

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

**DISSERTAÇÃO**

**Diversificação de Cultivos de Hortaliças Associada ao Uso de Insumos para a Fertilidade do Solo, em Sistema Orgânico de Produção.**

**Nilcileny da Silva Batista**

**2016**



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

**DIVERSIFICAÇÃO DE CULTIVOS DE HORTALIÇAS ASSOCIADA  
AO USO DE INSUMOS PARA A FERTILIDADE DO SOLO, EM  
SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.**

**NILCILENY DA SILVA BATISTA**

Sob a Orientação do Pesquisador  
**Dr. Ednaldo da Silva Araújo**

e Co-orientação da Professora  
**PhD. Agnieszka Ewa Latawiec**

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

Seropédica, RJ

Fevereiro, 2016

631.584

B333d

T

Batista, Nilcileny da Silva, 1980-  
Diversificação de cultivos de  
hortaliças associada ao uso de insumos  
para a fertilidade do solo, em sistema  
orgânico de produção / Nilcileny da Silva  
Batista - 2016.  
68 f.: il.

Orientador: Ednaldo da Silva Araújo.  
Dissertação (mestrado) - Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de  
Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.  
Bibliografia: f. 53-63.

1. Agricultura orgânica - Teses. 2.  
Solos - Manejo - Teses. 3. Consórcios -  
Teses. 4. Hortaliças - Cultivo - Teses.  
I. Araújo, Ednaldo da Silva, 1974-. II.  
Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em  
Agricultura Orgânica. III. Título.

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

NILCILENY DA SILVA BATISTA

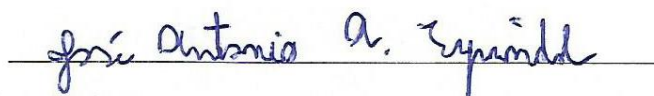
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências,  
no Curso de Pós-graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/ 02/ 2016



Ednaldo da Silva Araújo Dr. Embrapa Agrobiologia

(Orientador)



José Antonio Azevedo Espíndola Dr. Embrapa Agrobiologia



Fabiano de Carvalho Balieiro Dr. Embrapa Solos

## DEDICATÓRIA

*In memoriam* aos meus avós Genuína, Manoel, Nilza e Raimundo. E de Francisca, Manoel e Magno.

E as campesinas e os campesinos que morreram na luta, por um pedaço de chão e sua parte no pão.

## AGRADECIMENTOS

Não existe trabalho sem cooperação. Por isso, agradeço a todos que ajudaram na parte intelectual, no trabalho de campo, no estímulo e incentivo para que esta etapa, da minha vida, se realizasse.

Em primeiro lugar a DEUS, força superior que nos rege.

A minha família responsável pela minha formação enquanto gente e que ensina os princípios da convivência e da tolerância. Aos meus pais Maria e Luiz. As minhas irmãs: Socorro, Elice, Eunice, Irene, Cireny e Nilcirenny. Aos meus irmãos José, Luiz, Raimundo, Manoel e Carlos. Obrigada grande família!!!!!! Vocês são o princípio de tudo.

A UFRRJ e seu corpo docente pela minha formação acadêmica. Obrigada professor Raul de Lucena, por formar e influenciar gerações de Eng. Agrônomos, na prática da agricultura sem veneno.

A Embrapa Agrobiologia pelo suporte na implantação e condução dos experimentos. E aos pesquisadores que fazem parte do corpo docente do PPGAO.

Ao pesquisador Dr. Ednaldo da Silva Araújo por ter aceitado o desafio de me orientar, pelos ensinamentos e realização deste trabalho. E, por dedicar seu trabalho na busca de tecnologias que sejam viáveis na Agricultura Orgânica.

A Professora PhD. Agnieszka Ewa Latawiec pelas contribuições no segundo experimento e a equipe que ela coordena no IIS.

Ao pesquisador Dr. Jose Guilherme Marinho Guerra pela generosidade e ensinamentos. Mesmo sendo muito ocupado, sempre se mostrou disponível para o entendimento deste trabalho. Parabéns pelo seu amor à Agricultura Orgânica.

Ao pesquisador Dr. Ederson da Conceição Jesus pelas contribuições generosas e ensinamentos durante a condução deste trabalho. Sempre solícito, paciente e generoso.

As amigas de turma Jerusa, Juci, Andrea e Paula pela amizade, incentivo. Juci, muito obrigada por está comigo do princípio ao fim neste trabalho.

Aos amigos de alojamento: Sheyla, Lídia, Camila Camilo, Camila Pantoja, Natalie, Paraná e Rodrigo. Obrigada pela amizade, estímulo e pelas conversas descontraídas.

Ao pesquisador da PESAGRO Dr. Luiz Augusto Aguiar.

Aos meus queridos amigos da Fazendinha, que dão suporte no trabalho de campo: Oséias, Valério, Pedro, Edmar, Hélio, Zé Maria, Isafás, Neto, Douglas. E a funcionária da Embrapa Agrobiologia Ivana. Que estiveram em todas as etapas dos experimentos.

Ao Instituto Interacional para Sustentabilidade (IIS) e a Agência Norueguesa de Cooperação para o Desenvolvimento (NORAD), pela concessão de bolsa. E ao CNPq, por ter financiado a disciplina vivência em Agricultura Orgânica. Etapa fundamental na formação acadêmica e profissional dos estudantes de mestrado em Agricultura Orgânica.

Muito obrigada.

Cio da Terra

“Debulhar o trigo

Recolher cada bago do trigo

Forjar no trigo o milagre do pão

E se fartar de pão

Decepar a cana

Recolher a garapa da cana

Roubar da cana a doçura do mel

Se lambuzar de mel

Afagar a terra

Conhecer os desejos da terra

Cio da terra, a propícia estação

E fecundar o chão.”

Milton Nascimento e Chico Buarque

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise do solo da área experimental 1	32
<b>Tabela 2.</b> Produtividade de Mandioca cv. Ouro da Bahia em Sistema Orgânico de Produção. Seropédica, 2015	36
<b>Tabela 3.</b> Produtividade de feijão comum cv. Valente em Sistema Orgânico de Produção. Seropédica, 2015	37
<b>Tabela 4.</b> Produtividade de Milho var. Eldorado em Sistema Orgânico de Produção. Seropédica, 2015	37
<b>Tabela 5.</b> Análise do solo da área experimental 2	44
<b>Tabela 6.</b> Resumo do quadro de análise de variância para o milho var. Caatingueiro	47
<b>Tabela 7.</b> Massa úmida da espiga com e sem palha e massa de 100 grãos do milho variedade Caatingueiro submetido a tratamentos de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , adubação com Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que foram formadas entre inoculação e adubação	48
<b>Tabela 8.</b> Massa seca de espiga do milho variedade Caatingueiro submetido a tratamentos de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , adubação com Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que foram formadas entre inoculação e biocarvão	48
<b>Tabela 9.</b> Massa de 100 grãos do milho variedade Caatingueiro submetido a tratamentos de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , adubação com Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que foram formadas entre inoculação, adubação e biocarvão	49
<b>Tabela 10.</b> Resumo do quadro de análise de variância. Quadrados médios seguidos de um asterisco e um ponto indicam fontes de variação significativas a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente	51
<b>Tabela 11.</b> Massa úmida de vagens, massa seca de vagens, massa úmida da parte aérea e massa seca da parte aérea de plantas de feijão vagem cultivar Alessa submetidas a tratamentos de coinoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e <i>Rhizobium tropici</i> , adubação residual de Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que formaram entre coinoculação e adubação	52
<b>Tabela 12.</b> Massa seca de vagens, massa úmida da parte aérea e massa seca da parte aérea de plantas de feijão vagem cultivar Alessa submetidas a tratamentos de coinoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e <i>Rhizobium tropici</i> , adubação residual de Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que formaram entre biocarvão e adubação	53



**Tabela 13.** Número de vagens por planta de feijão vagem cultivar Alessa submetido a tratamentos de coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, adubação residual de Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que formaram entre biocarvão e coinoculação

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tratamentos	33
<b>Figura 2.</b> Croqui da área experimental 1	33
<b>Figura 3.</b> Dados climáticos	34
<b>Figura 4.</b> Croqui da área experimental 2	45
<b>Figura 5.</b> Dados climáticos	45
<b>Figura 6.</b> Folhas de feijão vagem com danos causados por <i>Empoasca kraemeri</i>	55

## RESUMO GERAL

Batista, Nilcileny da Silva. **Diversificação de cultivos de hortaliças associada ao uso de insumos para a fertilidade do solo, em sistema orgânico de produção.** 2016 68p. (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O manejo do solo em sistemas orgânicos de produção requer o uso de tecnologias que permitam manter e aumentar sua produtividade. Neste sentido, o consórcio de culturas e o uso de biocarvão, fertilização com adubos orgânicos e a inoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas estão entre as alternativas disponíveis que têm sido associadas ao aumento de produtividade. Num primeiro experimento, objetivou-se avaliar o consórcio de mandioca var. Ouro da Bahia, feijão (*Phaseolus vulgaris*) cv. Valente e milho (*Zea mays*) var. Eldorado em diferentes arranjos, sob manejo orgânico. O experimento foi conduzido no SIPA “Fazendinha Agroecológica Km 47”. O delineamento foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições a saber: Mandioca solteira, Mandioca + milho + feijão, Mandioca + milho, Milho + feijão e Milho solteiro. As parcelas tinham 6x5 m. com oito metros lineares de área útil para feijão e milho por parcela. Para mandioca, foram analisadas doze plantas por parcela. O plantio dos consórcios ocorreu no mesmo dia do plantio da mandioca. O feijão foi colhido aos 90 dias e foram avaliados: produtividade, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos. O milho foi colhido aos 91, 92 e 100 DAP e foram avaliada produtividade de espigas, comprimento e diâmetro das espigas. Aos 354 DAP, colheu-se a mandioca para avaliar: produtividade de raízes e parte aérea, comprimento e diâmetro das raízes. Não houve diferença significativa para produtividade da mandioca, mais houve diferença para produtividade de feijão e do milho. O Índice de Equivalência de Área (IEA) de 1,26 para o consórcio mandioca e milho, indicou vantagem. Num segundo experimento, objetivou-se avaliar o potencial do biocarvão e sua interação com inoculantes e fertilização orgânica no desempenho de cultivos. Para tal, foi realizado um cultivo em sucessão onde, no primeiro ciclo foi utilizado o milho var. Caatingueiro e no segundo ciclo o feijão vagem cv. Alessa. As sementes de milho foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* e as de feijão vagem com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. O experimento foi um fatorial 2 x 2 x 2, com oito tratamentos entre combinações dos fatores biocarvão, adubação e inoculação (presença e ausência) e três repetições. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. Aplicou-se a lâmpada 15 Mg ha<sup>-1</sup> de biocarvão por parcela. A fertilização, com composto Bokashi, foi 113 kg ha<sup>-1</sup> de N. As parcelas tinham 3,0 x 3,50 m. O milho foi colhido aos 90 DAP e analisou-se: produtividade, peso de 100 grãos, comprimento e diâmetro de espigas. O feijão vagem foi colhido aos 60 DAP e foram analisados produtividade de vagem e parte aérea. Para o milho a adubação e a inoculação influenciaram massa de 100 grãos, nas condições estudadas. No feijão vagem, a inoculação influenciou massa seca de vagens e número de vagens, o biocarvão influenciou número de vagens e massa seca de parte aérea na presença de adubação residual. Pode-se concluir que o consórcio, a inoculação, adubação orgânica são alternativas possíveis para incrementar produtividade de culturas, a renda e segurança alimentar do produtor.

Palavras-chave: Consórcio, manejo do solo, agricultura orgânica.

## GENERAL ABSTRACT

Batista, Nilcileny da Silva. **Diversification of vegetable crops associated with the use of agricultural supplies to improve soil fertility in an organic production system.** 2016 68p. (Professional Mastership in Organic Agriculture). Institute of Agronomy. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

The soil management in organic production systems requires the use of technologies that allow maintaining and improving their properties. In this sense, the use of alternatives such as intercropping, biochar, organic fertilization and inoculation with plant growth promoting bacteria in agriculture has been associated with improvements in productivity. In a first experiment, we evaluated the production of cassava in an intercropping system with maize and beans in different arrangements under organic farming. The experiment was carried out in SIPA, "Fazendinha Agroecológica Km 47", Seropédica, RJ. The experimental design was randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments were: cassava, maize, cassava + maize + beans, cassava + maize, beans and maize. The dimension of the experimental plots was 6 x 5 m and 8 linear meters were sampled to evaluate the productivity of beans and maize. Twelve plants per plot were evaluated for cassava. The sowing of beans and maize took place at the same day cassava was planted. Beans were harvested at 90 days and the following variables were evaluated: yield, number of pods per plant, number of seeds per pod and weight of 100 grains. The maize was harvested at 91, 92 and 100 days after sowing (DAS) and the productivity of husked and dehusked spikes, spike length and spike diameter were measured. The cassava was harvested at 354 DAP after planting and the following variables were evaluated: productivity of roots and shoots, length and diameter of the roots. There was no significance for cassava production. However, the area equivalency index for the maize and cassava intercrop indicated an advantage of this system over the others. In a second experiment, we evaluated the potential of biochar and its interaction with microbial inoculants and organic fertilizer on crop performance. These technologies were evaluated in a crop rotation system: maize (*Zea mays*) var. Caatingueiro and beans (*Phaseolus vulgaris*) cv. Alessa were used in the first and second cycles, respectively. Maize seeds were inoculated with *Azospirillum brasilense* and beans with both *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*. The experiment was in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, with eight treatments and three replications, and the experimental design was a randomized block design. The treatments were the combinations of the presence or absence of three factors (biochar, fertilizer and inoculation). The biochar was applied at the dose of 15 Mg ha<sup>-1</sup>. The organic fertilizer "Bokashi" was applied at the dose of 113 kg ha<sup>-1</sup> N. The plots were 3.0 x 3.50 m. The maize was harvested at 90 DAP and the following variables were measured: yield, weight of 100 g, length and diameter of spikes. The snap beans were harvested at 60 DAP and pod productivity and shoot biomass were evaluated. In maize fertilization and inoculation influenced weight of 100 grains under the conditions studied. For coinoculation beans green influenced dry matter mass and pods number, biochar influenced number of pods and dry mass of shoots in the presence of residual fertilization. We can conclude that the intercrop system and that the use biochar, Bokashi fertilization and, especially, inoculation with plant growth-promoting bacteria are possible alternatives for the production of cassava, maize and beans in organic farming.

Key-words: Intercropping, soil management, organic agriculture

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Características botânicas e socioeconômicas.....	17
2.1.1 Feijão.....	17
2.1.2 Mandioca. ....	18
2.1.3 Milho.....	19
2.2 Consórcio. ....	20
2.3 Biocarvão.....	22
2.4 Adubação Orgânica Nitrogenada.....	24
2.5 Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) e Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV).....	25
CAPÍTULO I: Cultivo consorciado de mandioca com feijão e milho em Sistema Orgânico de Produção.....	28
Resumo .....	29
Abstract.....	30
3. INTRODUÇÃO. ....	31
3.1 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
3.3 CONCLUSÃO.....	38
CAPÍTULO II: Sucessão entre milho e feijão vagem e sua resposta à aplicação de biocarvão, composto orgânico bokashi e inoculação com microrganismos eficientes.....	40
Resumo.....	41
Abstract.....	42
4. INTRODUÇÃO.....	43
4.1 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46

4.3 CONCLUSÃO.....	55
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	56
Anexos.....	64

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção agrícola pode ser considerada uma atividade de alto impacto ambiental. A utilização de insumos sintéticos, intenso revolvimento do solo e a eliminação da cobertura vegetal podem ocasionar redução da qualidade do solo. Por isso, existe a necessidade da geração de conhecimentos e tecnologias alternativas com vistas a diminuir a pressão da atividade agrícola sobre os recursos naturais.

Estima-se que dos 8,7 bilhões de hectares, das terras agricultáveis, pastagens permanentes e florestas, dois bilhões de hectares tenham sido degradados nos últimos cinquenta anos (HUNGRIA et al., 2013). Desse modo, a preocupação com os impactos ambientais causados pela agricultura tem gerado demanda por tecnologias que aliem produtividade e conservação do solo.

Neste sentido, a busca para reduzir tais impactos causados pela agricultura, originou o surgimento da agricultura orgânica e suas diversas correntes como Agricultura natural, biológica, biodinâmica e agroecologia. No Brasil, o marco legal da agricultura orgânica foi lançado em 2003, com a criação da Lei 10. 831 (MAPA, 2003). Essa lei define os sistemas de produção orgânica e norteia suas diretrizes.

A procura por tecnologias que possam ser utilizadas nos cultivos orgânicos tem crescido e, tem exigido da pesquisa soluções para tais demandas. Na agricultura orgânica, o uso de práticas que promovam a conservação o solo, associada a níveis adequados de produção faz parte das demandas do agricultor.

De acordo com Alcântara & Madeira (2008) o manejo do solo pode ser entendido como, o conjunto de todas as práticas aplicadas em um solo visando à produção agrícola. Essas práticas abrangem as operações de cultivo, práticas culturais, práticas de correção, fertilização e outras.

Dentro das práticas culturais, os consórcios têm sido preconizados como técnica de manejo que auxilia na cobertura do solo, no controle de plantas espontâneas, no aporte de matéria orgânica.

O cultivo consorciado, segundo Portes (1984), é aquele que envolve o plantio de duas ou mais plantas na mesma área, de modo que as culturas convivam durante todo o seu ciclo ou, em parte dele.

Os consórcios começaram a perder importância para o monocultivo após o advento da “Revolução verde”. No entanto, essa prática agrícola que sempre esteve presente nas pequenas propriedades, devido principalmente ao fato do agricultor poder diversificar a produção e fornecer a alimentação da família tem, ao longo do tempo, perdido espaço. Esse fato faz o agricultor familiar cada vez mais dependente, de uma única cultura, estando vulnerável caso ocorra perda da produção. Isso impede que o agricultor tenha outros produtos a serem comercializados e usados na alimentação.

