabaceae (como mucunas, crotalárias, feijões, sojas), as plantas da família Poaceae (como milho, aveia preta), e outras, como o nabo forrageiro da família Brassicaceae e o girassol da família Asteraceae. A característica mais importante relacionada aos benefícios da utilização de leguminosas é o fornecimento de nitrogênio através do processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN). Já as gramíneas, muitas das quais de metabolismo C4, são caracterizadas pela eficiência na produção de biomassa vegetal, podendo contribuir para o incremento de matéria orgânica no solo (PENTEADO, 2010).

A FBN mostra-se ser uma alternativa eficaz para o fornecimento de nitrogênio nos sistemas de produção, principalmente em sistemas orgânicos. O processo é caracterizado pela redução do N<sub>2</sub> atmosférico a NH<sub>3</sub> através da enzima nitrogenase, encontrada em alguns microrganismos de vida livre ou capazes de se associar a certas plantas. Acredita-se que a maior contribuição da FBN ocorre pela associação simbiótica de bactérias diazotróficas com plantas da família Leguminosae (também chamada Fabaceae) (ESPINDOLA et al. 2004b; MERCANTE et al. 2014).

É necessário considerar, também, outras características dessas plantas como: hábito de crescimento (ereto, prostrado ou volúvel), ciclos (anual ou perene), sementes (dormência e

tamanho), dentre outras (ESPINDOLA, et al., 2005). Penteados (2010) informa que plantas de crescimento rasteiro, apresentando cobertura densa e ciclo de vida curto ou mediano podem ajudar no manejo e são mais desejáveis e interessantes na produção orgânica.

Segundo Calegari et al. (1992) a adubação verde está associada a quatro efeitos relevantes nos diferentes agroecossistemas: cobertura e proteção do solo; conservação e/ou melhoria das condições químicas, físicas e biológicas no solo; descompactação pelas raízes e favorecimento de organismos benéficos em profundidade no solo; uso de biomassa para alimentação animal ou em outras finalidades.

O entendimento da utilização de plantas de cobertura do solo para adubação verde vai além do uso de leguminosas para o aporte de nitrogênio no sistema, visto que o objetivo é alcançar outros benefícios, empregando também outras espécies e manejos que podem favorecer a estruturação do solo, o controle de ervas espontâneas, a saúde do solo, e outros.

A adubação verde pode ser classificada conforme a forma de sua utilização (ESPINDOLA et al., 2005):

- adubação verde exclusiva de primavera/verão em cultivo solteiro;
- adubação verde exclusiva de outono/inverno em cultivo solteiro;
- adubação verde consorciada com culturas anuais;
- adubação verde intercalar em culturas perenes;
- adubação verde em faixas;
- adubação verde perene.

Deve-se alertar, contudo, que a utilização da adubação verde não é a solução para todos os problemas que afetam a agricultura. Tal prática poderá se deparar com transtornos de ordem fitossanitária, se em um determinado local adotar como adubo verde apenas uma única espécie, assim, nesse sentido, poderá se evidenciar os inconvenientes de uma monocultura (CALEGARI et al., 1992).

Uma opção conveniente para aumentar a diversidade nos campos de cultivo é a adubação verde tipo 'coquetel'. Essa ideia foi desenvolvida na Associação Biodinâmica e, a prática ainda continua evoluindo. O princípio básico consiste na utilização de misturas de diversas espécies de plantas de várias famílias com o objetivo de se conseguir a maior diversidade possível. Essa diversidade poderá estimular uma maior complexidade das relações presentes no cultivo. O coquetel de adubos verdes é uma tentativa de desenvolver uma prática que possa ser aplicada tanto por pequenos agricultores quanto por proprietários de grandes áreas, pois mesmo o cultivo do coquetel em uma extensa porção de terra, não terá a característica dos monocultivos (SIXEL, 2007).

No caso do coquetel ou de misturas de espécies de adubos verdes, várias combinações podem ser feitas de acordo com a disponibilidade de sementes e as condições edafoclimáticas locais. As plantas mais utilizadas para o clima tropical são: milho, milheto, sorgo, painço, feijão-de-porco, feijão-bravo-do-ceará, feijão-de-corda, mucunas, lab-lab, calopogônio, crotalárias, guandu, tefrósia, leucena, girassol e mamona (ALMEIDA et al., 2007). No entanto, observa-se uma carência de informações relacionadas à utilização do coquetel ou de misturas de plantas para adubação verde.

Carvalho et al. (2006) avaliou o potencial de acúmulo de nutrientes e produção de biomassa em quatro coquetéis de adubos verde: 1. Mucuna Preta + Milheto + Girassol; 2. *Crotalaria juncea* + Milheto + Girassol; 3. Feijão-de-porco + Milheto + Girassol; 4. Coquetel Biodinâmico: Girassol + Milho + Mucuna preta + Feijão guandu + *Crotalaria juncea* + Leucena + Milheto, e, um tratamento testemunha, 5. Regeneração natural. O resultado do ensaio mostrou que os tratamentos Mucuna preta + Milheto + Girassol e a Regeneração natural apresentaram os piores resultados. Já o coquetel biodinâmico mostrou-se o mais eficiente na produção de matéria fresca e matéria seca, e também no acúmulo de alguns nutrientes (nitrogênio e fósforo) na parte aérea vegetal.

Primavesi (2002) resume que a prática da adubação verde racionalmente empregada é um elemento valioso na diminuição dos custos da produção agrícola. Pode ser cultivada como cultura na entressafra ou nas entrelinhas das plantas de interesse econômico para a proteção do solo.

### **2.3.1 Considerações sobre a crotalária júncea**

Há mais de 600 espécies de crotalária em todo o mundo, que se desenvolvem em diversas condições de clima e de solo. As espécies de crotalária mais usadas como adubo verde são: *C. spectabilis*, *C. grationa*, *C. striata*, *C. anagiroides*, *C. paulinea*, entre outras. Entre essas se encontra também a crotalária júncea (*Crotalaria juncea* (L); família Fabaceae), amplamente empregada no Brasil, principalmente em sistemas de consórcio com plantas semiperenes ou perenes, como café, cana-de-açúcar (também em cultivo exclusivo, na renovação do canavial) e fruteiras, e com plantas anuais, em plantios por ocasião de maturação fisiológica da cultura principal, como o milho, arroz e sorgo (BALIEIRO et al., 2013; WUTKE et al., 2014). Além do consórcio, é comum o plantio de crotalária em sucessões de cultivos.

São caracterizadas por serem plantas anuais de clima tropical e subtropical (não resistem a geadas), apresentando ciclo até o florescimento de 90 a 120 dias, de crescimento

inicial relativamente rápido, com efeitos alelopáticos e/ou supressores às plantas espontâneas. Possuem porte ereto, semiarbusivo, de hábito determinado, com altura de plantas variando de 2,0 a 3,0 m, dependendo da fertilidade do solo. São semeadas a lanço, em linha ou, em alguns casos, com matraca. Adotam-se, normalmente, o espaçamento de 0,50 m x 0,10 m (duas plantas por cova) (CALEGARI et al., 1992; BALIEIRO et al., 2013). O peso de 1.000 sementes é de 50 gramas.

Considera-se que a *C. juncea* seja uma planta de dias curtos. A altura das plantas e, conseqüentemente, a produção de biomassa depende da extensão do período vegetativo (BULISANI et al., 1980). Assim, a semeadura entre o período de outubro a dezembro corresponde a melhores produções de biomassa (LOVADINI et al., 1970).

A produção de fitomassa varia entre 15 t ha<sup>-1</sup> e 60 t ha<sup>-1</sup> de massa verde e entre 4 t ha<sup>-1</sup> e 15 t ha<sup>-1</sup> de massa seca. Apresenta sistema radicular pivotante e penetrando profundamente, contribuindo, dessa forma, à melhoria da infiltração da água, da capacidade de fixação de nitrogênio e da ciclagem de vários nutrientes no perfil do solo. Os valores de fixação de nitrogênio variam entre 150 Kg.ha<sup>-1</sup> a 165 Kg.ha<sup>-1</sup> ano, havendo registro de até 450 Kg.ha<sup>-1</sup> ano (WUTKE et al., 2014).

Em relação a doenças e pragas há registro de danos causados pelo fungo *Ceratocystes fimbriata* e *Fusarium* sp, e pela lagarta *Utetheisa ornatrix* e lagartas-de-vagem (*Etiella zinckenella*, *Spodoptera* sp.), tornando-se estas um problema quando objetiva-se a produção de sementes (WUTKE et al., 2009; BALIEIRO et al., 2013; WUTKE et al., 2014).

### **2.3.2 Considerações sobre o feijão-de-porco**

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.; família Fabaceae) é uma leguminosa de ciclo anual, de porte ereto e hábito de crescimento determinado, atingindo 0,6 m a 1,2 m de altura. Apresenta a característica de forte rusticidade, de ciclo anual ou bianual, de crescimento inicial lento, resistente tanto às altas temperaturas quanto à seca. Suporta o sombreamento parcial. Adapta-se a praticamente todos os tipos de solos, inclusive aqueles pobres em fósforo. Espécie de clima tropical e subtropical, não suportando geadas (CALEGARI et al., 1992; CALEGARI, 1995; WUTKE et al., 2014).

O sistema de semeadura pode ser feito a lanço, em linha ou em covas. Em linhas, aconselha-se um espaçamento de 50 cm com 5 a 8 sementes por metro linear, ou seja, 150 Kg de sementes por hectare. Pode-se realizar a semeadura com matraca, duas sementes por cova, distanciadas 40 cm uma da outra. O peso de 1.000 sementes é de 1.350 gramas (CALEGARI et al., 1992; CALEGARI, 1995).

O feijão-de-porco consorcia-se satisfatoriamente com plantas de ciclo perenes ou semiperenes, como a cultura do café, fruteiras e a cana-de-açúcar, e com plantas de ciclo anual em plantio simultâneo ou plantio na maturação fisiológica da cultura principal. A prática do plantio de leguminosas entre fileiras da cultura principal, nos plantios simultâneos, diminui o surgimento de plantas concorrentes nas ‘ruas’ da cultura, pelo fato de, rapidamente, cobrir o terreno, sem prejudicar o desenvolvimento dela; no entanto, pode afetar a cultura principal em plantios simultâneos onde ocorra deficiência hídrica (BALIEIRO et al., 2013). Em relação às vantagens e limitações da espécie, pode-se caracterizá-la como uma planta interessante para a cobertura do solo, apresentando efeito alelopático e/ou supressor de ervas espontâneas, principalmente, no difícil controle da tiririca (*Cyperus rotundus*). Quanto à limitação refere-se ao tamanho das sementes, levando a um gasto elevado na implantação da cultura. É suscetível ao ataque de nematóides (CALEGARI et al., 1992; CALEGARI, 1995; WUTKE et al., 2014).

A produtividade do feijão-de-porco, dependendo dos fatores edafoclimáticos, pode chegar a 50 t ha<sup>-1</sup> de massa verde, representando a adição ao solo de 10 t a 15 t de matéria seca e de 100 kg a 300 kg de N (BALIEIRO et al., 2013).

### **2.3.3 Considerações sobre o girassol**

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta da família das asteráceas, de ciclo anual, utilizado para variados fins. Seu principal produto é o óleo, com elevado valor alimentício. A torta de girassol é rica em proteína e é muito utilizada nas dietas animais. As plantas, quando verdes ou secas, podem ser destinadas como forragem fresca ou ensiladas. Pode também ser aplicada com planta medicinal, melífera, ornamental, com aplicação na indústria de sabões e sabonetes finos. Os aquênios, frutos comumente chamados de sementes, podem ser destinados na alimentação de aves, especialmente de pássaros. A outra forma de ser utilizada é como planta para adubação verde, sendo um ótimo material a ser incluído na rotação de culturas, com efeitos representativos na reciclagem de nutrientes e no efeito supressivo e/ou alelopático às ervas espontâneas (CALEGARI et al., 1992).

As plantas de girassol possuem um ciclo entre 70-120 dias, desenvolvimento rápido e devem ser incorporadas antes da maturidade fisiológica. Pode ser semeado praticamente durante o ano todo, por tolerar à seca e à geada. Produz de 4 a 15 toneladas de massa seca por hectare após 60 a 80 dias da semeadura, dependendo da época de semeadura e da fertilidade do solo. Apresenta rápida decomposição de sua biomassa por ter a faixa relação C/N mais estreita. Inibem a emergência de várias espécies de ervas espontâneas, principalmente as

gramíneas. Tem baixo custo de implantação, pois o gasto de sementes por hectare é pequeno. A utilização de sementes por hectare é em torno de 10 a 15 kg por hectare (PENTEADO, 2010).

Quando a intenção for a adubação verde, deve ser semeado preferencialmente no outono ou fins de inverno. Há a possibilidade de ser em consórcio com a cultura do milho, com provável chance de produção em torno de 1.000 kg por hectare de grãos. Recomendam-se quantidades maiores de sementes (30 a 50 kg por hectare) e espaçamento entre linhas 20 a 40 cm. O peso mediano de 1.000 sementes é de 60 gramas (CALEGARI et al., 1992).

#### **2.4 Arranjos Populacionais de Plantio, Consórcios e Sucessões de Cultivos**

O arranjo populacional de plantio busca proporcionar melhores distribuições de plantas na área, tornando possível o melhor aproveitamento de recursos disponíveis como água, luz e nutrientes (ARGENTA, et al., 2001). O estudo de novas distribuições espaciais na lavoura através de diferentes arranjos populacionais permite, entre outras avaliações, analisar as interações e os efeitos competitivos por fatores bióticos e/ou abióticos entre as espécies presentes. Torna-se importante observar os benefícios trazidos pelas novas organizações espaciais, por exemplo, produção de biomassa e sementes, impacto em relação à supressão de ervas espontâneas, otimização da fixação biológica de nitrogênio, etc (PEREIRA et al., 2005).

Na cultura do milho, o arranjo de plantio em fileiras duplas é caracterizado por diminuir o espaçamento entre os sulcos de semeadura e aumentar o espaço entrelinhas, no entanto, não modifica-se o estande da lavoura. Esse método favorece a entrada de uma outra cultura, cultivando-as através de um consórcio. Magnavaca et al. (1971) e Ottman & Welch (1989) não observaram diferenças, em relação a produção de grãos, entre os métodos de plantio. Pereira Filho et al. (2000), estudando o arranjo da cultura do milho, em fileiras simples e fileiras duplas, objetivando melhores rendimentos do feijoeiro em cultivo consorciado, observaram que o rendimento dos grãos de milho não é influenciado pelos sistemas de cultivo e, que os melhores rendimentos de grãos do feijoeiro foram verificados no sistema de fileiras simples.

O sistema consorciado é utilizado, principalmente, por pequenos agricultores, onde buscam aproveitar da melhor forma possível os recursos do ambiente de que dispõem (REIS et al., 1985). Esse sistema caracteriza-se pelo plantio de duas ou mais culturas, na mesma área, ao mesmo tempo. Através desse método busca-se incorporar as inúmeras vantagens produtivas, ambientais e econômicas ao sistema. Hoje em dia, as consorciações não são apenas entre as diversas culturas agrícolas; há o interesse também, de realizar consórcios entre

culturas e adubos verdes (SOUZA; RESENDE, 2003). Dessa maneira, os adubos verdes podem ser inseridos em conjunto com as culturas de interesse econômico, otimizando a área de plantio e contribuindo, positivamente, com a produção de biomassa, aporte de nitrogênio e ciclagem de nutrientes dentro da lavoura, ao mesmo tempo em que se colhe a cultura rentável (CASTRO et al., 2004).

Busca-se através do consórcio, cultivar espécies de adubos verdes que apresentem características distintas e, ao mesmo tempo complementares entre si, com o objetivo de trazer ao sistema produtivo efeitos que beneficiem tanto o solo e as culturas posteriores quanto o agroecossistema e sua paisagem. Assim, recomenda-se associar espécies que tenham sistemas radiculares distintos, diferentes potenciais para a ciclagem de nutrientes, diferentes capacidades sobre a supressão de plantas espontâneas, entre outras características (WILDNER, 2014). Pitol et al. (2006) aconselham a utilizar diferentes famílias botânicas, para que a diversidade biológica dos agroecossistemas se desenvolva e, para que estas consigam superar as limitações de produção de biomassa e de disponibilidade de N, para as culturas sucessoras.

No entanto, a consorciação deve obedecer alguns critérios técnicos de modo a evitar a competição entre as espécies de adubos verdes e a cultura principal. Os fatores a serem considerados no momento da implantação do consórcio são: a cultivar da cultura principal; a espécie do adubo verde e a época de seu respectivo corte (RIBAS et al., 2002; CASTRO et al., 2004).

