

JOÃO PAULO FERREIRA DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE,
BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO**

GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL

NOVEMBRO - 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

PRODUÇÃO DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE,
BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO

JOÃO PAULO FERREIRA DE OLIVEIRA

SOB ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR
MÁCIO FARIAS DE MOURA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Produção Agrícola, para obtenção do título de *Mestre*.

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
NOVEMBRO – 2015

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

O48p Oliveira, João Paulo Ferreira de
Produção de mandioca em função da adubação verde,
biofertilizante e composto orgânico / João Paulo Ferreira
de Oliveira. – Garanhuns, 2016.
69f.

Orientadora: Mácio Farias de Moura
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) -
Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade
Acadêmica de Garanhuns, 2016.

CDD: 631.875

1. Agricultura familiar
 2. Adubação verde
 3. Mandioca
- I. Moura, Mácio Farias de
 - II. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**PRODUÇÃO DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE,
BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO**

JOÃO PAULO FERREIRA DE OLIVEIRA

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
NOVEMBRO - 2015

**PRODUÇÃO DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO VERDE,
BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO**

JOÃO PAULO FERREIRA DE OLIVEIRA

APROVADO EM: 30 DE NOVEMBRO DE 2015

Prof. Dr. Mácio Farias de Moura
UAG/UFRPE
(Orientador)

Dr. Antonio Félix da Costa
Pesquisador do Instituto
De Pernambuco/IPA
(Examinador)

Prof. Dr. Jeandson Silva Viana
UAG/UFRPE
(Examinador)

A Deus, por ser minha fortaleza.

A minha família, pela força e apoio.

*Aos meus amigos que estiveram presentes na minha caminhada e acreditaram na
concretização deste ideal.*

Dedico

AGRADECIMENTO

Agradeço a DEUS em primeiro lugar, por ter me guiado na realização deste sonho, a obtenção do título de mestre, pois, além de sonho, era um objetivo, que se tornou realidade. Agradeço mais ainda por ter-me dado forças na caminhada para superar momentos difíceis e aproveitar os momentos de felicidades.

Aos meus pais pelo incentivo e participação em todos os momentos, mostrando-me, entre vários caminhos diferentes, qual era o melhor para a minha vida e pela presença contínua, sempre acreditando no meu potencial como aluno e ser humano.

Ao meu professor e orientador Mácio Farias de Moura, pelos ensinamentos ao longo da minha caminhada acadêmica. E também por ter sido mais do que um orientador, um amigo que me apoiou em minhas decisões, fortalecia ainda mais meus conhecimentos e aprendizado.

Aos meus professores de graduação, em especial: Mácio Farias de Moura, Jeandson Silva Viana, Edilma P. Gonçalves, Cristiano Souza Lima, Mairon Moura da Silva e Mário Sansuke Maranhão Watanabe, pelas contribuições para a minha formação profissional. A todos os outros professores que contribuíram em minha formação. Aos membros da banca que aceitaram contribuir com suas experiências na minha formação.

Aos funcionários da UAG técnicos administrativos, vigias e o pessoal da manutenção que contribuíram de alguma forma.

Aos meus colegas de trabalho no grupo de pesquisa, Bruna Morais de Souza, Jeferson da Silva Zumba; Marcos de Oliveira; Ávilo Renan Rodrigues Vilela; Monalise de Melo Moraes e Maysa Bezerra de Araújo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns – pela minha formação na graduação e agora mestrado.

À CAPES e à FACEPE, pela concessão de bolsa e apoio financeiro na realização deste trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Produção Agrícola na Unidade Acadêmica de Garanhuns, ao CENLAG (Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica

de Garanhuns) pelo uso de materiais e equipamentos fundamentais para realização das análises.

Aos meus irmãos, por terem sido presentes e verdadeiros companheiros, fortalecendo mais ainda este alicerce, porém mais ainda pela confiança que tiveram em mim e na minha capacidade como aluno e futuro profissional.

A todos os meus colegas e amigos de sala de aula pela amizade, respeito, honestidade, confiança, interação, alegrias, tristezas, e principalmente, companheirismo.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Muito Obrigado.

BIOGRAFIA

JOÃO PAULO FERREIRA DE OLIVEIRA, filho de Sebastião Ferreira de Oliveira e Maria Ferreira de Oliveira, nascido em 17 de junho de 1984, na cidade de Garanhuns, estado de Pernambuco.

Em 2008, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, graduando-se em junho de 2013.

Em agosto de 2013, iniciou o curso de mestrado no Programa de Produção Agrícola pela mesma instituição, concentrando seus estudos na área de Fitotecnia, submetendo-se à defesa pública de dissertação em novembro de 2015.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm, antes do preparo da área experimental.....	21
Tabela 2. Análise Física do solo (granulométrica) da área experimental, nas profundidades de 0-20 cm para fins de irrigação e fertilidade.	21
Tabela 3. Produção da biomassa fresca e seca das leguminosas.	22
Tabela 4. Caracterização do composto Orgânico.	27
Tabela 5. Análise química do biofertilizante líquido.....	27
Tabela 6. Comprimento de raízes comerciais (CRC) e totais (CRT), em função de diferentes adubos orgânicos.....	32
Tabela 7. Comportamento da mandioca em relação ao diâmetro de raízes comerciais (DRC) e totais (DRT) em função de diferentes adubos orgânicos	36
Tabela 8. Número de raízes comerciais (NRC) e totais (NRTP) por planta de mandioca cultivada em função de diferentes adubos Orgânicos.....	39
Tabela 9. Massa fresca de raízes comerciais (MFRC) e totais (MFRT) em função de diferentes adubos orgânicos.....	43
Tabela 10. Produtividade de raízes comerciais (PRC) e totais (PRT) em função diferentes adubos orgânicos.....	47
Tabela 11. Índice de colheita (IC), percentagem de matéria seca da raiz (PMSR) e percentagem de teor de amido (PTA) em função de diferentes adubos orgânicos.....	52
Tabela 12. Umidade da raiz de mandioca (URT) e rendimento de farinha (RF) da cultura da mandioca em função de diferentes adubos orgânicos	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental e a instalação do experimento.....	18
Figura 2. Temperatura máxima, média e mínima em °C, e precipitações (mm) observadas durante a condução do experimento.	19
Figura 3. Umidade relativa do ar.	19
Figura 4. Radiação Média em KJ/m ²	20
Figura 5. Leguminosas utilizadas como adubo verde; Crotalária (A); Feijão guandu anão (B); Feijão de corda (C) e Feijão de porco (D).....	22
Figura 6. Presença e ausência de composto orgânico nas covas (6 A) e codificação das concentrações de biofertilizante na cultura da mandioca por meio fitas de coloridas (6 B).23	
Figura 7. Diâmetro (A) e comprimento (B) de manivas sementes.	24
Figura 8. Confeção da pilha de compostagem: camada composta por resíduos vegetais secos (A); camada composta por resíduos vegetais verdes (B); camada composta por esterco bovino fresco (C); pilha de compostagem finalizada (D).	25
Figura 9. Aferição da temperatura da pilha de compostagem por meio de um bastão de ferro.....	26
Figura 10. Biofertilizante líquido enriquecido pelo pó de rocha MB-4.	28
Figura 11. Comprimentos de raízes de mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.	34
Figura 12. Diâmetro da raiz comercial de mandioca em função de diferentes concentrações de biofertilizante e adubos verdes.....	37
Figura 13. Números de raízes comerciais e totais na presença ou ausência do composto em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.	41
Figura 14. Massa fresca da mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.	44
Figura 15. Produtividade de mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.	49

Figura 16. Índice de colheita (a) e percentagem de teor de amido da mandioca (b), na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.....54

Figura 17. Percentagem de umidade da raiz e rendimento da farinha de mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.....56

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	18
2.2. SOLO.....	20
2.3. POPULAÇÃO, AMOSTRA, TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL.....	21
2.4. COMPOSTO ORGÂNICO.....	25
2.5. BIOFERTILIZANTE.....	27
2.6. CARACTERÍSTICAS ANALISADAS:.....	28
2.7. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E ANÁLISE DOS DADOS.....	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4. CONCLUSÕES.....	58
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

RESUMO

Existem diversas fontes de adubos orgânicos capazes de atender à necessidade das culturas, promovendo produções que possibilitam remunerar satisfatoriamente o produtor, sem, contudo promover alterações no ambiente agrícola. Neste sentido, esta pesquisa teve por objetivo estudar o efeito de adubos verdes, biofertilizante líquido e compostagem nas características produtivas da mandioca. O experimento foi conduzido no sítio Fojos, Município de Garanhuns, utilizando o delineamento de blocos ao acaso, em esquema de sub-subparcela (4 x 2 x 4), sendo quatro leguminosas na parcela (crotalária, feijão de corda, feijão de porco, feijão guandu anão), ausência e presença de composto orgânico (subparcela) e quatro concentrações de biofertilizante nas sub-subparcelas (0, 5, 10 e 15%). As variáveis analisadas foram: comprimento de raízes comerciais e totais; diâmetro médio das raízes comerciais e totais; número de raízes comerciais e totais por planta; massa fresca de raízes comerciais e totais por planta; produtividade de raízes comerciais e totais; índice de colheita; percentagem de matéria seca da raiz; percentagem do teor de amido; umidade da raiz tuberosa e rendimento de farinha. Os dados foram submetidos à análise de variância. E as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o estudo das concentrações do biofertilizante, foi empregada à análise de regressão polinomial. A adubação verde pode suprir as plantas na ausência do composto orgânico, em especial o adubo verde feijão de porco, sem comprometer os componentes produtivos da mandioca. O composto orgânico associado com o feijão de porco e o feijão guandu anão aumentou o número e a produtividade das raízes comerciais. A produtividade da mandioca nas áreas incorporadas com o feijão guandu anão aumentou em função das concentrações do biofertilizante. O adubo verde feijão guandu anão, associado ao biofertilizante, aumentam o teor de amido e o rendimento da farinha.

Palavras chaves: manejo orgânico, agricultura familiar, adubos orgânicos, *Manihot esculenta*, componentes de produção.

ABSTRACT

There are several sources of organic fertilizers, able to meet the need of cultures, promoting productions that make it possible to remunerate satisfactorily the producer without promoting changes in the agricultural environment. In this sense, this research aimed to study the effect of green manures, composting and foliar fertilizer on the productive characteristics of cassava. The experiment was conducted at the Fojos site, municipality of Garanhuns, using the design of blocks at random, in sub-subparcela scheme (4 x 2 x 4), four legumes on plot (Sunn hemp, string bean, bean, pigeon pea bean dwarf), absence and presence of organic compound (sub-plot) and four concentrations of biofertilizer in sub-subparcelas (0, 5, 10:15%). The variables analyzed were: length of commercial roots and totals; mean diameter of the roots and total trade; number of total and commercial roots per plant; fresh pasta business and total root per plant; commercial roots and total productivity; harvest index; percentage of root dry matter; percentage of starch content; moisture of Tuberous root and yield of flour. The data were subjected to analysis of variance. And averages compared by Tukey test at 5% probability. To the study of bio-fertilizer concentrations, was employed to polynomial regression analysis. The green manure can supply plants in the absence of organic compound, particularly the Green pig bean fertilizer, without compromising the productive components of manioc. The organic compound associated with the pork and beans the guandu dwarf beans increased the number and productivity of commercial roots. Productivity of cassava in the areas incorporated with the guandu dwarf beans increased as a function of the concentrations of biofertilizer. Green pigeon pea bean dwarf compost, associated with the bio-fertilizers, increase the levels of starch and flour yield.

Key words: organic management, family agriculture, organic fertilizers, *Manihot esculenta*, production components.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) se adapta às mais variadas condições climáticas, apresentando como características fundamentais resistências a períodos longos de seca, estabelecimento em áreas com baixa fertilidade do solo e não necessita de manejo intenso (ONYEKA, 2005).

Essa cultura apresenta uma boa aceitação no mercado mundial, devido a suas raízes serem ricas em amido, que é fonte calórica muito importante, principalmente para famílias de baixa renda, além de ser considerada como um dos alimentos básicos das populações indígenas (COCKCROFT, 2004). Nas indústrias, essa cultura também possui sua importância, pois com o seu beneficiamento pode-se produzir balas, etanol, ser utilizada em ração animal e também como fonte alternativa na geração de energia (MARQUES, 2000).

O Brasil configura-se como o terceiro maior produtor de mandioca no mundo, ocupando 1,7 milhão de hectares, e produzindo anualmente cerca de 23,04 milhões de toneladas (FAO, 2014). Segundo a Conab (2012), a cultura da mandioca é a quarta mais produzida no país, ficando atrás apenas da cana-de-açúcar, soja e milho (1^a safra).

Cerca de 37% da produção nacional encontra-se na região Nordeste, que é utilizada na produção artesanal de farinha, enquanto que a mandioca mansa é utilizada diretamente na alimentação humana (SOUZA, 2009). No estado de Pernambuco, os principais municípios produtores são: Araripina, Caetés, Ipubi, Jucati, Jupi e São João, (CUENCA & MANDARINO, 2006).

Apesar da importância dessa cultura para a região Nordeste, têm-se constatado baixas produtividades. No estado de Pernambuco, a produtividade média é de 8.887 kg ha⁻¹ (IBGE, 2014). Entre os motivos para tão baixa produtividade estão a não realização de práticas culturais, assim como adubação de maneira inadequada e a exploração desordenada do solo que provoca o empobrecimento da área explorada. Outro fator que contribui negativamente na produtividade é a escassez de água, pois, déficit hídrico entre 30 a 150 dias após o plantio, pode reduzir a produtividade em 62% (FUKUDA e IGLESIAS, 1995).

A fim de reduzir tais problemas, têm-se sugerido tecnologias de baixo impacto ambiental, e com possibilidade de permitir boas produções. Dentre estas, destacam-se o composto orgânico, biofertilizante e os adubos verdes.

O composto orgânico, melhora a estrutura do solo, minimiza a erosão por favorecer a formação dos agregados, auxilia na manutenção da fertilidade do solo pela liberação de nutrientes através do processo de decomposição e pelo fluxo dos nutrientes que são liberados na solução do solo (BARROS e LIBERALINO FILHO, 2008). Também quando se adiciona a matéria orgânica no solo tem-se um efeito semelhante ao da calagem na correção da acidez e na neutralização de níveis tóxicos de alumínio (DAMATTO JUNIOR et al., 2006).

Após a estabilização das reações químicas durante a compostagem, os resíduos estáveis como as substâncias húmicas proporcionam melhorias como fonte de adubos para os solos (SAKAI et al., 2011). Visto que as mudanças estruturais nos grupos funcionais, carboxílicos e fenólicos de grande reatividade atuam nas reações de troca iônica, fazendo com que haja a adsorção e redução da disponibilidade dos metais pesados (SANTOS, et al., 2015). Além do mais é importante ressaltar que o composto, por possuir uma taxa de mineralização lenta, pode contribuir na redução da lixiviação do nitrato, retardando a conversão do N orgânico em nitrato (EVANYLO et al., 2008).

Segundo Rós et al. (2013), adição do adubo orgânico esterco de galinha favorece acréscimos na produtividade de raízes de mandioca, resultando no aumento do número de raízes, da mesma forma que nas melhorias das propriedades físico-química do solo.

O uso do biofertilizante pode disponibilizar uma gama de nutrientes para a cultura da mandioca, pois segundo Maia et al. (2008) a composição química do biofertilizante pode variar de acordo com o material que o originou. Dessa forma, em sua composição básica, podem estar presentes 12 elementos essenciais.

Quando o biofertilizante é aplicado via foliar proporciona às plantas um equilíbrio nutricional tornando-as mais predispostas às condições ambientais. Além dos efeitos benéficos proporcionados na planta, quando aplicado via solo, tem-se a formação de uma camada que impede as perdas de água por evaporação, mantendo-a por mais tempo no sistema (CAVALCANTE, et al., 2010).