Gliessman, (2001) observa que nos trópicos os pequenos produtores, por terem acesso limitado à compra de insumos, desenvolveram cultivos consorciados adaptados ao manejo

com baixo uso de insumos externos. O sucesso desses cultivos depende também, da capacidade de minimizar as interferências competitivas entre as combinações de plantas do agroecossistema.

Por isso, as demonstrações de que é possível obter produções em consórcios nos mesmos patamares de monocultivo, para a cultura principal, possibilita evidenciar ao agricultor que ainda há vantagens para produção consorciada.

Da mesma forma, as práticas de melhoria da fertilização, da matéria orgânica e da atividade biológica do solo são fundamentais para a produção agrícola. No manejo do solo práticas que proporcionem a manutenção e ou a melhorias dessas características devem ser priorizadas.

Neste sentido, salienta-se que, as fontes de fertilidades do solo, nos sistemas orgânicos de produção, não podem ser sintéticas. Dessa maneira, as pesquisas tem buscado insumos que possam ser produzidos dentro da propriedade para diminuir custos e dependência externa. Entre as alternativas, está o composto orgânico tipo Bokashi, que é produzido a partir de diversos materiais orgânicos, inoculados com microrganismos eficientes (EM) que passam pelo processo de fermentação controlada (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013) e que pode ser utilizado como fonte de nutrição e aporte de matéria orgânica ao solo.

Segundo Villas Bôas et al. (2003) os adubos orgânicos podem ter duas denominações: fertilizante orgânico e fertilizante composto ou apenas composto. O fertilizante orgânico é de origem vegetal ou animal e contém um ou mais nutrientes e o fertilizante composto é aquele obtido por processo bioquímico natural ou controlado com misturas de resíduos de origem vegetal ou animal. Nesse sentido, o termo composto tipo bokashi aqui utilizado terá denotação de fertilizante composto. Os autores ainda observam que um composto orgânico estável deve ter relação C:N menor ou igual a 18, porque quando a relação C:N é superior a 30 favorece a competição entre microrganismos e as plantas pelo nitrogênio do solo.

Pode-se ainda observar a importância dos microrganismos de interesse agrícola que promovem a fixação biológica de nitrogênio. Estes trazem contribuições para nutrição vegetal por processo evolutivo de coexistência entre bactérias e plantas. Mais especificamente, as bactérias denominadas de diazotróficas ou fixadoras de nitrogênio se associam a diversos vegetais em diferentes graus de especificidade o que as classifica como associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA et al., 2013) e transformam o  $N_2$  em formas assimiláveis pelas plantas (DOBEREINER, 1997; HUNGRIA et al., 2001; HUNGRIA et al., 2013).

Outros estudos apontam que, o biocarvão pode promover a manutenção da umidade em solos arenosos (SOHI et al., 2010), o aumento da agregação, da capacidade de troca catiônica (CTC) e armazena carbono no solo, este último pode contribuir para mitigar gases do efeito estufa (LEHMANN & JOSEPH, 2009; NOVOTNY et al., 2015). O biocarvão é obtido por decomposição térmica em um ambiente pobre ou ausente de oxigênio (LEHMANN et al., 2011), tem estrutura de carbono condensado, cinzas e matéria volátil residual (GUEREÑA et al., 2015). As quantidades desses materiais, presentes nos biocarvões, podem sofrer variações de acordo com a matéria prima, tempo e temperatura de pirólise



(GUEREÑA et al. 2015). Seus possíveis efeitos agrônômicos, principalmente associados ao aumento de produtividade, ainda não estão completamente elucidados (JEFFERY et al., 2011; HUSSAIN et al., 2016). No entanto, melhorias observadas nos cultivos são atribuídas a mudanças promovidas nas propriedades do solo como retenção de umidade, porosidade, aeração, aumento do pH, imobilização de Al, aumento da CTC e do carbono do solo (LEHMANN et al. 2011; HUSSAIN et al 2016). A sua composição aromática permite que os biocarvões sejam matéria recalcitrante. Desta maneira, é considerado material orgânico de alta relação C:N. As partículas lábeis presentes neste tipo de material são menores em comparação com material orgânicos de menor relação C:N. Adicionalmente há a possibilidade de que o biocarvão contribua com o estoque de carbono do solo por mais tempo, neste sentido seria possível através destes materiais adicionados ao solo como fonte de carbono mais resistente a decomposição, gerar benefícios para os cultivos a longo prazo.

Assim, a adoção de tecnologias de baixo custo e de alto valor ambiental na agricultura é alternativa que poderá contribuir para aumentar a durabilidade em patamares aceitáveis e possíveis da produção agrícola e, ao mesmo tempo, conservar o solo.

Nesse sentido, o presente estudo tem como hipóteses que é possível aumentar o índice de eficiência do uso da terra através da consorciação de mandioca, milho e feijão e que o uso de biocarvão, composto orgânico bokashi e inoculantes incrementam a produtividade de cultivos agrícolas sob manejo orgânico.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características botânicas e importância socioeconômica

#### 2.1.1 Feijão

O feijão, *Phaseolus vulgaris*, é uma planta de origem americana, dicotiledônea da família Fabaceae. Possui sistema radicular do tipo fasciculado com uma raiz principal a qual emite raízes laterais (secundárias, terciárias,...). Essas raízes são colonizadas pelos nódulos responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio, mais de 90% das raízes se concentram nos primeiros 20 cm do solo. O caule do tipo herbáceo é uma haste com um eixo principal, o qual origina uma sucessão de nós e entrenós. Seu crescimento é dito determinado quando a haste e os ramos laterais terminam em uma inflorescência. O crescimento tipo indeterminado acontece quando o desenvolvimento do tecido vegetativo permite um crescimento contínuo e a inflorescência se forma nas axilas das folhas. É o hábito de crescimento que determina se o feijoeiro será arbustivo, prostrado ou trepador. Suas folhas são simples e opostas na fase de plântula, após essa fase as folhas emitidas são compostas ou trifoliadas e alternas. Suas flores podem ser brancas, róseas, violetas, lilás ou bicolor; seu fruto é um legume, vagem tipo carnosa (VILHORDO et al., 1988).

O feijão é planta C<sub>3</sub>, possui características que tolera o sombreamento, baixas temperaturas podem comprometer a produção por provocarem abortamento das flores, alta temperatura influencia negativamente a floração e a frutificação. Segundo Silva & Ribeiro (2009), a produção de grãos de feijão é bastante afetada quando a temperatura apresenta valor acima de 30°C no período da floração. Para estes autores, para a cultura atingir seu potencial produtivo as temperaturas mínima, ótima e máxima devem ser de 12°C, 21°C e 29°C.

O feijão pode ter a qualidade dos grãos associada a três fatores: comercial, gastronômico e nutricional. Os primeiros atributos comerciais observados pelo consumidor são cor e tamanho; os gastronômicos são rápida hidratação e baixo tempo de cocção (BASSINELLO, 2009).

Existe extensa diversidade de tipos de grão no que diz respeito ao formato, tamanho e cor. Essa diversidade é notória no mercado nacional devido existência do cultivo de feijões tipo Preto, Carioca, Roxinho, Mulatinho, Rosinho, Vermelho, Manteigão e outros. No entanto, a supremacia comercial é do Grupo Carioca que contribui com 70% na produção nacional, embora existam as preferências regionais (CHAVES & BASSINELLO, 2009).

O feijão tem amplas qualidades nutricionais, fonte de Vitamina B, Magnésio, Potássio e ácido fólico, constituindo-se na principal fonte de proteína vegetal na alimentação de mais de 500 milhões de pessoas na América Latina e África (BASSINELLO, 2009).

O Brasil é o terceiro produtor, atrás do Mianmar e da Índia. Na safra 2014/2015, a produção nacional foi estimada em 3.166,3 mil toneladas e o consumo de 3.350,00 mil toneladas (CONAB, 2015).

Os principais estados produtores atualmente são Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Goiás responsáveis por 69% da produção interna; as projeções para o crescimento da produção e consumo do feijão no Brasil para a próxima década é de 0,2%, isso significa uma tendência de que a produção se manterá nos níveis atuais (MAPA, 2015).

### **2.1.2 Mandioca**

A mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, é uma planta originária do Brasil, dicotiledônea da família Euphorbiaceae, uma característica desta família é a produção de látex observado quando ocorre dano mecânico a planta. Esta emulsão é produzida em toda planta. Algumas espécies selvagens do gênero *Manihot* (*M. dichotoma*, *M. caerulescens* e *M. glaziovii*) já serviram de importante fonte de látex ao lado da seringueira (CARVALHO & FUKUDA, 2006).

Possui folhas caducas, simples, lobulares, de cor púrpura a verde escuro, tamanhos e formas variadas e com 18 – 22% de proteína, planta de caule subarborescente, ereto, com nós e gemas (SILVA, 2010) do qual retira-se o material de propagação, a maniva.

Suas raízes tuberosas é o principal produto de valor agroeconômico apresentando formas e tamanhos variados; Segundo Carvalho e Fukuda (2006), em uma estaca podem se formar de uma a dez raízes tuberosas, cuja distribuição e profundidade irá depender do genótipo. A presença de uma película externa de cor variada que se destaca da raiz com facilidade tem importância quanto à caracterização das variedades. As flores masculinas e femininas estão presentes na mesma inflorescência.

Outra característica importante é a presença de glicosídeos cianogênicos que, dependendo da concentração, existente na planta, caracteriza-a como mansa ou mandioca de mesa e brava ou mandioca para indústria.

A mandioca é uma planta C<sub>3</sub>, mas tem característica de bastante tolerância à alta incidência luminosa, a maior preocupação mesmo sendo considerada uma planta resistente e adaptada a ambientes marginais é com o déficit hídrico, fator que compromete a produção se o estresse ocorrer no período de estabelecimento da cultura no campo.

Esta cultura é produzida em todas as regiões do Brasil, o que contribui para que a produção de mandioca ocupe a sexta posição entre os principais cultivos da agricultura brasileira. É considerada uma cultura rústica e geralmente o seu plantio ocupa as áreas mais marginais da propriedade, os tratos culturais nem sempre são realizados sistematicamente durante todo o seu ciclo.

Valle & Lorenzi (2014) observam que a mandioca é estratégica na produção de alimentos, amidos e energia em virtude de ser tolerante a estresses bióticos e abióticos. Suas raízes garantem alimento para as populações de baixa renda, principalmente nos trópicos, na forma de farinha, amido ou in natura. Sua importância socioeconômica está na garantia de fornecer energia na alimentação de mais de 1 bilhão de pessoas em 105 países, seu cultivo incide entre as latitudes 30°N e 30°S da América, África e Ásia (FIALHO et al, 2011), caracterizando-a como importante para segurança alimentar mundial (VALLE & LORENZI, 2014).

Devido ao seu processo de domesticação e adaptação ecológica consegue-se produzir variedades adaptadas a diversos ecossistemas, que vão desde ambientes com alta pluviosidade assim como ambientes com déficit hídrico. Há restrições apenas com a temperatura, é uma planta genuinamente tropical (VALLE & LORENZI, 2014) não suporta geada, exigente em luz, as temperaturas ideais estão entre os 20° - 24° C e precipitação média anual entre 500 – 3000 mm (SILVA, 2010).

Segundo Valle & Lorenzi (2014) as características desejáveis nas plantas destinadas a indústria seriam: alto potencial fisiológico para produção de raízes, alto teor de matéria seca, resistência à bacteriose, adaptação ao plantio e colheita mecanizada e adaptação a solos de baixa fertilidade. Os mesmos autores consideram características aspiráveis para mandioca de mesa além do bom desempenho agrônomico, as características sensoriais relacionadas à menor tempo de cozimento, maior valor nutricional e ausência do uso de agrotóxico.

Os principais estados produtores são Paraná, Pará, Bahia e Maranhão, a projeção da produção brasileira para 2015 é de 23 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

### **2.1.3 Milho**

O milho, *Zea mays*, tem seu centro de origem no sudeste do México é uma planta da família Poaceae, monoica ou hermafrodita (órgãos femininos e masculinos na mesma planta), alógama (polinização cruzada); suas folhas são simples, alternas, paralelinérveas; o caule é uma haste tipo colmo com nós e entrenós, sistema radicular fasciculado e seu fruto é uma cariopse. A temperatura ideal está entre 25-30°C, o desenvolvimento das raízes depende do suprimento de carboidratos produzidos na parte aérea. Sistema radicular superficial maior volume se encontra nos primeiros 30 cm (MAGALHÃES et al., 1996)

É uma planta C<sub>4</sub> adaptada ao uso eficiente da luz e gás carbônico, seu desenvolvimento está associado à disponibilidade de luz sendo sensível ao sombreamento, a grande preocupação nesse sentido é com o período de enchimento dos grãos (MAGALHÃES et al., 2002). É esse período que determina qual será a produtividade a ser alcançada. A temperatura influencia a floração.

A seleção natural e a domesticação foram capazes de produzir uma planta anual, robusta e ereta, a qual pode atingir de 1 a 4 m de alturas, com o principal intuito de produzir grãos (MAGALHÃES et al., 2002).

É uma cultura produzida em todas as regiões do Brasil, terceiro país produtor, a cadeia produtiva do milho vem passando por transformações importantes no contexto mundial. No Brasil na safra 2014/2015; 74,4% do consumo de milho foi destinada à alimentação animal em destaque aves e suínos com 56,9% (CONAB, 2015). No entanto, o milho está presente em uma infinidade de produtos processados para a alimentação humana, por isso a produção familiar é tão importante garantindo que o milho possa fazer parte da dieta dessas famílias e também fornecerem aos mercados locais para alimentação humana.

## 2.2 Consórcio

Em diferentes regiões do mundo os policultivos são praticados por agricultores de pequenas áreas e com pouco acesso ao capital e aos insumos externos à propriedade (ALTIERI, 2012). Segundo Oliveira et al., (2005) anterior ao processo de modernização e industrialização da agricultura o cultivo consorciado era regra e o monocultivo exceção.

As vantagens dos policultivos vão além do baixo uso de insumos, geralmente, os agricultores chegam a garantir maiores produtividades, sistema produtivo mais propício à obtenção de uma dieta nutricional mais diversificada e nutritiva. Além disso, caso haja perda da cultura principal, os consortes garantem alguma produtividade e aumentam a eficiência do uso dos recursos naturais e ambientais disponíveis de forma complementar (ALTIERI, 2012).

Os estudos com plantios consorciados têm demonstrado que este sistema pode oferecer vários benefícios aos agroecossistemas: melhor aproveitamento de área, melhor utilização de água e nutrientes, cobertura mais rápida do solo o que contribui com o controle da erosão e manutenção da umidade do solo, diversificação da produção, contribui com a biologia do solo, aporte de nutriente quando há uso de adubos verdes ou dos restos culturais.

De acordo com Soares et al. (2000) os pequenos produtores aderem ao sistema de consorcio para fugirem dos riscos agrícolas e fazer uso eficiente da terra. Já para Maia et al. (2010), a dificuldade que o pequeno agricultor tem em acompanhar os altos preços perpetrados aos insumos agrícolas há que se criar, adaptar e manter sistemas alternativos de produção que possam minimizar ou nulificar os custos para implantá-los e assim garantir a sustentabilidade da unidade produção familiar.

Para Altieri (2004), a abordagem agroecológica para aprimorar os sistemas agrícolas em pequenas áreas, deve assegurar que os sistemas e tecnologias gerados sejam adaptados às condições ambientais e socioeconômicas dos pequenos agricultores, sem aumentar sua dependência por insumos externos.

O sistema de consorcio se torna atraente para o pequeno agricultor por admitir o uso mais intensivo de áreas de tamanho reduzido, amortece o insucesso cultural, soma na proteção vegetativa do solo contra erosão, permite melhor controle de plantas espontâneas que o monocultivo, possibilita uso eficiente da mão de obra (VIEIRA, 1999), possibilita a redução da incidência de pragas e doenças (ARMANDO, 2002; VIEIRA, 1999) na cultura principal assim como nos consortes pela promoção da diversidade funcional das espécies, possibilita maiores lucros que os monocultivos além de diversificar as fontes de renda e proporciona maior diversidade de produtos alimentares para o agricultor e sua família (ALTIERI, 2012; VIEIRA, 1999).

Devide et al. (2009) ressaltam ainda que a implantação de consórcios simultâneos entre culturas de valor econômico configura muito mais do que incremento na renda dos agricultores, os benefícios gerados para o agroecossistema permite que ocorra melhor cobertura do solo, aumento de nutrientes e da matéria orgânica no solo, mantêm o equilíbrio ecológico e dinamiza a força de trabalho.

Os sistemas de consórcios em geral, possuem maior estabilidade que os monocultivos, pois a diversidade contribui com o equilíbrio ecológico. Nos consórcios o ganho produtivo depende da disponibilidade de água, luz e nutrientes adequadas à cada cultura que irá utilizá-las da maneira mais eficiente possível e assim garantir a máxima expressão produtiva. Por isso é importante ter a preocupação com as espécies que irão compor o consórcio para que seja possível minimizar a competição por esses fatores.

Em sistemas de consórcios a eficiência do sistema é comumente medida através do Índice de Equivalência de Área (IEA) ou Índice de Equivalência de Terra (IET), este índice permite conhecer se o consórcio foi mais vantajoso que o monocultivo, quando comparamos a produção obtida entre consórcios e o monocultivo em área com manejo semelhante e que o resultado obtido com a produção em consórcios resulte em  $IEA > 1$  isso significa que, houve vantagem de rendimento em utilizar o sistema de consórcios em detrimento do monocultivo.

Segundo Flesch (2002), o IEA é apontado como a área relativa de terra, em monocultivo, necessária para obter os mesmos resultados produtivos que o cultivo em consórcio. Os cultivos consorciados e monocultivos devem receber o mesmo manejo (SOARES, 2000).