A prática de sucessão de culturas é caracterizada pelo cultivo de duas ou mais espécies em uma sequência pré-estabelecida em uma mesma área, dentro de um mesmo ano agrícola (SEDIYAMA, 2009; SOUZA et al., 2012). Recomenda-se que as espécies escolhidas tenham, ao mesmo tempo, propósito comercial e de recuperação do solo. Esta prática proporciona a produção diversificada de alimentos e outros produtos agrícolas, além de melhorar características físicas, químicas e biológicas do solo, equilibrando assim o agroecossistema. Em muitos casos, proporciona o aporte de matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos e ajuda a viabilização do Sistema de Semeadura Direta e dos seus efeitos benéficos sobre a produção agropecuária e sobre o ambiente como um todo (CRUZ et al., 2014). O adubo verde, antecedendo o cultivo da cultura principal, pode ser roçado e incorporado ou mantido em cobertura na superfície do solo, trazendo assim, os benefícios através do plantio direto em meio à palhada.

## 2.5 Espécies utilizadas no estudo

Dando atenção ao aspecto conservacionista sustentável e, em função a vários resultados positivos de pesquisas observados em vasta literatura nacional disponível, alguns adubos verdes podem ser utilizados em vários sistemas de produção, como: em rotação, sucessão ou consórcio com culturas anuais e perenes; na reforma de áreas em diversas culturas como: cana-de-açúcar, pastagens e outras; na agricultura familiar e orgânica, com a diversificação de plantas para o aumento da biodiversidade e produção de fitomassa em consórcios, ‘coquetéis’ ou ‘misturas’ de adubos verdes.

Atualmente, inúmeras outras espécies de plantas são também consideradas como adubos verde ou, ainda, plantas de cobertura, e outras famílias botânicas de plantas, como gramíneas, crucíferas e asteráceas, passaram a ser também utilizadas para esse propósito, porém sem a contribuição expressiva da fixação biológica do nitrogênio (WUTKE et al., 2009).

As espécies vegetais escolhidas para fazerem parte do trabalho possuem funções importantes dentro do sistema produtivo. O milho, por exemplo, além da grande importância no setor financeiro mundial como *commodity* agrícola, apresenta-se como uma das principais culturas da agricultura brasileira, especialmente para a agricultura familiar, sendo fundamental na renda do pequeno produtor e na alimentação da população. Calcula-se que, atualmente, há mais de 600 subprodutos de milho no mercado (ABBOUD et al., 2013). Desse modo, o milho insere-se no trabalho como uma cultura de interesse econômico, fundamental para os agricultores.

Em relação às plantas que serão utilizadas como adubos verdes e para a cobertura do solo, a crotalária júncea apresenta um desenvolvimento bastante rápido, assim como o girassol. Já o feijão-de-porco demonstra um crescimento inicial mais lento, tolerando um sombreamento parcial. Tanto o girassol quanto a crotalária são plantas arbustivas de porte ereto, diferente do feijão-de-porco, de hábito herbáceo determinado. As três espécies proporcionam aporte de biomassa em quantidades diferentes entre si, variando em torno de 4-15, 5-8 e 7-12 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente, para a crotalária, o feijão-de-porco e o girassol (WUTKE et al., 2014). A variedade de girassol utilizada foi a Hélio 250 caracterizada por ser uma variedade precoce, apresentando florescimento com 50 a 60 dias, maturação fisiológica com 85 a 105 dias e altura média de 1,60 a 1,80 metros.

### 2.5.1 Milho: espécie estratégica

O milho (*Zea mays* L.; família Poaceae) é uma cultura de grande importância nas atividades agropecuárias do Brasil por ser uma das mais comumente encontradas nas

propriedades rurais e por seu valor econômico. Além de ser uma significativa fonte de renda para o agricultor, é ao mesmo tempo, uma matéria-prima importante para os criadores de aves, suínos, bovinos e outros animais, componente de destaque das rações (CRUZ et al., 2011). A crescente demanda por milho verde no mercado, por exemplo, estimulou também os produtores que utilizam mão-de-obra familiar a ampliar a indústria caseira, resultando um aumento na renda por parte desse segmento (PEREIRA FILHO et al., 2008).

Considerando tal importância, o milho destaca-se como uma cultura estratégica para a inserção em consórcios com os adubos verdes, visto que o manejo da lavoura de milho favorece a introdução de espécies companheiras. Além disso, as plantas de milho podem produzir quantidades relativamente expressivas de biomassa, que permitirá contribuir dentro do sistema de produção com o aumento de matéria orgânica do solo (GUERRA et al., 2014). Desta maneira, o arranjo das espécies, no tempo e no espaço, com a alternância de diferentes famílias que compõem o planejamento do sistema de produção, deve atender, além dos objetivos técnicos preconizados, à maximização das oportunidades econômicas e agroecológicas (AMADO et al., 2014). A Tabela 1, a seguir, mostram-se algumas características médias da variedade de milho utilizada (CARVALHO et al., 2004).

**Tabela 1.** Características agrônômicas da variedade de milho BRS caatingueiro.

<b>Tipo</b>	Variedade de polinização livre
<b>Ciclo</b>	Superprecoce
<b>Emergência ao florescimento</b>	41 a 50 dias
<b>Emergência à maturação</b>	90 a 100 dias
<b>Altura da planta</b>	1,80 a 2,00 m
<b>Altura da espiga</b>	0,90 a 1,00 m
<b>Tolerância ao acamamento</b>	Boa
<b>Tolerância ao quebramento</b>	Boa
<b>Resistência a doenças</b>	Sem ocorrência que cause dano **
<b>Tipo de grão</b>	Semi-Duro
<b>Massa 100 sementes</b>	300 g
<b>Cor de grão</b>	Amarela
<b>Região de recomendação</b>	Nordeste brasileiro com ênfase para a região semi-árida
<b>Potencial de produtividade</b>	5 t por hectare
<b>Potencial de produtividade no semi-árido</b>	2 a 3 t por hectare *

\* Valores médios podem variar para mais ou para menos dependendo das condições ambientais.

\*\* Pode, ocasionalmente, aparecer *E. turcicum* e o *E. maydis*.

Adaptado de Carvalho et al., 2004.

A variedade de milho utilizada no estudo foi a BRS caatingueiro, desenvolvida com o objetivo de resistir à seca, principalmente, da região nordeste. Dessa forma, o milho caatingueiro é caracterizado por apresentar um ciclo superprecoce, permitindo que, um curto período de chuva satisfaça suas necessidades fisiológicas para produzir (CARVALHO et al., 2004).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área e Estudo

O presente trabalho foi realizado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), comumente chamado de 'Fazendinha Agroecológica Km 47', no município de Seropédica, região da Baixada Fluminense, RJ. A 'Fazendinha' é um espaço dedicado ao ensino, à pesquisa e a construção social de conhecimentos em agroecologia e produção orgânica, planejada tendo como base a integração entre a produção vegetal e animal, envolvendo plena diversificação de cultivos e criações (ALMEIDA et al., 2003; NEVES, et al., 2005). Este espaço situa-se a uma altitude média de 33 metros, em uma área de aproximadamente 80 hectares (DIAS, 2007). O clima é caracterizado como quente e úmido classificado como Aw, segundo Köppen, com o predomínio de altas temperaturas no verão e amenas no inverno. Durante o período do experimento a temperatura média foi de 27 °C e precipitação de cerca de 250 mm.

O solo da área experimental corresponde a um Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999), cuja análise química de terra (camada de 0-20 cm), efetuada de acordo com procedimentos baseados por Nogueira e Souza (2005) no laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia, forneceu os seguintes resultados: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,15; Al<sup>+++</sup> = 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 2,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 0,96 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 72,00 mg dm<sup>-3</sup> e P disponível = 49,53 mg dm<sup>-3</sup>.

#### 3.2 Planejamento

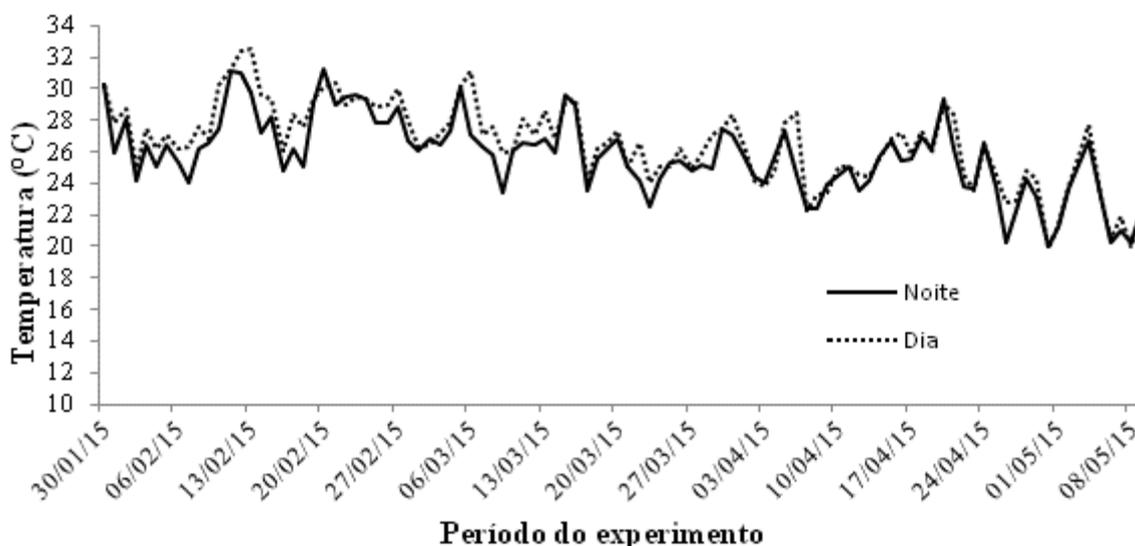
O estudo foi organizado na forma de sucessão de cultivos. Inicialmente, foi caracterizada por uma estratégia de introdução da adubação verde a partir de arranjos espaciais de plantio de uma mistura de plantas de cobertura do solo, contemplando cultivos consorciados com o milho. Em seguida, na mesma área em sucessão, cultivou-se feijão nas parcelas empregadas para adubação verde.

O trabalho experimental foi implantado em uma área total de 536,50 m<sup>2</sup>, sendo que, cada parcela apresentou medidas de 4,00 m de comprimento por 4,50 m de largura, correspondendo a 18,00 m<sup>2</sup>. O Delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas.

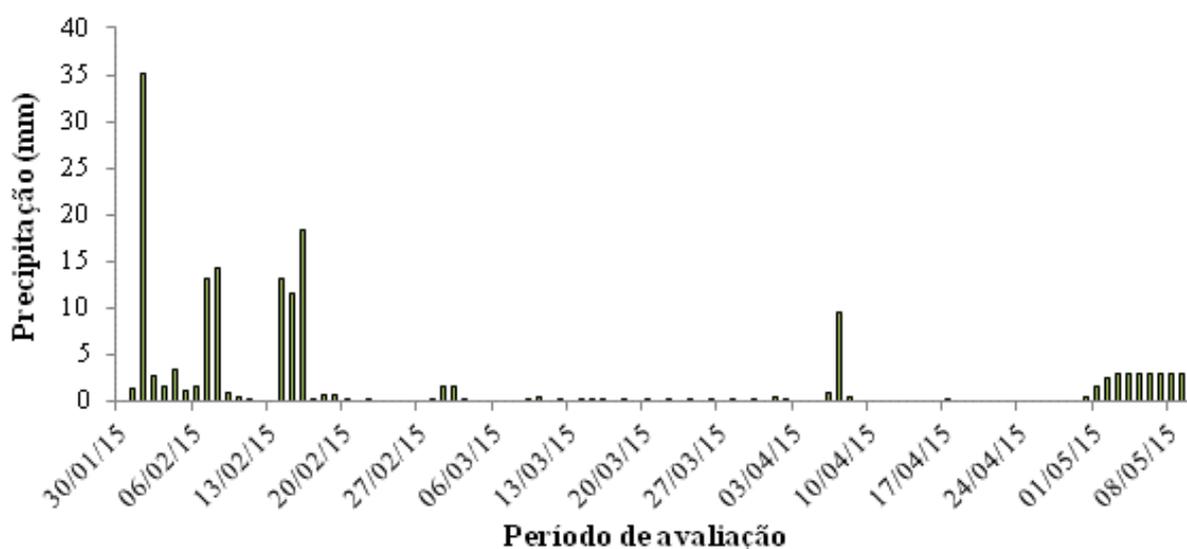
A área experimental foi irrigada por aspersão, de acordo com as condições climáticas durante o período de condução do experimento. Os dados meteorológicos referentes ao período foram obtidos por meio de disponibilização da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Estação Ecologia Agrícola, município de Seropédica, RJ, cujas coordenadas são 22° 45' 13'' S e 43° 40' 23'' W, na altitude de 34,0 m.

### 3.3 Primeira Etapa: Arranjos Espaciais de Plantio de uma Mistura de Espécies de Plantas de Cobertura do Solo para Adubação Verde

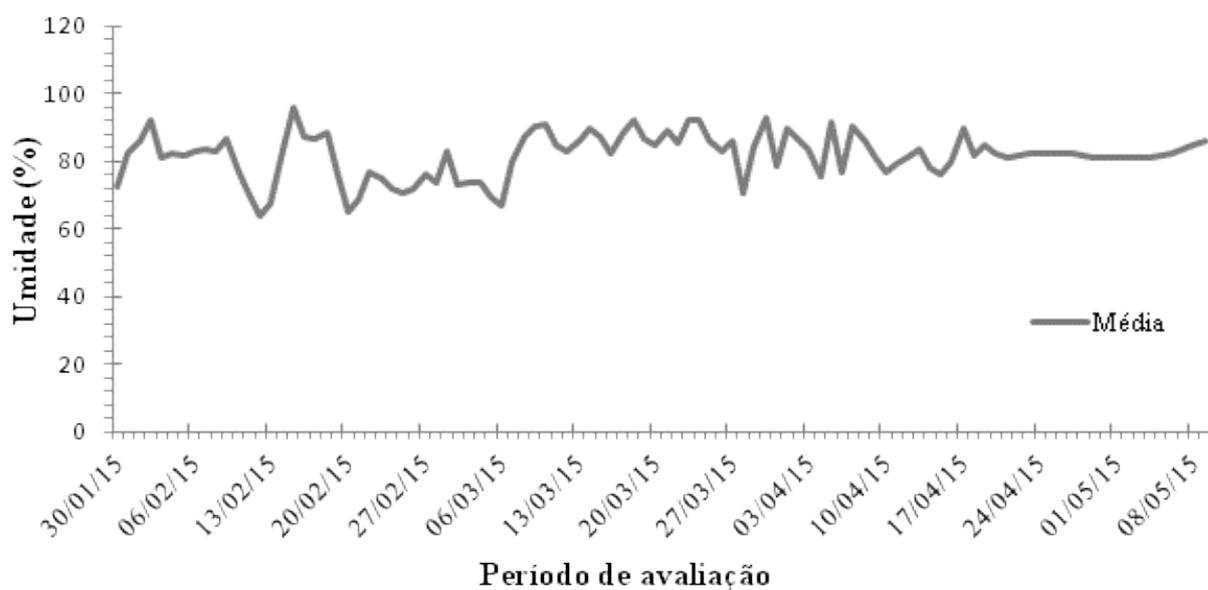
O estudo foi conduzido entre o período de 30 de janeiro a 09 de maio de 2015, quando foram colhidos os grãos do milho e feito o corte das plantas de cobertura. Os valores de temperaturas médias do ar diurnas e noturnas e das taxas de precipitação pluviométrica e de umidade relativa do ar, referentes ao período experimental, podem ser vistos nas Figuras 1, 2 e 3.



**Figura 1.** Valores de temperatura diurna e noturna máximas no período de condução do experimento. Dados obtidos da Estação Ecologia Agrícola, Seropédica – RJ (INMET, 2015).