Outra fonte de adubação promissora são os adubos verdes, por proporcionar boa cobertura do solo, e quando incorporadas atuam nos processos da constituição química, física e biológica do solo (CAVALCANTE et al., 2012). As leguminosas proporcionam a adição de nitrogênio ao solo pelo processo de fixação biológica, a ciclagem de nutrientes em função da extração e mobilização de nutrientes de camadas mais profundas do subsolo, eleva a capacidade de troca catiônica (CTC) e possibilita o incremento na microbiota do solo (ANDRADE et al., 2009). Por outro lado, contribui no controle de plantas daninhas (FAVERO, et al., 2001).

A adubação verde em substituição ou em complemento aos fertilizantes químicos sintéticos tem-se mostrado propícia em sistemas orgânicos. Visto que esses materiais quando adicionados ao solo sofrem a quebra de elementos de fácil decomposição, iniciando um processo rápido de mineralização do nitrogênio (AMBROSANO, et al.; 2011).

Leguminosas herbáceas como feijão de porco, feijão guandu anão, crotalária e feijão de corda constituem espécies bastante utilizadas na adubação verde (CORRÊIA, et al.; 2014). A fixação de N atmosférico por bactérias em simbiose com essas leguminosas pode contribuir significativamente na redução de insumos à base de nitrogênio. Uma vez que, vários autores em seus experimentos encontraram acúmulos de N pelo feijão guandu de 280 kg ha⁻¹ (CASTRO & PREZOTTO, 2008), crotalária de 305 kg ha⁻¹ (PERIN et al., 2004), feijão de corda 154 kg ha⁻¹ (SATO, 2014) e o feijão de porco 246 kg ha⁻¹ (FONTANÉTTI et al., 2006) por ciclo da leguminosa.

Em síntese, o uso de adubos orgânicos no solo atua tanto na melhoria das condições físicas, como na maior retenção e armazenamento de água, quanto nas propriedades químicas, no fornecimento de nutrientes às plantas e na maior capacidade de troca catiônica do solo CTC (SOUZA et al. (2005).

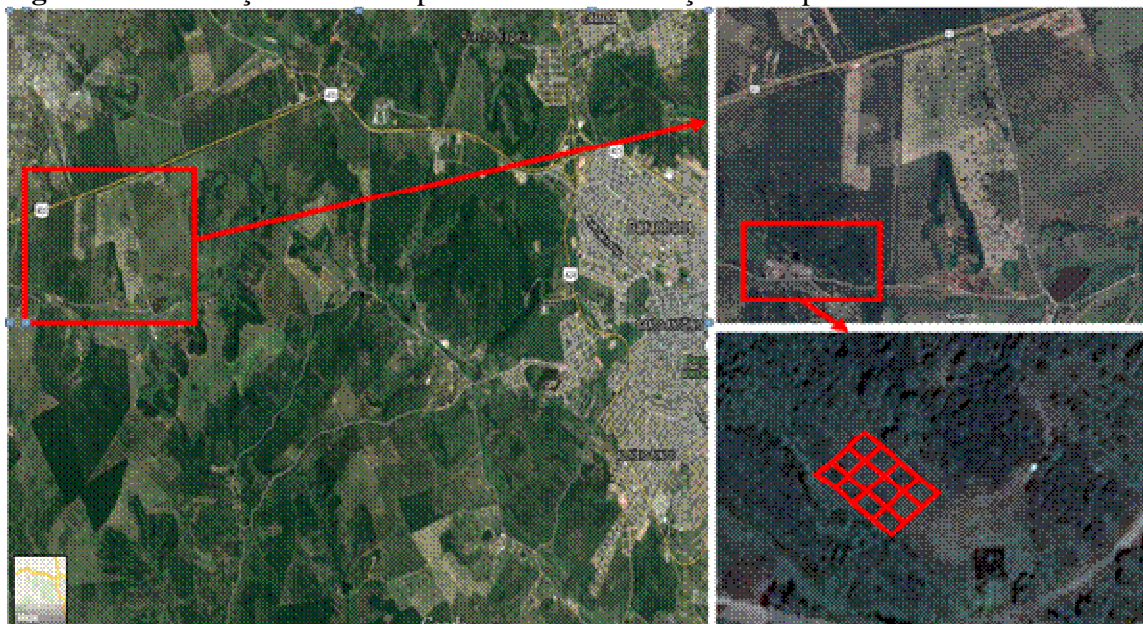
Diante do exposto esse trabalho teve por objetivo estudar o efeito de adubos verdes, biofertilizante líquido e compostagem nas características produtivas da mandioca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

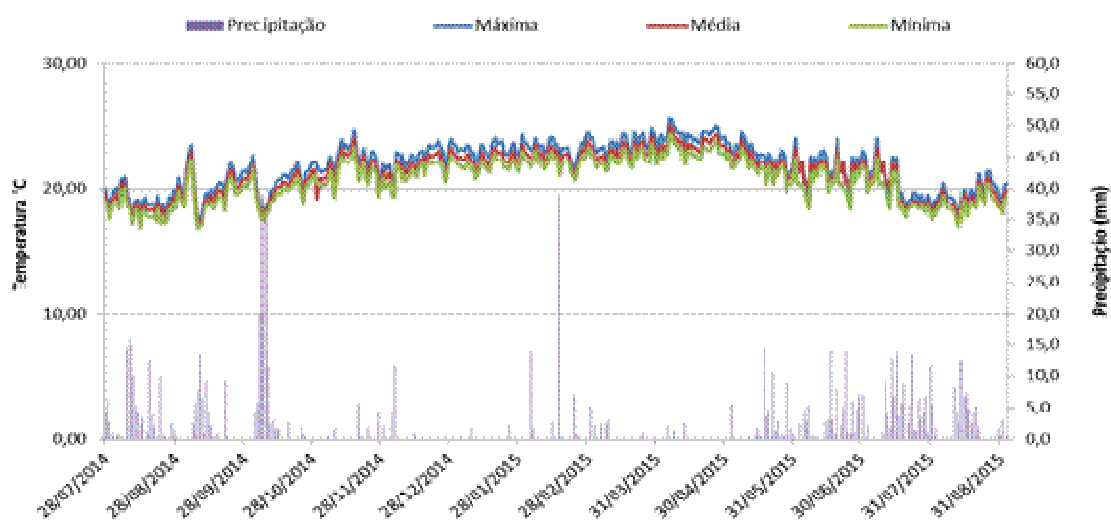
O experimento foi conduzido em campo, no município de Garanhuns – Pernambuco, no sítio Fojos, tendo como coordenadas: latitude 08° 53' 21" S e longitude de 36° 34' 13" O, altitude de 817 m (EARTH, 2015), (Figura 1) durante o ano agrícola 2014/15. O município tem clima tropical chuvoso com verão seco (Classificação climática de Köppen-Geiger: As'), com médias anuais de temperaturas 20,4 °C, umidade relativa de 80% e precipitações entre 500 e 1100 mm (GUEDES, 2013). Os dados climáticos de temperatura mínima, média e máxima, umidade relativa, precipitação e radiação média, observadas durante a condução do experimento, podem ser vistos nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 1. Localização da área experimental e a instalação do experimento.



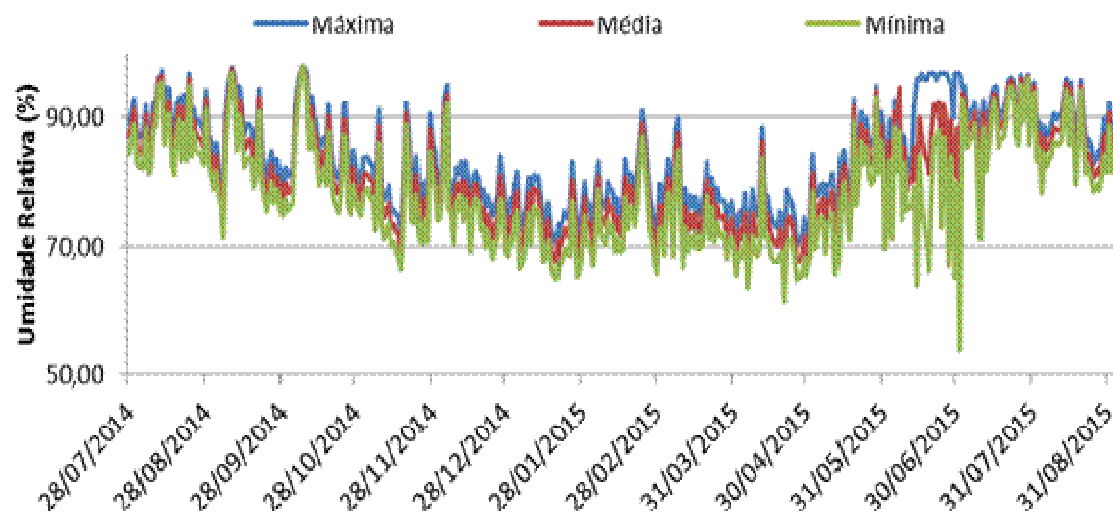
Fonte: Google Earth, 2015.

Figura 2. Temperatura máxima, média e mínima em °C, e precipitações (mm) observadas durante a condução do experimento.



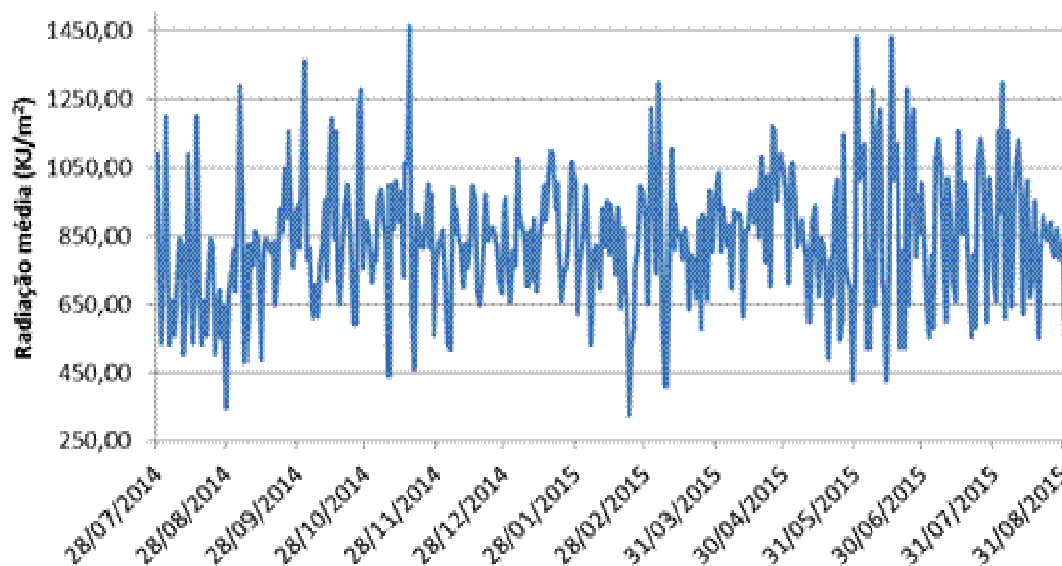
(Fonte: INMET, 2015)

Figura 3. Umidade relativa do ar.



(Fonte: INMET, 2015)

Figura 4. Radiação Média em KJ/m².



(Fonte: INMET, 2015)

As avaliações foram conduzidas em campo e em laboratório (Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns/CENLAG/UAG), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

2.2. SOLO

Foi realizada coleta do solo antes do semeio das leguminosas empregadas como adubo verde, com cinco amostras simples por bloco, procedendo-se à mistura e posterior envio das amostras compostas para o Laboratório de Análise da Fertilidade de Solos do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, para determinação química e física do solo. Os resultados das análises de solo podem ser observados nas Tabelas 1 e 2. O solo da área experimental foi caracterizado como FRANCO – ARENOSO determinado pela análise física do solo, e tendo uma classificação do perfil de PODZÓLICO AMARELO com textura Média / Argilosa (EMBRAPA, 2006).

Tabela 1. Atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm, antes do preparo da área experimental.

Blocos	pH (H ₂ O)	P mg/dm ³	Ca	Mg	Na	K	Al	H	S	CTC	V	m	
			----- cmolc/dm ³ -----									--- (%) ---	
1	5,60	7	2,50	0,60	0,06	0,49	0,00	3,71	3,7	7,4	50	0	
2	5,30	7	1,85	1,15	0,07	0,33	0,05	4,24	3,4	7,7	44	1	
3	5,40	10	2,70	1,30	0,08	0,54	0,05	1,56	4,6	8,8	52	1	

Fonte: IPA, 2015

Tabela 2. Análise Física do solo (granulométrica) da área experimental, nas profundidades de 0-20 cm para fins de irrigação e fertilidade.

Textura (%)	Dap	Dr	AG	AF	Silte (%)	Argila	AN	GF	UR	AD (mm/cm)
FA	1,52	2,6	71	10	4	15	6	60	2,40	1,04

Fonte: IPA, 2015

2.3. POPULAÇÃO, AMOSTRA, TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL

Após as análises do solo, foi realizado o plantio inicialmente das leguminosas empregadas como adubo verde: feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), feijão guandu anão (*Cajanus cajan* L. Millsp.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e feijão de corda (*Vigna unguiculata* L. Walp), num espaçamento de 0,5 m entre fileira. As sementes foram semeadas nas linhas, sendo na quarta semana realizado o desbaste das plantas, deixando em média 54 plantas do feijão guandu anão, 39 de crotalária, 19 do feijão de corda e 11 plantas do feijão de porco por metro linear. Cada leguminosa foi plantada em parcelas diferentes (Figura 5).

Foi empregado o esquema de sub-subparcelas 4 x 2 x 4, sendo quatro leguminosas (parcelas), ausência e presença de composto orgânico (subparcelas) e quatro concentrações de biofertilizante (sub-subparcelas).

Antes do corte das leguminosas, foi retirada uma amostra da área útil (1 m linear), de cada leguminosa para determinação da biomassa fresca e seca. A biomassa fresca das

leguminosas foi obtida por meio da pesagem em balança de precisão. As amostras foram levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir peso constante para a determinação da massa seca Tabela 3 (ANDRADE NETO et al., 2010).

Tabela 3. Produção da biomassa fresca e seca das leguminosas.

Leguminosas	Biomassa fresca kg ha ⁻¹	Biomassa seca kg ha ⁻¹
Feijão de porco	12466,7	2280,0
Feijão guandu anão	6933,3	1293,3
Crotalária	6200,0	993,3
Feijão de corda	3666,7	666,7

Figura 5. Leguminosas utilizadas como adubo verde; Crotalária (A); Feijão guandu anão (B); Feijão de corda (C) e Feijão de porco (D).



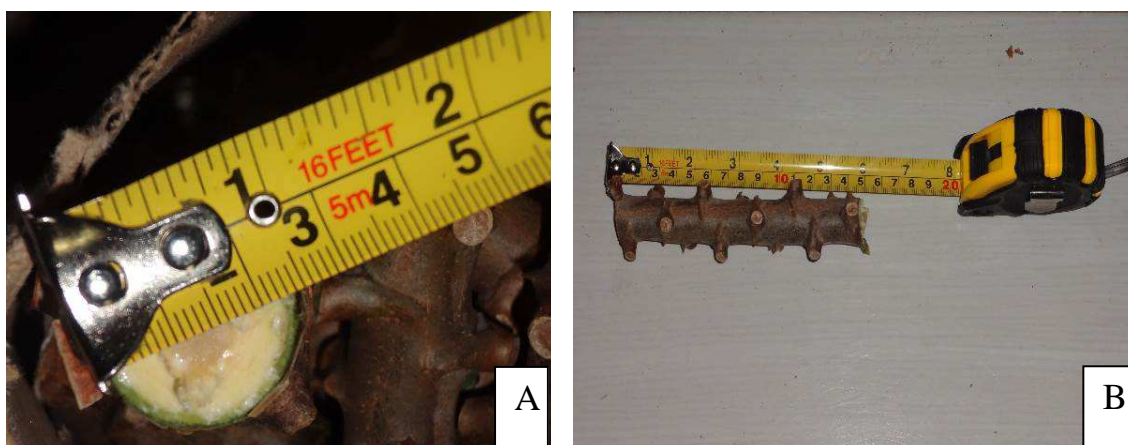
Figura 6. Presença e ausência de composto orgânico nas covas (6 A) e codificação das concentrações de biofertilizante na cultura da mandioca por meio fitas de coloridas (6 B).