O interesse por consórcio entre feijão e mandioca, em sistema de fileiras duplas advém do largo espaço entre as fileiras de mandioca, menor velocidade de crescimento da mandioca, obtenção da colheita do feijão enquanto a mandioca se desenvolve e o curto ciclo do feijão (ALBUQUERQUE et al., 2009). Souza & Fialho (2003), observaram que o plantio de mandioca consorciado em fileiras duplas reveste em benefícios para pequenas áreas porque permite a ocorrência de rotação de cultura na mesma área. No entanto, observam que é necessário usar a tecnologia indicada a cada cultura que compõe o sistema produtivo. Cravo et al. (2005) indicam que plantio de mandioca consorciados em sistema de fileiras duplas implica em diminuir a concorrência pelos fatores de produção, água, luz e nutrientes neste sistema. Os autores sugerem o espaçamento 2,0 x 0,60 x 0,60 m para agricultura familiar.

No consórcio milho-feijão existe a exploração concomitante, em uma mesma área, de duas culturas que possuem arquitetura, ciclos e rotas fotossintéticas diferentes. Não são necessariamente semeadas ao mesmo tempo, no entanto haverá um sincronismo em parte do seu desenvolvimento na qual haverá interação entre elas. (VIEIRA, 1999).

O cultivo da mandioca está associado à perda de água e do solo pelo processo de erosão, devido ao seu lento desenvolvimento inicial, grande espaço entre plantas, necessidade de capinas nos primeiros estádios da cultura e o revolvimento do solo duas vezes por ciclo no plantio e na época da colheita (SOUZA, 2006 apud OTSUBO et al., 2008), esses fatores exigem se pensar em práticas conservacionistas que possam contribuir para minimizar esse processo, o cultivo consorciado pode ser considerado como prática que contribui para proteção do solo e que diminui a necessidade de capinas pois os consórcios cobrirão o solo no período do desenvolvimento inicial da cultura.

No entanto agricultores familiares ainda não têm o hábito de consorciar plantas utilizadas tradicionalmente em seus policultivos com cultivo de adubos verdes e ou com

componentes arbóreos. SILVA et al. (2011) observaram em um consórcio com mandioca e caupi em sucessão a leguminosas nas entrelinhas de SAF um IEA  $> 1,5$  o que indica a viabilidade do sistema de consorcio, neste trabalho os autores observam também a necessidade de ampliar a biodiversidade funcional dos consórcios na produção familiar para garantir os sucessivos ciclos nos solos de baixa fertilidade, empregando a adubação verde com leguminosas como estratégia para disponibilizar matéria orgânica e nitrogênio.

Em um sistema de cultivo orgânico de mandioca, o caupi e o milho foram utilizados como consortes da mandioca e não foi identificado prejuízo a produção da mandioca (DEVIDE et al., 2009), o plantio de feijão também não comprometeu a produtividade de raízes mandioca (SILVA et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2012). Em estudo realizado com feijão cultivado na linha e entrelinhas do milho pipoca não comprometeu a produtividade do milho (VIEGAS NETO et al., 2012).

### **2.3 Biocarvão**

A matéria orgânica exerce papel estratégico nos solos tropicais como fonte nutriente, é indispensável para manutenção da micro e mesofauna do solo, fornece substâncias de agregação, aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) e aumento do poder tampão (PRIMAVESI, 2002). O teor de carbono orgânico age como um compartimento no sistema solo-planta-atmosfera e tem seu balanço afetado pelo desmatamento, estoque da matéria orgânica no solo e pelo processo de erosão (MACHADO, 2001).

A adição de matéria orgânica no sistema solo consente que esta opere como veículo atrativo para as reações químicas entre os minerais que formam os solos tropicais, assim como permite que as relações e interações ecológicas aconteçam. Desta maneira pode-se esperar que através da otimização dos processos de troca, no solo, se tenha incremento na produtividade destas áreas.

Outro componente importante é a necessidade de que se tenha um equilíbrio entre a relação carbono-nitrogênio. As moléculas de carbono são mais estáveis e por isso materiais ricos em carbono precisam de mais tempo para decompor-se. No entanto, a manutenção da Matéria Orgânica no solo é dependente da disponibilidade de nitrogênio (URQUIAGA et al, 2006). A escassez desse mineral promove a mineralização da Matéria Orgânica o que contribui para diminuir o estoque de C no solo. Uma das principais funções da Matéria Orgânica é ser reserva de nutrientes principalmente N. Além disso, ela atua na estabilidade dos agregados, na proteção da superfície do solo, imobilização e liberação de nutrientes, nos sítios de trocas catiônicas e estoque de Carbono (MACHADO, 2001).

No contexto da agricultura da região Amazônica, um processo antropogênico tem despertado interesse da pesquisa: manchas de solo com alto teor de matéria orgânica estável e que são bastante produtivos em relação aos solos adjacentes na mesma região (MANGRICH et al., 2011). Madari et al. (2009), observam que a estabilidade da matéria orgânica favorece o acúmulo de carbono nesses solos. Considera-se que, o Carbono estável encontrado nesses solos teve origem em processos de queima realizados durante atividades humanas, por povos que habitaram essa região a centenas e milhares de anos, no entanto ainda não é consenso se as modificações sucedidas nestes solos foram intencionais ou não.

Nas terras pretas de índios (TPI), como esses solos são conhecidos, evidências arqueológicas indicam que, nesta região antigas atividades humanas foram capazes de

modificar a paisagem ao redor dos sítios de ocupação habitados pelo homem pré-histórico. A modificação que pode ser considerada mais persistente são as aéreas de solo que ao longo do seu perfil possuem características de ação antrópica realizada próximo a área de habitação, como cor escura, resto de material arqueológico e elevadas concentrações de Ca, Mg, Zn, Mn, P e C (KERN et al., 2009; WOODS, 2009). Neste processo o uso do fogo foi responsável pelo fornecimento de carvão e cinzas que age no aumento do Ph e suprime a toxidez por alumínio nas plantas e microbiota do solo. Supõe-se que o aumento da atividade biótica e da retenção de nutrientes, devido à adição de matéria orgânica e carvão vegetal, sejam os responsáveis pela permanência desses solos, por longos períodos, mesmo depois da ausência de manejo agrícola (WOODS, 2009).

Dessa forma, pesquisas recentes considerando as características singulares desses solos (MANGRICH et al., 2011) tem buscado resposta para o seu processo de formação, evolução, uso e características físico-químicas (TEIXEIRA et al., 2009). O entendimento sobre esses solos aspiram também desenvolver tecnologias, como e.g. o biocarvão, que venham desempenhar a mesma função no solo e poder replica-las em outros lugares (TEIXEIRA et al. 2009; MANGRICH et al. 2011).

O biocarvão é produzido por decomposição térmica de material orgânico (e.g. madeira, lodo, esterco, folhas, resíduos industriais e urbanos) na ausência ou em limitada concentração de oxigênio (SOHI et al, 2010) e em temperaturas 300° a 600 °C. Este se diferencia do carvão comum devido ao objetivo de uso que é armazenar carbono no solo e melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo (LEHMANN & JOSEPH, 2009; NOVOTNY et al., 2015). A perspectiva do uso intencional do biocarvão no solo é que ele seja promotor da qualidade do solo e dessa maneira evitar perda de nutrientes por lixiviação, evitar contaminação do solo e armazenar carbono (NOVOTNY et al., 2015). A reação do biocarvão no solo depende do tipo de biocarvão utilizado, devido a variedade de matéria prima que pode ser utilizada e do tipo de pirólise em sua produção, a eficiência deste produto no solo tende a ser variável.

É sabido que pelo grau de estabilidade desse material, a sua decomposição é lenta. No entanto Madari et al., (2006) ressaltam que a hidrofobidade e reatividade do biocarvão dependem da matéria prima, temperatura, umidade do material, tempo de queima e suprimento de oxigênio e que assim como outros tipos de matéria orgânica, o biocarvão, pode sofrer biodegradação e transformações no sistema solo.

Madari et al.(2009), ainda observam que a lenta biodegradação do carvão resulta em mobilização do carbono e em alterações na superfície deste. Isso promove o aumento dos sítios químicos reativos que cooperam com a capacidade de troca de cátions do solo. Mesmo sendo considerado inerte e estável dependendo das condições de sua formação e das transformações pelas quais passa no solo, o biocarvão pode ser agente às melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo.

Novotny et al., (2015) observam que além do tipo de biocarvão, do solo, da cultura, da quantidade aplicada, o tempo após a incorporação deste no solo também é fator relevante para seus efeitos sobre as propriedades do solo e na produção vegetal.

## 2.4 Adubação Orgânica Nitrogenada

A adição de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, tem sido aplicados em solos tropicais para obter-se aumento de produtividade. No entanto, os adubos nitrogenados convencionais são originados a partir de recursos não renováveis e com alto gasto energético, por isso tem-se buscado alternativas para suprir as necessidades das plantas cultivadas por este macronutriente que é essencial para que os vegetais completem o seu ciclo. O nitrogênio de fontes sintéticas é assimilado com maior rapidez pelas plantas por está em uma forma prontamente disponível ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3$ ), mas tem baixa eficiência devido a processos de lixiviação, desnitrificação e volatilização (HUNGRIA, 2001).

Essa baixa eficiência além do impacto econômico, gera principalmente impacto ambiental, uma vez que o N perdido por lixiviação resulta em acúmulo de nitrato nos corpos d'água e conseqüentemente nos seres vivos.

Nos vegetais o nitrogênio participa da composição de proteínas, aminoácidos, nucleotídeos e ácidos nucleicos. Sendo um macronutriente essencial às plantas cultivadas, a deficiência de nitrogênio no solo é fator limitante ao crescimento e desenvolvimento vegetal o que compromete a produtividade dessas culturas. Mesmo sendo um elemento em grande concentração na atmosfera, (DOBEREINER, 1997) não está diretamente disponível para as plantas. Esse fato acontece pela forte ligação entre os átomos da molécula de  $\text{N}_2$  (MARIN et al., 1999; HUNGRIA et al., 2001).

No que diz respeito à agricultura orgânica não é permitido o uso de adubos sintéticos. Por isso as fontes de N devem ter origem em processos físicos e ou biológicos (excluindo os mecanismos de transgenia) tal como a torta de mamona, os esterco (VILLAS BÔAS et al., 2004; GUEDES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008), os compostos orgânicos (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013; OLIVEIRA et al., 2014), a Fixação Biológica de Nitrogênio (HUNGRIA et al., 2013) e a Adubação Verde (ESPÍNDOLA et al., 2004). É importante observar que o papel desempenhado pelos adubos orgânicos vai além de disponibilizar nutrientes. Estes participam de mecanismos importantes para saúde do solo e podem agir como cobertura do solo e aporte de matéria orgânica.

O composto tipo bokashi é produzido a partir de diversos materiais orgânicos, inoculados com microrganismos eficientes (EM) que passam pelo processo de fermentação controlada (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013). A composição que tem sido mais utilizada é com farelo de trigo, torta de mamona, EM e água. No entanto, é possível substituir esses materiais por alternativas que barateiam o composto e facilita a aquisição por parte do agricultor. Oliveira et al. (2014) testou diferentes formulações para fabricação de composto tipo bokashi e sua utilização em plantio orgânico de hortaliças.

Além do Nitrogênio os compostos tipo bokashi podem fornecer P, K, Ca e Mg como demonstra a análise (anexo 6), referente a composição de macronutrientes, do composto que foi utilizado neste experimento. Elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal.

Os compostos orgânicos quando aplicados ao solo por não terem a característica de alta solubilidade, liberam os nutrientes mais lentamente pelo processo de mineralização. No entanto, são capazes de oferecer mais do que nutrientes, estes são capazes de exercer efeitos benéficos às propriedades do solo ao servirem como fonte de alimento para microrganismos e na manutenção da umidade.



## **2.5 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV)**

A rizosfera é a parte do solo de importante atividade microbiana (COMPANT et al., 2010). Os microrganismos ali presentes são capazes de mediar diversos processos, dentre eles a fixação biológica do nitrogênio, realizada por microrganismos procariotos de vida livre, associativos ou simbióticos. Eles contribuem com o fornecimento de N a ecossistemas naturais ou manejados (MOREIRA et al., 2010).

A FBN tem sido estudada com o intuito de diminuir a dependência dos cultivos agrícolas por fertilizantes sintéticos. O milho e o feijão são duas culturas de relevância socioeconômica para o Brasil, diante disso, o incremento na produtividade dessas culturas baseados em tecnologias de baixo impacto ambiental e de reduzido custo são interessantes para a agricultura brasileira. E o nitrogênio é o elemento mais requerido por essas culturas. Isto é relevante especialmente no contexto da agricultura orgânica e agroecológica, visto que estas preconizam a utilização de fontes alternativas de N.

A FBN é um processo biológico realizado por diversas bactérias, incluindo, dentre elas, os rizóbios e bactérias associativas como o *Azospirillum*, que habitam o solo (MOREIRA et al., 2013).

No caso dos rizóbios, estes se associam com as raízes de algumas espécies de leguminosas, dentre elas o feijoeiro, conseguem quebrar a ligação trivalente do N<sub>2</sub> e disponibilizá-lo na forma de N assimilável pelas plantas (HUNGRIA et al., 2001). Essas bactérias fixam apenas a quantidade necessária ao vegetal (DOBEREINER, 1997). No sistema simbiótico, há a formação de nódulos nas raízes, onde ocorrem as trocas de N e carboidratos entre a bactéria e a planta.

No Brasil a tecnologia utilizada na agricultura para beneficiar o feijoeiro com a FBN é através a inoculação das sementes, com rizóbio, antes do plantio. O feijoeiro é tido como uma espécie de nodulação promíscua (ARAUJO, 1994), ou seja, consegue nodular com diferentes espécies de rizóbio. A FBN é um processo evolutivo de convivência entre plantas e bactérias. Por ser um mecanismo biológico, ele consegue garantir suprimento de N a baixo custo econômico. No entanto a resposta de plantas cultivadas a inoculação ainda não ocorre de maneira homogênea. A eficiência da FBN é dependente da estirpe e da resposta do genótipo da planta (HUNGRIA et al., 2001).

As pesquisas realizadas com essas bactérias ainda não conseguiu descobrir uma estirpe que permita a autossuficiência do feijoeiro na obtenção do N necessário durante o ciclo da cultura. O contrário ocorre com a soja, cultura na qual as bactérias utilizadas no inoculante são capazes de fixar o N necessário para o ciclo completo da cultura. Isto significa que, a soja é uma planta autossuficiente em N e não necessita de adubação nitrogenada.

Um dos grandes desafios na pesquisa com FBN é a expansão para outras plantas não leguminosas (DOBEREINER, 1997), como gramíneas, mesmo com a descoberta de bactérias que infectam para além do ambiente da rizosfera.

### **Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV)**

Associado a atividade na rizosfera existe um grupo conhecido como bactérias promotoras de crescimento vegetal, que pode estar restrito a rizosfera ou, ainda, colonizar tecidos vegetais de algumas plantas. As BPCV são comumente utilizadas na agricultura e são

capazes de influenciar parâmetros do crescimento e rendimento vegetal. Deste modo, seu potencial tem sido investigado também para manejo e recuperação ambiental (BASHAN & HOLGUIN, 1998; COMPANT et al., 2010; BASHAN et al., 2012)

No universo das BPCV o gênero *Azospirillum* é um dos principais grupos estudados. É considerado versátil devido aos diversos mecanismos utilizados na promoção do crescimento de plantas. Baseado no fato de que há vários mecanismos envolvidos no crescimento de plantas pelo *Azospirillum* estes podem variar de acordo com a espécie, a estirpe e das condições ambientais. O resultado observado no crescimento vegetal pode vir da atuação de um ou de vários mecanismos (Bashan & Bashan, 2010).

No caso do *Azospirillum*, este pode ser utilizado como fixador de N<sub>2</sub> e promotor do crescimento. O *Azospirillum* é uma bactéria diazotrófica do grupo das associativas, que são aquelas que fixam apenas parte do N requerido pela planta (MOREIRA et al., 2013). Esse gênero coloniza raízes de gramíneas e tem sido utilizado na inoculação de sementes de milho para promoção do crescimento das raízes e FBN.

Os estudos apresentados nas literatura têm associado a esse gênero vários mecanismos de ação nas plantas como, por exemplo, a produção fitormônios, a fixação biológica de nitrogênio, o provimento de pequenas moléculas de enzimas, melhoria na atividade da membrana celular, a ampliação do sistema radicular, aumentando a absorção de água e minerais, mobilização de minerais, a atenuação de estresses ambientais nas plantas e o controle biológico direto e indireto de inúmeros fitopatógenos (MARIN et al., 1999; BASHAN & BASHAN, 2010)

A produção de fitormônios, principalmente ácido indolil-3-acético (AIA) e giberelinas alteram o metabolismo e a morfologia da planta e permite que ocorra maior absorção de água e minerais com desdobramento sobre o desenvolvimento vegetal. As auxinas, grupo ao qual pertence o AIA, são responsáveis pela divisão, expansão e diferenciação celular dos tecidos vegetais (BASHAN & BASHAN, 2010). Isso explicaria o alongamento do sistema radicular em plantas associadas a bactérias promotoras de crescimento. Esse mecanismo permite que o sistema radicular explore um maior volume de solo e obtenha maior suprimento de água e nutrientes.

Na tentativa de aumentar a eficiência em leguminosas, esse gênero, em especial a espécie *Azospirillum brasilense*, tem sido utilizado em coinoculação com rizóbio. O *Azospirillum* beneficia a leguminosa pelo estímulo ao aumento do sistema radicular que, por sua vez, é sítio de infecção de rizóbios e de formação de nódulos. Adicionalmente, foi demonstrado que este é capaz de estimular a liberação de moléculas pelas raízes, as quais estão envolvidas no processo de comunicação com rizóbios.

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCP) tem a capacidade de colonizar a rizosfera e tecidos vegetais (Hungria, 2011). Nessa relação mutualística a planta fornece as bactérias fotossimilados como fonte de energia e as bactérias fornecem produtos ao crescimento e proteção vegetal. Dessa forma, a fixação de N, produção de fitormônios, aumento da atividade da nitrato redutase, produção de auxina, citocininas, giberelinas, etileno e controle biológico de fitopatogenos (Bashan & Bashan, 2010) são considerados como um conjunto de mecanismos, fornecidos por essas bactérias, que estimulam o crescimento vegetal.