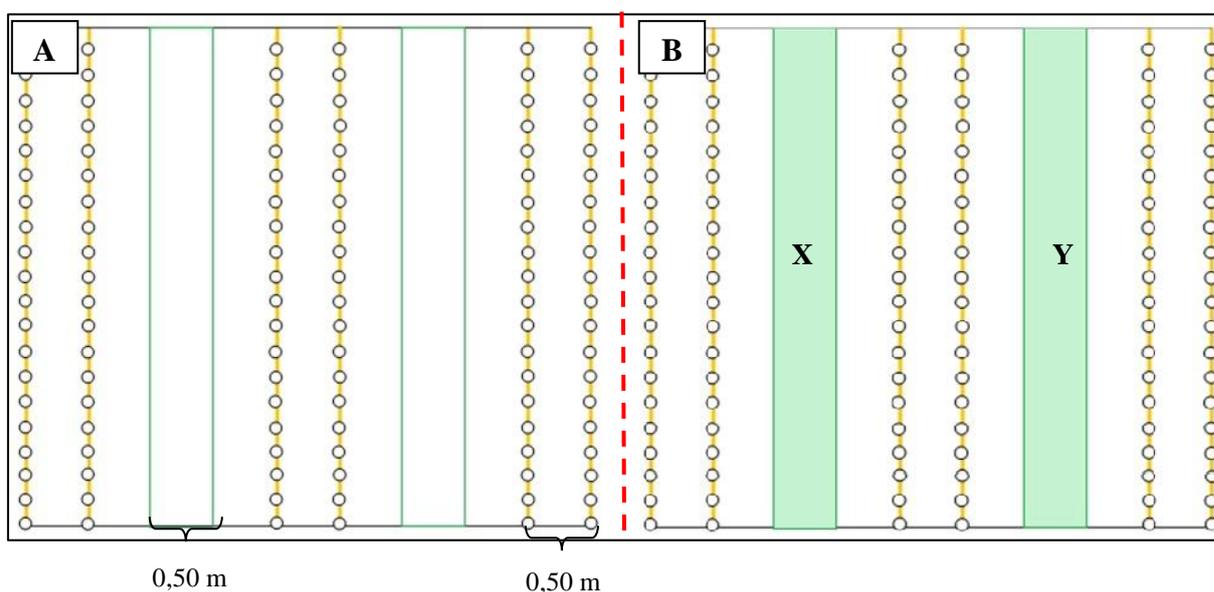
**Figura 2.** Precipitação pluviométrica no período de condução do experimento (Estação Ecologia Agrícola, Seropédica - RJ).



### 3.3.1 Implantação e condução do experimento

O preparo do solo foi feito por meio das operações mecanizadas de gradagem e abertura de sulcos de plantio. O milho foi semeado no sistema de fileiras duplas, espaçadas de 0,50 m entre si e distando de 1,50 m entre cada conjunto de fileiras duplas. A semeadura foi realizada em janeiro de 2015. A população de milho após o desbaste foi de cinco plantas por metro linear, o que equivale a uma população de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A mistura de espécies de cobertura do solo foi semeada obedecendo a dois arranjos espaciais, tanto no consórcio com o milho, ocupando as entrelinhas, quanto no cultivo sem o milho. As semeaduras foram realizadas em linhas no sulco de plantio e a lanço (Figura 4, 5 e 6), dependendo do tratamento.



**Figura 4.** Desenho esquemático das parcelas experimentais exemplificando o plantio da mistura de adubos verdes semeada nos sulcos (A) e semeada a lanço (B) entre linhas de milho semeado em fileiras duplas. As letras X e Y representam a área onde a mistura foi semeada a lanço. A linha tracejada separa as parcelas (A) e (B).



**Figura 5.** Semeadura em sulco das plantas de cobertura do solo.



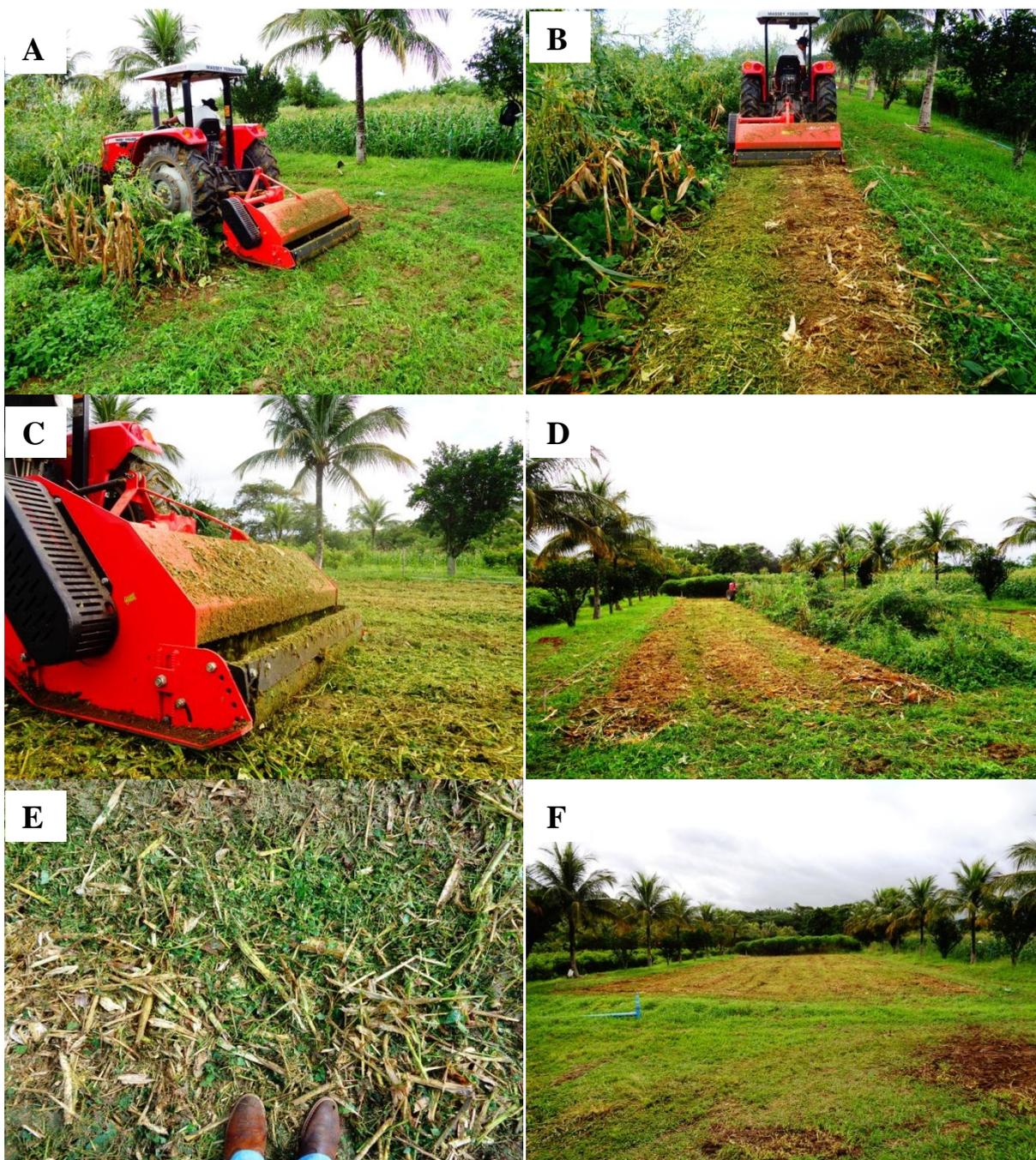
**Figura 6.** Semeadura a lanço das plantas de cobertura do solo em tratamento não consorciado com o milho.

No plantio realizado em linhas, o espaçamento utilizado compreendeu 0,50 m entre os sulcos. Tanto a semeadura da mistura a lanço quanto em sulcos, adotou-se a densidade de 10 g de sementes m<sup>-2</sup>, equivalente a 100 kg.ha<sup>-1</sup>. Dez dias após a germinação realizou-se o desbaste das espécies mantendo-se a mesma proporção de indivíduos. Desta forma, cada 1 m<sup>2</sup> apresentou uma densidade aproximada de 7 plantas por espécie presente na mistura. Por ocasião da semeadura, tomou-se o cuidado na distribuição das sementes de acordo com a massa de cada espécie. A semente de feijão-de-porco foi distribuída primeiro, sendo coberta manualmente com auxílio de sacho. Posteriormente, procedeu-se à semeadura de girassol, seguida de crotalária júncea. Para os cálculos da proporção equivalente do número de indivíduos da mistura utilizou-se a massa de 100 sementes de cada espécie.

Realizou-se a adubação apenas do milho, com sete dias antecedendo a semeadura. O adubo utilizado foi o composto orgânico fermentado do tipo “bokashi” (com teor 35 g.kg<sup>-1</sup> de N total), confeccionada a partir da mistura de farelo de trigo e torta de mamona, e inoculado com solução de microrganismos eficazes conforme descrito por Siqueira e Siqueira (2013). Esta mistura foi acondicionada de forma hermética em galões de plástico, com capacidade para 100 dm<sup>3</sup>. A dose empregada foi de 200 g m<sup>-1</sup> linear, que após a correção da umidade representou a aplicação de 286 g m<sup>-1</sup> linear.

Os tratos culturais adotados foram realizados respeitando-se as normas técnicas da agricultura orgânica. O controle de plantas espontâneas foi efetuado apenas nas linhas onde o milho foi cultivado, por meio de capina manual, sendo a primeira operação feita aos treze dias após a semeadura. O controle fitossanitário foi necessário para o controle de lagartas do cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*) utilizando-se produto comercial formulado com *Bacillus thuringiensis*, na concentração de 5%, empregando-se dose equivalente à 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi localizada nas folhas não totalmente expandidas (“cartucho”).

A colheita do milho se deu aos 99 dias após a semeadura. Quatro dias após a colheita, tanto as plantas de milho quanto as plantas de cobertura do solo foram trituradas com o auxílio de um triturador vegetal (Triton®) acoplado a trator. Os restos vegetais triturados foram mantidos sobre a superfície do solo, nas parcelas respectivas (Figura 7).



**Figura 7.** Imagens fotográficas do procedimento de trituração das plantas pelo triton®. Entrada do implemento em uma parcela (A); vista traseira do trabalho de trituração (B); detalhe do triton® em uso (C); porção da área onde o triton® já passou (D); restos vegetais após trituração (E); vista geral da área após o término (F).

### 3.3.2 Avaliações

O acompanhamento do crescimento das plantas até a cobertura total do solo foi feito por meio da tomada de imagens fotográficas ao 01, 07, 12, 17, 20, 28, 35, 41 e 47 dias após a semeadura (DAS). As imagens foram tomadas perpendicularmente ao plano do solo, à altura

do peito, abrangendo uma área delimitada por um quadro confeccionado com polivinil carbonato com dimensões de 0,5 x 1,0 m (0,5 m<sup>2</sup>) e, no horário compreendido entre 7h30 e 9h30, de forma a atenuar os efeitos decorrentes do sombreamento.

Após a tomada das imagens no campo, determinou-se a taxa de cobertura do solo proporcionada pela mistura de plantas de cobertura (feijão de porco, crotalária júncea e girassol) através do auxílio do algoritmo “Serobin”, desenvolvido por Varella et al. (2002), implementado no programa computacional MATLAB (Cruz et al., 2008), tendo como princípio uma função binária baseada na função discriminante de Fisher. Anteriormente ao processamento das imagens com o auxílio do programa “Serobin”, foi necessário recortar as imagens para eliminar o quadro que delimitava a área coberta pelas plantas.

Posteriormente ao processamento das imagens pelo “Serobin”, gerou-se um gráfico composto por curvas das taxas de cobertura do solo dos tratamentos. As curvas foram ajustadas de acordo com a função Logística  $[A / (1 + B^{-C \times DAS})]$  (programa SAEG), por apresentar melhor distribuição dos dados observados, com base na maior significância dos coeficientes e da função.

A determinação da produtividade de biomassa aérea das espécies utilizadas como plantas de cobertura para adubação verde se deu por ocasião da colheita do milho. A quantificação foi feita por meio da coleta de duas subamostras da parte aérea das plantas na área útil da parcela, com o auxílio de um quadro com área interna de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5 x 1,0 m). As amostras de biomassa aérea foram pesadas anteriormente e, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C permanecendo até alcançar massa constante. Após a secagem e pesagem do material seco, as amostras foram levadas para a moagem feita em moinho de faca inoxidável, tipo Willey. O pó fino foi armazenado em frascos plásticos e, posteriormente, encaminhado à análise química laboratorial para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, de acordo com Nogueira e Souza (2005).

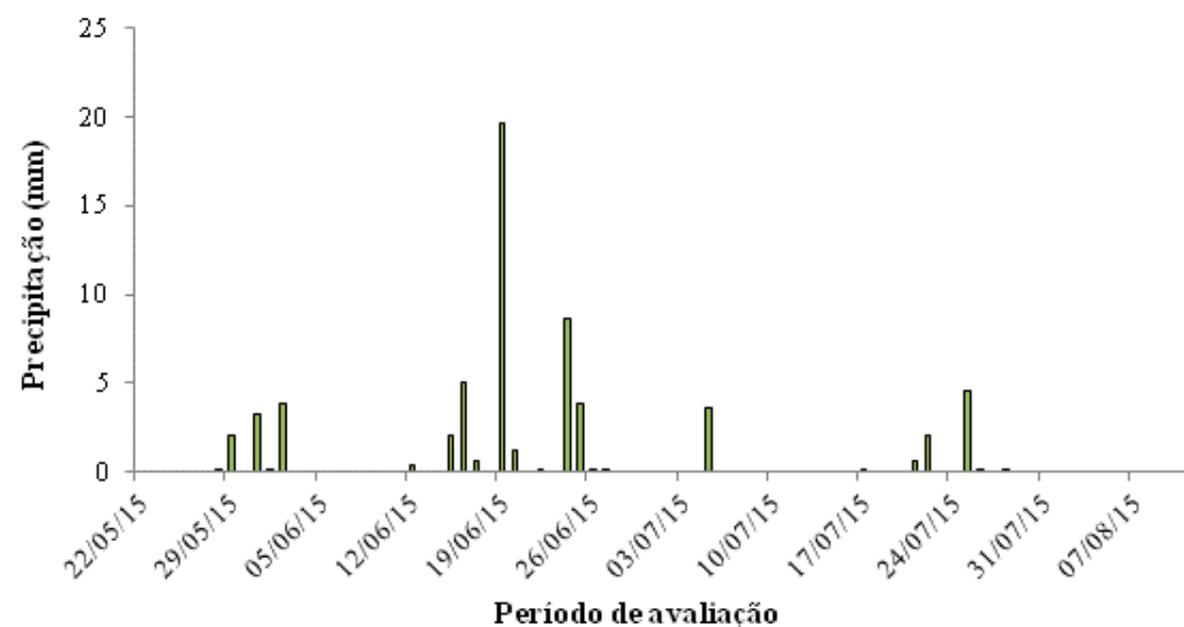
Na fase de maturidade fisiológica do milho, foram coletadas cinco plantas de milho perfazendo área de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5 x 1,0 m) na região central de cada tratamento para se quantificar a produção de biomassa aérea e verificar o teor de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), isto logo após da colheita das espigas. Seguiu-se a mesma metodologia para auferir a biomassa aérea e teor nutricional das plantas de cobertura. Nas espigas determinaram-se a produção de grãos para então calcular-se a produtividade.

### 3.4 Segunda Etapa: Cultivo do Feijoeiro comum em Sucessão

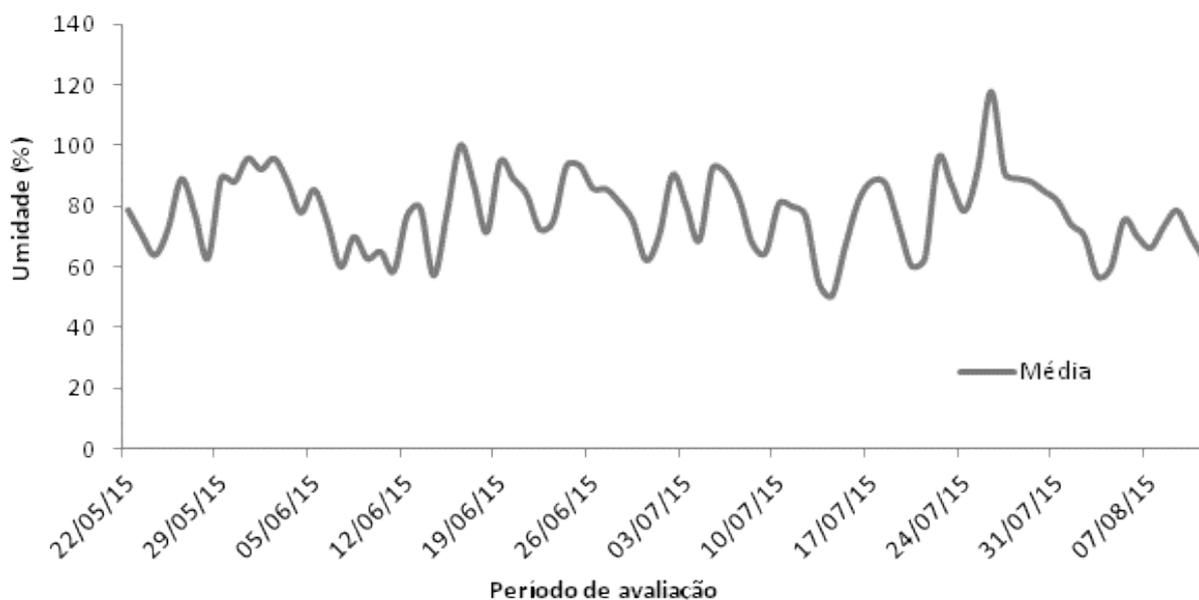
Foi conduzido entre o período de 22 de maio de 2015 e 11 de agosto de 2015, totalizando 81 dias de ciclo. Os dados meteorológicos relativos à temperatura média do ar, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar referente ao período de cultivo do feijoeiro podem ser vistos nas figuras (8, 9 e 10).