Por ocasião da floração de cada leguminosa, foi feito o corte e posterior incorporação. Passados 34 dias, foi realizada a divisão da parcela em duas partes presença e ausência de composto orgânico, onde, por meio de sorteio, uma parte recebeu o composto orgânico e outra não (Figura 6A), constituindo dessa forma a subparcela. Na referida época, ocorreu a abertura das covas com enxada e plantio das manivas sementes. A variedade plantada foi a Sambaquim utilizada pelos agricultores do Agreste Meridional.

As manivas sementes foram obtidas de uma área de cultivo cujas plantas de mandioca estavam com 12 meses de idade, colhendo-se do terço médio das plantas, com 2,5 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento (Figura 7).

Figura 7. Diâmetro (A) e comprimento (B) de manivas sementes.



O plantio foi realizado num espaçamento de 1 x 0,5 m, sendo seis fileiras com 11 plantas cada, perfazendo 66 plantas por unidade experimental e 264 dentro de cada bloco. As linhas centrais da unidade experimental foram a base para análise dos dados do experimento, ou seja, 8 m² central de cada sub-subparcela.

A aplicação do biofertilizante (sub-subparcela) ocorreu aos 60 dias após o plantio (DAP), época em que se iniciou a diferenciação das raízes de reserva de amido, distinguindo-se das raízes fibrosas. A aplicação foi realizada a cada 15 dias, até 180 dias após o plantio (DAP), fase final da diferenciação das raízes tuberosas. As concentrações de biofertilizantes foram (0, 5, 10 e 15%) codificadas com as cores azul, vermelho, amarelo e verde para facilitar no momento da aplicação (Figura 6 B).

Durante o período de crescimento das leguminosas e da mandioca a precipitação acumulada foi de 810,2 mm, conforme dados obtidos pela estação meteorológica instalada em Garanhuns-PE (INMET, 2015). Em virtude da má distribuição da referida precipitação no decorrer do experimento, foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão fixa, o qual era acionado quando constatado ausência de chuva superior a 15 dias, sendo aplicada uma

lâmina de 4,2 mm/dia, quatro vezes por semana, segundo recomendação da Embrapa Mandioca e Fruticultura (SOUZA e FREITAS FILHO, 2003), que é de 30 a 40 mm a cada 15 dias pra se obter um bom desenvolvimento das plantas de mandioca.

Os tratos culturais como capina manual nas leguminosas ou na cultura da mandioca foram realizados com o auxílio de enxadas. A colheita das raízes da mandioca foi realizada aos 12 meses após o plantio (MAP).

2.4. COMPOSTO ORGÂNICO

O composto orgânico foi obtido a partir da compostagem de ervas espontâneas, para a confecção do composto realizou-se aplicação de camadas de vegetais, começando com uma de 20 cm, constituída de material seco. Em seguida, acrescentou-se ervas espontâneas, na mesma altura da primeira camada, e outra de esterco bovino, numa altura aproximada de 5 cm. A partir da quarta camada, apenas esterco bovino e ervas espontâneas foram empregadas, até alcançar uma altura de 1,50 m (Figura 8).

Figura 8. Confecção da pilha de compostagem: camada composta por resíduos vegetais secos (A); camada composta por resíduos vegetais verdes (B); camada composta por esterco bovino fresco (C); pilha de compostagem finalizada (D).



A pilha foi revolvida a cada 15 dias, mudando o material que estava nos lados para o centro da pilha. Sempre que a pilha era revolvida, verificava-se a sua umidade.

A temperatura da pilha foi aferida introduzindo um bastão de ferro no centro da pilha, deixando-o por alguns minutos (Figura 9). De acordo com seu grau de aquecimento, era realizada ou não a irrigação. O processo foi concluído com aproximadamente 120 dias. A dose do composto orgânico aplicado nas parcelas foi equivalente a $8,766 \text{ t ha}^{-1}$ ou 1 litro por cova, que corresponde a aproximadamente 438 gramas.

Para determinação da densidade do composto orgânico, foram coletadas duas amostras do material da pilha de compostagem e levadas para o laboratório de Solos e Geologia, da UAG/UFRPE (Unidade Acadêmica de Garanhuns/ Universidade Federal Rural de Pernambuco). Em seguida, a amostra foi colocada sobre papel alumínio e posta para secar, após quatro dias, a mesma foi peneirada em uma peneira de 2 mm, colocada em cápsulas de pvc com as dimensões de 5 cm de altura por 5 cm de diâmetro, e pesadas em balança. O peso do composto foi obtido pela diferença do peso das cápsulas cheias com o material com o peso das capsulas vazias, e a densidade do composto foi determinada pela divisão da massa/volume.

Figura 9. Aferição da temperatura da pilha de compostagem por meio de um bastão de ferro.



A caracterização química do composto foi determinada no Laboratório de Fertilidade de Solos do Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização do composto Orgânico.

Mat. Org.	Um	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	pH
(g/kg)	(%)	--Teor na matéria seca a 70 °C (g/kg)--							-Teor na matéria seca a 70 °C (mg/kg)-						
310	48	13,6	4,03	13,50	12,6	4,9	242	18/1	7	25	2840	41	84	630	6,3

Fonte: IPA, 2015

2.5. BIOFERTILIZANTE

Para a elaboração do biofertilizante, foi adquirida bombona plástica com capacidade para 240 litros de água, a qual foi colocada em baixo de uma árvore para evitar evaporação da solução. Foram colocados 40 litros de digesta bovina, retirados do rúmen bovino, que foi adquirido no matadouro do município de São João – PE. Após a coleta, o material foi encaminhado para a área experimental onde foi utilizada na confecção do biofertilizante, depois, completou-se a bombona plástica com 160 litros de água (Figura 10).

Após 72 horas, foi adicionado ½ kg de MB-4 que é um pó de rocha de duas pedras, que contém diversos nutrientes (minerais: magnésio, ferro, fósforo, potássio, cálcio, enxofre, cobre, zinco e manganês, entre outros). Ao final, manteve-se o sistema sob fermentação aeróbica por mais de 30 dias, para em seguida, proceder à aplicação nas plantas de mandioca (MARTENS et al., 2008). O biofertilizante foi empregado nas concentrações de 0, 5, 10 e 15%, cuja composição química está descrita na Tabela 5.

Tabela 5. Análise química do biofertilizante líquido.

M.O	C.O	C/N	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn			
----	----	----	----	----- g/L ⁻¹ -----							----- mg/L ⁻¹ -----							
----	----	----	----	----- % -----														
0,24	0,14	7,00	7,67	0,04	0,04	0,06	0,04	0,02	0,02	0,1	9,25	2,28	105,1	2,37	48,42			

M.O: matéria orgânica; C.O: composto orgânico; C/N: relação carbono/nitrogênio. Fonte: Laboratório de Análise de Solos do Brasil (LABORSOLO) – 2013.

Figura 10. Biofertilizante líquido enriquecido pelo pó de rocha MB-4.



2.6. CARACTERÍSTICAS ANALISADAS:

Raízes Tuberosas

- **Comprimento das raízes comerciais (cm):** Foram realizadas medições por meio de régua graduada em milímetros em todas as raízes tuberosas de cada sub-subparcela. Foram considerados comerciais as que tiveram comprimento maior que 10 cm (SCHONS et al., 2009);
- **Comprimento de raízes totais (cm):** Obtida por meio de medições de todas as raízes comerciais e não comerciais das plantas de cada sub-subparcela, utilizando uma régua graduada em milímetros (SCHONS et al., 2009);
- **Diâmetro médio da Raiz (mm):** Avaliado em todas as raízes tuberosas comerciais, medindo-se, na parte central da raiz por meio de paquímetro graduado em mm, sendo consideradas comerciais as que tivessem diâmetros maiores que 20 mm (SCHONS et al., 2009);
- **Diâmetro de raízes totais (mm):** Obtido por meio da soma dos diâmetros de todas as raízes por planta (SCHONS et al., 2009);

- **Número de raízes comerciais por planta:** por contagem direta, considerando como raízes comerciais, as que tivessem comprimento maior que 10 cm e diâmetro superior a 20 mm (SCHONS et al., 2009);
- **Número de raízes totais por Planta:** soma dos números de raízes comerciais e não comerciais por planta (SCHONS et al., 2009);
- **Massa fresca de raízes comerciais por planta (kg):** Obtida por meio da pesagem das raízes em balança de precisão, do total das raízes com o comprimento maior que 10 cm colhidas na área útil;
- **Massa fresca de raízes totais por planta (kg):** Obtido por meio do somatório das médias referente à massa fresca de raízes comerciais e não comerciais de mandioca;
- **Produtividade de raízes comerciais (t ha⁻¹):** Pesagem das raízes tuberosas com comprimento superiores a 10 cm em balança de precisão, e estimadas em t ha⁻¹, de todas as plantas da área útil de cada sub-subparcela;
- **Produtividade total (t ha⁻¹):** pesagem das raízes tuberosas comerciais e não comerciais e estimadas em t ha⁻¹, de todas as plantas da área útil de cada sub-subparcela;
- **Índice de colheita (%):** relação expressa em %, com base na formula [(MR/MT) * 100], em que MR é o peso da massa das raízes e MT massa total das plantas (CARDOSO JÚNIOR et al., 2005);
- **Porcentagem de matéria seca da raiz (%):** Determinado pelo método da balança hidrostática, com base na fórmula proposta por Grossmann e Freitas (1950): $MS = 15,75 + 0,0564R$, em que R é o peso de 3 kg de raízes em água;
- **Porcentagem do teor de amido nas raízes tuberosas (%):** Calculada pela subtração da constante 4,65 do teor de matéria seca (GROSSMANN & FREITAS, 1950);
- **Umidade da raiz tuberosa (%):** Determinado pela da diferença entre a massa total das raízes e a porcentagem de matéria seca, pela formula: $U = 100 - MS$, onde MS é matéria seca (GROSSMANN & FREITAS, 1950);
- **Rendimento de Farinha (%):** calculado por meio da equação: $Y = 2,57567 + 0,0752613X$, sendo Y a porcentagem de farinha e X o peso de 3 kg de raiz na água obtido pelo método da balança hidrostática (FUKUDA E CALDAS, 1987).

2.7. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E ANÁLISE DOS DADOS

Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados em esquema de sub-subparcelas (4 x 2 x 4), sendo quatro leguminosa (parcela), ausência e presença de composto orgânico (subparcela) e quatro concentrações de biofertilizante (sub-subparcelas). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o estudo das concentrações do biofertilizante, foi empregada, à análise de regressão polinomial, sendo escolhido o modelo de maior grau significativo que permita a explicação dos fenômenos biológicos e que possua coeficiente de determinação superior a 50%. As análises estatísticas foram efetuadas pelo Software SAEG versão 5.0. (EUCLYDES, 1983).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pela Tabela 6 que, de modo geral, o emprego das leguminosas como adubo verde sem composto orgânico resultou em maiores comprimentos de raízes comerciais de mandioca. Com destaque para as concentrações zero e cinco % de biofertilizante, constatando-se maior comprimento para raízes colhidas de plantas de mandioca adubadas com o adubo verde feijão de porco diferindo estatisticamente do comprimento obtido de raízes tuberosas cujas plantas foram cultivadas com a incorporação do feijão de corda e feijão guandu na presença e ausência do composto orgânico, respectivamente. É provável que a maior produção de biomassa do feijão de porco tenha atendido as necessidades nutricionais da planta de mandioca resultando em raízes de maior comprimento, sendo a menor produção de biomassa, menor disponibilização de N, e possível imobilização deste para decomposição do composto orgânico, a razão para o menor comprimento de raiz comercial verificado com o emprego do feijão de corda como adubo verde. Segundo Sato (2014), em seu experimento constatou que o feijão de corda entre essas leguminosas é o que disponibiliza menos N por área, pois se tem uma menor produção de biomassa, e maior fotorrespiração nas folhas de mandioca, o que pode ter reduzido a translocação de fotoassimilado para a raiz, no caso do menor comprimento das raízes comerciais, onde se incorporou o feijão guandu anão na ausência de composto orgânico e concentração cinco % de biofertilizante.

A influência do composto orgânico para o comprimento de raízes comerciais, foi negativa nas parcelas onde se incorporaram os adubos verdes feijão de corda e crotalária, nas concentrações zero e dez %, respectivamente, diferindo das parcelas que não receberam o composto. Estes resultados diferem dos que foram obtidos por Rós et al. (2013), ao avaliarem o uso de adubo orgânico na cultura da mandioca em concentrações de 0, 6, 12 e 18 t ha⁻¹, não encontrando diferença estatística para o comprimento das raízes tuberosas entre as concentrações. O menor comprimento das raízes de mandiocas cultivadas nessas parcelas pode ter ocorrido devido à quantidade de biomassa produzida entre as leguminosas neste experimento e pelo ciclo da cultura, pois Diniz et al. (2014) afirmam que a velocidade

de decomposição da matéria seca e da mineralização do N pela crotalária aumenta à medida que reduz a quantidade colocada no solo.

Tabela 6. Comprimento de raízes comerciais (CRC) e totais (CRT), em função de diferentes adubos orgânicos

Concentrações (%)	Leg.	CRC (cm)		CRT (cm)	
		----- CO -----		----- CO -----	
		Com	Sem	Com	Sem
0	FP	20,12 a A	20,63 a A	13,86 a A	14,71 a A
	FG	18,17 ab A	19,18 a A	12,55 a A	14,46 a A
	C	18,49 ab A	20,48 a A	12,76 a A	13,55 a A
	FC	16,63 b B	20,11 a A	12,38 a A	13,93 a A
5	FP	18,98 a A	21,50 a A	13,04 a A	15,10 a A
	FG	18,98 a A	17,90 b A	13,41 a A	13,25 a A
	C	17,88 a A	18,90 ab A	12,26 a A	13,13 a A
	FC	19,15 a A	20,67 ab A	12,26 a A	14,08 a A
10	FP	19,72 a A	19,61 a A	14,06 a A	13,37 a A
	FG	19,43 a A	18,74 a A	13,13 ab A	13,50 a A
	C	17,57 a B	21,08 a A	10,64 b B	13,93 a A
	FC	18,58 a A	18,38 a A	13,52 ab A	14,06 a A
15	FP	20,82 a A	19,97 a A	14,16 a A	13,30 a A
	FG	17,82 a A	17,88 a A	12,81 a A	12,52 a A
	C	20,14 a A	18,18 a A	14,55 a A	12,47 a A
	FC	19,58 a A	17,96 a A	14,41 a A	13,10 a A
CV (%) parcela		10,90		13,19	
CV (%) subparcela		12,11		37,83	
CV (%) sub-subparcela		8,14		21,98	

Leg = leguminosas; CO = composto orgânico; FP = feijão de porco; FG = feijão guandu anão; C = crotalária; FC = feijão de corda. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a variável comprimento total de raiz, observa-se que só houve diferença em função dos adubos verdes e composto orgânico, na concentração dez % de biofertilizante, e na presença de composto orgânico, sendo o adubo verde feijão de porco responsável por proporcionar às plantas de mandioca raízes com comprimento superior àquele observado em raízes advindas de plantas adubadas com crotalária. A manutenção dos resíduos de feijão de porco sobre o solo pode elevar a produção da mandioca em 96% em relação às produções obtidas sem a incorporação dos resíduos (ANDRADE, 1992). Ainda é possível observar que nesta concentração de biofertilizante, mais uma vez, o composto orgânico

contribuiu negativamente com o comprimento, sendo constatado estatisticamente comprimento menor de raízes de mandioca em áreas adubadas com o adubo verde crotalária, e com o emprego do composto em comparação com a não utilização. Resultados diferentes foram observados por Shafeek et al. (2012) ao avaliar o desenvolvimento da mandioca sob doses de adubo orgânico (0, 25, 30 e 35 t ha⁻¹) na presença e ausência do biofertilizante, sendo verificado maior comprimento de raízes à medida que se elevaram as concentrações do composto tanto na presença quanto ausência do biofertilizante.