Nesse sentido ao realizar inoculação com o *Azospirillum* espera-se que ocorra indução de resposta fisiológicas no vegetal (Hungria, 2011) interessantes agronomicamente como

maior produção de raízes para explorar camadas mais profundas do solo e obter água e sais minerais, dessa maneira teremos culturas mais resistentes ao estresse hídrico e vigorosas. Adicionalmente podem expressar maior produtividade.

Hungria, (2011) ressalta que as bactérias associativas excretam apenas parte do N fixado diretamente à planta associada, diferente do que acontece com as bactérias simbióticas, todo N fixado é disponibilizado para a planta hospedeira.

A capacidade de associação entre plantas e bactérias diazotróficas, permite que um dos fatores limitantes para o alcance de boas produtividades possa ser parcial ou totalmente suprido. O incremento de produtividade a partir da FBN é um mecanismo importante, para diminuir custos e impactos ambientais gerados pelos adubos nitrogenados sintéticos.

Segundo Moreira et al. (2013) a FBN realizada por bactérias associativas não é tão eficiente quanto a realizada por bactérias nodulíferas em leguminosas, no entanto exerce papel importante nos ecossistemas. A contribuição dessas bactérias na disponibilização de N via FBN está entre 20 a 30% em culturas como: milho, arroz, sorgo e cana de açúcar.

## **CAPÍTULO I**

### **CULTIVO CONSORCIADO DE MANDIOCA COM FEIJÃO E MILHO EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

## CAPÍTULO I

Batista, Nilcileny da Silva. **Cultivo consorciado de Mandioca com feijão e milho em sistema orgânico de produção**. 2016. (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

### RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta*) pertence à Família Euforbiácea. É uma planta de importância agrícola nos países de clima tropical. Suas raízes são fonte de energia na alimentação humana e sua parte aérea pode ser utilizada na alimentação animal, como fonte de proteína, na forma de feno ou silagem. O plantio de mandioca em fileiras duplas oportuniza ao agricultor utilizar as entrelinhas para o cultivo de outras culturas. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a viabilidade de consorcio de mandioca, feijão e milho em sistema orgânico de produção, sob diferentes arranjos. O experimento foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica, também conhecido “Fazendinha Agroecológica Km 47”. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T1\_mandioca em monocultivo em fileiras duplas, T2\_mandioca em fileiras duplas mais duas linhas de feijão e uma de milho, T3\_mandioca em fileiras duplas mais uma linha de milho, T4\_milho em fileiras simples e uma fileira de feijão e T5\_milho em monocultivo em fileira simples. As parcelas experimentais tinham área de 6x5m e área útil de 8 m para feijão e milho. Para mandioca, foram analisadas doze plantas por parcela. O plantio dos consortes ocorreu no mesmo dia do plantio da mandioca, 29 de abril de 2014. O feijão foi colhido aos 90 DAP e foram avaliados: produtividade, número de vagens por planta, número de grãos por vagens e peso de 100 grãos; o milho verde foi colhido aos 91, 92 e 100 DAP e foram avaliada produtividade de espigas com palha e sem palha, comprimento e diâmetro, enquanto a mandioca foi colhida aos 354 DAP, sendo avaliados: produtividade de raízes e parte aérea, comprimento e diâmetro das raízes. Foi determinado também o Índice de equivalência de área (IEA) para o consórcio milho e mandioca. IEA indicou vantagem de cultivos em consórcios. Os tratamentos não diferiram para produção da massa de raízes e parte aérea da mandioca. Para o feijão, houve diferença significativa para o NVP e produtividade de grãos. A produtividade do milho solteiro não diferiu do milho consorciado com feijão.

Palavras-chave: Mandioca, Índice de equivalência de área, milho.

## CHAPTER I

Batista, Nilcileny da Silva. **Intercropping of cassava, beans and maize in an organic farming system**. 2016. (Professional Mastership in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Department of Plant Sciences. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

### ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta*) belongs to the family Euphorbiaceae. It is an agriculturally important plant in tropical countries. Its roots are a source of energy for food, and its shoot can be used as a protein source in animal feeding in the form of hay or silage. Planting cassava in double rows allows farmers to use the space between rows for intercropping. Thus, the aim of this study was to evaluate the intercropping of cassava, beans and maize in different arrangements under organic farming. The experiment was carried out in the Integrated Agroecological Production System at the "Fazendinha Agroecológica Km 47", Seropédica, RJ. The experimental design was randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments were: T1, cassava; T2, cassava + maize + beans; T3, cassava + maize; T4, beans and maize; and T5, maize. The dimension of the experimental plots was 6 x 5 m and 8 linear meters were sampled to evaluate the productivity of beans and maize. Twelve plants per plot were evaluated for cassava. The sowing of beans and maize took place in April 29, 2014, at the same day the cassava was planted. Beans were harvested at 90 days and the following variables were evaluated: yield, number of pods per plant, number of seeds per pod and weight of 100 grains. The maize was harvested at 91, 92 and 100 days after sowing and the productivity of husked and dehusked spikes, spike length and spike diameter were measured. The cassava was harvested at 354 DAP after planting and the following variables were evaluated: productivity of roots and shoots, length and diameter of the roots. No differences for root and shoot production were observed among the treatments. The area equivalency index was calculated for the maize and cassava intercrop. This index indicated an advantage of the maize and cassava intercrop over the other systems.

Key-words: cassava, intercropping, area equivalency index.

### 3 INTRODUÇÃO

A Agroecologia tem como princípio manejar agroecossistemas de baixo impacto e diversificados para obtenção de uma agricultura sustentável e duradoura. Preconiza o uso dos recursos naturais de forma racional, respeito ao conhecimento tradicional, a cultura local e as questões econômicas, políticas e sociais dos sujeitos envolvidos.

Nas pesquisas com foco na agroecologia, observa-se que ainda há muito que avançar para que o agricultor tenha alternativas viáveis do ponto de vista ecológico, econômico e social, e assim possibilitar agroecossistemas sustentáveis.

Dentre as alternativas produtivas da Agroecologia estão os consórcios, policultivos ou cultivos múltiplos, que permitem a produção de várias culturas dentro da mesma área de uma unidade produtiva, o que promove o fortalecimento do sistema produtivo através da diversificação de espécies, controle de plantas espontâneas. Além disso, a oferta de mais produtos colabora para o incremento na renda dos agricultores, além de contribuir com a segurança alimentar e nutricional.

Segundo Portes (1984), um sistema de cultivo consorciado é aquele que envolve o plantio de duas ou mais plantas na mesma área, de modo que as culturas convivam durante todo o seu ciclo ou, em parte deste.

Os consórcios podem envolver combinações simples (duas culturas) ou complexas nos arranjos espaciais utilizados. O plantio das espécies, que irão compor o consórcio, poderá ser simultâneo ou sequencial. Ao optar por este sistema, o produtor consegue maximizar tempo, capital e mão de obra. Todos esses recursos seriam aplicados para implantar uma área para monocultivo. No entanto, estes recursos poderão ser empregados para que em uma mesma área coexistam diferentes culturas.

Em uma associação de plantas de ciclo curto com plantas de ciclo longo o agricultor consegue obter produtos em diferentes épocas do ano tanto para o consumo familiar quanto para comercialização. No entanto, é necessário observar as características das plantas que irão compor o consórcio como ciclo, porte, crescimento e exigências edafoclimáticas. Essas características ajudam no planejamento da lavoura e na obtenção de ganhos positivos com o consórcio. O espaço que será destinado para o plantio consorciado deverá ter a distribuição mais adequada possível a fim de diminuir a competição pelos fatores de produção: água, luz e nutrientes.

Os consórcios podem ter arranjos distintos como culturas anuais com culturas perenes, culturas anuais e/ou culturas perenes nas entrelinhas de frutíferas, Sistemas Agroflorestais e produção vegetal associada à produção animal. Pensar as estratégias de consórcios é importantes principalmente para os agricultores que ocupam minifúndios e que precisam maximizar os poucos recursos disponíveis.

O sistema de consórcio pode ser implantado utilizando plantas para diversas finalidades de consumo humano ou animal, mas exige que haja compatibilidade agrônômica entre as espécies plantadas na mesma área (MAIA et al., 2010). Nos consórcios com feijão mandioca e milho, ocorre tanto produção de grãos como de raízes, mas também haverá contribuição de adubação pelo processo de fixação biológica de nitrogênio no feijão.

As culturas do feijão, mandioca e milho tem grande relevância socioeconômica para a Agricultura Familiar, sendo os principais cultivos praticados por esses agricultores, e estão

associadas à base alimentar dessas famílias como fonte de proteína e energia. Contribuindo para o entendimento dessa importância, os dados apresentados pelo IBGE o Censo Agropecuário 2006, demonstram que a Agricultura Familiar foi a responsável por 70% da produção de feijão, 87% produção de mandioca e 47% da produção de milho (FRANÇA et al., 2009).

Alves et al., (2009) observam que, no norte e nordeste do Brasil, os pequenos produtores com o intuito de gerar o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis exercitam a prática de cultivos múltiplos, principalmente os consórcios, com feijão caupi, mandioca e/ou milho, mas ainda é necessário difundir essa prática entre aqueles agricultores familiares que ainda não a exercitam ou que deixaram de fazer para se dedicar a apenas uma cultura.

A partir da hipótese de que cultivo consorciado de mandioca oferece melhor uso da terra, o objetivo deste estudo é determinar a eficiência de uso da terra em sistema de consórcio com mandioca, milho e feijão.

### 3.1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de Abril de 2014 e Junho de 2015 na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica “Fazendinha Agroecológica Km 47”, pertencente à UFRRJ, Embrapa Agrobiologia e PESAGRO. Localizado na cidade de Seropédica, Região da Baixada Fluminense, latitude 22° 45’ S, longitude 43° 41’ N e altitude entre 30 e 70 m (NEVES, 2005). O clima, segundo a classificação de Kopper, é do tipo tropical Aw, quente e úmido com chuvas no verão e estiagem no inverno. No entanto, é muito comum ocorrer veranicos entre os meses de janeiro e fevereiro.

No preparo da área experimental utilizou-se uma aração acompanhada de gradagem e posterior sulcamento a cada 0,50 m. O solo desta área é classificado como Planossolo e apresenta as seguintes características para fertilidade total prestadas na Tabela 1. Os resultados da análise do solo foram interpretados de acordo com o Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013).

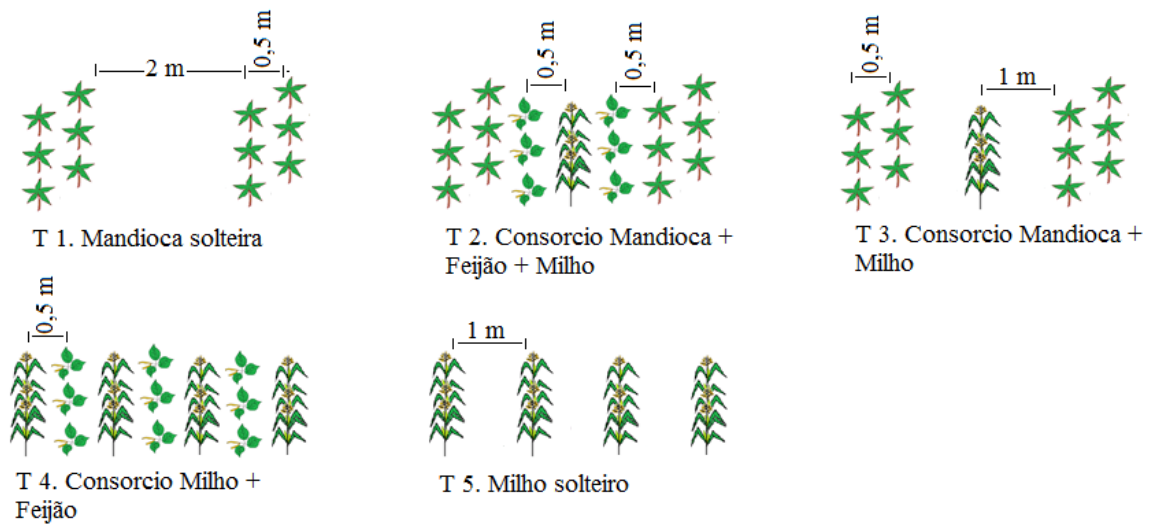
**Tabela 1.** Análise do solo da área experimental 1.

Profundidade	pH	Al	Ca	Mg	K	P
cm	em água	————	cmol.d <sup>-1</sup> ————	————	————	mg.L <sup>-1</sup> ————
0 – 20	5,57	0,03	1,77	0,00	36,00	11,84

O manejo da adubação de correção foi realizado em cobertura com Torta de Mamona (20 N kg ha<sup>-1</sup> de para mandioca e 60 N kg ha<sup>-1</sup> para o milho), Sulfato de Potássio 40 kg ha<sup>-1</sup> para mandioca e farinha de osso 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50g / planta de mandioca e milho).

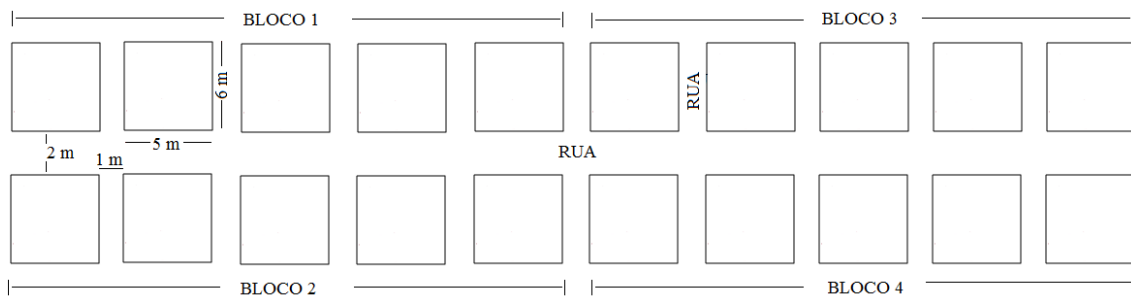
Este estudo consistiu de cinco tratamentos (Figura 1) e quatro repetições em bloco casualizados, a saber: **T1**\_ Mandioca em monocultivo em fileiras duplas (2,0 m x 0,50 m x 0,60 m); **T2**\_ Mandioca em fileiras duplas + feijão comum + milho **T3**\_ Mandioca em fileiras duplas + milho; **T4**\_ Milho +Feijão comum; **T5**\_ Milho.





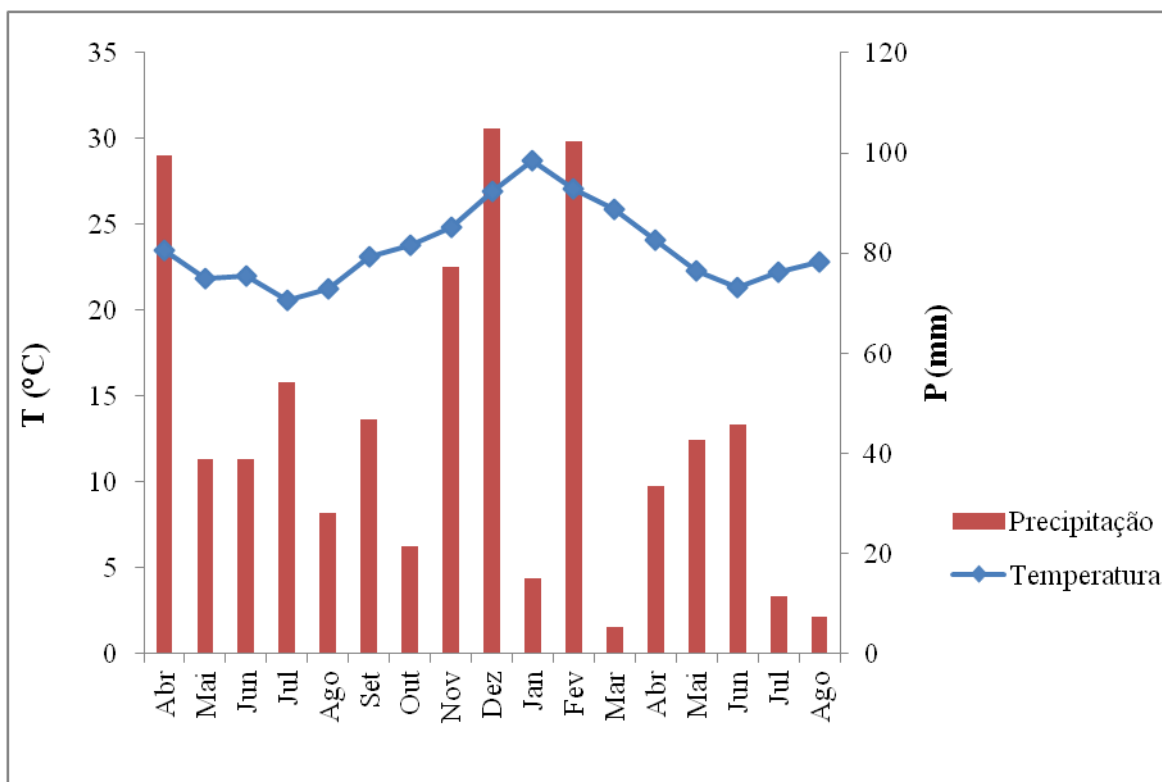
**Figura 1.** Tratamentos

A área das parcelas (Figura 2) utilizadas compreendeu 6,0 m de comprimento por 5,0 m de largura, totalizando 30 m<sup>2</sup> em cada parcela. O plantio das culturas ocorreu no mesmo dia e para evitar déficit hídrico o sistema foi irrigado até que todas as culturas se estabeleceram no campo.



**Figura 2.** Croqui da área experimental 1.

Os dados climáticos referentes à época do experimento estão na figura 3.