**Figura 8.** Temperatura média do ar no período de cultivo do feijoeiro em sucessão ao milho ou do consórcio milho e adubos verdes nas condições da Baixada Fluminense. Dados obtidos da Estação Ecologia Agrícola, Seropédica – RJ (INMET, 2015).



**Figura 9.** Precipitação pluviométrica no período de condução do experimento (Estação Ecologia Agrícola, Seropédica - RJ).



**Figura 10.** Umidade relativa no período de condução do experimento (Estação Ecologia Agrícola, Seropédica – RJ).

O estudo caracterizou-se pelo cultivo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Constanza em sucessão aos tratamentos implantados na primeira etapa (vide item 4.2) deste trabalho experimental. Os tratamentos foram formados de: Feijoeiro em sucessão às espécies de cobertura do solo (ECS) semeadas a lanço; semeado em sucessão às ECS semeadas em sulcos; em sucessão às ECS semeadas em sulcos entre linhas duplas de milho; em sucessão às ECS semeadas a lanço entre linhas duplas de milho; em sucessão ao monocultivo de milho em linhas duplas de plantio; e em sucessão ao pousio (controle).

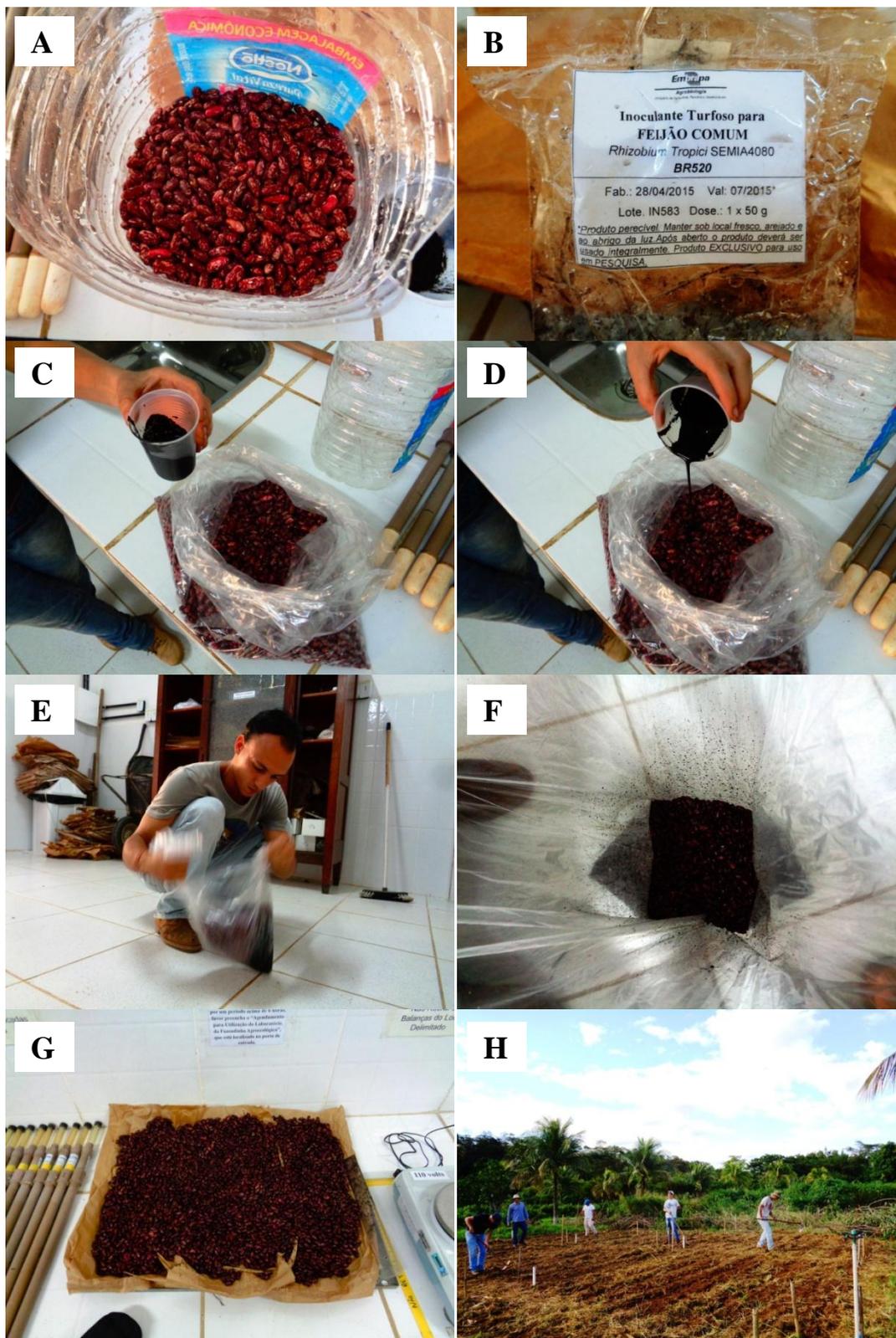
### 3.4.1 Implantação e condução

A semeadura do feijoeiro foi realizada em sulcos, abertos em meio à palhada deixada na superfície do terreno, após a trituração da parte aérea dos pré-cultivos. Os sulcos de plantio foram abertos manualmente oito dias após a trituração, com o auxílio de enxada, obedecendo-se às linhas de cultivo abertas anteriormente na primeira etapa experimental, com 0,50 m de espaçamento entre os sulcos (Figura 11). Após a abertura dos sulcos, aplicou-se de forma localizada sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) na dose equivalente a  $20 \text{ Kg.ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , de acordo com a recomendação para a cultura do feijoeiro (PORTZ et al., 2013).



**Figura 11.** Sulcos de plantio prontos para a semeadura do feijão.

A semeadura foi realizada manualmente, empregando-se 12 sementes por  $m^{-1}$  linear, resultando em uma população aproximada de 250.000 plantas  $ha^{-1}$ . Antecedendo ao plantio, a estirpe SEMIA 4080 de rizóbio BR 520 (*Rhizobium tropici*) foi inoculada com auxílio de inoculante turfoso, nas sementes (Figura 12).



**Figura 12.** Etapas da inoculação das sementes de feijão até a semeadura. Sementes de feijão cultivar constanza (A); inoculante à base de turfa (B); acrescentou-se junto ao inoculante um pouco de água potável em um copo descartável para se formar uma pasta (C); juntou-se esta pasta com as sementes (D); misturou-se (E); sementes após a mistura (F); as sementes foram espalhadas e secas à sombra (G); dia de mutirão para o plantio das sementes (H).

Não foram realizados tratos culturais, exceto uma capina manual aos 19 dias após a semeadura. A colheita dos grãos se deu aos 81 dias após a semeadura, por meio do arranquio manual das plantas de feijoeiro, após a maturação das vagens.

### **3.4.2 Avaliações**

Aos 18 dias após a semeadura do feijoeiro, antes da capina manual, determinou-se a cobertura do solo proporcionada pelas espécies da vegetação espontânea. Esta avaliação foi conduzida a partir de imagem fotográfica e pela coleta da biomassa da parte aérea. O foco das imagens e a coleta foram direcionados à entrelinha do feijoeiro. Nos tratamentos ECS - L, ECS - S e Pousio as avaliações foram tomadas na região central das parcelas, ao passo que, nos tratamentos ECS - L + M, ECS - S + M e Monocultivo as avaliações foram tomadas na região da entrelinha dupla de semeadura do milho. As imagens foram tomadas perpendicularmente ao plano do solo, à altura do peito, abrangendo uma área delimitada por um quadro confeccionado com polivinil carbonato com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>) e, no horário compreendido entre 7h30 e 9h30, de forma a atenuar os efeitos decorrentes do sombreamento. Anteriormente ao processamento das imagens pelo programa “Serobin”, foi necessário recortar as imagens para eliminar o quadro que delimitava a área coberta pelas plantas. Após este procedimento, com o auxílio do “Serobin”, chegou-se ao percentual de área coberta pelas espécies espontâneas.

A biomassa das espécies espontâneas foi coletada na mesma ocasião da tomada das imagens fotográficas, utilizando o mesmo quadro de 0,25 m<sup>2</sup>. No momento da coleta da biomassa, foi realizada a identificação das espécies de espontâneas, e posterior cálculo da frequência de ocorrência de acordo com a fórmula:  $F = \frac{n^\circ \text{ de parcelas ocupadas}}{n^\circ \text{ total de parcelas}}$ , apresentadas por Greig-Smith (1983). As amostras de biomassa aérea foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C permanecendo até alcançar massa constante para a determinação da matéria seca.

Por ocasião da maturação dos grãos do feijoeiro, com o auxílio de um quadro de área interna de 1 m<sup>2</sup> (1,0 x 1,0 m), procedeu-se a coleta das plantas de feijoeiro. Nos tratamentos ECS - L, ECS - S, e pousio, a colheita foi realizada na região central das parcelas; nos tratamentos ECS - L + M, ECS - S + M e monocultivo as colheitas foram feitas em duas regiões distintas; sendo uma onde o milho foi cultivado anteriormente e, a outra, onde as espécies de cobertura do solo foram cultivadas. Após este procedimento as amostras foram acondicionadas em sacos de pano e, encaminhadas para o laboratório onde foram trilhadas e

analisadas, determinando-se o número de plantas; número de vagens planta<sup>-1</sup>; número de grãos vagem<sup>-1</sup> e o peso úmido de 100 grãos.

Após o registro do peso úmido dos 100 grãos de cada parcela, estes foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C para secagem, até apresentarem massa constante e serem pesados novamente. Após este procedimento, o rendimento e a massa de 100 grãos foram corrigidos considerando o teor de 13% de umidade. Os caules e vagens obtidos após trilhagem dos grãos foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até alcançar massa constante, sendo então, pesados. Com base nestes dados foi determinado o índice de colheita (razão entre a massa dos grãos e a massa total de parte aérea).

### **3.5 Procedimentos Estatísticos**

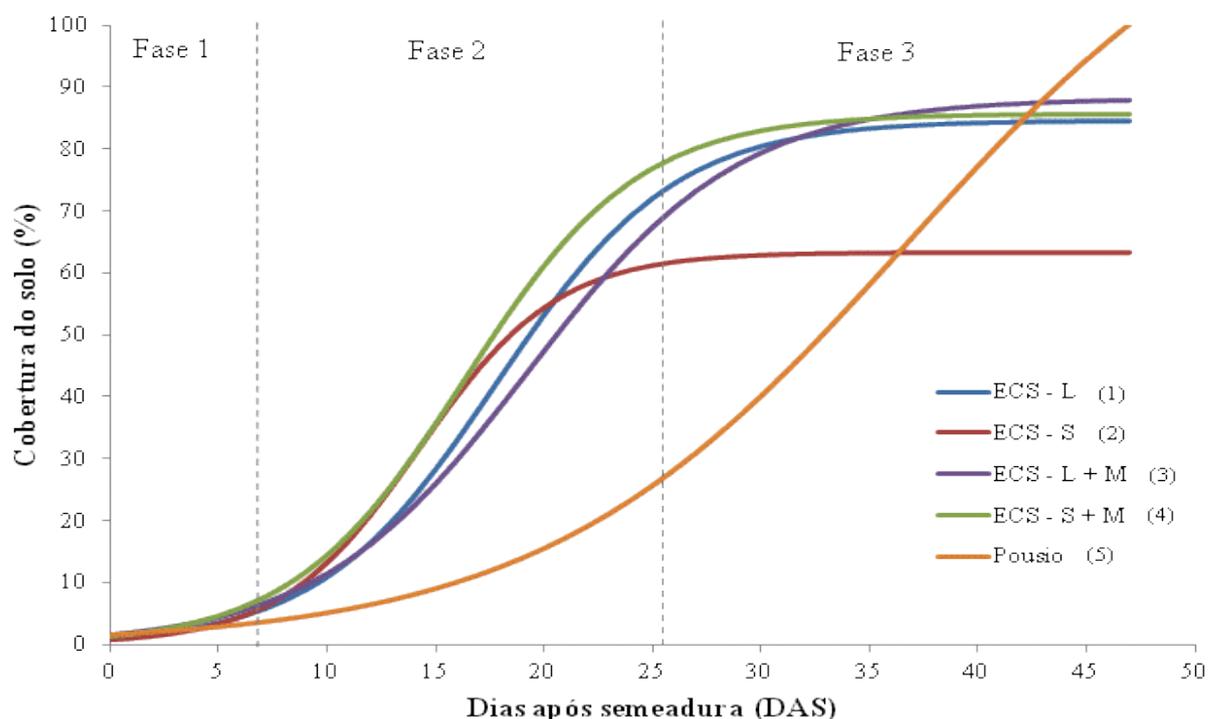
Foi realizada a análise de variância dos dados, e o resultado do teste F foi considerado significativo ao nível de 5% de probabilidade. Após verificar significância pelo teste F, as comparações entre as médias dos tratamentos foram realizadas pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) por variável analisada. As análises estatísticas foram processadas por meio do software ASSISTAT (7.7 beta, versão 2015).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Primeira etapa: Arranjos espaciais de plantio de uma mistura de espécies de plantas de cobertura do solo para adubação verde**

#### **4.1.1 Taxa de cobertura do solo**

Com a finalidade de avaliar o comportamento das espécies de cobertura do solo (ECS) em diferentes arranjos e sementeiras, tendo como testemunha o pousio, foi feito o acompanhamento da cobertura vegetal. A Figura 8 apresenta as curvas da taxa de cobertura do solo até os 47 dias após a sementeira (DAS), visto que a partir deste momento, a tomada das imagens fotográficas ficou dificultada pela altura das plantas. As imagens tomadas após este período, então, não seriam fiéis à realidade observada, podendo assim distorcer os resultados finais. Os dados da taxa de cobertura foram ajustados pela função Logística.



**Figura 13.** Taxas de cobertura do solo (%) de uma mistura de diferentes espécies de cobertura do solo em diferentes arranjos espaciais (sulco e lanço), avaliada aos 07, 12, 17, 20, 28, 35, 41, 47 dias após semeadura (Seropédica – RJ, 2015).

Nota: <sup>1</sup> Espécies de cobertura do solo (ECS) semeadas a lanço; <sup>2</sup> ECS semeadas em sulcos; <sup>3</sup> ECS semeadas a lanço entre o milho; <sup>4</sup> ECS semeadas em sulcos entre o milho; <sup>5</sup> Controle.

A velocidade e a percentagem de cobertura do solo pelas ECS permitiram dividir o período de desenvolvimento das espécies em três fases (Figura 13): Fase 1: considerada pela menor velocidade na cobertura do solo, pelo desenvolvimento inicial lento, denominada como fase Lag; Fase 2: caracterizada como período de maior desenvolvimento e velocidade na cobertura do solo pelas espécies, denominada fase de crescimento exponencial ou fase Log; Fase 3: momento de estabilização no desenvolvimento das espécies, considerada fase estacionária (ALVARENGA et al., 1995).

Como o momento crítico quanto à competição com a vegetação de ocorrência espontânea e a susceptibilidade a erosão está associada à fase inicial do desenvolvimento das culturas, torna-se importante, então, considerar e determinar o tempo necessário para atingir 50% de cobertura do solo ( $t_{1/2}$ ) (PEREIRA, 2007). A partir dos parâmetros das equações ajustadas para cobertura do solo (Tabela 2), verificou-se que os quatro tratamentos que continham as ECS apresentaram maiores velocidades na cobertura do solo em contraste com o pousio. Nota-se em ordem crescente quanto aos valores de  $t_{1/2}$  os tratamentos ECS – S + M; ECS – S; ECS – L; ECS – L + M e o pousio, apresentando valores, respectivamente, de 18, 19, 20, 21 e 32 dias após semeadura.