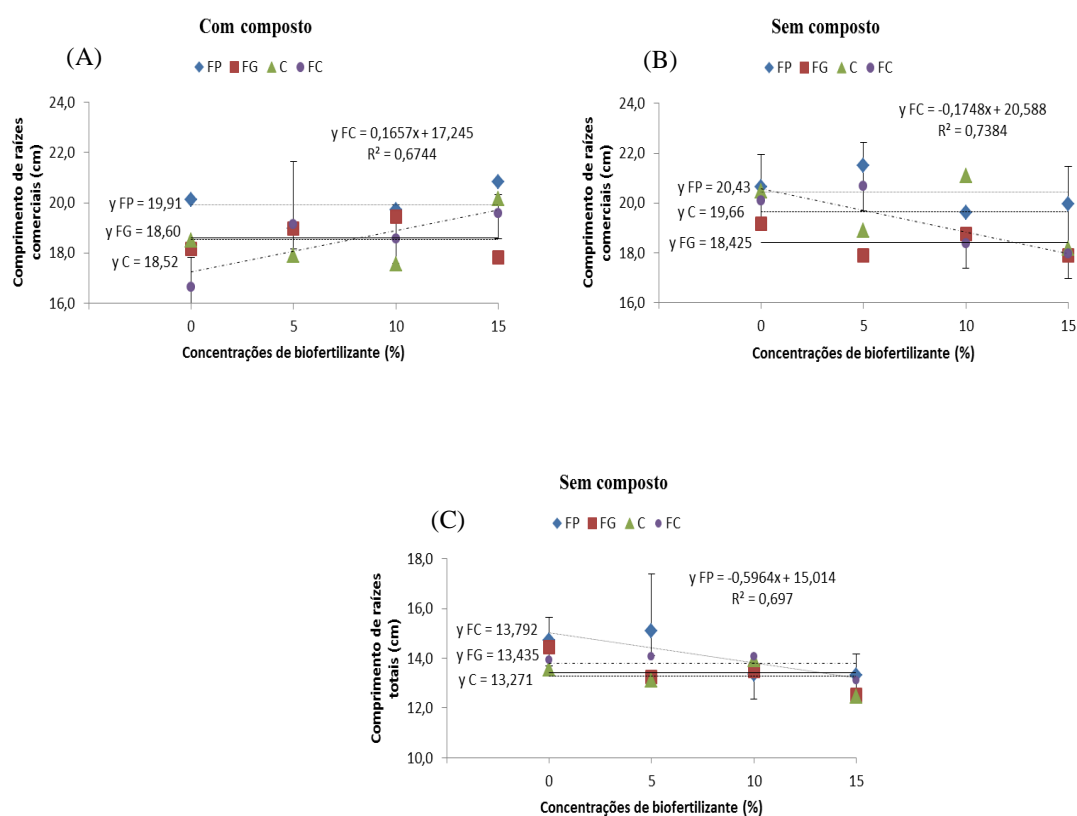
Por meio da Figura 11(A), verifica-se que há um aumento linear no comprimento de raízes comerciais oriundas de plantas adubadas com concentrações de biofertilizante associadas com o adubo verde feijão de corda e composto orgânico, constatando-se que à medida que se elevaram as concentrações do biofertilizante ocorreu aumento do comprimento das raízes. Provavelmente, a combinação destes adubos promoveu liberação dos nutrientes de forma mais gradual ao longo do ciclo da cultura, pois, Erhart et al. (2005) observaram que a resposta da compostagem inicial é baixa, aumentando ao longo do tempo. Já quando foram analisadas concentrações de biofertilizante dentro dos adubos verdes feijão de porco, feijão guandu anão e crotalária, os dados referentes à variável estudada não se ajustaram a modelo de regressão polinomial.

Entretanto, na Figura 11(B), na ausência do composto orgânico, observa-se que houve redução do comprimento das raízes de mandioca nas parcelas onde foi incorporado o feijão de corda, à medida que se aumentaram as concentrações de biofertilizante. Devede et al. (2009) em seus ensaios observaram comprimento de raízes de mandioca (28,8 cm) em áreas colhidas onde foi incorporado o feijão de corda, diferindo dos dados apresentados neste trabalho.

Já na Figura 11 (C), é possível verificar a relação negativa do comprimento de raízes totais com as concentrações de biofertilizante associadas ao feijão de porco na ausência do composto orgânico, pois na concentração zero % de biofertilizante, foi encontrado um comprimento de 15,1 cm enquanto que na maior concentração utilizada neste trabalho 13,3 cm. Esses resultados diferem dos obtidos por Shafeek et al. (2012) ao aferir o comprimento de raízes da mandioca sob concentrações de adubo orgânico (0, 25,

30 e 35 t ha⁻¹) na presença e ausência do biofertilizante, onde verificaram em média 9,5% de aumento no comprimento das raízes na presença do biofertilizante.

Figura 11. Comprimentos de raízes de mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.



Os valores referentes ao diâmetro das raízes comerciais e totais podem ser vistos na Tabela 7. Nesta é possível observar que o diâmetro das raízes comerciais na presença do composto orgânico foi influenciado em todas as concentrações de biofertilizante pela adubação verde, com destaque para o adubo verde crotalária, pois, onde houve sua incorporação, as raízes de mandioca alcançaram maior diâmetro, diferindo estatisticamente, das raízes de mandioca colhidas em áreas adubadas com o adubo verde feijão de porco, obtendo-se raízes de mandioca com menor diâmetro, sobretudo a partir do emprego da concentração cinco % de biofertilizante. É provável que estas respostas estejam

relacionadas com o tempo de decomposição das leguminosas, uma vez que Belo et al. (2012) ao submeter várias leguminosas ao processo de decomposição e liberação de nutrientes, entre elas o feijão guandu, feijão de porco e a crotalária, verificaram que o feijão de porco decompõe-se mais rapidamente entre estas e com a menor percentagem de material remanescente no solo (42,7%), comparados com a crotalária (64,2%) e feijão guandu (51,95%).

De forma semelhante, foi observado na ausência do composto orgânico que o emprego da crotalária como adubo verde foi responsável por proporcionar o maior diâmetro às raízes de mandioca, principalmente nas concentrações cinco e 15% de biofertilizante, superando estatisticamente o diâmetro de raiz obtido de plantas de mandioca cultivadas com a incorporação dos adubos verdes feijão guandu e de corda na concentração cinco %, e feijão de porco e de corda na concentração 15%. Nas demais concentrações de biofertilizante (zero e dez %), o diâmetro das raízes comerciais não diferiu em função da adubação com os diferentes adubos verdes. O bom resultado da crotalária pode estar associado a sua decomposição lenta, e por esta apresentar um alto teor de lignina (SILVA et al., 2003).

Devide et al. (2009) encontraram valores similares aos relatados neste experimento, para a variável diâmetro de raízes ao incorporar o adubo verde feijão de corda para o cultivo da mandioca, onde encontraram diâmetros de 56,4 mm.

Ainda com relação à variável estudada, verifica-se que não houve efeito do adubo orgânico sobre o diâmetro das raízes de mandioca, uma vez que apresentou o mesmo resultado tanto na presença quanto na ausência do composto orgânico. A única exceção ocorreu para o diâmetro de raízes cujas plantas de mandioca foram cultivadas com o adubo verde feijão de corda, na presença de composto orgânico, na concentração cinco % de biofertilizante, alcançando melhor resposta do que quando o plantio aconteceu sem o emprego do composto orgânico. Certamente, com o aumento do teor de carbono orgânico no solo, houve o acréscimo a longo prazo no potencial de mineralização do nitrogênio Hartl et al. (2003). Conferindo às plantas de mandioca maior diâmetro de raiz quando comparado ao cultivo sem composto.

Tabela 7. Comportamento da mandioca em relação ao diâmetro de raízes comerciais (DRC) e totais (DRT) em função de diferentes adubos orgânicos

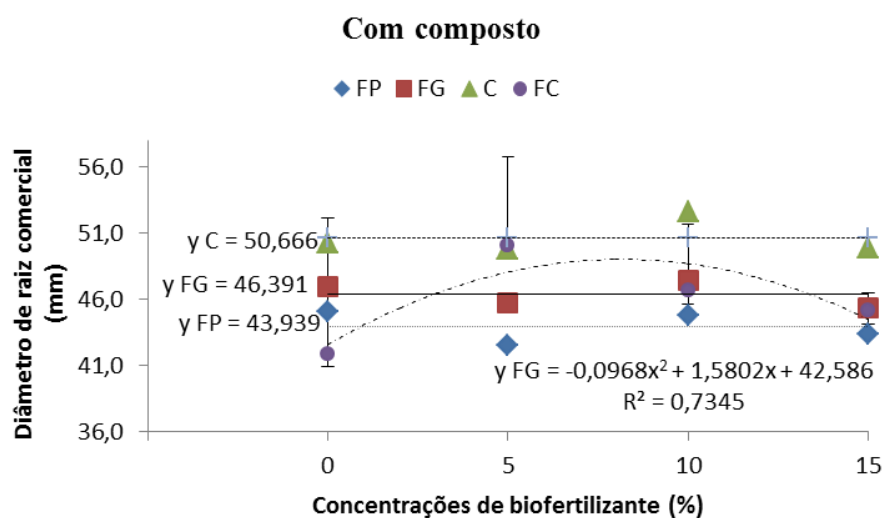
Concentrações (%)	Leg.	DRC (mm)		DRT (mm)	
		----- CO -----		----- CO -----	
		Com	Sem	Com	Sem
0	FP	45,08 ab A	42,70 a A	35,17 a A	33,79 b A
	FG	46,99 ab A	43,17 a A	36,92 a A	34,16 ab A
	C	50,28 a A	47,30 a A	36,38 a A	33,94 b A
	FC	41,91 b A	44,64 a A	35,55 a A	39,74 a A
5	FP	42,50 b A	45,11 ab A	34,69 a A	31,36 a A
	FG	45,75 ab A	42,15 b A	38,33 a A	34,35 a A
	C	49,85 a A	49,67 a A	38,22 a A	35,72 a A
	FC	50,10 a A	43,23 b B	36,70 a A	36,60 a A
10	FP	44,79 b A	47,93 a A	36,39 a A	37,81 a A
	FG	47,45 ab A	45,19 a A	35,13 a A	36,07 a A
	C	52,68 a A	48,44 a A	34,46 a A	37,50 a A
	FC	46,67 b A	48,57 a A	38,64 a A	37,90 a A
15	FP	43,39 b A	44,23 b A	34,41 a A	34,94 a A
	FG	45,36 ab A	48,05 ab A	38,41 a A	39,46 a A
	C	49,86 a A	50,37 a A	38,97 a A	36,35 a A
	FC	45,18 ab A	42,49 b A	38,43 a A	36,60 a A
CV (%) parcela		9,02		9,96	
CV (%) subparcela		8,74		12,17	
CV (%) sub-subparcela		7,49		9,54	

Leg = leguminosas; CO = composto orgânico; FP = feijão de porco; FG = feijão guandu anão; C = crotalária; FC = feijão de corda. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com respeito ao diâmetro de raízes totais, destaca-se o adubo verde feijão de corda, por proporcionar o maior diâmetro da raiz tuberosa, quando foram cultivadas sem o composto orgânico na concentração zero % do biofertilizante, superando estatisticamente aquele observado em raízes cujo cultivo da planta de mandioca ocorreu com a incorporação do adubo verde feijão de porco e crotalária. Embora, as raízes de mandioca tenha obtido maiores diâmetros em áreas adubadas com o feijão de corda, estes são inferiores aos encontrados por Devide et al. (2009) quando observaram raízes de mandioca com 56,4 mm de diâmetro em áreas com a incorporação do feijão de corda. Também é possível que a densidade do solo tenha contribuído no desenvolvimento das raízes, pois, Agbede (2006) em seus estudos, verificaram redução nos diâmetros dos tubérculos de inhame em solo com maior densidade, corroborando com o descrito por Rós et al. (2013). Todavia, para as demais concentrações não foram constatadas diferenças entre os tratamentos.

Avaliando o efeito das concentrações do biofertilizante sobre o diâmetro total em função dos adubos verdes e composto orgânico (Figura 12), constata-se aumento do diâmetro das raízes comerciais até a concentração aproximada pela derivação da equação de 8,2% do biofertilizante, sobretudo quando as plantas foram adubadas com o adubo verde feijão de corda, obtendo diâmetro de 49,03 mm. Resultados similares foram observados por Shafeek et al. (2012), ao submeter a cultura da mandioca a diferentes concentrações de adubação orgânica (0, 25, 30 e 35 t ha⁻¹) na presença e ausência do biofertilizante, tendo verificado que a interação do biofertilizante com o composto proporcionou diâmetro de 52,7 mm da raiz de mandioca na maior concentração do composto. As demais leguminosas estudadas não se ajustaram a nenhum modelo de regressão polinomial.

Figura 12. Diâmetro da raiz comercial de mandioca em função de diferentes concentrações de biofertilizante e adubos verdes.



Na Tabela 8, encontram-se os dados referentes ao número de raízes comerciais e totais, em função de adubos verdes, na presença e ausência do composto orgânico e associado a diferentes concentrações de biofertilizante. Observa-se que o número de raízes comerciais foi maior nas áreas cultivadas com o feijão de porco, na presença do composto orgânico, nas concentrações zero, cinco e 15% de biofertilizante diferindo estatisticamente das leguminosas crotalaria e feijão de corda. Provavelmente, nesses tratamentos houve uma

maior liberação dos nutrientes e condicionamentos físicos do solo em função da biomassa incorporada, visto que, Cardoso et al. (2013), ao avaliarem 15 fontes de adubos verdes, entre eles o feijão de porco, constataram aos 27 dias após o corte, um aumento nos teores de fósforo e potássio, além da redução da resistência mecânica do solo, promovendo o crescimento radicular.

Por outro lado Muondo (2013), ao incorporar a massa verde de *Cajanus cajan*, observou efeitos positivo no número de raízes comerciais por planta, e associou o fato, à quantidade produzida de biomassa e à relação C/N, o que pode ter favorecido a rápida disponibilização dos nutrientes mineralizados da MO incorporada.

Conforme os valores obtidos neste experimento quanto à produção de biomassa (Tabela 3), as leguminosas que contribuíram com o maior volume de material vegetal foram feijão de porco e feijão guandu, possivelmente contribuindo para o aumento no número de raiz e a elevação da produtividade. Visto que, Gomes et al. (2007), em seus estudos de caracterização dos componentes de produção da mandioca, observaram que o número de raízes tuberosas por planta apresentou correlação forte em relação ao rendimento das raízes, devendo ser utilizadas como critérios na seleção das cultivares.

Já quando comparados os efeitos dos adubos verdes sem o composto orgânico dentro das concentrações de biofertilizante, bem como, a influência da presença ou ausência do composto sobre o número de raízes comerciais, constata-se não haver diferença significativa.

Ainda na Tabela 8, pode ser observado quanto ao número de raízes totais por planta que o adubo verde feijão de porco favoreceu as maiores quantidades, contudo não diferindo daquelas obtidas quando o adubo verde empregado foi o feijão guandu nas concentrações de cinco a 15% de biofertilizante, na presença de composto orgânico, sendo o menor número verificado em plantas de mandioca, em que nas parcelas, incorporaram-se crotalária e feijão de corda nas concentrações zero e cinco % de biofertilizante, e apenas crotalária, nas concentrações dez e 15%. Na ausência de composto orgânico, mais uma vez, destacou-se o feijão de porco como adubo verde a proporcionar maior número de raízes de mandioca, superando estatisticamente aquele encontrado em plantas de mandioca onde ocorreu a incorporação do adubo verde crotalária, principalmente nas concentrações zero e

15% de biofertilizante. Teodoro et al. (2011) ao avaliarem diferentes leguminosas para a recomendação da adubação verde no cerrado, indicaram o feijão de porco para o cultivo da mandioca devido ao acúmulo do K (potássio), e pelas raízes serem acumuladoras de amido.