**Figura 3.** Gráfico de temperatura (T) e precipitação (P) médias no período de abril de 2014 a agosto de 2015.

O plantio da mandioca foi realizado no mês abril de 2014 em fileiras duplas no espaçamento 2,0 x 0,5 x 0,60 m, depositou-se três manivas paralelas de 15 cm a cada 0,60 cm de sulco, tanto para a mandioca solteira e para a mandioca em consorcio. Após o desbaste, permaneceu uma planta a cada 0,60 cm. Foi utilizada a variedade Ouro da Bahia, mandioca de mesa, por ser a vocação da produção no Estado do Rio de Janeiro. Foram colhidas 12 plantas por parcela e após a colheita foram quantificados:

- 1) Produtividade de raízes, número de raízes por planta, comprimento e diâmetro das raízes.
- 2) Índice de Equivalência de Área (IEA) = (mandioca consorciada/mandioca monocultivo) + (milho consorciado/milho monocultivo)

No plantio de feijão preto utilizou-se a cultivar valente semeado entre as linhas duplas da mandioca e intercalado por uma fileira de milho. Para o consorcio milho e feijão cada linha de feijão foi intercalada a cada 0,50 m por uma linha de milho. No plantio utilizou-se 12 sementes de feijão por m e após o desbaste permaneceram 8 plantas/m linear. A área útil adotada para colheita do feijão em cada parcela abrange 8 m lineares que contempla as duas fileiras centrais, descartando 0,50 m das extremidades. Por ocasião, da colheita foram analisados número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos.

Para o plantio de milho utilizou-se a variedade Eldorado adaptada as condições edafoclimáticas da cidade de Seropédica. Foram utilizadas 10 sementes/m, após desbaste

permaneceram 5 plantas/m. A área útil adotada para colheita do milho abrangeu 8m linear que contemplou as duas fileiras centrais descartando 0,50 m das extremidades.

As capinas foram realizadas manualmente, com enxada, de acordo com a necessidade observada. Aos 14 DAP foi realizada a primeira capina deixando apenas as fileiras de mandioca consorciada e as parcelas de mandioca solteira sem capinar para não ocasionar dano mecânico nos brotos em desenvolvimento. Aos 26 DAP foram capinadas as fileiras de mandioca consorciada e as parcelas de mandioca solteira; aos 63 DAP foram capinadas parcelas do T1 (mandioca), as parcelas do T3 (milho+mandioca) e as fileiras de mandioca do T2 (Mandioca+feijão+milho); aos 124 dias foi realizado capina nas parcelas com mandioca.

Durante o desenvolvimento do feijão, aos 43 DAP, foi necessário aplicar Calda sulfocálcica e óleo de nim para controle da *Diabrotica speciosa*, para o milho, aos 43 DAP, foi realizada uma pulverização com produto a base de *Bacillus thuringiensis* para controle da *Spodoptera frugiperda* (lagarta do cartucho) e, aos 65 DAP, uma aplicação de calda bordalesa para controle da Helmintosporiose, além disso, utilizou-se o corte de folhas doentes para diminuir a fonte de inoculo.

Aos 90 DAP, ocorreu a colheita do feijão. Nessa ocasião, as plantas da área útil foram arrancadas pela raiz, foram coletadas subamostras de 20 plantas ao acaso para a quantificação dos parâmetros de produção: vagens por planta, sementes por vagens e peso de 100 grãos.

A colheita do milho ocorreu aos 91, 92 e 100 DAP, depois de colhidas fez-se a pesagem das espigas verdes com palha e sem palha, mediu-se o comprimento e o diâmetro.

A colheita da mandioca ocorreu aos 354 dias, foram colhidas doze plantas por parcela para obtenção dos dados produtivos: massa de raízes, massa de parte aérea, comprimento e diâmetro das raízes.

Os dados foram submetidos análise de variância e médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que não houve diferença significativa entre a produtividade de mandioca solteira e a consorciada, sendo a produtividade média igual a 13, 5 Mg ha<sup>-1</sup>, conforme dados apresentados na Tabela 2. Isso demonstra que o arranjo populacional, em fileiras duplas pode ter suas entrelinhas aproveitadas para cultivos de ciclo curto, como milho e feijão. Também não teve significância para os outros fatores produtivos: comprimento e diâmetro de raízes. Isso representa uma vantagem, indicando que a realização do consórcio não reduziu a produtividade da mandioca.

**Tabela 2.** Produtividade de Mandioca cv. Ouro da Bahia em consórcios ou cultivo solteiro, em Sistema Orgânico de Produção. Seropédica, 2015

Tratamento	Massa de raízes	Massa de parte aérea	Comprimento	Diâmetro	Número de raízes por planta
	-----Kg ha <sup>-1</sup> -----		-----cm-----		
M	15.883,99 a	32.254,12 a	15,55 a	5,18 a	4,64 a
M+Mi+F	11.182,51 a	25.285,23 a	14,98 a	4,85 a	4,16 a
M+Mi	13.397,84 a	30.726,31 a	14,60 a	5,03 a	5,64 a
Média	13.488,12	29.421,88	15,04	5,02	4,82
CV%	37,95	44,59	7,26	9,48	17,68

M= Mandioca solteira; M+Mi+F=cultivo consorciado de mandioca, milho e feijão; M+Mi=cultivo consorciado de mandioca e milho. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

No entanto, foi possível observar que ao aumentar a complexidade do sistema consorciado houve tendência em diminuir a produtividade da mandioca, em números absolutos. As possíveis interferências causadas pela competição entre as culturas, pelos fatores de produção ( água, luz e nutrientes), podem justificar essa redução.

Os resultados para produtividade de raízes foram menores do encontrado por outros autores. Devidé et al., (2009) encontrou no mesmo local de estudo, 30,10 Mg ha<sup>-1</sup> em consorcio (mandioca+milho+caupi). Em parte, esta diferença pode ser explicada pela característica da variedade utilizada por este autor, IAC 567-70. Esta variedade produziu raízes com comprimento maior do que a variedade Ouro da Bahia que foi utilizada nesse experimento. Albuquerque (2012), obteve produtividade de mandioca de 17,7 Mg ha<sup>-1</sup>, em monocultivo e 16,0 Mg ha<sup>-1</sup>, em consorcio com feijão.

Um dos fatores que pode ter influenciado a produtividade de raízes é que planossolo, apresentam horizonte Bp. E, segundo Freire et al., (2013) estes horizontes tem densidade relativamente maior que os demais horizontes. Este fator reduz o desenvolvimento das raízes e o principal produto da mandioca são, justamente, as raízes que podem ter tido impedimento físico para se desenvolver. Além disso, esses solos proporcionam lenta permeabilidade de água entre os horizontes, impedindo dessa forma que a distribuição de água seja homogênea no perfil do solo.

Desse modo, os resultados podem contradizer um hábito sobre o cultivo da mandioca que, por ser considerada uma planta rústica, geralmente é plantada sem que se observem as possíveis limitações do solo ao desenvolvimento da planta.

Para o feijão comum (Tabela 3) houve diferença significativa para produtividade de grãos nos consórcios, sendo que o tratamento Mi+F (698 kg ha<sup>-1</sup>) revelou valor superior ao do tratamento M+Mi+F (460 kg ha<sup>-1</sup>). Ainda que tenha ficado abaixo da média do Rio de Janeiro 926 kg ha<sup>-1</sup>. Albuquerque (2012) obteve resultados superiores (1,6 Mg ha<sup>-1</sup>) para o consórcio mandioca em fileiras duplas e feijão, sob manejo convencional. O arranjo populacional no consórcio milho e feijão permitiu maior densidade populacional por hectare. Neste sentido, esta disposição das plantas proporcionou maior incremento na produtividade. Justificando os resultados do presente estudo.

**Tabela 3.** Produtividade de feijão comum cv. Valente em consórcio, em Sistema Orgânico de Produção. Seropédica, 2015

Tratamentos	Massa de grãos (Kg ha <sup>-1</sup> )	NVP	NGV	Peso 100 grãos (g)
M+Mi+F	460,57 b	7,66 a	5,09 a	20,31 a
Mi+F	698,74 a	5,91 b	5,22 a	19,37 a
Média	579,65	6,79	5,16	19,84
CV %	14,91	10,15	2,46	5,60

M+Mi+F=cultivo consorciado de mandioca, milho e feijão; Mi+F=cultivo consorciado de milho e feijão; NVP=número de vagem por planta; NGV=número de grão por vagem. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Também houve diferença significativa para número de vagens por planta, no consórcio M+Mi+F (7,66) em relação ao consorcio Mi+F (5,91), como demonstra a Tabela 3. Isto provavelmente ocorreu devido a maior incidência de luz sobre o feijoeiro neste tipo de arranjo e a capacidade de adaptação do feijoeiro que respondeu positivamente quando em menor densidade.

No entanto, os arranjos utilizados no sistema de consorcio não influenciaram significativamente o numero de grãos por vagens. Podendo ser um indicio de que, essa variável conseguiu se adaptar aos sistemas de manejos empregados sem sofrer prejuízo.

Com relação ao milho, o consórcio Mi+F (Tabela 4) teve resultado igual ao milho em monocultivo, nas condições estudadas a presença do feijão no sistema não afetou a produtividade do milho. O feijoeiro consegue promover mudanças morfofisiológicas, capazes de compensar as interferências ocasionadas por outra cultura na competição por água, luz e nutrientes. Além disso, contribui com o processo de Fixação Biológica do Nitrogênio para o agroecossistema. Essas duas culturas conseguem explorar os recursos naturais em diferentes extratos e o feijão tem capacidade de suportar certo sombreamento por ser planta C<sub>3</sub> (MELO et al., 1988). Essas características atribui ao feijoeiro a capacidade de poder ser utilizada em consórcio com diversas culturas.

Nos arranjos com presença da mandioca houve redução da produtividade do milho. As relações de competição entre estas culturas podem ter sido mais intensas, o que influenciou negativamente a cultura do milho.

**Tabela 4.** Produtividade de Milho var. Eldorado em consórcios ou cultivo solteiro, em Sistema Orgânico de Produção. Seropédica, 2015.

Tratamento	Massa de espigas com palha	Massa de espigas sem palha	Comprimento	Diâmetro
	-----kg.ha <sup>-1</sup> -----		-----cm-----	
M+Mi+F	2468,75b	1386,25 b	14,01 a	4,10 a
M+Mi	2243,50 b	1313,75 b	14,70 a	4,06 a
Mi+F	5661,25 a	3523,33 a	14,53 a	4,21 a
Mi	5545,00 a	3183,75 a	14,21 a	4,23 a
Média	3979,62	2284,69	14,36	4,15
CV %	16,94	18,85	5,71	2,53

M+Mi+F= cultivo consorciado de mandioca, milho e feijão; M+Mi= cultivo consorciado de mandioca e milho Mi+F=cultivo consorciado de milho e feijão; Mi= Milho solteiro. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Neste estudo, a média de produtividade do milho abaixo do esperado pode ser justificada pela presença de Helminthosporiose. Essa doença ocasiona a perda da pigmentação das folhas (cloroses que evoluem para manchas necróticas cinzas a marrons) do milho. Neste sentido, a absorção de comprimentos de ondas luminosas nos níveis favoráveis para realizar a fotossíntese pode ser comprometida, além da queda das folhas ocasionadas pelo agravamento da doença. As perdas podem atingir até 50% da produção (Casela et al., 2006). Ademais, o cultivo ocorreu em época de safrinha.

O Índice de Equivalência de Área (IEA) para o consórcio M+Mi indica que há vantagem em utilizar o consórcio. Esse parâmetro indica que seriam necessário 1,26 ha, para que o monocultivo produzisse equivalente ao consórcio.

$$\text{IEA} = (\text{Mandioca consorciada} / \text{Mandioca solteira}) + (\text{Milho consorciado} / \text{Milho solteiro})$$

$$\text{IEA} = (13.397,84/15.883,99) + (1.313,75/3.183,75)$$

$$\text{IEA} = 1,26$$

Albuquerque et al. (2012) observou no consórcio mandioca e feijão comum que o IEA variou entre 1,28 a 1,54. Silva et al. (2011) no consórcio mandioca e caupi encontrou níveis de IEA entre 1,38 a 1,83. Flesch et al. (2002) para consórcio milho e feijão encontrou IEA entre 1,22 a 1,66. Já Guedes et al. (2010) em consórcio de milho e caupi sob manejo orgânico encontrou IEA entre 1,22 a 1,67

Embora nos arranjos com presença do feijão e ou do milho fosse observado menor produção da mandioca, não houve efeito significativo sobre a produtividade em nenhum dos tratamentos. Desta forma, podemos considerar que houve interações positivas entre as culturas e que proporcionou vantagem ao sistema de consórcio.

Pode-se observar que o IEA indicou que o sistema de consórcio é vantajoso e que confere viabilidade para que o sistema produtivo seja mais diversificado. A possibilidade de diversificar resulta em maior disponibilidade de produtos a serem consumidos ou comercializados pelo agricultor. Essa prática é considerada vantajosa por diversos aspectos como diversificação da produção e da dieta alimentar, melhora o manejo de plantas espontâneas, proteção do solo, incrementa a renda do produtor (VIEIRA, 1999; ALTIERI, 2012).

Já o monocultivo oferece apenas uma possibilidade produtiva. Neste sentido, há maior vulnerabilidade agroeconômica. Uma das principais desvantagens no cultivo de mandioca em monocultivo é justamente o solo descoberto no desenvolvimento inicial da cultura. O solo desnudo tem propensão à erosão. Além do que, oportuniza a cobertura do solo pela vegetação espontânea, estas são plantas eficientes e se adaptam as mais diversas condições edafoclimáticas. Concorrendo com a cultura principal por água, luz e nutrientes.

### 3.3 CONCLUSÃO

a) O consórcio de mandioca e milho em Seropédica, é mais vantajoso em relação ao monocultivo, apresentou índice de equivalência de área (IEA) de 1,26. Isso demonstra que seria necessária uma área equivalente a 1,26 vezes maior para que o monocultivo tivesse a mesma produção do consórcio.

b) A produtividade do milho foi reduzida nos consórcios M+Mi+F e M+Mi. No entanto, não foi afetada pelo cultivo da cultura do feijão nas entrelinhas, favorecendo, desta forma, o manejo consorciado.

c) A produtividade de feijão é reduzida quando na presença de mandioca e milho, indicando que o aumento da complexidade do sistema dificulta o estabelecimento da cultura do feijão.

## **CAPÍTULO II**

**SUCESSÃO ENTRE MILHO E FEIJÃO VAGEM EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE BIOCARVÃO, COMPOSTO ORGÂNICO BOKASHI E INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS BENÉFICOS.**



## CAPÍTULO II

Batista, Nilcileny da Silva. **Sucessão entre milho e feijão vagem em resposta a aplicação de biocarvão, composto orgânico bokashi e inoculação com microrganismos benéficos.** 2016. (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

### RESUMO

O manejo do solo, em sistemas orgânicos de produção, compreende o emprego de tecnologias que possibilitem a manutenção das suas propriedades químicas, físicas e biológicas, assim como o estabelecimento e produção da cultura de interesse agrícola. Nesse sentido, o uso do biocarvão na agricultura, produto que é obtido em baixa concentração de oxigênio pelo processo de pirólise, tem sido associado ao aumento de produtividade devido à melhoria observada nas características do solo. Dentro deste contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o potencial do biocarvão como condicionador do solo e as possíveis interações com inoculação e adubação orgânica no desempenho de cultivos de milho e feijão vagem. O experimento foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica “Fazendinha Agroecológica Km 47” em um planossolo entre os meses de março e agosto de 2015. Para avaliar os efeitos do biocarvão, inoculação e adubação foi realizado um cultivo em sucessão onde no primeiro ciclo foi utilizado o milho (*Zea mays*) var. Caatingueiro e no segundo ciclo o feijão vagem (*Phaseolus vulgaris*) cv. Alessa. As sementes de milho foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* e as de feijão vagem com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. O experimento foi um fatorial triplo 2 x 2 x 2, com oito tratamentos constituídos a partir das combinações dos fatores biocarvão, adubação e inoculação (presença e ausência) cada um, com três repetições. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso. O biocarvão foi utilizado em dose única de 15 Mg ha<sup>-1</sup> aplicado a lanço em cada parcela. A adubação consistiu de 113 kg de N ha<sup>-1</sup> através da adição do composto Bokashi. As parcelas tinham 3,0 x 3,50 m. O plantio do milho ocorreu em 11 de março de 2015 e do feijão em 26 de junho de 2015, sob cultivo mínimo na palhada do milho. A colheita do milho ocorreu aos 90 DAP e foram analisados: produtividade de espigas e biomassa da parte aérea, peso de 100 grãos, comprimento e diâmetro de espigas. A colheita do feijão vagem ocorreu aos 60 DAP e foram analisados massa de vagem e massa de parte aérea. Para o milho a adubação e a inoculação influenciaram massa de 100 grãos, nas condições estudadas. No feijão vagem, a inoculação influenciou massa seca de vagens e número de vagens, o biocarvão influenciou número de vagens e massa seca de parte aérea na presença de adubação residual. Pode-se concluir que, a inoculação e adubação orgânica beneficiou a produtividade do milho e a coinoculação beneficiou do feijão vagem sob manejo orgânico.

Palavras-chave: Adubação orgânica, Biocarvão, Fixação Biológica de Nitrogênio.

## CHAPTER II

Batista, Nilcileny da Silva. **Succession between maize and snap beans in response to the use of biochar, bokashi and inoculation with beneficial microorganisms**. 2016. (Professional Mastership in Organic Agriculture). Institute of Agronomy. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

### ABSTRACT

Soil management in organic production systems comprises the use of technologies that enable the maintenance of its chemical, physical and biological properties, as well as the establishment and crop production of agricultural interest. In this sense, the use of biochar in agriculture, a product that is obtained by pyrolysis, a process occurring at low oxygen concentrations, has been widely associated with increased productivity due to the observed improvement in biological, physical and chemical soil after its application. In this context, the aim of this work was to evaluate the potential of biochar as a soil conditioner and its interaction with inoculation and organic fertilization on the performance of maize and snap beans. The experiment was carried out in the Integrated Agroecological Production System at the "Fazendinha Agroecológica Km 47", Seropédica, RJ, in a Planosol between March and August 2015. The proposed technologies were evaluated in a crop rotation system: maize (*Zea mays*) var. Caatingueiro and beans (*Phaseolus vulgaris*) cv. Alessa were used in the first and second cycles, respectively. Maize seeds were inoculated with *Azospirillum brasilense* and bean seeds with both *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*. The experiment was in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, with eight treatments, and three replications, and the experimental design was a randomized block design. The treatments were the combinations of the presence and absence of three factors (biochar, fertilizer and inoculation). The biochar was applied at the dose of 15 Mg ha<sup>-1</sup>. The organic fertilizer "Bokashi" was applied at the dose of 113 kg ha<sup>-1</sup> N. The plots were 3.0 x 3.50 m. Maize was sown in March 11, 2015 and the snap beans were sown in June 26, 2015 under minimum tillage in the maize straw. The maize was harvested at 90 DAP and the following variables were measured: yield, weight of 100 g, length and diameter of spikes. The snap beans were harvested at 60 DAP and pod productivity and shoot biomass were evaluated. No significant differences were observed for maize, indicating a lack of response to the treatments under the conditions studied. In maize fertilization and inoculation influenced weight of 100 grains under the conditions studied. For coinoculation beans green influenced dry matter mass and pods number, biochar influenced number of pods and dry mass of shoots in the presence of residual fertilization. It can be concluded that inoculation and organic fertilization benefits the productivity of maize and beans green coinoculation benefits in organic management.