As diferenças de tempo necessário para atingir 50 % de cobertura do solo, um valor médio de aproximadamente 13 dias entre os tratamentos contendo as ECS e o pousio (Tabela 2), são de grande relevância pelo fato de as plantas se encontrarem na fase inicial de estabelecimento e de maior competição com a vegetação espontânea. Amado et al. (1987) relata que a velocidade com que a cobertura do solo se dá, tem grande influência no processo erosivo, visto que no período inicial de crescimento das espécies o solo se encontra mais suscetível aos intempéries que provocam tal processo.

**Tabela 2.** Parâmetros estimados a partir da função Logística, para as taxas de cobertura do solo proporcionadas por diferentes arranjos espaciais de misturas de ECS.

Tratamentos	Parâmetros da função Logística <sup>(1)</sup>			R <sup>2</sup>	t ½ dias <sup>2</sup>
	A	B	C		
ECS – L <sup>3</sup>	0,84679	76,42826	0,24337	0,96	20
ECS – S <sup>4</sup>	0,63179	87,72021	0,31415	0,84	19
ECS - L + M <sup>5</sup>	0,88118	51,58984	0,20487	0,94	21
ECS - S + M <sup>6</sup>	0,85606	59,58295	0,25022	0,93	18
Pousio <sup>7</sup>	1,30000	79,11462	0,11884	0,96	32

<sup>1</sup> %Cobertura =  $A / (1 + B^{(C \times DAS)})$ ; <sup>2</sup> Tempo necessário para atingir 50% de cobertura do solo; <sup>3</sup> Espécies de cobertura do solo (ECS) semeadas a lanço; <sup>4</sup> ECS semeadas em sulcos; <sup>5</sup> ECS semeadas a lanço entre o milho; <sup>6</sup> ECS semeadas em sulcos entre o milho; <sup>7</sup> Controle.

Alvarenga et al. (1995) reporta que manter a superfície do solo coberta, seja por cobertura viva ou por resíduos, é efetivamente, o manejo mais recomendado para a proteção e conservação do solo. Os mesmos autores estudando diferentes espécies de adubos verdes individualmente, entre elas o feijão de porco e a crotalária júncea, relataram que o feijão de porco foi a espécie que mais se destacou, cobrindo 35% do terreno aos dez dias após a emergência. Já a crotalária não chegou a cobrir totalmente o solo, chegando a 89% de cobertura.

Finholdt et al. (2009), aos 45 DAS, observaram que a crotalária júncea apresentou 77,5% de cobertura do solo. Meschede et al. (2007), através de uma amostragem visual da porcentagem de cobertura do solo, relataram que a crotalária júncea chegou a 96,62% de cobertura, aos 90 DAS. Aos 30 DAS, Sodré Filho et al. (2004) chegaram às taxas de cobertura do solo de girassol e crotalária júncea, respectivamente, 16 e 28%. Duarte Júnior (2006) avaliando diferentes plantas de cobertura para o plantio direto em Campos de Goytacazes relatou taxas de cobertura do solo, aos 35 dias após emergência, para crotalária, feijão de porco e vegetação espontânea, respectivamente em torno, de 87, 74,8 e 15%. Este autor

sugere a boa taxa de cobertura do solo pelo fato de ter semeado as espécies dentro do zoneamento agrícola recomendado, no período de novembro a março. Já Perin et al. (2004b) estudando duas leguminosas herbáceas perenes, galáxia e cudzu tropical, plantadas em dois espaçamentos entre sulcos de plantio (25 e 50 cm) e quatro densidades de plantas (5, 10, 15 e 20 plantas m<sup>-1</sup>) chegou a conclusão que a combinação mais adequada para obter a plena cobertura do terreno é pelo espaçamento de 25 cm e densidade de 10 plantas m<sup>-1</sup>. Nesta combinação estas espécies chegaram a 50% de cobertura do solo aos 62 e 68 dias, respectivamente, para galáxia e cudzu tropical. Nota-se, então, uma menor velocidade de cobertura do solo comparando-as com plantas herbáceas anuais estudadas.

#### **4.1.2 Produtividade de biomassa fresca e seca e composição química da parte aérea das espécies de cobertura do solo**

A determinação da produtividade da biomassa da parte aérea das ECS se deu aos 99 dias após a semeadura (Tabela 3). De modo geral, as produtividades de biomassa fresca e seca dos tratamentos que compunham as ECS avaliadas para cada espécie e no que se refere ao somatório (total) da mistura, não foram influenciadas pelas formas como foram semeadas (a lanço ou em sulcos) e nem pela presença do milho em consórcio exceto quanto ao girassol. Todavia, observou-se que os valores de produtividade de biomassa aérea do milho no cultivo consorciado foi menor do que no monocultivo.

Torna-se interessante destacar que, as ECS em consórcio, mesmo apresentando metade da população quando cultivadas sem o milho, não verificou-se diferenças estatísticas quanto à produtividade de biomassa seca do feijão de porco e da crotalária júncea. Este resultado não era esperado e uma hipótese para explicar o fenômeno é o fato do milho, cuja semeadura foi feita em sistema de fileiras duplas espaçadas entre si de 1,5 m ter conferido condições ambientais mais favoráveis ao crescimento das duas leguminosas estudadas. Quanto ao girassol, notou-se uma queda na produtividade na presença do milho, porém apenas quando a semeadura foi feita em sulcos. Em relação ao milho, no cultivado consorciado, notou-se que os valores de produtividade de biomassa fresca e seca foram menores do que no monocultivo. Evidenciou-se desta forma que o desempenho do milho no cultivo consorciado foi negativamente influenciado pelas ECS, provavelmente em decorrência de competição, cujo fator determinante não pode ser determinado face às características e objetivos do desenho experimental adotado. No monocultivo, observou-se um acréscimo na produtividade de 2,75 Mg ha<sup>-1</sup> de biomassa seca a mais que no cultivo consorciado, o que representou ganho de 48%. No entanto, vale destacar que, a biomassa seca total foi superior nos tratamentos em consórcio.

**Tabela 3.** Produtividade de parte aérea de biomassa fresca e seca individual e total das Espécies de cobertura de solo semeadas na forma de mistura em sulcos ou a lanço (Seropédica – RJ, 2015).

<b>Produtividade de biomassa fresca (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>						
Tratamento	Feijão de porco	C. juncea	Girassol	Milho	Total	
<b>ECS – L</b> <sup>(2)</sup>	14,1	18,5	0,6	a <sup>(1)</sup>	33,1	a
<b>ECS – S</b> <sup>(3)</sup>	19,6	18,3	0,8	a	38,6	a
<b>ECS - L + M</b> <sup>(4)</sup>	16,1	13,8	0,8	a	7,2	b
<b>ECS - S + M</b> <sup>(5)</sup>	16,6	13,1	0,2	b	6,3	b
<b>Monocultivo</b> <sup>(6)</sup>					12,7	a
C.V. (%)	15	25	19	18	15	
<b>Produtividade de biomassa seca (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>						
Tratamento	Feijão de porco	C. juncea	Girassol	Milho	Total	
<b>ECS - L</b>	3,9	6,6	0,5	a <sup>(1)</sup>	11,1	a
<b>ECS - S</b>	5,2	7,2	0,6	a	13,0	a
<b>ECS - L + M</b>	4,4	5,3	0,7	a	3,1	b
<b>ECS - S + M</b>	4,2	4,5	0,2	b	2,8	b
<b>Monocultivo</b>					5,7	a
C. V. (%)	16	23	21	27	16	

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As colunas que não apresentam letras minúsculas significam que não houve diferenças estatísticas pelo mesmo teste. <sup>(2)</sup> Espécies de cobertura do solo (ECS) semeadas a lanço; <sup>(3)</sup> ECS semeadas em sulcos; <sup>(4)</sup> ECS semeadas a lanço entre o milho; <sup>(5)</sup> ECS semeadas em sulcos entre o milho; <sup>(6)</sup> Monocultivo de milho.

A produtividade de biomassa seca das espécies estudadas não chegou a produtividades citadas por Wutke et al. (2014) através de uma compilação de vários trabalhos científicos realizados particularmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Para feijão de porco, crotalária júncea, girassol e milho cultivados em monocultivo foram encontrados valores, respectivamente, de 5-8; 10-15; 2-12 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>. Pereira e Lobato (1991) citado por Burle et al. (2006), relataram que o feijão de porco, nas condições do bioma Cerrado, quando semeado no final da estação chuvosa (fevereiro) em associação com a cultura do milho obteve produtividade média de 2,8 Mg.ha<sup>-1</sup>. Acrescentam ainda que pela rusticidade do feijão de porco, a produção de matéria seca é pouco afetada quando cultivado no final do período chuvoso. Por sua vez, a crotalária júncea é sensível a variações do fotoperíodo; dessa maneira, obtêm-se maiores produções de biomassa seca nas semeaduras de outubro (LOVADINI et al., 1970), novembro e dezembro (AMABILE et al., 2000). Pereira (2007), realizando o cultivo de *C. juncea* no período de primavera-verão em Seropédica/RJ e Paty do Alferes/RJ, alcançou

produtividades de 17,6 Mg.ha<sup>-1</sup> e 13,3 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa aérea seca, respectivamente. O mesmo autor cultivando no outono-inverno relatou valores de 5,8 Mg.ha<sup>-1</sup>, em Seropédica.

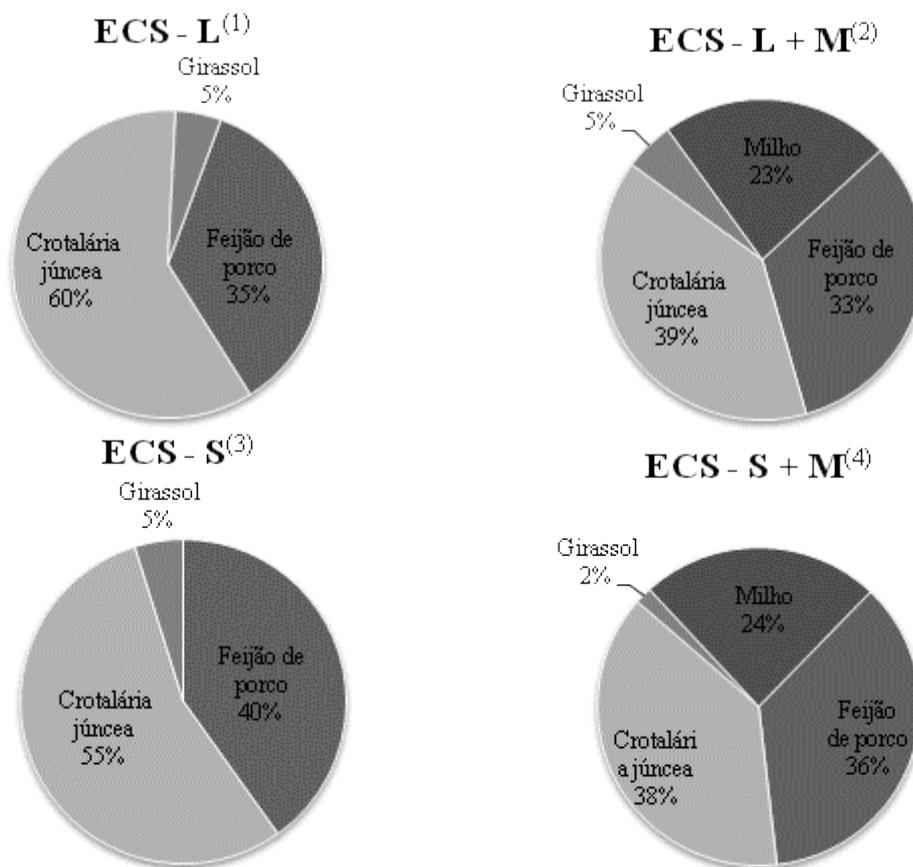
No que diz respeito ao desenvolvimento do girassol, em todos os tratamentos, deve-se relatar que esta espécie mostrou crescimento aquém do esperado, o que resultou em baixa produtividade de biomassa aérea. Em adendo, detectou-se ataque de *Chlosyne lacinia saundersi* Dbldy. (Lagarta do girassol) que também contribuiu para o baixo rendimento de biomassa observada. No momento da coleta das plantas, o girassol já se encontrava seco. Gazzola et al. (2012) salienta que o girassol é insensível ao fotoperíodo, no entanto, algumas variedades podem se comportar como plantas de dias curtos e outras de dia longo e, ainda outras, neutras ou indiferentes. No caso da variedade utilizada, Cadorin (2010) concluiu que este genótipo é influenciado pelas épocas de plantio, sendo recomendada a fase das águas (meses de outubro a dezembro), quando se atrasa o plantio o desenvolvimento é reduzido.

Em relação ao milho, não há ainda disponibilidade de informações na literatura que substancie seu desempenho agrônomo na região sudeste, em especial na região da Baixada Fluminense. Brito et al. (2012) realizando um estudo sobre a influência do preparo do solo na produtividade do milho no semi-árido nordestino, relatam um valor de produtividade média de matéria seca de parte aérea de 0,34 Mg.ha<sup>-1</sup>, adotando a mesma população utilizada no presente estudo.

Cruz et al. (2011) realça que aspectos meteorológicos como a radiação solar, a taxa de precipitação pluviométrica e a temperatura ar são variáveis que influenciam tanto a produção de grãos quanto de biomassa de parte aérea da cultura do milho. Temperaturas do ar diurnas em torno de 25 °C a 30 °C e, noturnas entre 16 °C e 19 °C são consideradas ideais para a cultura. Temperaturas fora destes limites podem alterar o ciclo e causar perda de rendimento. Em adendo, temperaturas noturnas altas podem comprometer a produtividade de grãos, visto que a planta passa a apresentar altas taxas de respiração, o que acarreta no consumo de parte dos fotoassimilados acumulados durante o dia, metabolizados pela fotossíntese (CRUZ et al., 2011). Na Figura 1 encontram-se os valores das temperaturas médias diurnas e noturnas durante o período de condução do trabalho experimental. Nota-se uma estreita variação entre as temperaturas médias durante o período diurno e noturno, constatando-se também altos valores de temperatura noturna. Analisando-se os 100 dias de período experimental, ocorreram cerca de 80 dias com temperaturas médias noturnas superiores a 24 °C, e em 10 dias ocorreram temperaturas médias diurnas superiores a 30 °C. Tais fenômenos de caráter agrometeorológico justificam os resultados verificados com a cultura do milho neste trabalho.

Podendo ser recomendado em sistemas agrícolas por sua aptidão de produzir tanto biomassa quanto grãos e, assim, incrementar a renda do agricultor, também vale ressaltar o papel do milho para o equilíbrio da relação carbono/nitrogênio (C/N) da biomassa dos consórcios. O milho apresenta maior relação C/N que as leguminosas utilizadas neste estudo, assim a relação C/N dos tratamentos em consórcio será maior. A relação C/N elevada diminui a velocidade de degradação da biomassa, disponibilizando os nutrientes de forma mais lenta e contribuindo com a cobertura do solo por mais tempo (ANDREOLA et al., 2000).

Na Figura 14 encontram-se ilustradas as contribuições relativas das espécies no que concerne a produtividade de biomassa de parte aérea.



**Figura 14.** Produtividade de biomassa seca acumulada das espécies de cobertura do solo e do milho em termos percentuais de cada tratamento (Seropédica – RJ, 2015).

<sup>(1)</sup> Espécies de cobertura do solo (ECS) semeadas a lanço; <sup>(2)</sup> ECS semeadas a lanço entre o milho; <sup>(3)</sup> ECS semeadas em sulcos; <sup>(4)</sup> ECS semeadas em sulcos entre o milho.

Observa-se que, proporcionalmente, o rendimento das ECS na ausência do milho foi maior do que na presença desta espécie; todavia, a inserção do milho no sistema de manejo da adubação verde contribui com a parte significativa de biomassa de alta relação C/N, além de possibilitar auferição de renda associada à produção de grãos. Deve-se destacar que a presença de milho afetou de forma expressiva e negativa apenas a espécie crotalária, haja

vista que as variações proporcionais entre as outras duas espécies (feijão de porco e girassol) foram pequenas. No que diz respeito ao feijão de porco, notou-se que esta espécie flexibilizou seu hábito de crescimento devido, possivelmente, à competição por luz apresentando caules volúveis, aproveitando as plantas de milho como tutores.