Tabela 8. Número de raízes comerciais (NRC) e totais (NRTP) por planta de mandioca cultivada em função de diferentes adubos Orgânicos

Concentrações (%)	Leg.	NRC		NRTP	
		----- CO -----	----- CO -----	----- CO -----	----- CO -----
		Com	Sem	Com	Sem
0	FP	8,25 a A	8,08 a A	10,42 a A	11,00 a A
	FG	6,33 ab A	6,33 a A	9,25 ab A	8,75ab A
	C	5,00 b A	6,17 a A	6,50 b A	7,92b A
	FC	5,00 b A	5,67 a A	6,67 b A	8,83ab A
5	FP	8,33 a A	6,75 a A	11,08 a A	8,50 a A
	FG	6,58 ab A	5,33 a A	10,17 a A	7,50 a A
	C	4,50 b A	5,33 a A	6,33 b A	7,25 a A
	FC	4,42 b A	5,42 a A	6,25 b A	7,92 a A
10	FP	7,42 a A	6,58 a A	10,00 a A	8,00 a A
	FG	7,67 a A	6,25 a A	9,58 a A	8,75 a A
	C	5,42 a A	7,25 a A	6,08 b A	8,75 a A
	FC	6,33 a A	5,08 a A	10,00 a A	8,25 a A
15	FP	8,58 a A	8,08 a A	10,92 a A	9,67 a A
	FG	8,00 ab A	6,00 a A	11,08 a A	8,25 ab A
	C	5,42 b A	5,00 a A	8,08 b A	6,75 b A
	FC	5,42 b A	6,67 a A	8,50 ab A	8,50 ab A
CV (%) parcela		36,28		20,18	
CV (%) subparcela		27,21		24,28	
CV (%) sub-subparcela		16,58		14,74	

Leg = leguminosas; CO = composto orgânico; FP = feijão de porco; FG = feijão guandu anão; C = crotalária; FC = feijão de corda. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De uma maneira geral, as plantas de mandioca cultivadas em áreas cuja adubação verde foi realizada com o feijão de porco aumentaram o número de raiz.

Na Figura 13 (A), para o número de raízes comerciais obtido de plantas de mandioca que foram adubadas com os adubos verdes feijão de porco (FP), crotalária (C) e feijão de corda (FC) na presença do composto orgânico, não houve ajuste a modelo de regressão polinomial, sendo verificados os valores médios do número de raízes 8,1; 5,0 e 5,2 respectivamente. Enquanto que para o feijão guandu (FG), a melhor concentração,

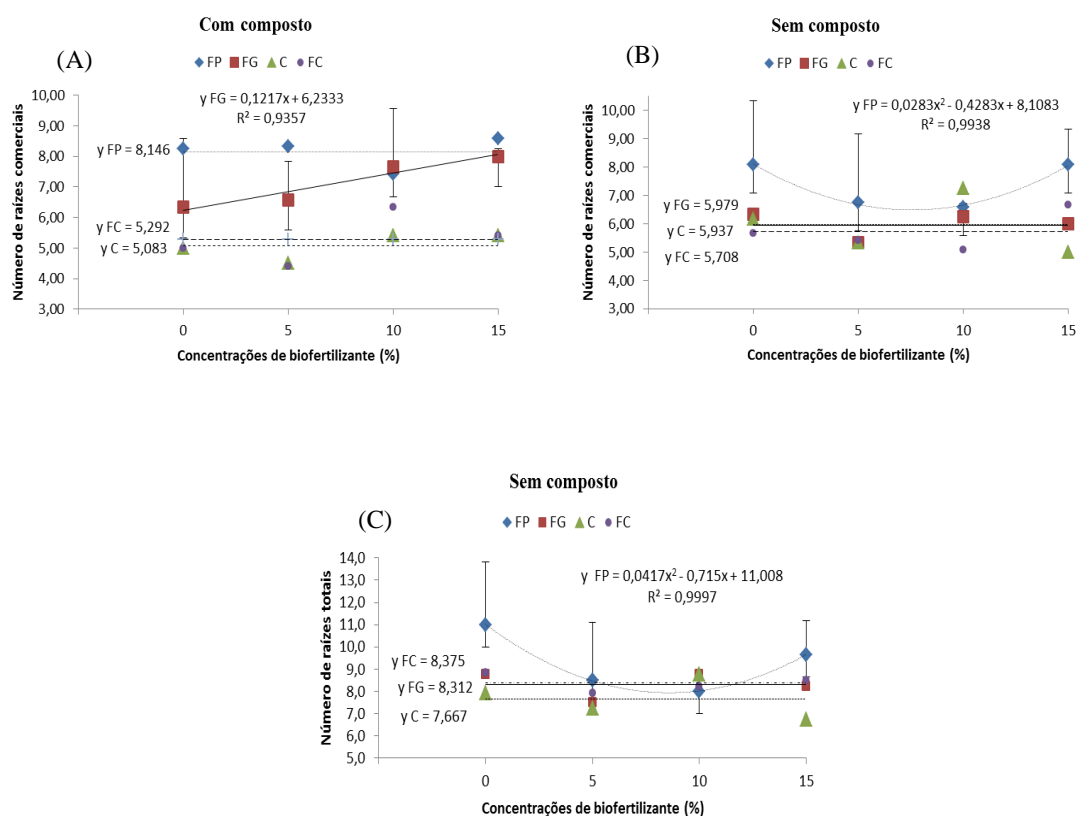
estimada pela equação de regressão polinomial linear foi a 15%, proporcionando o aumento das raízes comerciais. Certamente nesta combinação de manejo, o biofertilizante supriu as plantas em nutrientes, em especial o Mg citado por Andrade Neto et al. (2010) que ao avaliarem várias leguminosas, dentre elas as mesmas empregadas neste experimento, estimaram que o feijão guandu e feijão de corda acumularam 41% a menos de Mg (Magnésio) do que a crotalária e feijão de porco, apesar de não diferirem estatisticamente. Cavalcante et al. (2012) também observaram efeitos similares aos nutrientes acumulados por essas leguminosas.

Contudo, na ausência do composto orgânico, Figura 13 (B), o emprego do adubo verde FP foi o que proporcionou incremento no número de raízes comerciais, se ajustando ao modelo de regressão polinomial quadrática, sobre tudo quando se empregou as concentrações 0 e 15% de biofertilizante proporcionando 8,1 e 8,0 raízes por planta. Resultados inferiores foram observados por Shafeek et al. (2012), ao aplicar o biofertilizante e doses de adubo orgânico na cultura da mandioca, quando constataram valores médios de 3,15 raízes na testemunha, 3,25 raízes com o biofertilizante e 3,55 raízes na melhor interação do manejo. Isso pode indicar que o uso da adubação verde com o FP e as concentrações de biofertilizante favoreceu a maior número de raiz por planta, visto que essa leguminosa fornece cálcio (C) elemento essencial na fase inicial da cultura para a diferenciação do número de raízes tuberosas (MATTOS e BEZERRA, 2003) além de fornecer matéria orgânica (TORALES et al., 2010), alterando as propriedades e processos biogeoquímicos do solo pela adubação com leguminosas (ZENG et al., 2009). Para as demais leguminosas, os dados não se ajustaram aos modelos de regressão polinomial.

O maior número de raízes totais (Figura 13 C) foi observado nas plantas de mandioca que receberam a concentração zero do biofertilizante, observadas pela equação quadrática, porém cultivadas com a incorporação do adubo verde FP. Resultados semelhantes foram verificados por Ashok et al. (2013) ao aplicar biofertilizante (RD K + 50% RD NP + *Azospirillum* + phosphorus solubilising bactéria (PSB) @ 5 kg ha⁻¹ each) em combinação com a crotalária na cultura da mandioca, alcançando 13 raízes por planta. Nas concentrações de biofertilizante quando se adubou com FG, C e FC, e na ausência do

composto orgânico, os dados do número de raízes totais não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial linear.

Figura 13. Números de raízes comerciais e totais na presença ou ausência do composto em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.



Os dados apresentados na Tabela 9 de massa fresca de raiz comercial aumentaram, sobre tudo quando as plantas de mandioca foram cultivadas em áreas com o emprego de feijão de porco como adubo verde, na presença do composto orgânico e concentração zero % de biofertilizante, diferindo estatisticamente da massa oriunda de raízes cujas plantas de mandioca foram adubadas com os adubos verdes crotalária e feijão de corda. Já na concentração cinco %, na ausência de composto, esse adubo verde se destacou frente ao feijão guandu, proporcionando raízes com maior biomassa fresca. Possivelmente estes resultados tenham ligação direta com o maior volume de biomassa incorporada (Tabela 3)

do adubo verde feijão de porco, favorecendo maior liberação de nutrientes, atendendo, dessa forma, as exigências das plantas de mandioca, uma vez que a incorporação de resíduos de feijão de porco promove incrementos de carbono e da atividade microbiana do solo (BELO et al., 2012), assim como os de adubos orgânicos (EGHBALL, 2002). Nas demais concentrações de biofertilizante, os adubos verdes não imprimiram diferença significativa na produção de massa fresca de raízes comerciais de mandioca. Os resultados obtidos evidenciam não haver efeito do composto orgânico sobre massa fresca de raízes comerciais.

Semelhante aos resultados obtidos neste trabalho, Dantas et al. (2013) também não observaram efeitos sobre a massa média de túberas comerciais de inhame adubado com esterco bovino, em doses equivalentes a 0, 6, 12, 18, 24 e 30 t ha⁻¹.

Ainda pela Tabela 9, verifica-se que, exceto nas concentrações cinco e dez % do biofertilizante na presença e ausência do composto orgânico, o adubo verde feijão de porco proporcionou acréscimos de massa fresca de raízes totais em planta de mandioca, na concentração zero %, com o composto, diferindo das raízes de mandioca cultivadas em áreas com a incorporação da C e FC que tiveram médias de 1,43 e 1,37 kg e na concentração cinco % da crotalária 1,38 kg, porém na ausência do composto diferiu apenas das raízes advindas de áreas incorporadas com o FG nas concentrações zero e cinco % com médias de 1,30 e 1,19 kg, respectivamente. Silva et al. (2011) avaliando a produção da mandioca em cultivo solteiro e consorciado com o feijão macassar sobre adubos verdes, entre eles a combinação da crotalária com feijão guandu, conseguiram 2,9 e 3,33 kg/planta, diferindo da testemunha.

Resultados semelhantes ao encontrado por Silva et al. (2011) foram observados por Rós et al. (2013) quando empregaram doses crescentes de esterco de granja, equivalente a 0, 6, 12 e 18 t ha⁻¹, incorporado no solo para o cultivo da mandioca. Segundo estes autores, a maior massa de raiz por planta (2,9 kg) foi verificada quando se empregou o esterco na proporção de 18 t ha⁻¹.

Tabela 9. Massa fresca de raízes comerciais (MFRC) e totais (MFRT) em função de diferentes adubos orgânicos

Concentrações (%)	Leg.	MFRC (kg)		MFRT (kg)	
		----- CO -----		----- CO -----	
		Com	Sem	Com	Sem
0	FP	2,14 a A	1,86 a A	2,24 a A	1,99 a A
	FG	1,47 ab A	1,21 a A	1,60 ab A	1,30 b A
	C	1,36 b A	1,60 a A	1,43 b A	1,69 ab A
	FC	1,29 b A	1,58 a A	1,37 b A	1,74 ab A
5	FP	1,94 a A	1,85 a A	2,09 a A	1,93 a A
	FG	1,72 a A	1,11 b A	1,89 ab A	1,19 b A
	C	1,28 a A	1,58 ab A	1,38 b A	1,67 ab A
	FC	1,43 a A	1,44 ab A	1,50 ab A	1,57 ab A
10	FP	1,87 a A	1,81 a A	1,99 a A	1,88 a A
	FG	2,16 a A	1,69 a A	2,23 a A	1,81 a A
	C	1,63 a A	2,18 a A	1,67 a A	2,25 a A
	FC	1,64 a A	1,49 a A	1,82 a A	1,63 a A
15	FP	2,10 a A	1,94 a A	2,21 a A	2,04 a A
	FG	2,09 a A	1,61 a A	2,23 a A	1,72 a A
	C	1,58 a A	1,35 a A	1,70 a A	1,42 a A
	FC	1,68 a A	1,53 a A	1,84 a A	1,61 a A
CV (%) parcela		22,11		19,84	
CV (%) subparcela		30,23		28,96	
CV (%) sub-subparcela		20,33		18,85	

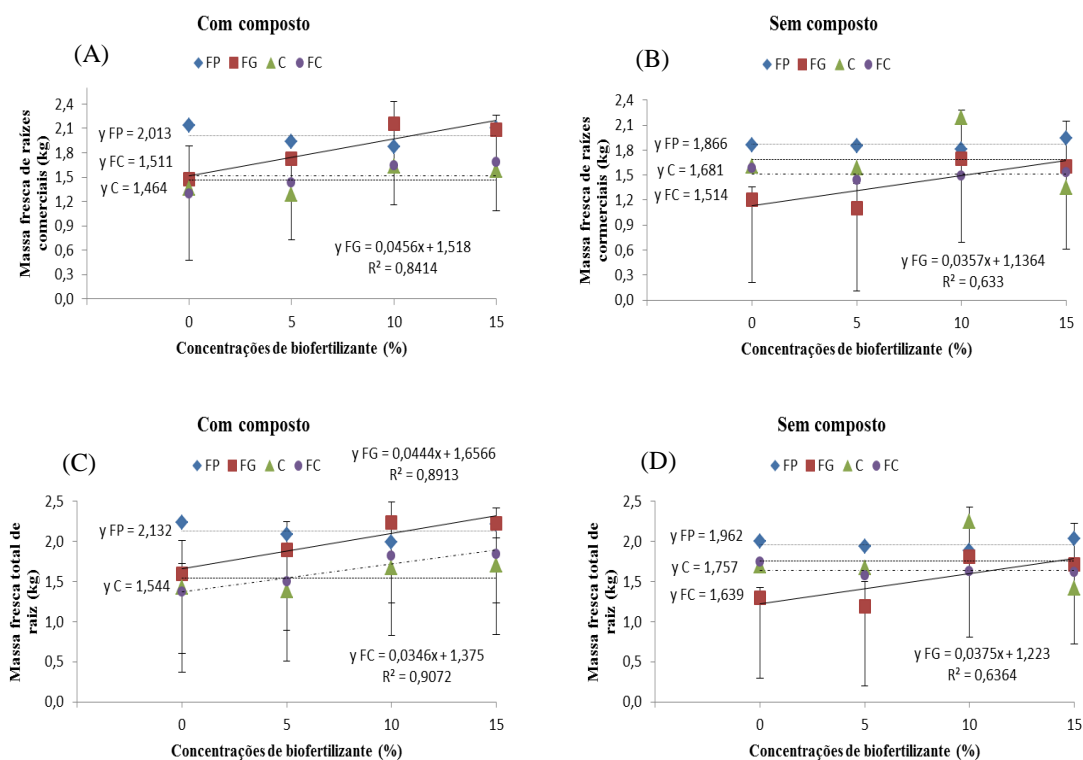
Leg = leguminosas; CO = composto orgânico; FP = feijão de porco; FG = feijão guandu anão; C = crotalária; FC = feijão de corda. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A massa fresca das raízes comerciais por planta atingiu valores máximos estimados pela derivação da equação de 2,20 kg e 1,67 kg de massa, respectivamente, na concentração de 15% do biofertilizante, na presença e ausência do composto orgânico, com o adubo verde FG (Figura 14 A, B). Estes resultados evidenciam que, embora o feijão guandu seja uma leguminosa indicada para o aumento da produção de mandioca (SILVA et al., 2011), sua combinação com o composto orgânico deve ser recomendada na adubação, para aumentar a massa fresca das raízes comerciais. Para as demais leguminosas não houve ajuste dos modelos de regressão polinomial.