Palavras-chave: Organic fertilization, Biochar, Biological Nitrogen Fixation.

## 4 INTRODUÇÃO

A qualidade do solo influencia diretamente os sistemas produtivos. No entanto, algumas práticas agrícolas são capazes de modificar suas características físicas, químicas e biológicas de maneira a conservá-las ou degradá-las. O manejo inadequado para fins agrícolas aliado ao intemperismo e a perda da cobertura vegetal ocasionam impactos tais como a perda de fertilidade, a salinização e a erosão. Esses fatores concorrem para diminuir áreas agricultáveis e ocasionar impactos ambientais, econômicos e sociais por impedir que o solo seja produtivo. Por isso existe a necessidade de manejarmos o solo de modo a minimizar as alterações provocadas pela agricultura e torná-la uma prática mais sustentável.

Do ponto de vista físico, a mecanização desagrega a estrutura do solo para facilitar o desenvolvimento do sistema radicular. No entanto, quanto mais pulverizada se torna a camada superficial, maior será a perda da matéria orgânica e menor a agregação das partículas. Além disso, aumentam as chances de compactação das camadas subjacentes à de 0-20 cm pelo constante revolvimento do solo. Em contrapartida, o manejo adequado das propriedades físicas do solo com uso de práticas conservacionistas tende a beneficiar os cultivos agrícolas por longo prazo.

Ponderando sobre as estratégias que podem ser utilizadas para a melhoria das características físicas do solo, estudos apontam que o biocarvão promove a manutenção da umidade em solos arenosos (SOHI et al. 2010), o aumento da agregação e da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e o armazenamento de carbono no solo, sendo que este último contribui para mitigar gases do efeito estufa (LEHMANN & JOSEPH, 2009; NOVOTNY et al. 2015). O funcionamento adequado dessas propriedades do solo representa elementos importantes para os sistemas produtivos.

No tocante às propriedades químicas, os adubos são tidos como insumos que contribuem com a fertilidade do solo. No entanto, as principais fontes de nutrição mineral de nitrogênio utilizadas na agricultura tem origem em recursos naturais não renováveis, de alto custo energético e econômico (HUNGRIA et al. 2001). Sendo assim, é necessária a busca de fontes alternativas para melhorar a fertilidade do solo, especialmente em sistemas orgânicos de produção.

As fontes de nutrientes às plantas nos sistemas orgânicos de produção, não podem ser sintéticas. Dessa maneira, as pesquisas tem lançado mão de materiais que podem ser produzidos dentro das propriedades para diminuir custos e dependência externa. Entre as alternativas está o composto orgânico tipo Bokashi, que é produzido a partir de diversos materiais orgânicos, inoculados com microrganismos eficientes (EM) que passam pelo processo de fermentação controlada (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013) e que pode ser utilizado como fonte de nutrientes e aporte de matéria orgânica ao solo.

Na perspectiva de melhorar o manejo dos solos salientamos também a presença dos microrganismos de interesse agrícola. Existem microrganismos do solo que se associam com algumas espécies vegetais e que são capazes de suprir total ou parcialmente as necessidades nutricionais da planta. Mais especificamente as bactérias denominadas de diazotróficas ou fixadoras de nitrogênio se associam a diversos vegetais em diferentes graus de especificidade o que as classifica como associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA et al., 2013) e transformam o N<sub>2</sub> em formas assimiláveis pelas plantas (DOBEREINER, 1997; HUNGRIA et al., 2001; HUNGRIA et al., 2013).

Diversos grupos de bactérias são capazes de fixar nitrogênio. Dois gêneros que se destacam e que têm sido amplamente estudados são os gêneros *Rhizobium* e *Azospirillum*. No caso dos rizóbios, estes infectam as raízes de plantas da família Leguminosae e formam estruturas especializadas, chamadas de nódulos, onde ocorre o processo de FBN através da simbiose planta e bactéria. No caso do *Azospirillum*, existem evidências de que ele pode fixar N<sub>2</sub> em associação com gramíneas, além de ser um microrganismo promotor do crescimento vegetal através da produção de hormônios de crescimento (auxinas, citocininas, giberelinas), pela indução de mecanismos de resistência a doenças e de mecanismos de resistência a estresse ambiental (BASHAN & BASHAN, 2010; HUNGRIA et al., 2013).

Desse modo, a utilização de tecnologias que favorecem as características físicas, químicas e biológicas do solo e que também garantam a produtividade adequada das plantas de interesse agrícola é essencial para manutenção da qualidade do solo e da produção agrícola no tempo e no espaço.

O objetivo do presente trabalho é identificar o potencial agrônômico do uso do biocarvão, composto orgânico e inoculação no cultivo de milho e feijão vagem, plantados em sucessão. Parte-se da hipótese de que o uso de biocarvão associado ao Bokashi e à inoculação com microrganismos do solo promove o aumento de produtividade em milho e feijão vagem em solo arenoso.

#### 4.1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de março e agosto de 2015 na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) “Fazendinha Agroecológica do Km 47”, localizado na cidade de Seropédica, Região da Baixada Fluminense, latitude 22° 45’ S, longitude 43° 41’ N e altitude entre 30 e 70 m (NEVES, 2005). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical Aw, quente e úmido com chuvas no verão e estiagem no inverno. No entanto, é muito comum ocorrer veranicos entre os meses de janeiro e fevereiro.

O experimento foi montado no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e seguiu um esquema fatorial onde foram avaliados três fatores, cada um com dois níveis, a saber: Biocarvão (presença ou ausência), Inoculação (inoculado e não inoculado) e adubação (adubado e não adubado). No total, foram testados oito tratamentos, aqui identificados como: B, Biocarvão; BI, Biocarvão + inoculação; BA, Biocarvão + adubação; BIA, Biocarvão + inoculação + adubação, I, Inoculação; A, Adubação; IA, Inoculação+adubação; e T, Testemunha.

A área experimental (Figura 2) foi preparada com uma aração seguida de gradagem e sulcamento. A correção da fertilidade foi realizada de acordo com o Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013), com base na análise química do solo (Tabela 5). Para correção de deficiência de Fósforo foram utilizados 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

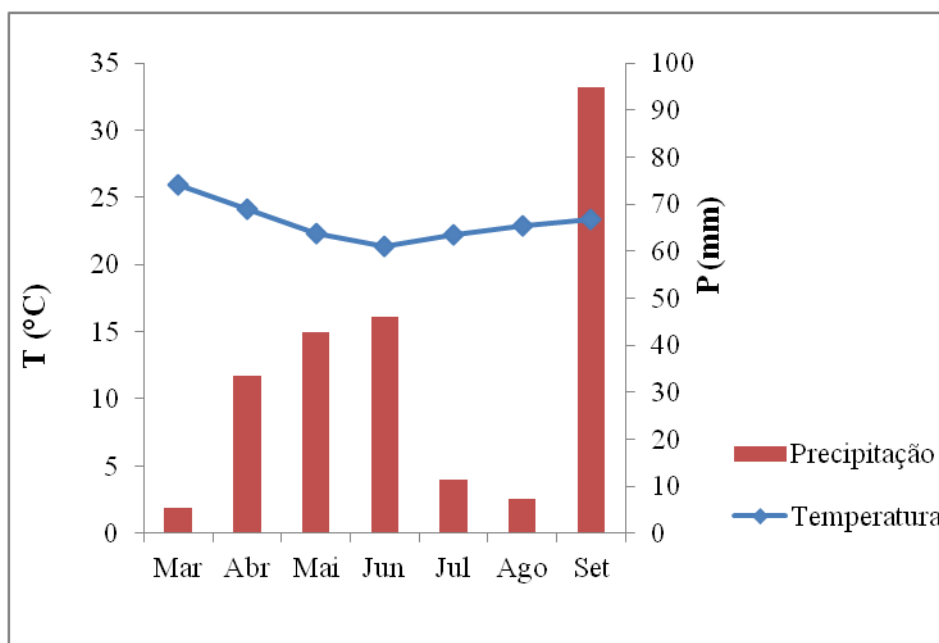
**Tabela 5.** Análise do solo da área experimental 2

Profundidade	pH	C	N	Al	Ca	Mg	K	P
cm		-----%-----		-----cmol.dm <sup>-1</sup>		-----	-----mg.L <sup>-1</sup> -----	
0 – 20	5,47	0,79	0,07	0,12	1,64	0,69	96,00	12,32



**Figura 4.** Croqui da área experimental 2

Os dados climáticos referentes ao período do experimento estão na Figura 5 e foram obtidos na estação PESAGRO Seropédica/RJ.



**Figura 5.** Gráfico com médias mensais de temperatura (T) e precipitação (P) no período de março a setembro de 2015 em Seropédica/RJ

O Biocarvão utilizado no experimento foi produzido em fornos clássicos de alvenaria, onde o fornecimento de oxigênio se dá através de um orifício na parte inferior do forno e a saída dos gases da pirólise se dá por orifícios localizados nas paredes. A matéria-prima utilizada para a produção do biocarvão foram galhos e troncos de podas da espécie *Gliricidia sepium*. Antes de sua aplicação no solo, o biocarvão foi triturado e peneirado em peneira de 5 mm. Este foi aplicado a lanço na dose de 15 Mg ha<sup>-1</sup> e incorporado ao solo manualmente em todas as parcelas indicadas para receber o biocarvão. Cada parcela tinha área de 3,0 x 3,5 m (Figura 2).

Para observar o efeito da adubação nitrogenada foram utilizados 200 g m<sup>-1</sup> (113 kg. ha<sup>-1</sup> de N) de composto Bokashi. Nos tratamentos com presença de inoculação, as sementes de milho foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* (estirpe sp 245) e as de feijão vagem

coinoculadas com *Rhizobium tropici* (CIAT 899) + *Azospirillum brasilense* (sp 245) (Figuras 3 e 4). O número de unidades formadoras de colônia (UFC) presentes no inoculante e nas sementes inoculadas foi determinado pelos métodos de contagem em placa, para o rizóbio, e do número mais provável, para o *Azospirillum* e correspondeu a aproximadamente  $10^8$  UFC g<sup>-1</sup> no inoculante.

O plantio do milho, variedade Caatingueiro, foi realizado no dia 11 de março de 2015 no espaçamento de 1 m entre linhas e, após desbaste foram deixadas seis plantas por metro linear. Aos 90 DAP por ocasião da colheita, as espigas foram colhidas em uma área útil de 2 m<sup>2</sup>.

O plantio do feijão vagem, cultivar Alessa, foi realizado no dia 26 de junho de 2015 em cultivo mínimo na palhada do milho no espaçamento entre linhas de 0,50 x 0,50 m. Foram deixadas oito plantas por metro linear. Para o controle de *Empoasca kraemeri* foi utilizada pulverização com óleo de Nim (*Azadirachta indica*). Na época da floração do feijão vagem foram coletadas cinco plantas por parcela para obtenção do número e massa de nódulos. Por ocasião da colheita, aos 60 DAP, as plantas foram arrancadas em uma área útil de 1 m<sup>2</sup>.

A parte aérea do milho foi quantificada através de uma sub amostra de 6 plantas por parcela. Além disso, foram analisadas as seguintes variáveis: produção de espigas, massa da parte aérea e peso de 100 grãos.

As variáveis analisadas no feijão foram: produção de vagens, massa da parte aérea, número de nódulos, massa de nódulos.

Os dados foram submetidos análise de variância e teste de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### MILHO

Para a cultura do milho foi possível observar efeitos significativos para as interações (Tabelas 7, 8 e 9) entre os fatores adubação, biocarvão e inoculação para algumas das variáveis estudadas e o resumo da ANOVA Tabelas 6.

Na ausência de inoculação, a adubação com bokashi teve efeito significativo na massa úmida de espigas com e sem palha, bem como na massa de 100 grãos (Tabela 7). Este efeito já não foi observado quando as plantas foram inoculadas, de modo que na presença da inoculação, as médias de massa de espigas e grãos não diferiu significativamente entre os tratamentos com e sem adubação. A massa de 100 grãos das plantas inoculadas foi maior na ausência de adubação. Porém efeito antagônico foi encontrado quando as plantas estavam adubadas.

**Tabela 6.** Resumo do quadro de análise de variância. Quadrados médios seguidos de um asterisco e um ponto indicam fontes de variação significativas a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios										
		Massa úmido com palha	Massa úmido sem palha	Massa seca sem palha	Massa Úmida P. A.	Massa seca P. A.	Peso de 100 grãos	Comprimento	Diâmetro			
Bloco	2	15471770.26 **	8272272 **	3199347 **	889886	80972	0.01	1.09	0.063	*		
Biocarvão	1	891480.3242	825813	260096	1951	831	0.90	0.03	0.026			
Inoculação	1	28089.83104	1668	4578	582658	45009	0.07	0.19	0.007			
Adubação	1	1625089.514	1038482	578114	1273960	267595 *	2.52	1.46	0.038			
Biocarvão x inoculação	1	5716.198004	3751	14919	520225	26863	0.03	0.38	0.001			
Biocarvão x adubação	1	1064166.032	840846	325510	511079	97622	0.03	0.01	0.007			
Inoculação x adubação	1	7905552.871 *	6105369 *	2479228 *	86983	1061	18.10 **	1.76	0.048			
Biocarvão x inoculação x adubação	1	2040202.763	2065788	860982	214233	11122	7.55 *	0.28	0.021			
Resíduo	14	1373084.673	840352	343958	573182	66459	1.57	0.61	0.016			
CV%		21.95	23.03	24.52	46.72	37.88	5.77	5.9	3.35			

PA= Parte aérea.

Os efeitos positivos da inoculação se destacaram na ausência da adubação (Tabela 7). Quando o bokashi estava presente, a cultura do milho respondeu com maior acúmulo de massa úmida de espiga sem palha e para a massa de 100 grãos nos tratamentos não inoculados. Supõe-se, com isso, que o bokashi foi suficiente para fornecer o N necessário para a planta que sua aplicação possa ter inibido a ação do inoculante. Segundo Bergamaschi (2006), na presença de nitrogênio bactérias heterotróficas competem com as diazotróficas pelos mesmos compostos, o que pode ocasionar perda na diversidade da população de bactérias fixadoras de nitrogênio. O contrario ocorre na ausência de N, quando as diazotróficas, por possuírem o complexo nitrogenase, se tornam mais competitivas por terem disponível o ambiente rizosférico favorável ao seu desenvolvimento. Associado a isso, Reis (2007) observa que o efeito da inoculação em diversas culturas é dependente de fatores ligados à planta, a estirpe e as condições edafoclimáticas. Na literatura, ainda são escassos estudos sobre o efeito da inoculação na variedade Caatingueiro.

**Tabela 7.** Massa úmida da espiga com e sem palha e massa de 100 grãos do milho variedade Caatingueiro submetido a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense*, adubação com Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que foram formadas entre inoculação e adubação

VARIÁVEL	ADUBAÇÃO			Média
	INOCULAÇÃO	SEM	COM	
•Massa úmida de espiga com palha (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	4745,80 aB	6207,45 aA	5476,62 a
	COM	5618,59 aA	4991,16 aA	5304,87 a
	Média	5182,59 A	5599,30 A	
*Massa úmida de espiga sem palha (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	3501,25 aB	4701,28 aA	4101,26 a
	COM	4268,58 aA	3675,86 bA	3972,22 a
	Média	3884,91 A	4188,57 A	
*Massa de 100 grãos (g)	SEM	20,56 bB	22,94 aA	21,75 a
	COM	22,19 aA	21,10 bA	21,64 a
	Média	21,37 A	22,02 A	

Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a \*5% e •10%.

Houve efeito da inoculação sobre a massa das espigas secas na ausência do biocarvão (Tabela 8). Porém, não se observou diferença significativa entre tratamentos inoculados e não inoculados para essa mesma variável quando o biocarvão estava presente. É possível que o biocarvão tenha inibido a ação do *Azospirillum brasilense* através da liberação de alguma substância nociva à atividade microbiana e imobilização de fontes lábeis de matéria orgânica.

**Tabela 8.** Massa seca de espiga do milho variedade Caatingueiro submetido a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense*, adubação com Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que foram formadas entre inoculação e biocarvão

VARIÁVEL	INOCULAÇÃO			Média
	BIOCARVÃO	SEM	COM	
•Massa seca de espiga (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	1867,46 aB	2798,84 aA	2233,15 a
	COM	2485,12 aA	2507,36 aA	2496,24 a
	Média	2176, 29 B	2653,10 A	

Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a •10%.



A interação tripla foi significativa para a variável massa de 100 grãos (Tabela 9). Nesse caso, na ausência do biocarvão, a adubação apresentou um efeito negativo sobre os tratamentos inoculados. O inoculante apresentou efeito significativo apenas na ausência do biocarvão e da adubação. Isso indica um efeito negativo da adubação sobre o inoculante, quiçá inibindo a sua atuação e, por conseguinte, impedindo que o mesmo pudesse atuar de maneira adequada.

De modo geral, o biocarvão não contribuiu para promoção dos efeitos benéficos da inoculação e da adubação sobre o milho. Segundo Hussain et al. (2016) as diferentes fontes da matéria prima ou dos métodos de pirólise ocasionam diferenças no tamanho dos poros, pH, CTC, cargas e área de superfície do biocarvão produzido. Tanto a composição da matéria prima original quanto o processo de produção, influenciam o rendimento de produção assim como as propriedades físico-químicas do biocarvão.