Outro importante aspecto do emprego das espécies de cobertura do solo, além do aporte de matéria orgânica, é a ciclagem de nutrientes. A biomassa destas espécies podem apresentar elevados teores de nutrientes, sobretudo de N, mas também de outros elementos essenciais. Há um grande interesse na disponibilização desses elementos ao sistema agrícola, beneficiando as culturas de interesse econômico cultivadas em sequência, em rotação ou simultaneamente em consórcios. A Tabela 4 abaixo se refere ao teor e ao acúmulo dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) avaliados no estudo, determinados na colheita da parte aérea das ECS e do milho.

Com relação ao acúmulo total de nutrientes, em todos os nutrientes analisados observou-se a mesma tendência estatística, onde o monocultivo diferiu estatisticamente dos outros tratamentos que continham as ECS, apresentando médias mais baixas. Tratando cada espécie individualmente, no feijão de porco o acúmulo de potássio foi maior no ECS – S, diferindo-o estatisticamente dos outros tratamentos. Para todos os demais nutrientes, não houve diferença significativa. A crotalária também não apresentou diferenças estatísticas quanto aos nutrientes N, K, Ca e Mg, havendo diferenças no acúmulo de P, onde os cultivos solteiros das ECS, no ECS – L e ECS – S tiveram melhores resultados. Já o girassol demonstrou em cada elemento um padrão diferente. Para o N, observou-se maior acúmulo no ECS – S e ECS – L + M. Seguindo estes em ordem decrescente foram os ECS – L e ECS – S + M, respectivamente. Com o P, deu-se maior acúmulo com no ECS – S, seguido de ECS – L + M, ECS – L e ECS – S + M. Para o elemento K, as médias dos acúmulos não demonstraram diferenças estatísticas. Analisando o Cálcio, todos os tratamentos apresentaram acúmulos estatisticamente superiores ao ECS – S + M. Em relação ao Mg, os tratamentos ECS – L e ECS – L + M obtiveram médias superiores comparativamente aos ECS – S e ECS – S + M. Para a cultura do milho, foram observadas diferenças estatísticas no N, K, Ca e Mg, onde os maiores resultados foram observados no monocultivo. No caso do elemento P, não houve diferença estatística entre os tratamentos.

**Tabela 4.** Teor e acúmulo de nutrientes da parte aérea das espécies de cobertura do solo (ECS) e do milho em cada tratamentos (Seropédica – RJ, 2015)<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Espécies de cobertura do Solo								Total
	FP	CROT	GIR	MI	FP	CROT	GIR	MI	
	Teor de nutrientes				Acumulação de nutrientes				
	g.kg <sup>-1</sup>				kg.ha <sup>-1</sup>				
<b>Nitrogênio (N)</b>									
ECS – L <sup>(2)</sup>	38,70	28,45	9,55a		154,04	186,72	5,37b		346,12a
ECS – S <sup>(3)</sup>	39,35	29,85	15,00b		202,87	206,89	9,40a		419,16a
ECS - L + M <sup>(4)</sup>	34,35	33,05	13,55a	1,16	155,95	175,53	8,14a	36,60b	376,22a
ECS - S + M <sup>(5)</sup>	43,20	29,95	8,05b	1,29	178,00	135,09	1,48c	36,40b	350,97a
Monocultivo <sup>(6)</sup>				1,19				61,30a	61,30b
C.V. (%)	8	13	18	14	16	29	30	30	18
<b>Fósforo (P)</b>									
ECS - L	2,42	2,77	1,32a		9,37	17,80a	0,73c		27,89a
ECS - S	2,27	2,42	2,76b		11,53	18,28a	1,73a		31,54a
ECS - L + M	2,13	2,51	1,76b	1,00	9,38	13,28b	1,09b	3,10	26,85a
ECS - S + M	2,42	2,48	0,62c	1,06	10,40	11,16b	0,09d	3,32	24,97a
Monocultivo				1,14				5,85	5,85b
C.V. (%)	15	12	30	32	21	24	32	50	17
<b>Potássio (K)</b>									
ECS - L	26,77a	13,01	32,17		104,03b	86,24	17,09		207,36a
ECS - S	24,25a	12,77	18,89		130,44a	91,60	11,84		233,88a
ECS - L + M	19,67b	11,74	26,09	14,39	89,63b	60,58	21,21	44,29b	215,70a
ECS - S + M	20,71b	13,46	25,13	10,95	86,82b	63,57	4,49	32,37b	187,24a
Monocultivo				12,93				75,29a	75,29b
C.V. (%)	13	19	25	15	17	29	52	35	18
<b>Cálcio (Ca)</b>									
ECS - L	21,65	9,06	10,24a		91,48	58,81	5,58a		155,87a
ECS - S	19,17	10,95	7,47a		108,58	80,10	4,68a		193,36a
ECS - L + M	20,86	14,48	10,13a	4,41	92,15	71,95	6,03a	12,91b	183,04a
ECS - S + M	24,41	11,49	4,38b	5,26	97,25	51,62	0,77b	12,39b	162,02a
Monocultivo				3,24				20,08a	20,08b
C.V. (%)	20	21	29	28	27	30	44	22	22
<b>Magnésio (Mg)</b>									
ECS - L	2,77	3,29	4,76a		11,43	21,31	2,82a		35,56a
ECS - S	2,99	2,80	1,85b		16,47	19,82	1,16b		37,45a
ECS - L + M	3,61	3,45	5,01a	2,16	14,73	20,35	3,28a	6,54b	44,90a
ECS - S + M	3,49	2,70	2,71b	1,64	14,42	12,75	0,53b	5,34b	33,05a
Monocultivo				2,03				11,61a	11,61b
C.V. (%)	20	24	25	15	20	27	49	30	20

<sup>(1)</sup> Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ). As colunas que não apresentam letras minúsculas significam que não houve diferenças estatísticas pelo mesmo teste. <sup>(2)</sup> Espécies de cobertura do solo (ECS) semeadas a lanço; <sup>(3)</sup> ECS semeadas em sulcos; <sup>(4)</sup> ECS semeadas a lanço entre o milho; <sup>(5)</sup> ECS semeadas em sulcos entre o milho; <sup>(6)</sup> Monocultivo de milho.

Quanto aos teores de nutrientes presentes na parte aérea das diferentes espécies, os valores encontram-se dentro das faixas reportadas na literatura (CALEGARI et al., 1993;

CARVALHO et al., 1999; MASCARENHAS; WUTKE, 2014), exceto no caso do girassol em que se observou teores de N e P abaixo no ECS – L e ECS – S + M. Para o K, notou-se menores valores apenas no ECS – S. Já para os elementos Ca e Mg, todos os tratamentos apresentaram valores aquém dos apresentados na literatura acima citada. Na parte aérea do milho observou-se que os teores de N, P e K também se mostraram abaixo dos valores reportados na literatura (CALEGARI et al., 1993; CARVALHO et al., 1999; MASCARENHAS; WUTKE, 2014).

Importante salientar que no caso das leguminosas (feijão de porco e crotalária) particularmente os teores de N foram elevados, sendo que, alta proporção deste elemento no tecido vegetal é derivada da atmosfera, a partir do processo de fixação biológica do N<sub>2</sub> (FBN). Urquiaga e Zapata (2000) informam que a FBN pode ser responsável por aproximadamente 90% do nitrogênio total acumulado pelas leguminosas utilizadas como adubos verdes, principalmente em solos pobres em N. Perin et al. (2004a) chegou ao resultado de que do total de N acumulado pela crotalária (305 Kg.ha<sup>-1</sup>), em torno de 60% foram derivados da FBN, corroborando com resultados apresentados por Resende (2000) e Paulino (2008). Pereira (2007) apresentou valores derivados da fixação pela *C. juncea* em torno de 89%, na época de outono-inverno, em Seropédica/RJ. Ambrosano et al. (2013) chegou a valores de 76% de N oriundos da FBN para o feijão de porco, chegando próximo ao valor de 79%, apresentado por Carsky (1989).

Assim, sintetizando os resultados discutidos neste item, observa-se que a produtividade de biomassa fresca e seca não foi afetada em virtude da estratégia de espacialização da semeadura e nem da ausência e presença do milho na forma de consórcio. Para o N, P, K, Ca e Mg encontraram-se percentuais do coeficiente de variação, respectivamente, de 18; 17; 18; 22 e 20%, onde tal informação reforça um comportamento parecido quanto a variabilidade dentro dos nutrientes.

#### **4.1.3 Produtividade de grãos de milho**

O fato do genótipo de milho cultivado ser superprecoce torna este material apto a condições de estresse hídrico. Os trabalhos encontrados com esta variedade foram conduzidos na região Nordeste do País. Carvalho et al. (2004) realizaram ensaios em todos os Estados da região Nordeste do País e, registraram como média geral, uma produtividade de grãos de 4.129 Kg.ha<sup>-1</sup>. Em contrapartida, no trabalho de Melo et al. (2009) empregando adubação com esterco de caprino, notou-se uma produtividade de 1.564 Kg.ha<sup>-1</sup> com uma população de

40.000 plantas ha<sup>-1</sup>. No trabalho conduzido por Santos et al. (2011) a produtividade de grãos desta variedade foi de 1.470 Kg.ha<sup>-1</sup>.

No presente trabalho não foi detectada diferença quanto à produtividade de grãos entre os tratamentos estudados, ou seja, tanto no cultivo consorciado com as ECS quanto no monocultivo. Desta forma, o desempenho foi semelhante, alcançando valor médio de 1.675 Kg.ha<sup>-1</sup>, menor do que as obtidas nos ensaios de Carvalho et al. (2004), porém, na mesma faixa dos resultados alcançados por Melo et al. (2009) e Santos et al. (2011). Uma possível justificativa para este resultado remete-se às variáveis agrometeorológicas referentes ao período em que o experimento foi conduzido.

As altas temperaturas verificadas no período podem ter contribuído para acelerar o metabolismo das plantas, aumentando o consumo energético, o que pode ter impactado negativamente na fase de enchimento de grãos. Torna-se relevante destacar que a presença das ECS não afetou o rendimento de grãos, tanto semeadas a lanço quanto em sulcos. Neste sentido, o cultivo na forma de consórcio, presentemente adotando-se a semeadura do milho em sistema de fileiras duplas, não exerceu competição com o milho no que concerne a produtividade de grãos. Contudo, detectou-se menor produtividade de biomassa de parte aérea do milho quando este cereal foi consorciado (Tabela 3).

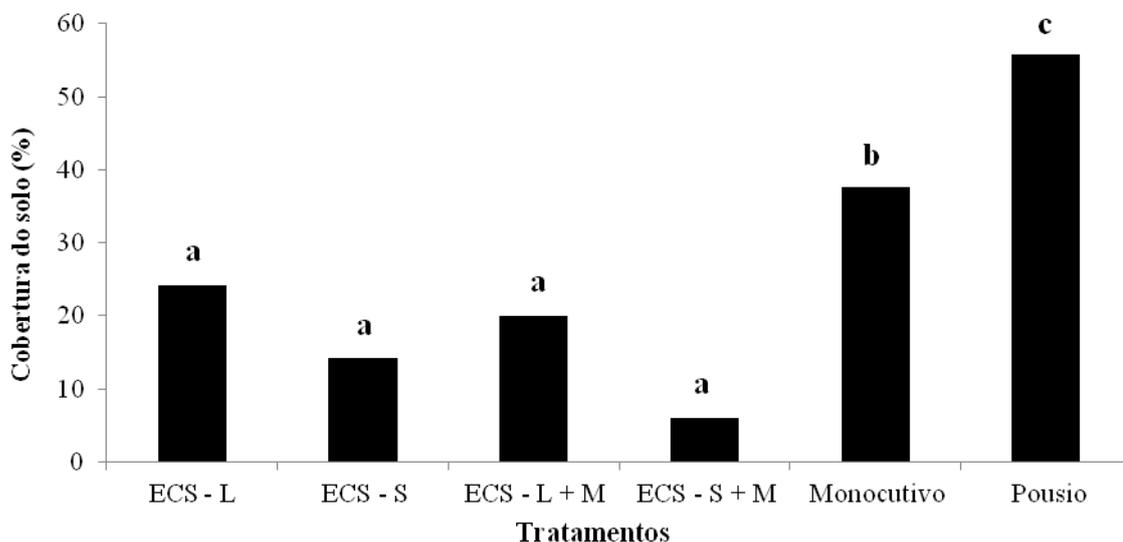
## **4.2 Segunda Etapa: Cultivo do Feijoeiro Comum em Sucessão**

### **4.2.1 Influência das espécies de cobertura do solo na reinfestação de espécies espontâneas**

Monquero e Hirata (2014) relatam que muitas ECS utilizadas com a finalidade de melhorar os atributos químicos e físicos do solo também apresentam alta capacidade de redução da infestação de ervas espontâneas, mesmo após o corte e formação de cobertura morta sobre o solo. Tal controle pode acontecer tanto a partir do efeito físico prejudicando a passagem da luz, por exemplo, quanto por efeitos químicos (alelopáticos) e biológicos (PITTELI; PITTELI, 2004).

Na Figura 15, encontram-se apresentados os valores de proporção de área coberta pelas espécies nas entrelinhas da cultura do feijoeiro aos 18 dias após semeadura, anteriormente a capina. Neste período, observou-se nítida diferença entre os tratamentos que compunham os pré-cultivos em que foram semeadas as ECS e apenas o milho. Pode-se observar que os tratamentos que continham as ECS a reinfestação exercida pelas espécies de ocorrência espontânea cobriu menor área de terreno do que no monocultivo e na área mantida anteriormente sob pousio. Este resultado denota a relevância do uso de ECS quanto à

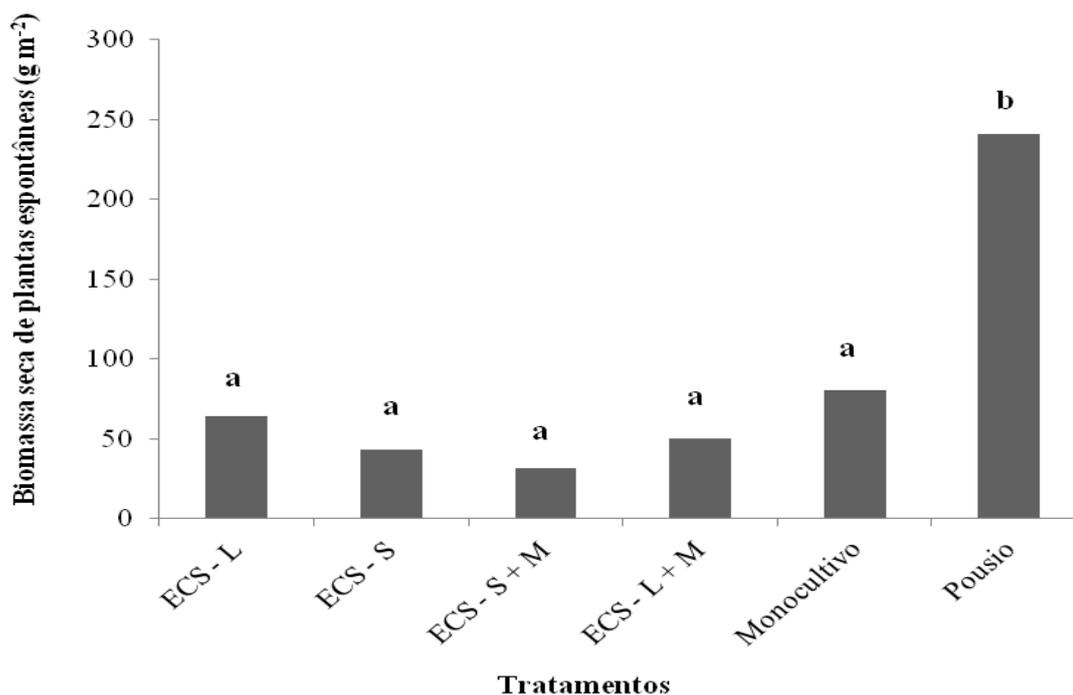
reinfestação das espécies componentes da vegetação espontânea, o que é uma forma indireta de auferir benefícios ao agricultor.



**Figura 15.** Cobertura do solo proporcionada pelas plantas espontâneas avaliada aos 18 dias após semeadura do feijão-comum (Seropédica/RJ – 2015)<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. C. V. (%) = 43.

A reinfestação das plantas de ocorrência espontânea também foi estimada tendo como base o vigor expresso em produtividade de biomassa seca da parte aérea em coleta realizada aos 18 DAS (Figura 16). Notou-se que diferenças estatísticas foram detectadas nas quantidades de biomassa aérea das ervas espontâneas nos tratamentos formados pelas ECS e pelo monocultivo quando comparados ao pousio. Essa diferença na quantidade deve-se possivelmente a rápida taxa de cobertura do solo das ECS que atua como barreira à emergência das plântulas da comunidade de ervas espontâneas, embora efeitos alelopáticos também possam estar associados à inibição da emergência (CONSTANTIN, 2001, SANTOS et al., 2008). No monocultivo de milho pode-se atribuir o efeito a uma capina na entrelinha deste cereal. O controle das ervas espontâneas pelas ECS decorre em grande medida a partir de modificações pronunciadas nos valores de luz incidente, de temperatura e de umidade do solo afetando as taxas de germinação do banco de sementes (ALTIERI, 2012; CONSTANTIN, 2001).