A massa fresca total de raízes (MFTR) estimada pela derivação das equações 2,32; 1,89 e 1,79 kg foram alcançadas com a aplicação na concentração dez % do biofertilizante, com os adubos verdes FG, FC na presença do composto orgânico e também do FG na ausência, respectivamente (Figura 14 C, D). A superioridade da interação do composto

orgânico e biofertilizante em áreas cultivadas com o FG, em comparação com a ausência do composto, demonstra a possibilidade de se estabelecer um manejo alternativo para a produção da mandioca. O incremento na produção de massa das raízes pelo uso do composto orgânico, possivelmente esteja relacionado à sua composição química, melhorando a qualidade do solo (BARROS e LIBERALINO FILHO, 2008), favorecendo a proliferação dos microrganismos (MATOS et al., 2006) e retirando elementos pesados que causam danos as plantas (KIEHL, 2010).

Figura 14. Massa fresca da mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.



Comparando o desempenho produtivo da mandioca cultivada com a incorporação de adubos verdes na presença e ausência do composto orgânico e aplicação via foliar de concentrações de biofertilizante, observa-se, na Tabela 10, que a maior produtividade de raízes comerciais na concentração zero % do biofertilizante foi alcançada quando se

empregou o adubo verde FP (42,76 t ha⁻¹) na presença do composto orgânico, diferindo da produtividade verificada nas plantas de mandioca que foram cultivadas após a incorporação dos adubos verdes C e FC (27,24 e 25,86 t ha⁻¹), respectivamente. Já na ausência do composto, na concentração cinco % do biofertilizante, este adubo verde proporcionou a maior produtividade (37,07 t ha⁻¹), superando estatisticamente a que foi obtida em plantas de mandioca que foram cultivadas com a incorporação do adubo verde feijão guandu (22,14 t ha⁻¹). Nas demais concentrações, a produtividade de raízes de mandioca não foi influenciada pelo emprego dos adubos verdes nem na presença nem na ausência de composto orgânico.

Com relação à produtividade de raízes totais, verifica-se que, exceto nas concentrações dez e 15% do biofertilizante, onde não foram observadas diferenças entre os tratamentos, o adubo verde FP, na presença ou ausência do composto orgânico, aumentou a produtividade das raízes. Na concentração zero %, com o emprego do composto orgânico o FP elevou a produtividade das raízes diferindo das raízes advindas de plantas que foram adubadas com os adubos verdes C e do FC, porém na ausência, a diferença só ocorreu em relação à produtividade verificada em plantas de mandioca cultivada com a incorporação do adubo verde FG. Quando foi aplicada a concentração cinco % do biofertilizante, tanto na presença quanto na ausência do composto, observa-se que o FP influenciou na produtividade de raízes tuberosas de mandioca elevando-a acima da que foi observada em plantas de mandioca que foram cultivadas após adubação com os adubos verdes C e do FG, respectivamente, proporcionando maiores rendimentos. Souza et al. (1999), estudando o efeito de adubos verdes na cultura da mandioca, alcançaram aos 8 meses de idade da cultura, 12,76 t ha⁻¹ em áreas em que foi incorporado o feijão de porco.

Já Bowichean et al. (2013), ao utilizar 15 fontes de adubos verdes e a vegetação espontânea, entre eles crotalária, obtiveram produtividade de mandioca de 27,19 t ha⁻¹ nas áreas com a incorporação da crotalária.

Por outro lado, Silva et al. (2011), ao incorporar a crotalária com o feijão guandu antes do plantio da mandioca, verificaram produtividade de 8,94 t ha⁻¹ aos 8 meses de idade.

Enquanto Odedina et al. (2012) verificaram produtividades similares às encontradas neste trabalho, em sistema de produção orgânica, com o esterco de galinha, porco e cabra sendo 10 t ha^{-1} para cada fonte de adubo, duas doses de NPK com 200 e 400 kg ha^{-1} e a testemunha, nas quais produziram 32; 31,3; 29; 29,3; 30,3 e $30,7 \text{ t ha}^{-1}$ de raiz respectivamente, não havendo diferença entre os tratamentos. Maiores produtividades de raízes de mandioca em comparação com a testemunha foram alcançadas com o uso do composto orgânico à base de esterco de galinha (AMANULLAH et al., 2007).

Outros trabalhos evidenciam a importância dos resíduos vegetais, tanto para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como para o aumento da produção de mandioca. Estes efeitos foram constatados por Amabile et al. (1994) com adubos verdes provindos das plantas de crotalária no incremento da biomassa das raízes de mandioca.

Resultados inferiores aos descritos neste estudo foram encontrados por Recalde et al. (2014) ao incorporar adubos verdes no solo antes do plantio da mandioca, entre eles o feijão de porco, feijão guandu e a crotalária, quando alcançaram produtividade de 23,49; 27,58 e $30,07 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente.

A maior produtividade de raízes totais foi constatada na concentração zero % do biofertilizante em área com o composto orgânico e adubada com o FP, cujo valor médio encontrado foi de $44,78 \text{ t ha}^{-1}$, enquanto que o menor valor observado foi na concentração cinco % do biofertilizante sem o composto orgânico com a leguminosa FG, cujo valor foi de $23,88 \text{ t ha}^{-1}$. Porém este e os demais tratamentos proporcionaram incrementos na produção de raízes, superando a produtividade média da mandioca no estado de Pernambuco, que é de $8,89 \text{ t ha}^{-1}$ (IBGE, 2014) e a média nacional de $14,61 \text{ t ha}^{-1}$ (IBGE, 2011) e em termos mundiais, de $12,84 \text{ t ha}^{-1}$ (FAO, 2013), mostrando que o uso da adubação orgânica de forma isolada ou associada com o biofertilizante foi eficiente no aumento da produção de mandioca. Em relação os efeitos da presença ou ausência do composto orgânico em cada leguminosa, dentro das concentrações de biofertilizante não foram verificados diferenças significativas entre as variáveis estudadas.

Tabela 10. Produtividade de raízes comerciais (PRC) e totais (PRT) em função diferentes adubos orgânicos

Concentrações (%)	Leg.	PRC (t. ha ⁻¹)		PRT (t. ha ⁻¹)	
		----- CO -----		----- CO -----	
		Com	Sem	Com	Sem
0	FP	42,76 a A	37,23 a A	44,78 a A	39,93 a A
	FG	29,46 ab A	24,17 a A	32,02 ab A	25,95 b A
	C	27,24 b A	32,10 a A	28,59 b A	33,76 ab A
	FC	25,86 b A	31,65 a A	27,39 b A	34,84 ab A
5	FP	38,79 a A	37,05 a A	41,76 a A	38,70 a A
	FG	34,44 a A	22,14 b A	37,90 ab A	23,88 b A
	C	25,63 a A	31,71 ab A	27,58 b A	33,38 ab A
	FC	28,58 a A	28,83 ab A	30,11 ab A	31,44 ab A
10	FP	37,43 a A	36,16 a A	39,76 a A	37,60 a A
	FG	43,14 a A	33,87 a A	44,68 a A	36,15 a A
	C	32,72 a A	43,68 a A	33,32 a A	45,02 a A
	FC	32,81 a A	29,91 a A	36,48 a A	32,54 a A
15	FP	42,04 a A	38,84 a A	44,28 a A	40,74 a A
	FG	41,77 a A	32,17 a A	44,57 a A	34,38 a A
	C	31,55 a A	27,02 a A	34,01 a A	28,38 a A
	FC	33,66 a A	30,69 a A	36,81 a A	32,30 a A
CV (%) parcela		17,12		19,84	
CV (%) subparcela		27,04		9,15	
CV (%) sub-subparcela		20,33		18,85	

Leg = leguminosas; CO = composto orgânico; FP = feijão de porco; FG = feijão guandu anão; C = crotalária; FC = feijão de corda. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

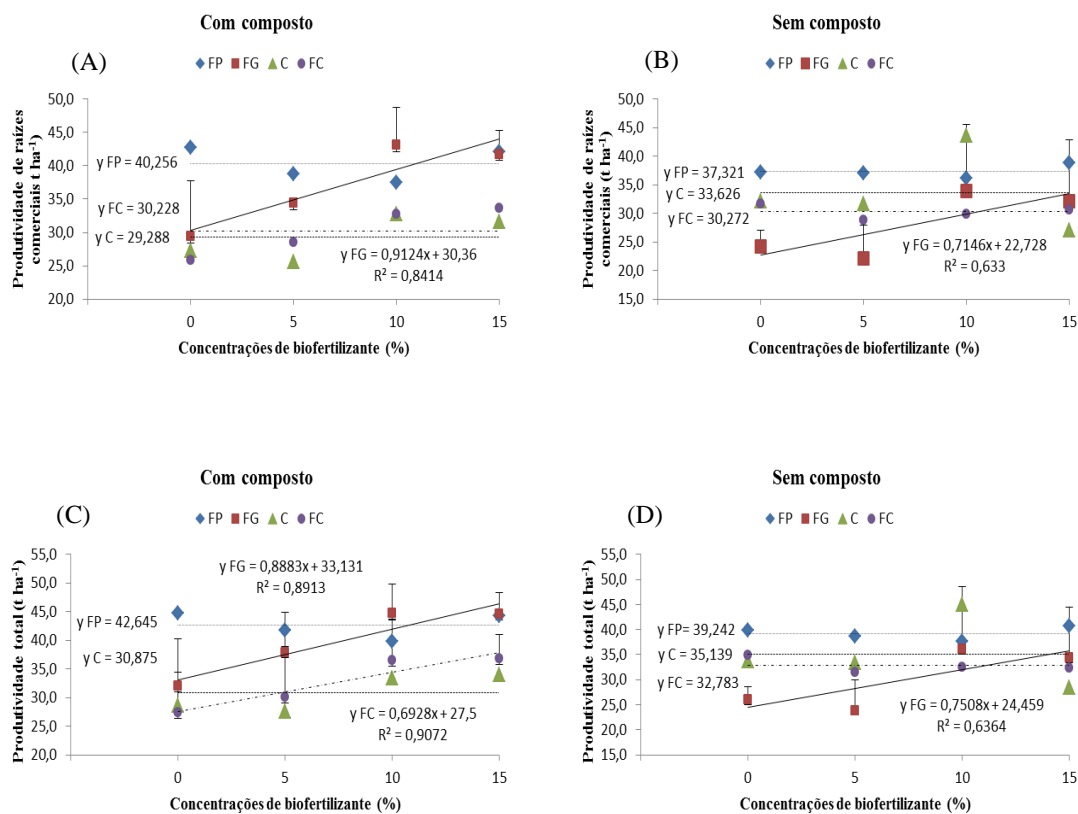
A produtividade máxima de raízes comerciais na presença e ausência do composto orgânico estimada pela derivação das equações contidas na (Figura 15 A, B) foi de 44,05 e 33,45 t ha⁻¹ respectivamente, obtidas na concentração 15% do biofertilizante e em áreas que foi incorporado o FG. Há um efeito positivo da associação do biofertilizante com o adubo verde FG na presença e ausência do composto orgânico sobre o aumento da produtividade média das raízes tuberosas de mandioca. Efeitos positivos no aumento da produtividade foram observados por Oliveira et al. (2013) em cultivo de batata-doce ao incorporar adubos orgânicos de diferentes fontes no solo (bovino, caprino e aves). Já os valores médios de produtividade de raízes comerciais da mandioca obtidas das áreas incorporadas com os adubos verdes FP, C e o FC, na presença ou ausência do composto orgânico, em função das concentrações de biofertilizante, não se ajustaram a nenhum modelo de regressão polinomial.

As produtividades máximas totais de raízes estimadas pela derivação das equações de regressão foram de 46,45 e 35,72 t ha⁻¹, alcançadas com a aplicação da concentração 15% do biofertilizante, via foliar em plantas de mandioca que foram adubadas com os adubos verdes FG e FC, respectivamente, na presença do composto orgânico (Figura 15 C), e de 37,89 t ha⁻¹ na ausência, em parcelas onde ocorreu a incorporação do FG (Figura 15 D). As leguminosas FP e C com o composto, e FP, C e FC sem o composto orgânico, proporcionaram valores médios que não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial linear. Por certo, o biofertilizante associado ao adubo verde FG promoveu o aumento da produtividade, contudo quando combinado com composto orgânico o rendimento foi maior. Radhakrishnan et al. (2013), ao avaliarem 5 sistemas de produção (tradicional, convencional, integrado, orgânico e orgânico com o biofertilizante) em dez anos consecutivos, com 15 cultivares de mandioca, obtiveram, com a aplicação do biofertilizante, 27,20 t ha⁻¹ no primeiro ano e 25,45 t ha⁻¹ no segundo ano. Ainda segundo estes autores, acréscimos de 9% e 1,2% a mais na produção de raízes foram observados no sistema orgânico e orgânico com o biofertilizante para o primeiro ano, comparados com o convencional (26,90 t ha⁻¹), já no segundo, só o orgânico proporcionou 8% de acréscimo.

Por outro lado, Ashok, et al. (2013), ao trabalharem com várias combinações de adubos orgânicos (crotalária, biofertilizante, microrganismos) e o (Químico e testemunha), obtiveram a produção de 33,6 t ha⁻¹ na melhor combinação dos adubos orgânicos, enquanto o químico 24,9 t ha⁻¹ e a testemunha 15,6 t ha⁻¹.

Aumento da produção de mandioca também foi encontrado por He et al. (2009) ao aplicarem biofertilizante, quando observaram 14,16% de incremento na produtividade da mandioca comparados com a testemunha.

Figura 15. Produtividade de mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.



Para a variável índice de colheita, à exceção das concentrações dez e 15% do biofertilizante e na ausência do composto orgânico, não houve efeito da aplicação com o biofertilizante, nem da adubação realizada com leguminosas, nem composto orgânico (Tabela 11). Observa-se que a incorporação da crotalária em áreas sem a presença do composto orgânico, na concentração dez % do biofertilizante, aumentou o índice de colheita das plantas de mandioca, diferindo dos obtidos em plantas que foram cultivadas em áreas onde ocorreu a adubação com o adubo verde feijão de corda. Entretanto, na concentração 15% do biofertilizante, essa leguminosa proporcionou menor índice (60,75%), diferindo estatisticamente daquele encontrado em plantas de mandioca manejadas após a adubação com o adubo verde feijão de porco. O melhor índice foi obtido nas plantas de mandioca adubadas com o composto orgânico, aplicando-se a concentração

15% do biofertilizante. Estes resultados são superiores aos aceitos como ideal para a cultura da mandioca, que segundo Conceição (1983) é acima de 60%. Outros autores consideram o índice de colheita satisfatório para a produção da mandioca maior que 50% (PEIXOTO et al., 2005).

Otsubo et al. (2008), avaliando quatro sistemas de produção em plantio direto da mandioca sobre resíduos de mucuna, sorgo, milho e o convencional, observaram, aos 18 meses após o plantio, valores entre 65 e 75% de índice de colheita.

Já Albuquerque et al. (2015) verificaram índices de colheita entre 49 e 52% ao avaliar o cultivo solteiro e consorciado da mandioca com o feijão de corda, em diferentes combinações de fileiras.

Todavia, vale ressaltar que um alto índice de colheita, de forma isolada, não fornece informações com precisão para a produtividade, uma vez que pode estar relacionado com o aumento da produção ou em detrimento da redução foliar (CARDOSO JÚNIOR et al.; 2005). Ainda segundo estes autores, baixos índices de colheita são ideais quando a finalidade do cultivo é a produção da parte aérea para a alimentação animal.