Além disso, é possível ocorrer efeitos negativos após a aplicação do biocarvão como imobilização de nutrientes, produção de N<sub>2</sub>O e diminuição da atividade microbiana (BRUUN et al. 2012, ). Bruun et al. (2012) ao analisar o efeito da adição de biocarvão no solo produzido a partir de pirólise lenta e pirólise rápida na dinâmica do N, observaram que houve imobilização de N em ambas. No entanto, a imobilização na pirólise lenta teve efeito em um breve prazo (14 dias) diferente do observado na pirólise rápida a imobilização do N durou os 65 dias de duração do experimento. Alterações no ciclo do N e a liberação de substâncias inibidoras de FBN (Rodon et al. 2006; Guereña et al. 2015) que podem está presente no solo pela adição do biocarvão podem dificultar ou inibir o processo de FBN por bactérias diazotróficas.

**Tabela 9.** Massa de 100 grãos do milho variedade Caatingueiro submetido a tratamentos de inoculação com *Azospirillum brasilense*, adubação com Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que foram formadas entre inoculação, adubação e biocarvão

VARIÁVEL	INOCULAÇÃO				
	BIOCARVÃO	ADUBAÇÃO	SEM	COM	Média
*Massa seca de 100 grãos (g)	COM	COM	22,12 aA	21,47 aA	21,79
	COM	SEM	20,93 aA	21,50 aA	21,21
	SEM	COM	23,76 aA	20,73 bB	22,25
	SEM	SEM	20,19 bB	22,87 aA	21,53
	Média		21,75	21,64	

Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a \*5%

Existem trabalhos que observaram que o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense*, no milho, se expressou na ausência de N (LANA et al., 2012; COSTA et al., 2015) ou associado a presença de adubação com N (CAVALLET et al., 2000). Promovendo aumento de rendimentos no peso de 1000 grãos, na produtividade de grãos no comprimento de espigas, no teor de clorofila e na biomassa de caule e raízes (CAVALLET et al., 2000; LANA et al., 2012; COSTA et al., 2015). Isto pode ser explicado por que na ausência de adubação a planta libera sinais para estimular a ação das bactérias associativas e, assim promover a FBN e os mecanismos de produção e ação de fitorreguladores que contribuem para resposta ao crescimento vegetal sob condições de estresse. Segundo Bashan & Bashan (2010) o gênero *Azospirillum*, está relacionado a mecanismos que suavizam os efeitos dos estresses ambientais nas plantas.

Costa et al. (2015) observaram incremento na produtividade 36% quando sementes de milho foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* e que houve tendência de redução no efeito da inoculação quando havia presença de adubação com N. Atribui-se o efeito destas bactérias à fixação biológica de nitrogênio e à produção de fitormônios, os quais alteram o metabolismo e a morfologia das plantas promovendo melhor absorção de água e nutrientes (BASHAN & BASHAN 2010, CAVALLET 2000). Os trabalhos têm mostrado que, a ação do *Azospirillum* se expressa com mais ênfase quando as condições ambientais são desfavoráveis ao desenvolvimento e produção vegetal, por ser capaz de mitigar estresses como seca, salinidade, metais pesados, substâncias tóxicas, deficiência de nitrogênio (BASHAN & BASHAN 2010).

Já para trabalhos com biocarvão, os efeitos de doses, tem sido pesquisados tanto para as propriedades do solo como para o rendimento de culturas (MADARI et al., 2006; MAIA et al., 2010; SILVA et al., 2012). Maia (2010), observou um incremento de 17% em massa seca da parte aérea ao aplicar 30,24 Mg ha<sup>-1</sup> de biocarvão em experimento com milho forrageiro. O referido experimento foi desenvolvido em condições de clima temperado (Reino Unido), diferente do clima de Seropédica e com dose de biocarvão superior a 15,0 Mg ha<sup>-1</sup>. Silva et al. (2012) observou maiores rendimentos na cultura do feijão com aplicação de 32,00 Mg ha<sup>-1</sup>. MADARI et al. (2006), observaram efeito significativo do biocarvão sobre o crescimento de plantas de arroz aos 28 dias, na dose de 10,5g kg<sup>-1</sup> de solo em casa de vegetação. Além, de diminuição da acidez potencial e aumento nos teores de K e P no solo.

Cruz et al. (2010) ao avaliarem o desempenho de variedades e híbridos de milho em manejo orgânico, observaram resposta significativa a adubação orgânica (0, 3, 6 e 12 Mg.ha<sup>-1</sup>) ao aplicarem 12 Mg.ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos e espigas. Os adubos orgânicos apesar de liberarem nutrientes de forma mais lenta que os fertilizantes sintéticos, conseguem disponibilizar nutrientes em maior ou menor tempo dependendo do material utilizado para elaboração desses compostos, de maneira a atender a demanda nutricional da planta. Primo et al. (2012) estudando aplicação no solo de esterco bovino e biomassa de gliricídia como fonte de adubação orgânica na cultura do milho, observaram que a biomassa de gliricídia isolada e ou combinada com esterco ofereceu melhores resultados à disponibilidade de nutrientes e produtividade do milho.

Compete ainda destacar que a produtividade do milho se manteve abaixo da média para o estado do Rio de Janeiro. Isso sugere que fatores como o estresse hídrico e as características físicas do solo, por se tratar de um solo arenoso e que por sua natureza física possui características que diminui o desenvolvimento de raiz podem ter limitado a produtividade.

## **FEIJÃO VAGEM**

O feijoeiro foi cultivado nas mesmas parcelas, previamente cultivadas com o milho. Deste modo, levou-se em conta o efeito do biocarvão previamente aplicado e o efeito residual da adubação com o bokashi realizada antes do plantio do milho. As parcelas que foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* foram cultivadas com feijoeiro coinoculado com a mesma estirpe de *A. brasilense* (sp 245) e *Rhizobium tropici*.

Para a cultura do feijão foi possível observar efeitos significativos para as interações (Tabelas 11, 12 e 13) entre os fatores para algumas das variáveis mensuradas e o resumo da ANOVA na tabela 10.

**Tabela 10.** Resumo do quadro de análise de variância. Quadrados médios seguidos de um asterisco e um ponto indicam fontes de variação significativas a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios										
		Massa das vagens úmidas	Massa das vagens secas	Massa da parte aérea úmida	Massa da parte aérea seca	Número de vagens por planta	Número de nódulos	Massa seca da parte aérea (dados transformados)				
Bloco	2	402550	2312	1482832	*	24404	0.02	1308	3			
Biocarvão	1	32634	1076	199227		8115	0.18	6299	*	10	.	
Inoculação	1	3617636	*	55104	*	2805187	*	82718	*	1.95	*	7
Adubação	1	28940	2600	272885		6360	0.25	114			38	*
Biocarvão x inoculação	1	1010118	10821	958061		26621	1.74	*	1852		7	
Biocarvão x adubação	1	1167768	13824	2045898	*	59221	*	0.19	730		7	
Inoculação x adubação	1	2148914	*	17083	.	1527500	.	36842	.	0.48	19	1
Biocarvão x inoculação x adubação	1	92865	23	228530		3114	0.24	61			2	
Resíduo	14	424461	4219	388979		10005	0.22	1112			3	
CV%		29.81	20.72	25.87		24.02	15.64	78.21			22.33	

As massas úmida e seca das vagens, bem como as massas úmida e seca da parte aérea foram incrementadas significativamente pela coinoculação de *A. brasilense* e *R. tropici* na ausência da adubação. Este resultado não foi observado na presença da adubação. No segundo caso, as plantas inoculadas e não inoculadas apresentaram, em média, acúmulo similar de massa úmida e seca (Tabela 11).

**Tabela 11.** Massa úmida de vagens, massa seca de vagens, massa úmida da parte aérea e massa seca da parte aérea de plantas de feijão vagem cultivar Alessa submetidas a tratamentos de coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, adubação residual de Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que formaram entre coinoculação e adubação

VARIÁVEL	ADUBAÇÃO			Média
	COINOCULAÇÃO	SEM	COM	
*Massa úmida de vagens (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	1532,70 bA	2061,71 aA	1797,20 b
	COM	2907,65aA	2239,74 aA	2573,69 a
	Média	2220,17A	2150,72 A	
*Massa seca de vagens (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	249,25 bA	281,79 aA	265,52 b
	COM	398,44 aA	324,27 aB	361,35 a
	Média	323,84 A	303,03 A	
•Massa úmida de parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	1710,25 bB	2428,07 aA	2069,16 b
	COM	2898,57 aA	2607,27 aA	2752,92 a
	Média	2304,41 A	2517,67 A	
•Massa seca de parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	302,23 bB	413,15 aA	357,69 b
	COM	498,01 aA	452,20 aA	475,11 a
	Média	400,12 A	432,68 A	

Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a \*5% e •10%.

A massa seca de vagens não foi influenciada pela adubação e pelo biocarvão (Tabela 12). O tratamento com a ausência de ambos, adubação e biocarvão, apresentou massa seca de vagens superior aos tratamentos em que a adubação estava presente. No caso da massa úmida e da massa seca da parte aérea, a adubação foi importante para o incremento significativo dessas variáveis na presença do biocarvão. Na ausência de adubação, o biocarvão não apresenta efeito significativo na massa seca de parte aérea.

**Tabela 12.** Massa seca de vagens, massa úmida da parte aérea e massa seca da parte aérea de plantas de feijão vagem cultivar Alessa submetidas a tratamentos de coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, adubação residual de Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que formaram entre biocarvão e adubação

VARIÁVEL	ADUBAÇÃO			
	BIOCARVÃO	SEM	COM	Média
•Massa seca de vagens (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	341,15 aA	272,33 aB	306,74 a
	COM	306,54 aA	333,72 aA	320,13 a
	Média	323,84 A	303,03 A	
*Massa úmida de parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	2687,49 aA	2316,82 aA	2502,15 a
	COM	1921,33 aB	2718,53 aA	2319,93 a
	Média	2304,41 A	2517,67 A	
*Massa seca de parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )	SEM	468,18 aA	401,39 aA	434,78 a
	COM	332,06 bB	463,96 aA	398,01 a
	Média	400,12 A	432,67 A	

Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a \*5% e •10%.

A coinoculação proporcionou aumento significativo no número médio de vagens na ausência do biocarvão. Quando a coinoculação não estava presente, o biocarvão também proporcionou um aumento no número médio de vagens (Tabela 13). O biocarvão contribuiu para um maior número de vagens na ausência da inoculação, porém este efeito aparentemente não se refletiu na massa das mesmas visto que a aplicação de biocarvão não foi significativa para essas variáveis.

**Tabela 13.** Número de vagens por planta de feijão vagem cultivar Alessa submetido a tratamentos de coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, adubação residual de Bokashi e aplicação de biocarvão. São mostradas as interações significativas que formaram entre biocarvão e coinoculação

VARIÁVEL	COINOCULAÇÃO			
	BIOCARVÃO	SEM	COM	MÉDIA
*Número de vagens por planta	SEM	2,37 bB	3,48 aA	2,93 a
	COM	3,09 aA	3,11 aA	3,10 a
	MÉDIA	2,73 B	3,30 A	

Letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a \*5%

Para o feijão vagem os resultados indicam que a coinoculação da cultivar com as estirpes de *Azospirillum brasilense* (Sp 245) e *Rhizobium tropici* (CIAT 899) proporcionou efeito significativo sobre o crescimento das plantas e sua produtividade.

No caso do rizóbio, este contribuiu com a nutrição nitrogenada da planta pela fixação biológica do nitrogênio. Este processo é natural, onde o microrganismo fixa o N<sub>2</sub> da atmosfera e o transfere para a planta hospedeira, recebendo, em troca, fotoassimilados para seu metabolismo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A estirpe utilizada, CIAT 899, é reconhecidamente eficiente para o feijoeiro, sendo recomendada como inoculante para a cultura no Brasil (MAPA, 2011). A grande maioria dos trabalhos de inoculação realizados até então com o feijoeiro no Brasil avaliaram a contribuição do rizóbio para a produtividade de

grãos e este trabalho mostra que a inoculação com a estirpe CIAT 899 também pode ser realizada na produção de vagem.

A atuação do *Azospirillum* provavelmente auxiliou o sistema radicular na absorção de água e nutrientes, mesmo sob interferência do déficit hídrico e da *Empoasca kremeri* sobre a produtividade de vagens. A inoculação com bactérias promotoras do crescimento do gênero *Azospirillum* aumenta a resistência de plantas a estresses bióticos e abióticos (CAVALLET, 2000; BASHAN, 2004; HUNGRIA, 2013). A literatura sugere que esse efeito se deve ao aumento no sistema radicular, estimulado pela produção de fitormônios pela bactéria inoculada, o que beneficia a eficiência do uso da água e de nutrientes, além do fato dessas bactérias interferirem no balanço hormonal da planta, tornando-a mais resistente à condição de estresse (BASHAN, 2004; HUNGRIA, 2011), nesse sentido, mesmo quando a planta está sob estresse é possível que expresse melhor produtividade quando inoculada. Além disso, a coinoculação de *Azospirillum* com rizóbios beneficia o processo de fixação biológica de N<sub>2</sub> pelo rizóbio, favorecendo a nutrição da planta (HUNGRIA, 2013).

Desse modo, a contribuição da coinoculação superou o efeito da adubação residual com composto bokashi e o do biocarvão. Portanto, foi possível observar que na presença de biocarvão e adubação não houve promoção ao processo de FBN na cultura do feijão vagem.

Fonseca et al. (2014) ao estudar diferentes doses de composto tipo bokashi (0, 50, 100, 150, 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) no cultivo de alface e o seu efeito residual na sucessão com rúcula não observou diferença significativa no rendimento das culturas, no entanto observou aumento de macronutrientes (P, Ca e Mg), no solo, após as colheitas. No presente trabalho também não foi observado efeito residual da adubação com bokashi na produtividade de feijão vagem na dose de 113 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esses resultados também podem ser justificados, em parte, por ter a adubação de N com composto orgânico tipo bokashi ter sido utilizada em grande parte na produção do milho e o seu efeito residual no momento de maior demanda do feijão vagem não ter sido expressiva. Esses insumos são considerados de lenta decomposição e por isso é esperado que eles promovam efeito residual. Devido à necessidade de decomposição do composto por microrganismos, a velocidade para disponibilizar nutrientes depende do material de origem. Quanto maior for a relação C:N maior o tempo demandado para mineralização.

Santos et al. (2001) observou que esterco bovino e de aves como fonte de matéria orgânica influenciaram significativamente o rendimento de feijão vagem. Os adubos orgânicos, além de disponibilizarem nutrientes são capazes de melhorar as propriedades do solo por servirem como aporte de matéria orgânica ao solo. Segundo Zech et al. (1997) a matéria orgânica nos solos tropicais representa o reservatório e fonte dominante de nutrientes, além de influenciar o pH, a CTC e a estrutura do solo. Para Souza et al. (2006), a adubação orgânica contribui para a disponibilidade de fósforo às culturas por atuar no balanço de cargas do solo, ao se ligar com argilas e oxihidroxidos de Fe e Al diminuindo as cargas positivas do solo. Estes autores observaram a influencia positiva da calagem associada a adubação com esterco bovino na disponibilidade do fósforo e na produtividade de grãos do feijoeiro.

Já para trabalhos com biocarvão, os efeitos de doses, tem sido pesquisados tanto para as propriedades do solo como para o rendimento de culturas (MADARI et al. 2006; MAIA et al. 2010; SILVA et al. (2012)). Ao testar, em um latossolo, diferentes doses de biocarvão (0, 8, 16 e 32 Mg.ha<sup>-1</sup>) no rendimento do feijão irrigado, Silva et al. (2012) observaram que somente a aplicação de 32 Mg.ha<sup>-1</sup> resultou em incremento na produtividade na ausência de N mineral ao elevar a massa de 1000 grãos de 267,60g para 281,74g em relação as outras doses

aplicadas. Este resultado concorda com o que foi observado no presente trabalho, onde a resposta não foi significativa na dose de 15 Mg.ha<sup>-1</sup>. Em relação ao biocarvão, o pouco tempo após sua aplicação pode não ter sido suficiente para que suas propriedades se expressassem de forma significativa no solo. Espera-se que este efeito aumente com o passar do tempo devido suas propriedades recalcitrantes.

No entanto, outros autores que também utilizaram manejo orgânico obtiveram produtividade superior a do presente estudo a cultivar Alessa. Trabalhos como o de Guedes et al. (2007) e Carvalho et al. (2012), obtiveram respectivamente, 6,4 Mg ha<sup>-1</sup> de vagens em cultivo solteiro e 11,4 Mg.ha<sup>-1</sup> em cultivo consorciado com milho.

No presente estudo, os resultados obtidos podem ser justificados em parte porque neste período houve baixa ocorrência de precipitação (Figura 5) e também, em função da baixa disponibilidade de água, não foi possível realizar uma irrigação suplementar adequada. Além disso, por volta de 25 dias após o plantio observou-se a presença de *Empoasca kraemeri*. Quando há elevada população deste inseto na lavoura, este é capaz de causar encarquilhamento e amarelecimento das folhas de feijão (Figura 6). Adicionalmente, promove redução no tamanho da planta, no comprimento e número de vagens e no peso dos grãos. As maiores perdas são observadas, quando a ocorrência se dá na fase inicial do desenvolvimento e na floração (EMBRAPA, 2005).



**Figura 6.** Folhas de feijão vagem com danos causados pela *Empoasca kraemeri*.

### 4.3 CONCLUSÃO

a) A inoculação com *Azospirillum* no milho promoveu melhores resultados para massa seca de espigas na ausência da aplicação do biocarvão. Por outro lado, para massa de 100 grãos a inoculação perdeu efeito quando na presença de adubação e ausência de biocarvão.

b) A inoculação com *Azospirillum* só promoveu efeito significativo na ausência de adubação e biocarvão.

c) Para massa seca de vagens a coinoculação ( rizóbio e *Azospirillum* ) é favorável na ausência de adubação.

d) Biocarvão não proporcionou ganhos de produtividade de vagens, mesmo quando havia adubação residual com bokashi. Porém, proporcionou rendimento significativo de

massa fresca da parte aérea na presença de adubação residual e aumento no número médio de vagens na ausência de co inoculação.

e) A co inoculação proporcionou aumento significativo no número médio de vagens na ausência do biocarvão.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A.A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J.M.A.; SILVA, A.A.; UCHOA, S.C.P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas gerais, Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.43, n.3, p.532-538, jul-set, 2012.