**Figura 16.** Produtividade total de biomassa seca da parte aérea das espécies de ocorrência espontânea associadas aos tratamentos que formaram os cultivos antecedendo ao feijoeiro (Seropédica/RJ - 2015) <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Há fortes evidências que o feijão de porco apresenta efeito alelopático sobre espécies do gênero *Cyperus* (tiririca) (CALEGARI et al., 1992; WUTKE et al. 2014). Correa et al. (2014) relatou redução relativa das espécies espontâneas de *Artemisia verlotorum*, *Bidens pilosa* e *Digitaria* sp., quando o feijão de porco foi cultivado em consórcio com o milho. Souza Filho (2002), concluiu em seu estudo que as sementes e as raízes são as principais fontes de substâncias com efeitos alelopáticos no feijão de porco.

Araujo et al. (2007), avaliando a supressão de plantas invasoras por quatro leguminosas (mucuna-preta, guandu, calopogônio e feijão de porco) nas ruas de um sistema de aleias formado de sombreiros (*Clitoria fairchildiana*), relataram que não foram detectadas diferenças na densidade, número e diversidade de espécies, bem como na produção de biomassa aérea das espécies invasoras emergidas nos tratamentos com leguminosas, e nem em relação ao controle. Ainda assim, os autores preconizam para sistemas agroecológicos o uso de rotações envolvendo leguminosas, sendo o feijão de porco e o guandu mais indicados por tolerarem à seca.

Calegari et al. (1992) relatam que a *Crotalaria juncea* é uma espécie que apresenta efeito alelopático e/ou supressor expressivo de plantas espontâneas. A principal vantagem

desta espécie é apresentar crescimento inicial rápido que resulta em uma rápida cobertura do terreno com efeito supressor das invasoras, além disso, é eficiente no controle de nematoides (JORDÁN, 1955 apud MONEGAT, 1991; BURLE et al., 2006). Meschede et al. (2007), avaliando o efeito supressor de diferentes plantas de cobertura do solo (crotalária, milheto, sorgo, milho, mamona e vegetação espontânea), chegou à conclusão de que as culturas de milheto, sorgo e crotalária apresentaram melhores resultados quanto à supressão de plantas espontâneas e cobertura do solo.

A utilização do girassol como planta de cobertura do solo em práticas de rotação de culturas e sucessão já é feita no Brasil há um muito tempo, no entanto, há pouca literatura se referindo sobre o seu potencial de suprimir o desenvolvimento de plantas espontâneas (SILVA et al. 2011). Calegari et al. (1992) relata sobre o desenvolvimento inicial lento e à respeito do poder alelopático à invasoras. Silva et al. (2011) avaliando o potencial supressivo de diferentes genótipos e palha de girassol sobre o desenvolvimento de picão preto (*Bidens pilosa*) chegou a conclusão de que a palha de alguns genótipos influenciam na velocidade de emergência, além de inibir o crescimento da parte aérea e do sistema radicular da espontânea testada. Morris e Parrish (1992) também observaram efeitos da palhada do girassol sobre a emergência do trigo em sucessão. Oliveira (2014) observou em condições de bioensaios de germinação efeito alelopático do girassol sobre a cultura da alface. Corsato et. al., (2010) realizando um estudo com o extrato aquoso das folhas de girassol em casa de vegetação, verificou o potencial inibição da palhada do girassol sobre o desenvolvimento de *Bidens pilosa*.

Sobre o milho, encontram-se informações a respeito de seu efeito alelopático e supressor em plantas espontâneas e espécies de interesse econômico (FRANÇA, 2007). Oliveira et al. (2001) constatou um efeito supressor sobre a emergência de plantas invasoras através de diferentes quantidades de palha de milho (0, 3, 6, 9 e 12 Mg.ha<sup>-1</sup>) mantidas sobre o solo. A cada tonelada adicionada como cobertura do solo, houve controle de aproximadamente 4,0% no total de plantas espontâneas. Alves (2003) observou que mudas de café plantadas em sucessão sobre a palha de alguns híbridos de milho, apresentaram menor crescimento. Santos (2002), estudando os efeitos da palha do milho sobre a cultura do café, observou que a palha quando incorporada ao solo na quantidade de 8 Mg.ha<sup>-1</sup> afetou negativamente, até os 60 dias após plantio, o incremento da área foliar, o diâmetro do caule e a altura do cafeeiro.

A composição da comunidade infestante na cultura do feijão aos 18 DAS foi de nove espécies de oito famílias botânicas diferentes, a saber: Chorão (*Acalypha poiretii*), tiririca

(*Cyperus* sp), caruru (*Amaranthus deflexus*), capim colônia (*Panicum maximum*), beldroega (*Portulaca oleracea*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), Falsa serralha (*Emilia sonchifolia*), quebra-pedra (*Phyllanthus corcovadensis*) e corda de viola (*Ipomoea acuminata*). A partir dos dados obtidos em campo foi possível obter a frequência relativa de cada espécie nos tratamentos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Nomes comuns, famílias botânicas e frequência relativa (%) da comunidade de plantas espontâneas presentes nos tratamentos estudados durante o cultivo do feijoeiro (Seropédica/RJ – 2015).

Nome comum	Família	Tratamento					
		ECS-L	ECS-S	ECS-L+M	ECS-S+M	Monocultivo	Pousio
Chorão	Euphorbiaceae	15	7	13	15	10	17
Tiririca	Cyperaceae	20	27	13	20	20	17
Caruru	Amaranthaceae	20	20	20	15	20	8
Beldroega	Portulacaceae	15	7	13	5	15	17
Corda-de-viola	Convolvulaceae	10	0	0	5	5	8
Trapoeraba	Commelinaceae	5	13	7	20	10	17
Falsa-serralha	Asteraceae	0	0	7	0	0	0
Quebra-pedra	Euphorbiaceae	5	0	7	0	5	0
Capim colônia	Poaceae	10	27	20	20	15	17

Através das frequências relativas é possível aferir sobre a proporção das espécies encontradas em cada tratamento. De modo geral, as plantas espontâneas não apresentaram uma tendência de estarem presentes em apenas alguns tratamentos. As espécies que tiveram maior frequência em todos os tratamentos foram *Cyperus* sp, *Amaranthus deflexus* e *Panicum maximum*. A *Emilia sonchifolia* foi a espécie que menos apareceu nos tratamentos, sendo notada apenas na ECS – L + M, com 7% de frequência neste tratamento. A *Phyllanthus corcovadensis* também foi encontrada apenas em metade dos tratamentos: ECS – L, ECS – L + M e no monocultivo.

#### 4.2.2 Produtividade de grãos de feijão

Os tratamentos estudados não apresentaram diferenças estatísticas entre si, tanto em relação à produtividade de grãos quanto aos componentes de produção. A produtividade média geral de grãos foi de 86 g.m<sup>-2</sup>. Fernandes (2012) cultivando o mesmo cultivar sob manejo orgânico e, no mesmo município, chegou a uma produtividade média de 188 g.m<sup>-2</sup>. Uma possível explicação para tal discrepância seria a respeito das práticas de adubação utilizadas em cada experimento. O presente estudo buscou após o uso de espécies de

cobertura do solo realizar uma sucessão de cultivos e, neste sentido, observar o potencial destas para o cultivo do feijoeiro. Assim, procedeu-se a inoculação das sementes, sendo estas semeadas nos sulcos de plantio em meio à cobertura morta da mistura de ECS. O único aporte de nutrientes foi via adubação de plantio com o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) na dose recomendada para a cultura do feijoeiro (PORTZ et al., 2013). Fernandes (2012), além de inocular as sementes antes da semeadura, utilizou para adubação de plantio com esterco bovino curtido e, aos 30 dias após o plantio realizou uma adubação de cobertura com torta de mamona.

Para o feijoeiro, a produtividade de grãos está intimamente relacionada com os componentes da produção, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos (COSTA & ZIMMERMANN, 1988). Todos os componentes de produção analisados apresentaram médias gerais mais baixas do que Fernandes (2012). O componente de produção que mais influencia a produtividade da cultura é o número de vagens por planta e, este chegou ao número de 5,6 por planta. Número de grãos por vagem, massa de 100 grãos (g) e índice de colheita (g/g) chegaram aos valores médios, respectivamente, de 1,8; 39,7 e 0,528 (Tabela 6). O índice de colheita trata da relação entre o peso seco dos grãos e a massa seca de toda a planta, medindo a eficiência do material em translocar fotoassimilados para os grãos. Os valores do índice de colheita vão depender do material genético e, quanto maior o índice, melhor e mais produtiva será a cultivar (CRUZ et al. 2011).

**Tabela 6.** Produção de grãos e componentes de produção do feijoeiro cultivado em sucessão a espécies de cobertura do solo, monocultivo de milho e pousio (Seropédica/RJ – 2015).

Tratamentos	Produção de grãos (g m <sup>-2</sup> )	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)	IC (g/g)
ECS – L <sup>(1)</sup>	87	5,3	1,4	38,1	0,506
ECS – S <sup>(2)</sup>	84	5,5	1,9	39,9	0,510
ECS – L + M <sup>(3)</sup>	95	6,4	1,8	41,9	0,546
ECS – S + M <sup>(4)</sup>	79	6,0	1,6	39,4	0,450
Monocultivo <sup>(5)</sup>	81	4,6	1,9	41,8	0,654
Pousio <sup>(6)</sup>	87	5,7	1,7	37,7	0,554
Média	86	5,6	1,8	39,7	0,528
C. V. (%)	25	17	14	10	16

<sup>(1)</sup> Espécies de cobertura do solo (ECS) semeadas a lanço; <sup>(2)</sup> ECS semeadas em sulcos; <sup>(3)</sup> ECS semeadas a lanço entre o milho; <sup>(4)</sup> ECS semeadas em sulcos entre o milho; <sup>(5)</sup> Monocultivo de milho; <sup>(6)</sup> Controle.

Moitinho et al. (2011), observando o desempenho de adubos verdes (feijão de porco, feijão-bravo-do-ceará, mucuna preta, feijão-guandu, crotalária júncea, sorgo forrageiro, milho e misturas de crotalária e milho e uma mistura com todos os adubos verdes utilizados) e seus efeitos sobre a cultura do feijão em sucessão, chegou a conclusão de que o uso de leguminosas em pré-cultivo proporcionou maiores rendimentos de grãos de feijoeiro, com destaque para a crotalária e mucuna preta que produziram, respectivamente, 2,09 e 2,15 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Arf et al. (1999) também obtiveram resultados satisfatórios quando utilizaram a mucuna preta antecedendo a cultura do feijão, dobrando a produtividade de grãos em comparação à uma sucessão de milho antecedendo o feijoeiro. Gallo et al. (2015), buscando avaliar a influência de diferentes espécies de adubos verdes como plantas antecessoras na produtividade do feijoeiro, observaram que o feijão de porco (cerca de 55 g.m<sup>-2</sup>) e a crotalária júncea (cerca de 60 g.m<sup>-2</sup>) proporcionaram maiores rendimentos de grãos comparado as outras espécies testadas. Essa baixa produtividade foi associada ao alto índice pluviométrico registrado na região nos dias que antecederam a colheita, depreciando a qualidade dos grãos, tendo a necessidade de serem descartados no momento da avaliação. Torres et al. (2014) que também avaliaram o potencial de plantas de cobertura utilizadas como adubos verdes, chegaram à produtividade de 120 g.m<sup>-2</sup> de grãos de feijão quando cultivaram crotalária júncea como espécie antecessora.

Apesar do presente trabalho não ter verificado efeitos do uso da mistura de espécies de cobertura do solo em diferentes arranjos espaciais de plantio sobre o rendimento do feijoeiro em sucessão, é importante destacar o efeito benéfico observado sobre o controle da comunidade de plantas espontâneas nos tratamentos. É oportuno ressaltar que muitas vezes o efeito residual sobre a cultura em sucessão pode não ocorrer logo no primeiro ano e, sim a médio prazo. Cada espécie de plantas de cobertura proporciona um efeito residual diferente da outra, mesmo aquelas que apresentem menor potencial nutricional, devem ser também utilizadas, para aproveitar suas melhores características ou efeitos benéficos, como o controle de plantas invasoras e nematóides (MONEGAT, 1991). Desta forma, o emprego de misturas de diferentes plantas de cobertura do solo pode contribuir de diferentes formas dentro do agroecossistema, de acordo, com as particularidades e potenciais de cada espécie introduzida na mistura. Há ainda pouca literatura que nos substancie cientificamente sobre os efeitos observados no uso das mistura de plantas, assim, torna-se útil os resultados aqui apresentados.

## 5 CONCLUSÕES

As espécies de cobertura do solo (ECS) cobriram o solo com maior velocidade do que a vegetação espontânea que compunha o sistema em pousio.

As produtividades de biomassa fresca e seca da parte aérea foram maiores nos tratamentos onde as ECS foram utilizadas, superando o monocultivo do milho. A quantidade acumulada de nutrientes na biomassa aérea dos tratamentos que continham as ECS foi maior do que no monocultivo do milho.

A presença das ECS influenciou positivamente no controle da reinfestação das espécies espontâneas.

As produtividades de grãos de milho (cv. Caatingueiro) e do feijoeiro comum (cv. Constanza), submetidos ao manejo orgânico, não foram influenciadas pela presença das ECS.

O modo de semeadura das ECS, a lanço ou em sulcos, não influenciou a produtividade de biomassa aérea das ECS, a reinfestação das espécies espontâneas e nem o desempenho produtivo do milho (cv. Caatingueiro) e do feijoeiro comum (cv. Constanza).

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUD, A. C. de S; FIORINI, C. V. A; LOPES, C. A; VIEGAS, E. de C; NETO, J. J; MOREIRA, L. B; TOZANI, R; VASCONCELLOS, M. A. da S; CARMO, M. G. F. do; CONEGLIAN, R. C. C; BUSQUET, R. N. B; MARY, W. As principais lavouras. In: ABBOUD, A. C. de S (Org.). **Introdução à agronomia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. p. 363-497.

AIDAR, H. **Cultivo do feijoeiro comum**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, Sistema de Produção 2, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FoneHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em: 21 set. 2015.

ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D; GUERRA, J. G. M. **Sistema integrado de produção agroecológica**: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 37 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 169).

ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Adubação verde. In: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A. de; RESENDE, F. V. (Eds.). **Produção orgânica de hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 308 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Expressão Popular; Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012. 400 p.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W. & REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 30: 175-185, 1995.

ALVES, L. W. R. **Interferência alelopática da cultura do milho (*Zea mays* L.) sobre a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) plantada em sucessão**. 2003. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AMABILE, R. F. et al. Comportamento de espécies de adubo verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 47-54, 2000.

AMADO, T. J. C.; FIORIN, J. E.; ARNS, U.; NICOLOSO, R. da S.; FERREIRA, A. de O. Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2. p. 81-125.

AMADO, T. J. C.; ALMEIDA, E. X.; DALL'AGNOL, I. & MATOS, A.T. Determinação da cobertura do solo por adubos verdes. Florianópolis, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina, 1987. 6p. (EMPASC. **Pesquisa em Andamento**, 78).

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

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.867-874, 2000.

ARAÚJO, J. C., MOURA, E. G., AGUIAR, A. C. F. e MENDONÇA, V. C. M Supressão de plantas daninhas por leguminosas anuais em sistema agroecológico na Pré-Amazônia. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, vol 25, n. 2: 267-275, 2007.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesq. Agropec. Brasileira**, 34: 2029- 2036, 1999.

ARGENTA, G; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjos de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

CÂMARA INTERMINISTERIAL DE AGROECOLOGIA E PRODUÇÃO ORGÂNICA. **Plano nacional de agroecologia e produção orgânica - PLANAPO**. Brasília, DF: MDS; CIAPO, 2013. 96 p.

CAPORAL F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2002. p.54. (Série Programa de Formação Técnico-Social da EMATER/RS. Sustentabilidade e cidadania, texto 5).

BALIEIRO, F. de C.; BERBARA, R.; FARIA, S. M. de; DE-POLLI, H; FRANCO, A. A. Insumos biológicos. In: FREIRE et al.(Coord.). **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 430 p.