Pelos resultados referentes à variável percentagem de matéria seca da raiz (PMRS), não foram observadas diferenças significativas nas combinações dos tratamentos quando aplicado às concentrações de 10 e 15% do biofertilizante, na ausência de composto orgânico. Porém na concentração zero %, observa-se que onde foi incorporado o adubo verde FC houve a maior percentagem de matéria seca da raiz, diferindo do valor verificado em raízes de plantas de mandioca oriundas de áreas adubadas com o FG. Já na concentração cinco %, as maiores percentagens de matéria seca da raiz foram obtidas em raízes colhidas de plantas cultivadas em áreas em que foi feita a incorporação do FC, diferindo dos valores observados em raízes cujas plantas foram cultivadas com a adubação com as leguminosas FP e FG. Na presença do composto orgânico, as raízes alcançaram percentual de matéria seca estatisticamente igual, independentemente do emprego dos adubos verdes ou concentrações de biofertilizante. Embora na presença do composto o percentual de matéria seca da raiz não tenha sido influenciado pelos tratamentos, os valores alcançados estão acima do constatado por Otsubo et al. (2008), que foram entre 20 e 30% de matéria seca de

raízes de mandioca cultivadas sobre resíduos de mucuna, sorgo, milho e pelo sistema convencional.

Já Souza et al. (1999) não observaram diferenças de matéria seca de raízes de mandioca em áreas adubadas com o feijão de porco, mucuna-preta, crotalária, feijão guandu, sorgo e sem a vegetação.

Em média, a cultura da mandioca apresenta 30% de massa seca nas raízes, contudo há registros de até 45% (FUKUDA et al., 2006). Em seus estudos nas comunidades rurais da Nigéria Agwu e Anyaeche (2007) observaram variações de massa seca das raízes entre 25 e 43% em 17 cultivares de mandioca. Estas características são fortemente influenciadas pela genética (AGWU e ANYAECHE, 2007), pelas épocas e podas (OLIVEIRA, et al., 2010) e pelo manejo do solo (OTSUBO et al., 2008).

A percentagem de teor de amido foi influenciado pela interação dos tratamentos nas concentrações zero e cinco % do biofertilizante quando não foi adicionado o composto orgânico (Tabela 11). Observa-se que a adubação com o FC proporcionou um maior acúmulo de amido nas raízes de mandioca, superando os teores encontrados em raiz cujas plantas foram adubadas com o FG (30,48%) na concentração zero %, já na concentração cinco %, o teor de amido obtido de raízes colhidas de plantas cujo plantio se deu com a incorporação do feijão de corda foi superior estatisticamente ao que foi observado em raízes oriundas de plantas adubadas com FP (31,37%) e FG (30,80%). Estes resultados diferenciam-se dos que foram encontrados por Amabile et al. (1994), que observaram teores de amido da mandioca em áreas com crotalária, feijão guandu e mucuna preta de 34,47; 34,46 e 34,43%, respectivamente. Porém, todos os valores de teor de amido obtido neste estudo atende em características ideais para o processo de industrialização que segundo Conceição (1983) é de 30%. Porém na presença do composto, não foi observado efeito dos adubos verdes sobre a referida variável. Bowichean et al. (2013), avaliando os efeitos da incorporação do adubo verde crotalária no solo, verificaram resultados semelhantes aos obtidos nesta pesquisa, alcançando teores médios de amido de 30,1%.

De um modo geral, também não houve efeito da aplicação do composto orgânico, exceto na concentração cinco % de biofertilizante, que na presença do composto orgânico as raízes tuberosas de mandioca acumularam mais matéria seca da raiz e de amido do que

aquelas que foram colhidas de plantas cultivadas apenas com adubação do adubo verde feijão guandu. Possivelmente, na combinação do FG com o composto orgânico tenha ocorrido a liberação dos nutrientes P e K por meio da decomposição do composto e leguminosa, pois Paganini et al. (2012), não encontraram diferenças estatísticas para o teor de amido das raízes de mandioca, na presença e ausência do calcário ($1t\ ha^{-1}$) e concentrações de cama de aviário (0, 1200, 2400 e $3600\ kg\ ha^{-1}$) com a cobertura de K (0, 30, 60 e $90\ kg\ ha^{-1}$).

Tabela 11. Índice de colheita (IC), percentagem de matéria seca da raiz (PMSR) e percentagem de teor de amido (PTA) em função de diferentes adubos orgânicos

Concentrações (%)	Leg.	IC (%)		PMSR (%)		PTA (%)	
		CO		CO		CO	
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0	FP	73,28 a A	71,94 a A	37,67 a A	37,01 ab A	33,02 a A	32,36 ab A
	FG	70,06 a A	65,74 a A	37,09 a A	35,13 b A	32,44 a A	30,48 b A
	C	65,38 a A	66,20 a A	35,85 a A	35,70 ab A	31,20 a A	31,05 ab A
	FC	63,42 a A	71,02 a A	38,10 a A	38,61 a A	33,45 a A	33,96 a A
5	FP	71,89 a A	71,79 a A	37,22 a A	36,02 b A	32,57 a A	31,37 b A
	FG	66,53 a A	64,27 a A	38,08 a A	35,45 b B	33,43 a A	30,80 b B
	C	67,06 a A	67,94 a A	36,41 a A	36,81 ab A	31,76 a A	32,16 ab A
	FC	65,38 a A	70,22 a A	38,44 a A	39,33 a A	33,79 a A	34,68 a A
10	FP	74,37 a A	71,00 ab A	37,28 a A	36,96 a A	32,63 a A	32,31 a A
	FG	72,39 a A	70,26 ab A	37,69 a A	37,14 a A	33,04 a A	32,49 a A
	C	68,72 a A	75,80 a A	36,47 a A	36,43 a A	31,82 a A	31,78 a A
	FC	67,34 a A	63,89 b A	38,70 a A	38,80 a A	34,05 a A	34,15 a A
15	FP	75,77 a A	73,10 a A	37,07 a A	37,13 a A	32,42 a A	32,48 a A
	FG	68,83 a A	70,98 ab A	38,22 a A	37,58 a A	33,57 a A	32,93 a A
	C	70,14 a A	60,75 b B	37,09 a A	36,32 a A	32,44 a A	31,67 a A
	FC	69,39 a A	66,01 ab A	39,16 a A	37,71 a A	34,51 a A	33,06 a A
CV (%) parcela		9,70		5,04		5,76	
CV (%) subparcela		7,45		3,94		4,50	
CV (%) sub-subparcela		5,91		2,84		3,24	

Leg = leguminosas; CO = composto orgânico; FP = feijão de porco; FG = feijão guandu anão; C = crotalária; FC = feijão de corda. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nas áreas cultivadas com a incorporação do adubo verde FG, na ausência do composto orgânico, a adição do biofertilizante elevou o índice de colheita de 65,64% para 70,98% na concentração mais alta observada neste estudo (Figura 16 A). Acréscimo do índice de colheita na cultura da mandioca, aos 2, 4 e 6 meses após o plantio, também foi

observado por Radhakrishnan et al. (2013), que ao submeterem a cultura a 5 manejos de cultivo, entre eles o biofertilizante com adubação verde, onde constataram aumento mais visível no índice de colheita.

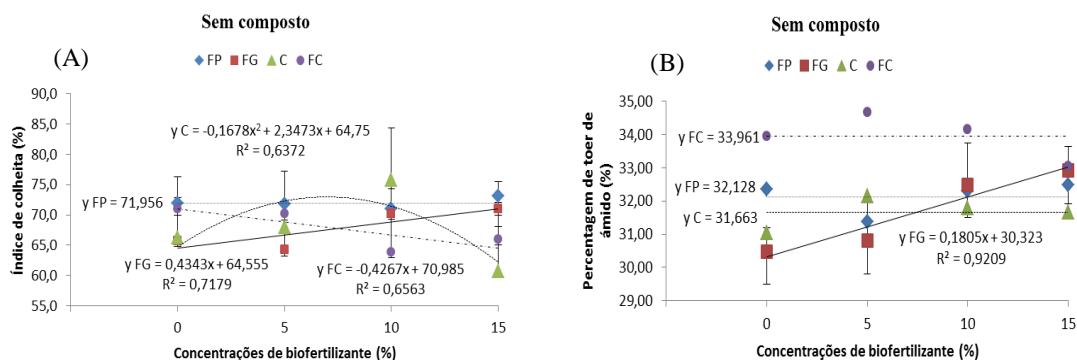
Ainda pode ser observado nesta figura que o maior índice de colheita estimado pela derivação da equação foi alcançado quando se fez o uso da crotalária como adubo verde (72,96%), na concentração de 7% do biofertilizante. Provavelmente, nesta interação houve liberação de nutrientes essenciais para a nutrição das plantas, visto que, segundo Lou et al. (2008), o biofertilizante promove o aumento da fotossíntese nas folhas e melhora o metabolismo fisiológico da planta, transfere os fotoassimilados para a raiz e aumenta o índice de colheita, corroborando com os resultados aqui apresentados.

Já, as concentrações de biofertilizante aplicadas nas plantas de mandioca adubadas com o adubo verde FC influenciaram negativamente o índice de colheita, pela derivação da equação linear houve uma redução 5,1% no índice, passando de 71,02% para 66,01%. Embora tenha ocorrido uma redução do índice de colheita, este se encontra acima dos relatados por Devidé et al. (2009) que foi de 53,5%, quando a mandioca foi cultivada com o adubo verde FC incorporado ao solo. Os valores referentes às plantas cultivadas com o FP sem o composto orgânico em função das concentrações de biofertilizante não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial.

A percentagem do teor de amido das raízes de mandioca oriundas de áreas onde se adubou com FG aumentou na proporção de 0,9%, com a elevação das concentrações de biofertilizante, com valor de 33,03% na maior concentração estudada, sem o composto orgânico (Figura 16 B). Resultados inferiores de teores de amido foram encontrados por Ashok et al. (2013), porém significativo quando em associação crotalária e biofertilizante, onde obtiveram 26,2%, enquanto a testemunha, 20,1% de amido nas raízes.

Nesta combinação, pode ter ocorrido uma maior disponibilização do K no solo, suprindo as plantas em macro nutrientes, do que nas áreas cultivadas com FP, C e FC, pois segundo Kanto et al. (2012), a elevação do teor de amido ocorre em detrimento da escassez do K na folha, o que não ocorreu neste trabalho.

Figura 16. Índice de colheita (a) e percentagem de teor de amido da mandioca (b), na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.



De acordo com a Tabela 12, observa-se que os adubos verdes na presença e ausência de composto orgânico favoreceram de maneira semelhante o percentual de umidade das raízes de mandioca, exceção, porém, para o comportamento verificado na ausência do composto orgânico nas concentrações zero e cinco % de biofertilizante, quando é possível observar que onde houve a incorporação do adubo verde feijão guandu as raízes de mandioca alcançaram umidade superior estatisticamente à que foi encontrada em raiz tuberosa cujas plantas foram adubadas com feijão de corda. Esse comportamento se repetiu na concentração cinco % de biofertilizante, porém com o acréscimo do feijão de porco, que igualmente ao guandu, proporcionou as raízes de mandioca percentual de umidade maior do que aquele encontrado em raízes obtidas de plantas cultivadas com a incorporação de feijão de corda. Os valores encontrados neste estudo são menores do que os relatados por Albuquerque et al. (1993), pois segundo estes autores, as raízes de mandioca na sua composição apresentam em média de 68,2% de umidade. Porém salientam que quando há uma redução da umidade tem-se aumento no teor de amido. Corroborando com os resultados verificados neste estudo.

Tabela 12. Umidade da raiz de mandioca (URT) e rendimento de farinha (RF) da cultura da mandioca em função de diferentes adubos orgânicos

Concentrações (%)	Leg.	URT (%)		RF (%)	
		----- CO -----		----- CO -----	
		Com	Sem	Com	Sem
0	FP	62,33 a A	62,99 ab A	31,83 a A	30,95 ab A
	FG	62,91 a A	64,87 a A	31,05 a A	28,44 b A
	C	64,15 a A	64,30 ab A	29,39 a A	29,19 ab A
	FC	61,90 a A	61,39 b A	32,40 a A	33,08 a A
5	FP	62,78 a A	63,98 a A	31,23 a A	29,62 b A
	FG	61,92 a B	64,55 a A	32,38 a A	28,87 b B
	C	63,59 a A	63,19 ab A	30,15 a A	30,67 ab A
	FC	61,56 a A	60,67 b A	32,86 a A	34,03 a A
10	FP	62,72 a A	63,04 a A	31,30 a A	30,87 a A
	FG	62,31 a A	62,86 a A	31,85 a A	31,12 a A
	C	63,53 a A	63,57 a A	30,22 a A	30,17 a A
	FC	61,30 a A	61,20 a A	33,21 a A	33,33 a A
15	FP	62,93 a A	62,87 a A	31,02 a A	31,10 a A
	FG	61,78 a A	62,42 a A	32,55 a A	31,70 a A
	C	62,91 a A	63,68 a A	31,05 a A	30,02 a A
	FC	60,84 a A	62,29 a A	33,81 a A	31,88 a A
CV (%) parcela		2,99		8,02	
CV (%) subparcela		2,34		6,26	
CV (%) sub-subparcela		1,68		4,51	

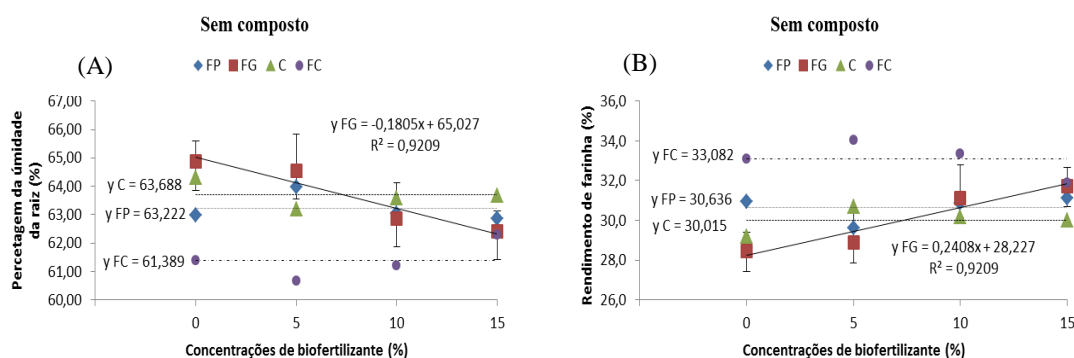
Leg = leguminosas; CO = composto orgânico; FP = feijão de porco; FG = feijão guandu anão; C = crotalária; FC = feijão de corda. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pode ser observado na Tabela 12 que não houve diferença significativa para rendimento de farinha quando as plantas de mandioca foram adubadas com os adubos verdes, exceto nas concentrações zero e cinco % de biofertilizante, na ausência de composto orgânico. Portanto, verifica-se na concentração zero % do biofertilizante que quando se adubou com o FC obteve-se um incremento de amido nas raízes promovendo assim o aumento de rendimento da farinha, que diferiu do rendimento alcançado pelas raízes colhidas de plantas que foram cultivadas com a incorporação do adubo verde FG. Já na concentração cinco %, além dessa leguminosa proporcionar maior rendimento de farinha para a raiz de mandioca diferindo das raízes colhidas de áreas advindas com a incorporação do feijão guandu, também foi superior ao que foi observado em raízes cujas plantas foram adubadas com feijão de porco. Ainda pode ser observado nesta concentração, que o FG na presença do composto orgânico aumentou em 11% o rendimento de farinha, diferindo

estatisticamente das plantas que não receberam o composto. Segundo Passos et al. (2014), o rendimento de farinha pode variar de acordo com as variedades utilizadas, estudando 14 diferentes genótipos de mandioca observaram valores médios 17,38% para o menor e 27,38% para o maior rendimento de farinha. Outros fatores que também influenciam no rendimento da farinha são poda (OLIVEIRA et al., 2010) e épocas de colheita (APEA-BAH et al., 2011).

A percentagem de umidade da raiz de mandioca estimadas pela derivação da equação, reduziu na proporção de 0,90% com a elevação das concentrações de biofertilizante, com valores de 62,32% na maior concentração estudada, quando não se empregou o composto orgânico mas se incorporou o adubo verde FG (Figura 17 A). Para o rendimento de farinha, observa-se que houve um incremento de 1,2% de rendimento com o aumento das concentrações de biofertilizante, obtendo o valor de 31,88% na maior concentração estudada, quando se adubou com o FG e na ausência do composto orgânico (Figura 17 B).