ALBUQUERQUE, J.A.A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A.; CARNEIRO, J.E.S.; ALVES, J.M.A.; FINOTO, E.L. Características agro-botânicas de raízes de mandioca em fileiras simples e duplas consorciada com feijão comum. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v.5, 2009.

ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema orgânico de produção de hortaliças. Embrapa Hortaliças, Brasília, Circular técnica 64, 2008. 12p.

ALTIERI, M.A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3ed. rev. amp., Expressão Popular/ASP-TA, São Paulo/Rio de Janeiro, 2012, 400p.

\_\_\_\_\_. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4.ed, Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2004, 117p.

ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica, n. 73 p.8-20, 2004.

ALVES, J.M.A.; ARAUJO, N.P.; UCHOA, S.C.P.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; SILVA, A.J.; RODRIGUES, G.S.; SILVA, D.C.O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v.3, n.1, p. 15-30, jan-jun, 2009.

ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijão. In **Microorganismos de importância agrícola**. EMBRAPA-CNPAP; Brasília: EMBRAPA-SPI, Documento 44,1994. p.91-120.

ARMANDO, S.M. Agrodiversidade: Ferramenta para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Documento 75, 2002.

BASHAN, L. E.; HERNANDEZ, J. P.; BASHAN, Y. The potential contribution of plant growth-promoting bacteria to reduce environmental degradation—A comprehensive evaluation. **Applied Soil Ecology**, v. 61, p. 171-189, 2012.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Chapter two-how the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth-a critical assessment. **Advances in agronomy**, v. 108, p.77-136, 2010.



BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.. Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, n. 8/9, p. 1225-1228, 1998.

BASSINELLO, P. Z. Qualidade nutricional, funcional e tecnológica do feijão. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, LF; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p.385-386.

BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. 83p Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRUUN, E. W.; AMBUS, P.; EGSGAARD, H.; HAUGGAARD-NIELSEN, H. Effects of slow and fast pyrolysis biochar on soil C and N turnover dynamics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 46, p. 73-79, 2012.

CARVALHO, J. E.; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da planta e morfologia. In: Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006, p.126-137.

CARVALHO, J. F. Avaliação de cultivares de feijão-caupi e feijão vagem arbustivo em sistema orgânico de produção. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012. p. 36-62

CASELA, C. A.; FERREIRA, A.S.; PINTO, N. F. J. A. **Doenças na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete lagoas, MG. Circular técnica 83, 2006. 14p

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A.C.S, HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST C. F. Produtividade do Milho em resposta à aplicação de nitrogênio. **R Bras Eng Agríc Ambiental**, v.4 n.1. p.129-132, 2000.

COMPANT, S.; CLÉMENT, C.; SESSITSCH, A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo-and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 669-678, 2010.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.2, Safra 2014/15, n. 12, Décimo segundo levantamento, Brasília, set. 2015.134p. Disponível em <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acessado em 06/12/2015.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, Jul./Sep. p. 304-311, 2015.

CRAVO, M.S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O.L. Sistema Bragantino: Agricultura sustentável para Amazônia Belém, EMBRAPA, Documentos, 2005.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; MOREIRA, JOSÉ A. A.; MATRANGOLO, W. J. R. Resposta de cultivares de milho à adubação orgânica para consumo verde, grãos e forragem em sistema

orgânico de produção. In: Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade**: Resumos expandidos... Goiânia: ABMS, 2010.

DEVIDE, A.C.P.; RIBEIRO, R.L.D.; VALLE, T.L; ALMEIDA, D.L.; CASTRO, C.M; FELTRAN, J.C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, Campinas, v.68,n.1, p.145-153, 2009.

DOBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. **Biotecnologia Ciência**, p.2-3, 1997.

EMBRAPA. **Cultivo de Feijão da primeira e segunda safra na Região Sul de Minas Gerais**.2005.<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/pragas.htm>>. Acesso em 04/12/2015

ESPÍNDOLA, 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. Documentos 174, 2004. 24p

FLESCHE, R. D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37,n.1, jan, p51-56, 2002.

FIALHO, J. F; VIEIRA, E. A. (ed). Mandioca no Cerrado: orientações técnicas. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2011. 208 p.

FONSECA, J. O. G.; OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R. D. L. D.; ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho agrônomico de alface e rúcula em sucessão, em função de diferentes doses de composto fermentado, sob manejo orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2014.

FRANÇA, C.G.; DEL GROSSI, M.E.; MARQUES, V.P.M.A. O Censo Agropecuário 2006 e a Agricultura Familiar no Brasil. Brasília: MDA, 2009.

FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; LIMA, L.; GUERRA, J.G.M.; FERREIRA, M.B.C.; LEAL, M.A.A.; CAMPOS, D.V.B.; POLIDORO, J.C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Embrapa, Brasília; EDUR, Seropédica, RJ, 2013. 430p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2 ed. Porto Alegre, Universidade/UFRGS, 2001. p.365-367, 428-433.

GUEDES, R. E., GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D.; COELHO, R. G.; PAULA, P. D.; MOREIRA, V. F. Avaliação de cultivares de feijão-de-vagem de crescimento determinado sob manejo orgânico, nas condições da baixada fluminense-Seropédica/RJ. Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico. 2007

GUEDES, R. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. D. L. Consórcios de caupi e milho em cultivo orgânico para produção de grãos e espigas verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 174-177, 2010.

GÜEREÑA, D. T.; LEHMANN, J.; THIES, J. E.; ENDERS, A.; KARANJA, N.; NEUFELDT, H. Partitioning the contributions of biochar properties to enhanced biological nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n. 4, p. 479-491, 2015.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja, 2011.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Embrapa Soja; Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2001.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 33, 2013, Londrina. Resumos expandidos... Brasília, DF: Embrapa, 2013.

HUSSAIN, M.; FAROOQ, M.; NAWAZ, A.; AL-SADI, A. M.; SOLAIMAN, Z. M.; ALGHAMDI, S. S.; AMMARA, U. OK. Y.S.; SIDDIQUE, K. H. Biochar for crop production: potential benefits and risks. **Journal of Soils and Sediments**. p. 1-32, 2016.

JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F. G. A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A. C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v.144, n.1, p. 175-187, 2011.

KERN, D. C. As terras pretas de índio na Amazônia. Evolução do conhecimento em Terra Preta de Índio. In TEIXEIRA, W. G. et al. **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental. 2009.420p

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.3, mai/jun, p. 399-405, 2012.

LEHMANN, J., & JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London & Sterling, VA. p 1-5, 2009..

LEHMANN, J.; RILLIG, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota—a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 9, 2011. p. 1812-1836.

MACHADO, P. L. O. A. **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Documentos n. 24, 2001. 20 p.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V. D. M.; SANTOS, G. A. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W.G. et al. **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p.172-188.

MADARI, B.E.; COSTA, A. R.; CASTRO, L.M.; SANTOS, J.L.S.; BENITES, V.M.; ROCHA, A.O.; MACHADO, P.L.O.A. **Carvão vegetal como condicionador de solo para arroz de terras altas (cultivar Primavera): um estudo prospectivo**. Embrapa arroz e feijão, n.125, Santo Antonio de Goiás, GO. 2006. 5p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M; GOMIDE, R. L. Fisiologia da cultura do milho. 1996. p. 15-33. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/48183/1/Fisiologia-cultura.pdf>>. Acesso em 04/12/2015

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica 22, 2002. 23p.

MAIA, J.T.L.S.; GUILHERME, D.O.; PAULINO, M.A.O.; BARBOSA, S.B.; MARTINS, E.R.; COSTA, C.A. Uma leitura sobre a perspectiva do cultivo consorciado. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v12, n1/2, jan-dez, 2010.

MAIA, C. M. B. F. **Finos de carvão: fonte de carbono estável e condicionador de solos**. Colombo, Embrapa Floretas, Documentos 200, 2010. p.12-36.

MANGRICH, A. S.; MAIA, C. M.; NOVOTNY, E. H. Biocarvão: As Terras Pretas De Índios e o Sequestro de Carbono. **Ciencia Hoje**, v.47, 281. Maio, p 48-52, 2011.

MAPA. Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011.

MAPA. Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003.

MAPA. Projeções do Agronegócio Brasil-2014/15 a 2024/25 Projeções de longo prazo., Brasília, 2015. p.26-27.

MARIN, V. A., BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K.; BALDANI, J. **Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical**. 1999. Seropédica, Série Documentos. Embrapa Agrobiologia. 1999. 34p

MELO, J. N; LIMA, G. R. A; MAFRA, R. C. Consorcio na região nordeste. In: ZIMMERMANN, M. J O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.439-45.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. **Editora UFLA, Lavras**. 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A., CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A., CARVALHO, F. Bactérias associativas fixadoras de nitrogênio. In: **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras, Ed. UFLA, 2013. p. 343-350

NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R., RIBEIRO, R. L. D.; ALMEIDA, D. L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha Agroecológica do km

47. In: **Agroecologia: princípios e técnica para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p147-172

NOVOTNY, E. H.; MAIA, C. M. B. D. F.; CARVALHO, M. T. D. M.; MADARI, B. E. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use- a critical review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p.321-344, 2015.

OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R. L. D; LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; ROCHA, M. S.; BASTOS, T. C.; SAITER, O. **Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos de diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hostalícias**. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, Boletim de pesquisa e desenvolvimento 98. 2014. 28p

OLIVEIRA, F. L., GUERRA, J. G. M., DE ALMEIDA, D. L., DE LD RIBEIRO, R., DA SILVA, E. E., SILVA, V. V., ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho de taro em função de doses de cama de aviário, sob sistema orgânico de produção. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p149-153, 2008.

OLIVEIRA, F. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. D.; RIBEIRO, R. D. L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, abr-jun p.184-188, 2005.

OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; BORGES, C.D. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.327-332, mar.2008.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel. 2002. p.86-134

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S.; SILVA, T. O. D.; GARRIDO, M. S.; CABRAL, P. K. Contribuição da adubação orgânica na absorção de nutrientes e na produtividade de milho no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)/Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, v.7, n.1, jan-mar, p.81-88, 2012.

PORTES, T. A. Aspectos ecofisiológicos do consórcio milho x feijão. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. v.10, n.118. 1984. p.30-34.

REIS, V. M. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. Embrapa Agrobiologia. Documentos, 2007. 22p

SANTOS, G.M.; OLIVEIRA, A.P.; SILVA, J.A.L.; ALVES, E.U.; COSTA, C.C. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.1, março, p. 30-35, 2001.

SILVA, A.R.; SOUSA, S.A.; SOUZA, D.J.A.T.; LEMOS, A.S.; COLLIER, L.S. Fertilidade do solo em agroflorestas após sucessão leguminosas: Consórcio mandioca e caupi, no Sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.2, n.2, , may. p.44-55, 2011.

SILVA, B. S. Caracterização botânica e agrônômica da coleção de trabalho de mandioca da Embrapa Acre. Rio Branco, 2010, 75p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre.

SILVA, C. S.; RIBEIRO, J. R. Zoneamento agroclimático para o feijão (2ª safra) nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia. *Embrapa Arroz e Feijão. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009, p.99-100.*

SILVA, M. A. S., EMÖKE; B. M. T.; CARVALHO, M.; BERNARDES, T. G.; SOUZA, R. D. O.; OLIVEIRA, F. B. EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOCHAR SOBRE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO COMUM IRRIGADO. In *Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2012.

SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. F. B. Bokashi: adubo orgânico fermentado. Niterói, PESAGRO, Manual técnico 40, 2013. 16p

SOARES, D. M.; DEL PELOSO, M. J.; KLUTHCOUSKI, J.; GANDOLFI, L. C.; FARIA, D. J. Tecnologia para o sistema consórcio de milho com feijão no plantio de inverno. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 51p. (Boletim de pesquisa, 10).

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R.. A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in agronomy**, 105. p.47-82, 2010.

SOUZA, L.S; FIALHO, J.F. Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado. Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção, 8 Versão eletrônica Jan/2003. Disponível em <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_cerrados/Rotacao.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/Rotacao.htm)>. Acesso em 22/05/2015

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A.; AVILA, F. W. Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influência da calagem e adubação orgânica. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.30, n.4, Ago. p. 656-664, 2006.

TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental. 2009. 420p

URQUIAGA, S., SISTI, C., ZOTARELLI, L., ALVES, B., BODDEY, R. **Manejo de sistemas agrícolas para sequestro de carbono no solo**. Curso Agrobiologia. Embrapa Agrobiologia. Cap. 12, 2006.

VALLE, T. L.; LORENZI, J. O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 31, n. 1, jan./abr. p. 15-34, 2014.

VIEGAS NETO, A.L.; HEINZ, R.; GONÇALVES, M.C.; CORREIA, A.M.P.; MOTA, L.H.S.; ARAUJO, W.D. Milho pipoca consorciado com feijão em diferentes arranjos de plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.42, n.1, jan-mar, p.28-33, 2012.

VIEIRA, C. Estudo monográfico do consórcio milho-feijão no Brasil. UFV, Viçosa, 1999, 183p.

VILLAS BÔAS, Roberto L.; Passos, J. C.; Fernandes, D. M.; Bull, L. T.; Cezar, V. R. S.; Goto, R. Efeito de doses e tipos de composto orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 28-34, 2004.

WOODS, W. Os solos e as ciências humanas: Interpretação do passado. In TEIXEIRA, W. G. **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental. 2009. p. 62-71

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, n.1, p. 117-161, 1997.

## **ANEXOS**

Anexo 1- Teores de macronutrientes nas raízes e parte aérea da mandioca	65
Anexo 2 - Teores de macronutrientes no grão de feijão cv. Valente	66
Anexo 3 - Comprimento e diâmetro de espigas, massa 100 grãos var. Caatingueiro	67
Anexo 4 - Análise química do Composto tipo Bokashi	68
Anexo 5 - Análise química do Biocarvão	68



**Anexo 1.** Teores de macronutrientes em raízes e parte aérea de mandioca cv. Ouro da Bahia. Seropédica, 2015.

Tratamento	Ca	Mg	P	K
	g.kg			
	Raízes			
M	0,92 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>	11,15 <sup>ns</sup>
M + Mi + F	1,05 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	11,96 <sup>ns</sup>
M + Mi	1,08 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	12,11 <sup>ns</sup>
Média	1,01	1,17	1,66	11,74
CV%	10,15	10,83	11,26	10,84
	Parte aérea			
M	8,35 <sup>ns</sup>	4,16 <sup>ns</sup>	4,13 <sup>ns</sup>	8,62 <sup>ns</sup>
M + Mi + F	8,42 <sup>ns</sup>	3,96 <sup>ns</sup>	4,07 <sup>ns</sup>	10,25 <sup>ns</sup>
M + Mi	9,09 <sup>ns</sup>	4,43 <sup>ns</sup>	3,84 <sup>ns</sup>	7,27 <sup>ns</sup>
Média	8,62	4,18	4,01	8,71
CV%	20,08	10,32	13,61	19,25

M= cultivo mandioca solteira; M+Mi+F= cultivo consorciado de mandioca, milho e feijão; M+Mi= cultivo consorciado de mandioca e milho. <sup>ns</sup>= não significativo. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Anexo 2.** Teores de macronutrientes em grãos de feijão cv. Valente. Seropédica, 2015.

Tratamento	Ca	Mg	P	K	N
	-----g.kg-----				%
M + Mi + F	0,80 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	5,42 <sup>ns</sup>	13,75 <sup>ns</sup>	3,71 <sup>ns</sup>
Mi + F	0,65 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	5,92 <sup>ns</sup>	14,00 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>ns</sup>
Média	0,73	1,73	5,67	13,87	3,70
CV%	12,91	2,43	5,76	3,29	3,24

M+Mi+F= cultivo consorciado de mandioca, milho e feijão; Mi+F=cultivo consorciado de milho e feijão. <sup>ns</sup>= não significativo. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Anexo 3.** Dados de espigas verdes de Milho var. Caatingueiro em Sistema Orgânico de produção. Seropédica, 2015.

Tratamentos	Peso de 100 grãos	Comprimento	Diâmetro
	g	-----	cm -----
BI	21,50 <sup>a</sup>	13,08 <sup>a</sup>	3,71 <sup>a</sup>
B	20,93 <sup>a</sup>	12,82 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>
BA	22,12 <sup>a</sup>	13,68 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>
BIA	21,47 <sup>a</sup>	13,28 <sup>a</sup>	3,79 <sup>a</sup>
I	22,87 <sup>a</sup>	13,51 <sup>a</sup>	3,74 <sup>a</sup>
Testemunha	20,19 <sup>a</sup>	12,32 <sup>a</sup>	3,62 <sup>a</sup>
A	23,77 <sup>a</sup>	13,54 <sup>a</sup>	3,82 <sup>a</sup>
IA	20,73 <sup>a</sup>	13,21 <sup>a</sup>	3,64 <sup>a</sup>
Médias	21,70	13,18	3,74
CV%	5,77	5,90	3,35

B=biocarvão, BI= biocarvão+inoculação, BA= biocarvão+adubação, BIA= biocarvão+ inoculação+ adubação, I=inoculação, A=adubação, IA= inoculação+adubação. P 100= Peso de 100 grãos. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5%.

**Anexo 4. Análise química do Composto tipo Bokashi**

	Ca	Mg	N	P	K
Composto	----- g.kg -----		%	----- g.kg -----	
Bokashi	2,51	3,30	2,84	8,88	5,78

**Anexo 5. Análise química do Biocarvão**

	pH	C	Al	Ca	Mg	P	K
		%	-----	cmol d <sup>-1</sup>	-----	-----mg L <sup>-1</sup> -----	
BIOCARVÃO	10,11	2,36	0,00	1,26	1,72	2,38	3184,20