BOX, J. M. M. **Leguminosas de grão**. Barcelona: Salvat, 1961. 523 p.

BRASIL. Lei nº 10.831. 23 de dez. 2003. Dispõe sobre agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 de dez. 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2003/L10.831.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.831.htm)>. Acesso em: 15 mai. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de dez. 2003 Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm)>. Acesso em: 15 mai. 2014.

BRASIL. Decreto n.o 7.794, de 20 de agosto de 2012, institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 de ago. 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm)>. Acesso em: 15 de mai. 2014.

BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, A. S. & PEREIRA, L. A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 102-109, 2012.

BULISANI, E. A.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C. de; ALMEIDA, L. D'A. de. Épocas e espaçamentos de semeadura em *Crotalaria juncea* L. **Bragantia**, Campinas, v. 29, n. 1, 1980. p. 237-240.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, 2006. p. 71 - 142.

CADORIN, A. M. R. **Desempenho do girassol em diferentes épocas de semeadura na região noroeste do rio grande do sul**. 2010. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

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

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 01 - 55.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (IAPAR. Circular, 80).

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

CARVALHO, H. W. L. de; SANTOS, M. X. dos; SILVA, A. A. G. da; CARDOSO, M. J.; SANTOS, D. M. dos; TABOSA, J. N.; FILHO, M. M.; LIRA, M. A.; BONFIM, M. H. C.;

SOUZA, E. M.; SAMPAIO, G. V.; BRITO, A. R. M. B.; DOURADO, V. V.; TAVARES, J. A.; NETO, J. G. N.; TAVARES FILHO, J. J.; JÚNIOR, A. S. A.; CARVALHO, B. C. L. de. **Caatingueiro: uma variedade de milho para o semi-árido nordestino**. Aracaju: Embrapa tabuleiros costeiros, 2004. 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 29).

CARVALHO, J. O. M. de.; BARROSO, G. R. P.; SANTOS, M. R. A. dos.; FERREIRA, M. G. R.; FILHO, E. P. S.; RODRIGUES, C. D. S.; SIQUEIRA, A. P. P. de.; **Avaliação de coquetéis de adubos verdes num Latossolo Vermelho fase cascalhenta em Porto Velho – RO no período das secas**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 4 p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 316).

CARSKY, R. J. **Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique**. 1989. 257 p. Thesis (Ph.D.) – Cornell University, Ithaca.

CASTRO, C. M. de; ALVES, B. J. R; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 8, Ago. 2004.

CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Girassol catissol 01**. Disponível em: <[http://www.cati.sp.gov.br/Cati/\\_produtos/SementesMudas/cultivares/GIRASSOL-CATISSOL01.pdf](http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_produtos/SementesMudas/cultivares/GIRASSOL-CATISSOL01.pdf)>. Acesso em: 21 de out. 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2014/2015**. Décimo segundo levantamento - Setembro 2015. . Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 21 set. 2015.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: OLIVEIRA JR., R. S. O.; CONSTANTIN, J. (Coords.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba, RS: Editora Agropecuária, 2001. p. 103-121.

CORREA, M. L. P.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANETTI, A.; LEMOS J. P.; CONCEIÇÃO, P. M. da. Interferência do feijão-de-porco na dinâmica de plantas espontâneas no cultivo do milho orgânico em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.9, n.2, p. 160 – 172, 2014.

CORSATO J. M.; FORTES, A. M. T.; SANTORUM, M.; LESZCZYNSKI, R. Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão preto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 353-360, abr./jun. 2010.

COSTA, J.C.G.; ZIMMERMANN, M.J.O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **A cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós. 1988. p. 229-245.

CRUZ, E. S.; CARVALHO, D. F.; VARELLA, C. A. A.; SILVA, L. D. B.; SOUZA, W. J.; PINTO, F. A. C. Comparação de classificadores de imagens digitais na determinação da cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.2, p.237-244, 2008.

CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. Introdução. In: CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. (Ed.) **Milho: o produtor pergunta, a embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 338 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, R. de. Rotação de culturas. **AGEITE - Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pv04k3s932q7k.html>>. Acesso em: 23 set. 2015.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. 2. ed. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 80 p. (Circular, 73).

DIAS, J. E. **Monitoramento do uso da terra e dos nutrientes do solo no sistema integrado de produção agroecológica utilizando geoprocessamento**. 2007. 111 f. Tese. (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

DUARTE JUNIOR, J. B. **Avaliação agrônômica da cana-de-açúcar, milho e feijão em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes-RJ**. 2006. 284 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)–Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2006.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento semidetalhado dos solos da área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) – Km 47 – Seropédica, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. CD-ROM (Embrapa Solos Boletim de Pesquisa, n 5).

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004a. 24p. Documentos, 174.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D. Gestão do nitrogênio em sistemas orgânicos de produção através da adubação verde. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, p. 123-130, jul./dez. 2004b.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa, 2005. p. 435-451.

FEIDEN, A. **Agroecologia: princípios e conceitos**. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 50-70.

FERNANDES, R. C. **Avaliação de Cultivares de Feijoeiro ao Sistema Orgânico de Produção na Baixada Fluminense, RJ**. 2012. 39 f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. **Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 9, p. 1593-1600, 1999.

FERREIRA, M. F.; SANTOS, M. L.; BRAGA, M. J.; PELOSO, M. J. D. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 19-40. 2008.

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

FRANÇA, A. C. **Potencial alelopático de híbridos de milho no desenvolvimento inicial de cafeeiros (Coffea arábica L.)**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007.

GALLO, A. de S.; GUIMARÃES, N. de F.; SOUZA, M. D. B. de; AGOSTINHO, P. R.; GOMES, S. da S.; SILVA, R. F. da. Produtividade da cultura do feijoeiro em sucessão a adubos verdes, com adição de dejetos líquidos de suínos. **Revista de la Facultad de Agronomía** (La Plata), v. 114, p. 45-51, 2015.

GAZZOLA, A.; FERREIRA JR.; C. T. G.; CUNHA.; D. A.; BORTOLINI, E.; PAIAO, G. D.; PRIMIANO, I. V.; PESTANA, J.; D'ANDRÉA, M. S. C.; OLIVEIRA, M. S. **A cultura do girassol**. FEALQ, 2012, 69 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 658 p.

GOMES, J. C. C. Pesquisa em Agroecologia: problemas e desafios. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 135-146.

GRANATO, L. **A adubação verde: arte antiga e ciência moderna**. São Paulo, SP: Monteiro Lobato, 1925. 187 p.

GREIG-SMITH, P. **Quantitative Plant Ecology**. 3. ed. Oxford: Blackwell, 1983. 359 p.

GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAUJO, E. da S.; LEAL, M. A. de A.; ABOUD, A. C. de S.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; NEVES, M. C. P.; RIBEIRO, R. de L. D. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2. p. 241-267.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Estação meteorológica de observação de superfície automática. 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 05 Ago. 2015.

JESUS, E. L. de. Diferentes Abordagens de Agricultura Não-Convencional: História e Filosofia. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 23-48.

KIEHL, E.J. Adubos verdes e rotação de culturas. In: **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora agrônômica ceres, 1985. p. 112-131.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. de. Qualidade nutricional. In: **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Eds). Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 23-56.

- LOVADINI, L.A.C.; SALGADO, A.L.B.; MIYASAKA, S. Efeito da época de plantio e da poda e na produção de massa verde sementes de Crotalária juncea. **Bragantia**, v.29, p.25-29, 1970.
- MAGNAVACA, R.; LOBATO NETO, J; SILVA, J. Efeito de borda de um híbrido de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.6, n.1, p. 273-278, jan. 1971.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MASCARENHAS, H. A. A.; WUTKE, E. B. Adubação, nutrição e fatores climáticos limitantes ao desenvolvimento dos adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2. p. 191-224.
- MELO, R. F.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; ANJOS, J. B. dos. Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão-caupi em barragem subterrânea. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, n. 2, p. 1.264 - 1.267, 2009.
- MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B. dos; ANDRADE, D. S. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1 p. 307-334.
- MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO JÚNIOR., C.C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta daninha**, Viçosa: SBCS, v.25, n.3, p.465-471, jul/set. 2007.
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A. de; CAVALERI, P. A.; GODOY, I. J. de; WERNER, J. C.; CURI, S. M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J. C.; CERVELINI, G. da S.; BULISANI, E. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138 p.
- MOITINHO, M. R.; PADOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; MOTTA, I. S.; SOUZA, E. I. S. Desempenho de adubos verdes e o efeito no feijão-comum cultivado em sucessão num agroecossistema sob bases ecológicas. **Anais... XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2011, Uberlândia-MG. Solos nos biomas brasileiros: Sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. do autor, 1991. 337 p.
- MONQUERO, P. A. ; Hirata, ACS . Manejo de plantas daninhas com adubação verde. In: Oscar Fontão de Lima Filho, Edmilson José Ambrosano; Fabrício Rossi; José Aparecido Donizeti Carlos. (Org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 1ed.Brasilia: EMBRAPA, 2014, v. 1, p. 481-500.
- MORRIS, P. J.; PARRISH, D. J. Effects of sunflower residues and tillage on winter wheat. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.29: p.317 - 327. 1992.

NEVES, M. C. P.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. **Agricultura orgânica: uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis**. Seropédica, RJ: EDUR, 2004. 98 p.

NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R. de.; RIBEIRO, R. L. D. Sistema integrado de produção agroecológica ou fazendinha agroecológica do Km 47. In: In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 149-172.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.

OLIVEIRA, J. da S. **Potencial alelopático em girassol e em braquiária**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado em recursos genéticos vegetais) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas, 2014.

OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C.; OLIVEIRA, A. C.; CRUZ, J. C. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 37-41. 2001.

OSTERROTH, M. von. Coquetel de adubos verde. **Agroecologia hoje**, Botucatu, n. 14, p. 25, 2002.

OTTMAN, M. J; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 1, p. 167-174, 1989.

PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI**. Guia técnico e normativo para o produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais. 1994. 279 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAULINO, G. M. **Potencial de leguminosas para adubação verde em consórcio com mangueira e gravioleira sob manejo orgânico**. 2008. 125p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

PENTEADO, S. R. **Adubação verde e produção de biomassa**. Melhoria e recuperação dos solos. Campinas: Ed. do autor, 2010. 168 p.

PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; MOREIRA, V. F. TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J. C.; ESPINDOLA, J. A. A. **Desempenho agrônômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 82).

PEREIRA, A. J. **Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema de plantio direto**. Seropédica, RJ, 2007. 72 f. Tese. (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de.; CRUZ, J. C. **Sistema de plantio de milho em fileiras duplas e simples em consórcio com o feijoeiro comum**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 951-957, 2000.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. Introdução. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O Cultivo do milho-verde**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas. p. 11-16, 2008.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.35-40, 2004a. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000100005.

PERIN, A. et al. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes considerando espaçamentos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 207-213, 2004b.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; CARVALHO, A. M. de.; SPERA, S. T. Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no Bioma cerrado. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE.F. R. (Eds.). **Cerrado: Adubação verde**. Brasília: CPAC, 2006. p.301-330.

PIRAÍ SEMENTES. Folder promocional, 2012.

PITELLI, R. A.; PITELLI, R. L. C. M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 29 - 56.

PITTELI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. *J. Conserb*, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2000.

PORTZ, A.; RESENDE, A. S. de; TEIXEIRA, A. J.; ABBOUD, A. C. de S.; MARTINS, C. A. da C.; CARVALHO, C. A. B. de; LIMA. E.; ZONTA, E.; PEREIRA, J. B. A.; BALIEIRO, F. de C.; ALMEIDA, J. C. de C.; SOUZA, J. F. de; GUERRA, J. G. M.; MACEDO, J. R. de; SOUZA, J. N. de; FREIRE, L. R.; VASCONCELOS, M. A. da S.; LEAL, M. A. de A.; FERREIRA, M. B. C.; MANHÃES, M.; GOUVE, R. F. de; BUSQUET, R. N. B.; BHERING, S. B. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro. In: CAMPOS, D. V. B. de; LIMA, E.; ZONTA, E.; BALIEIRO, F. de C.; GUERRA, J. G. M.; POLIDORO, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; FREIRE, L. R.; LEAL, M. A. de A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, M. B. C. (Ed.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Universidade Rural, 2013. cap. 14, p. 255-430.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

QUEIROZ, L. R. ; GALVAO, J. C. C. ; CRUZ, J. C. ; ALVARENGA, R. C. ; COELHO, A.M. ; OLIVEIRA, M. F. . Teores Foliaves de Nutrientes e Produção de Milho Orgânico com Cultivo Simultâneo Intercalar de Leguminosas. In: **XXVII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2008, Londrina PR. CD ROM Resumos Expandidos. Londrina PR: ABMS, 2008. v. 27. p. s/n.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO J. A.; FURLANI. A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 279 p. (Boletim Técnico, 100).

REIS, W. P., RAMALHO, M. A. P., CRUZ, J. C. Arranjos e populações do feijoeiro na consorciação com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 5, p. 575-584, 1985.

- RESENDE, A. S. **A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verdes.** 2000. 123p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L. de; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. **Adubação verde na forma de consórcio no cultivo do quiabeiro sob manejo orgânico.** Seropédica, RJ, dez. 2002. (Comunicado Técnico 54).
- RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Alelopatia e adubação verde. In: AMBROSANO, E. (Coord.). **Agricultura ecológica.** Guaíba, RS: Editora Agropecuária, 1999. p. 93-107.
- SANTOS, J. F. dos; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, L. de M. P. Comportamento de cultivares de milho nas condições edafoclimáticas do brejo paraibano. **Engenharia ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v. 8, n. 4, p. 81 – 90, out./dez. 2011.
- SANTOS, C. A. B.; ESPINDOLA, J. A. A.; ROCHA, M. V. C. ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. **Plantio direto de berinjela (*Solanum melongena*), sob manejo orgânico, em solo com cobertura viva permanente de gramínea e leguminosa.** Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2008. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 112).
- SANTOS, C. A. B. dos. **Consórcios de espécies de cobertura de solo para adubação verde, antecedendo a cultura do milho e repolho sob manejo orgânico.** 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.
- SANTOS, C. C. **Efeitos de resíduos de milho sobre o desenvolvimento de cafeeiros (*Coffea arabica* L.).** 2002. 62 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SARANDÓN, S. J. **La agroecología en La formación de profesionales de la agronomía: una necesidad para una agricultura sustentable.** In: Congreso SEAE sobre "Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible". 8., 2008, Bullas (Murcia). Livro de atos... Valencia: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE AGRICULTURA ECOLOGICA, 2008.
- SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja.** Londrina: Macenas, 2009. 314 p.
- SEVILLA-GUZMÁN, E. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 103-132.
- SILVA, H. L.; TREZZI, M. M.; BUZZELLO, G. B.; PATEL, F.; MIOTTO JR., E.; DEBASTIANI, F. Potencial supressivo de genótipos e níveis de palha de girassol (*Helianthus annuus* L.) sobre o desenvolvimento de picão preto (*Bidens pilosa*). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.07-14, 2011.

SILVA, P. R. F. da; RIZZARDI, M. A.; TREZZI, M. M.; ALMEIDA, M. L. de. **Densidade e arranjo de plantas em girassol**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 30, n. 6, p. 797-810, 1995.

SIQUEIRA, A. P. P; SIQUEIRA, M. F. **Bokashi**: adubo organic fermentado. Manual técnico. Niteroi: Programa Rio Rural, 2013.

SIXEL, B. T. **Biodinâmica e agricultura**. 2. ed. Botucatu: Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, 2007. 252 p.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M, de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: Embrapa DF, v.39, n.4, p.227-337, 2004.

SOUZA, C. M., PIRES, F. R., PARTELLI, F. L., ASSIS, R. L. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 108 p.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil. 2003. 564 p.

SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 20, n. 3, p. 357-364, 2002.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, v.27, n.4, p.117-125, 2014.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2000. 110 p.

VARELLA, C. A. A; PINTO, F. A. C; QUEIROZ, D. M.; SENA JÚNIOR, D. G. Determinação da cobertura do solo por análise de imagens e redes neurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.225-9, 2002.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I - plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 217-233, 2004.

WILDNER, L. do P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2. p. 21-44.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p.59 - 168.

WUTKE E.B.; TRANI P.E.; AMBROSIANO E. J; DRUGOWICH M. I. **Adubação verde no estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2009. 89 p. (Boletim Técnico 249).

YOKOYAMA, L. P; BANNO, K; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos socioeconômicos da cultura.  
In: **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. ARAÚJO, R. S; RAVA, C. A; STONE, L. F;  
ZIMMERMANN, M. J. O. (Eds). Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.1-21.