Figura 17. Percentagem de umidade da raiz e rendimento da farinha de mandioca na presença ou ausência do composto orgânico em função de concentrações de biofertilizante e adubos verdes.



As concentrações aplicadas do biofertilizante não foram suficientes para que as variáveis alcançassem seu potencial máximo. Contudo, nas condições em que foi realizado este estudo, observou-se a eficiência do biofertilizante associado com o adubo verde FG em aumentar o rendimento de farinha. Os valores referentes aos adubos verdes FP, C e FC na

ausência do composto orgânico em função das concentrações de biofertilizante não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, para as variáveis em questão.

4. CONCLUSÕES

A adubação verde pode suprir as plantas na ausência do composto orgânico, em especial o adubo verde feijão de porco, sem comprometer os componentes produtivos da mandioca.

O composto orgânico associado com o feijão de porco e o feijão guandu não aumentou o número e a produtividade das raízes comerciais.

A produtividade da mandioca nas áreas incorporadas com o feijão guandu não aumentou em função das concentrações do biofertilizante.

O adubo verde feijão guandu não associado ao biofertilizante aumenta o teor de amido e o rendimento da farinha.

5. REFERÊNCIAS

AGBEDE, T.M. Effect of tillage on soil properties and yam yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Ondo State, v.86, p.1-8, 2006.

AGWU, A. E.; ANYAECHE, C. L. Adoption of improved cassava varieties in six rural communities in Anambra State, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, Nnewi South, v.6, n.2, p.089-098, 2007.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; OLIVA, L. S. C.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, D. A. Cultivation of cassava and cowpea in intercropping systems held in Roraima's savannah, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Cauamé, v.46, n.2, p.388-395, 2015.

ALBUQUERQUE, T. T. O.; MIRANDA, L. C. G.; SALIM, J.; TELES, F. F. F.; QUIRINO, J. G. Composição centesimal da raiz de 10 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivadas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.12, n.1, p.7-12, 1993.

AMABILE, R. F.; CORREIA, J. R.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.). **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1193-1199, 1994.

AMANULLAH, M. M.; SATHYAMOORTHY, V. K.; PAZHANIVELAN, S.; ALAGESAN, A. Nutrient uptake, tuber yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) and soil fertility as influenced by organic manures. **Journal of Agronomy**, v.6, n.1, p. 183-187, 2007.

AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; SCHAMMASS, L. A; MURAOKA, ROSSI, F. 15N-labeled nitrogen from green manure and ammonium sulfate utilization by the sugarcane ratoon. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.3, p.361-368, 2011.

ANDRADE, A. G. **Manejo de material orgânico para o cultivo de inverno de quiabo e mandioca em solo arenoso**. Itaguaí: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1992. 296p. Tese Doutorado

ANDRADE, R.S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Cultura de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.411-418, 2009.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P. ; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.2, p.124–130, 2010.

ASHOK, P.; RAMANANDAM, G.; SASIKALA, K. Integrated Nutrient Management for Cassava Under Rainfed Conditions of Andhra Pradesh. **Journal of Root Crops**, Andhra Pradesh, v.39 n.1, p.100-102, 2013.

APEA-BAH, F. B.; ODURO, I.; ELLIS, W. O.; SAFO-KANTANKA, O. Factor Analysis and Age at Harvest Effect on the Quality of Flour from Four Cassava Varieties. **World Journal of Dairy & Food Sciences**, Brong Ahafo, v.6, n.1, p43-54, 2011.

BARROS, L. E O.; LIBERALINO FILHO, J. Composto orgânico sólido e em suspensão na cultura do feijão Mungo verde (*Vigna radiatal. wilkzeck*). Rio Grande do Norte: **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, n.1, p.114-122, 2008.

BELO, E. S.; TERRA, F. D.; ROTTA, L. R.; VILELA, L. A.; PAULINO, H. B.; SOUSA, E. D.; VILELA, L. A. F.; CARNEIRO, M. A. C. Decomposição de diferentes resíduos orgânicos e efeito na atividade microbiana em um latossolo vermelho de cerrado. **Global Science and Technology**. Rio Verde, v.05, n 03, p.107–116, 2012.

BOWICHEAN, R.; THANACHIT, S.; ANUSONTPORNPORN, S.; KHEORUENROMNE, I. Green manuring effect on yield of cassava-sweet corn sequential

cropping on degraded sandy soil, northeast Thailand. **Kasetsart Journal (Natural Science)**, Nakhon Ratchasima, v.47, n.3, p.342-357, 2013.

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

CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S.Y. N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F. M. Efeito do nitrogênio em características agrônômicas da mandioca. **Revista Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.651-659, 2005.

CASTRO, A. M. C; PREZOTTO, A. L. Desempenho agrônômico do milho em sistema de adubação verde. **Agrarian**, v.1, n.2, p.35-44, 2008.

CAVALCANTE, L.F.; Vieira, M.S; SANTOS, A.F.; OLIVEIRA, W.M.; NACIMENTO, J.A.M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.1, p. 251-261, 2010.

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

COCKCROFT, L. Current and projected trends in African agriculture: implications for research strategy. In: HUGHES, J. D.A.; Adu, B.O. (Eds.) **Plant Virology in Sub-Saharan Africa**. Ibadan, Nigeria: IITA/Abidjan, Côte d'Ivoire: ORSTOM, 2004. p.88-172.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Estudos de prospecção de mercado – safra 2012/2013**. Brasília, 2012, 148P. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospeccao_12_13.pdf>. Acesso em: 24 out. 2015.

CONCEIÇÃO, A. J. **A Mandioca**. São Paulo: Ed. Nobel, 1983, 382p.

CORRÊIA, A. L.; ABOUD, A. C. S.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR, L. A.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista ceres**, Viçosa, v.61, n.6, p.956-963,2014.

CUENCA, M. A. G.; MANDARINO, D.C. **Aspectos agroeconômicos da cultura da mandioca**: características e evolução da cultura no Estado de Pernambuco entre 1990 e 2004. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; BOAS, R. L. V.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M. Alterações em propriedades de solo adubado com concentrações de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p. 546-549, 2006.

DANTAS, T. A. G.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, D. F. S.; BANDEIRA, N. V. S.; DANTAS, S. A. G. Produção do inhame em solo adubado com fontes e concentrações de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.10, p.1061–1065, 2013.

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.

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

EGHBALL, B. Soil properties as influenced by phosphorus and nitrogen based manure and compost applications. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n.1, p.128-135, 2002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 412p.

ERHART, E.; HARTL, W.; PUTZ, B. Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops. **European Journal of Agronomy**, Obere Lobau near Vienna, v.23, p.305–314, 2005.

EUCLYDES, R. F. SAEG: **sistema para análises estatísticas e genéticas**. Versão 5.0. Viçosa: UFV, 1983.

EVANYLO, G.; SHERONY, C.; SPARGO, J.; STARNER, D.; BROSIUS, M.; HAERING, K. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Virginia, v.127, p.50–58, 2008.

FAO – food and agriculture organization of united nations. **Statistics**. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/statistics/en/>. Acesso em: 24 de out. de 2015.

FAO - food and agriculture organization of united nations. **Mandioca**. 2013. Disponível em: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcids/index_es.html. Acesso em : out de 2015.

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

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

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Desenvolvimento de germoplasma de mandioca para as condições semi-áridas. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.17-38, 1995.

FUKUDA, W. M.; CALDAS, R. C. Relação entre os conteúdos de amido e farinha em mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 6, p. 57-63, 1987.

FUKUDA, W. M. G.; FUKUDA, C.; VASCONCELOS, O.; FOLGAÇA, J. L.; NEVES, H. P.; CARNEIRO, G. T. Variedades de mandioca recomendadas para o Estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, Cruz das Almas, v.7, n.3, p.27-30, 2006.

GOMES, C. N.; CARVALHO, S. P.; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1121-1130, 2007.

GOOGLE EARTH-MAPAS. **Guia do usuário**. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/Garanhuns+-+PE/@-8.8893879,-36.5670156,206m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x7070d200a110927:0x51f45fae994f83b3!6m1!1e1?hl=pt-BR>> Acesso em: 25 nov 2015.

GROSSMANN, J.; FREITAS, A. C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agronômica**, Porto Alegre, v. 160/162, n.4, p. 75-80, 1950.

GUEDES, J. C. S. **Geografia do município de Garanhuns**: o quadro natural. 2013. 72p.

HARTL, W.; PUTZ, B.; ERHART, E. Influence of rates and timing of biowaste compost application on rye yield and soil nitrate levels. **European Journal of Soil Biology**. Vienna, v.39, p.129–139, 2003.

HE, Y. Q., LONG, S. Z., HUANG, W. B., PAN, C. L., & LI, J. L. Effect of bio-organic fertilizer on the yield of sugarcane and cassava and soil fertility. **Guangxi Agricultural Sciences**, Nanning, v.3, 014. (2009).

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola Municipal IBGE - Rio de Janeiro**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

LOU, X. L.; ZHONG, X.; XIA, H.; YING, P. A.; CHENG, L.; FANG, S. Z.; LIN, C. H. Effects of bio-organic fertilizer on the growth of cassava and the physical, chemical and

biological character of soil. **Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica**, Nanning, v.01, p.65-71, 2008.

KANTO, U.; JUTAMANEE, K.; OSOTSAPAR, Y.; JATTUPORNPOONG, S. Effect of swine manure extract on leaf nitrogen concentration, chlorophyll content, total potassium in plant parts and starch content in fresh tuber yield of cassava. **Journal of Plant Nutrition**, Suphanburi, v.35, p.688–703, 2012.

KIEHL, E. J. **Novo Fertilizantes orgânicos**. 1ª ed. Piracicaba, 2010. 248 p.

MAIA, S. S. S.; AZEVEDO, C. M. S. B.; SILVA, F. N.; ALMEIDA, F. A. G. Efeito do efluente de viveiro de peixe na composição de biofertilizantes na cultura da alface. **Revista Verde**, Mossoró, v.3, n.2, p.36-43, 2008.

MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; ZEOULA, L. M.; ALCALDE, C. R.; NASCIMENTO, W. G. Avaliação da Mandioca e Seus Resíduos Industriais em Substituição ao Milho no Desempenho de Novilhas Confinadas. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.29, n.5, p.1528-1536, 2000.

MARTENS, J. T. **Cartilha de alternativas agroecológicas**. Gráfica Estudantil, 2008, 66p.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; VILLANI, E.M.A.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, J.C.C. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p.625-632, 2006.

MATTOS, P.L.P.; BEZERRA, V.S. Cultivo da Mandioca para o Estado do Amapá. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, v.2, 2003.

MUONDO, P. A. **Culturas intercalares e agricultura familiar em angola. Caso: mandioca/cajanus; mandioca/leucaena**. Lisboa: Universidade Técnica De Lisboa, 2013, 173p. Tese de Doutorado.

ODEDINA, S. A.; ODEDINA, J. N.; OJENIYI, S. O.; AKINLANA, F. Effect of different organic nutrient sources and two NPK rates on the performance and nutrient contents of a newly released cassava variety. **Journal of Life Sciences**, Akure, v.6, p.1003-1007, 2012.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. P. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, S. C.; SILVA, J. A. Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.8, p.830-834, 2013.

OLIVEIRA, S. P.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; SEDIYAMA, T.; JOSÉ, A. R. S. Efeito da poda e de épocas de colheita sobre características agronômicas da mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.99-108, 2010.

ONYEKA, T.J.; DIXON, A.G.O.; AND EKPO, E.J.A. Assessment of laboratory methods for evaluating cassava genotypes for resistance to root rot disease. **Mycopathologia**, v.159, p.461-467. 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, 2008.

PAGANINI, T. P.; DANIEL, V. C.; JESUS, M. H.; MIRON, G. A.; MACIEL, D. M.; SOUZA, J. E.; SILVA, A. S.; POLETTO, N. Desenvolvimento foliar, rendimento de raízes e teor de amido em mandioca cultivada com calcário, adubação orgânica e potássica. **Revista Técnico Científica**, Santa Rosa do Sul, v.3, n.1, p.357-363, 2012.

PASSOS, A. M. A.; FERRO, G. O.; PAULA, N. M. G.; SILVA JÚNIOR, J. S. Desempenho de genótipos de mandioca em um argissolo eutrófico na região sudoeste da Amazônia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.19; p.721-731, 2014.

PEIXOTO, J. R.; BERNADES, S. R.; SANTOS, C.M.; BONNAS, D. S.; FIALHO, J. F.; OLIVEIRA, J. A. Desempenho agrônomo de variedades de mandioca mansa em Uberlândia. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.18, n.1, p.19-24, 2005.

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

RADHAKRISHNAN, A. R. S.; SUJA, G.; ANIL, A. T. Organic vs Conventional Management in Cassava: Growth Dynamics, Yield and Soil Properties. **Journal of Root Crops**, Kerala , v.39, n.2, p.93-99, 2013.

RECALDE, K. M. G.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; KANEKO, F. H.; CARNEIRO, D. N. M.; PADOVAN, M. P. Mandioca em Sucessão a Plantas de Cobertura sob Bases Agroecológicas no Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, Itaquiraí, v.9, n.4, p.1-12, 2014.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.3, p.247-254, 2013.

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

SAKAI, R. H.; AMBROSANO, E. J.; NEGRINI, A. C. A.; TRIVELIN, P. C. O.; SCHAMMASS, E. A.; MELO, P. C. T. N transfer from green manures to lettuce in an intercropping cultivation system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.4, p.679-686, 2011.

SANTOS, N. M.; ACCIOLY, A. M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; SILVA, I. R.; SANTOS, J. A. G. Bioavailability of lead using chemical extractants in soil treated with humic acids and activated carbono, **Revista Ciência Agronômica**, Santo Amaro da Purificação, v.46, n.4, p.663-668, 2015.

SATO, T. ed. Effects of Rhizobium Inoculation on Nitrogen Fixation and Growth of Leguminous Green Manure Crop Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth), In: OHYAMA, T. **Advances in Biology and Ecology of Nitrogen Fixation**. InTech, 2014. p.225-236.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; STORCK, L.; BURIOL, G. A.; ZANON, A. J.; PINHEIRO, D. G.; KRAULICH, B. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Revista Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.155-167, 2009.

SHAFEEK, M. R; OMAR, N. M.; MAHMAD, R. A; ABD EL-BAKY, M. M. H. Effect of Bio- organic fertilization on growth and yield of cassava plants in newly cultivated land. **Middle East Journal of Agriculture Research**, Al-Tahrir St. Dokki, v.1, n.1, p40-46, 2012.

SILVA, A. R.; SOUSA, S. A.; SOUZA, D. J. A. T.; LEMOS, A. S.; COLLIER, L. S. Fertilidade do solo em agrofloresta após sucessão leguminosas: Consórcio mandioca e caupi, no Sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v.2, n.2, p.44-51, 2011.

SILVA, T. R. B.; ARF, O.; SORATTO, R. P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.25, n.1, p.81-87, 2003.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.11, p. 1135-1139, 2005.

SOUZA, F. A.; TRUFEM, S. F. B.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, E. M. R.; GUERRA, J. G. M. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos Micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1913-1923, 1999.

SOUZA, L. S.; FREITAS FILHO, J. Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2003.

TORALES, E. P.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C.; RESENDE, M. M.; SANGALLI, C. M. S.; GASSI, R. P. Concentrações of chicken manure and planting density on yield of ‘Amarela de Carandaí’ peruvian carrot. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.1, p.1165-1176, 2010.

ZENG, D. H.; HU, Y. L.; CHANG, S. X.; FAN, Z. P. Land cover change effects on soil chemical and biological properties after planting Mongolian pine (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) in sandy lands in Keerquin, northeastern China. **Plant Soil**, Wenhua Road, 317:121-133, 2009.