



**RENDIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO DE MILHO EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

MARCOS DE OLIVEIRA

GARANHUNS-PE

FEVEREIRO – 2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**RENDIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO DE MILHO EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Agrícola.

MARCOS DE OLIVEIRA

Orientador: Dr. Mácio Farias de Moura

Co-orientador: Dr. Gustavo Pereira Duda

GARANHUNS-PE

FEVEREIRO – 2018

**RENDIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO DE MILHO EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

MARCOS DE OLIVEIRA

Data de defesa 20/02/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Dr. Mácio Farias de Moura (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/ UAG)

Dr. Antônio Félix da Costa – Examinador externo
Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA

Dra. Suzana Pedroza da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/ UAG)

À Deus, pois Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas

À minha família, pela força e apoio.

Ao meu orientador, pela paciência e orientação

Aos meus amigos, pela cooperação.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus, por ter implantado esse sonho no meu coração, pela oportunidade de sonhar na sua presença e alcançar esta tão almejada conquista. A Deus por ter me dado força, coragem para vencer as grandes colunas de dificuldades, por nunca ter me deixado sozinho no meio dos desertos que passei, mas em todos os momentos da minha vida senti tão de perto sua misericórdia, compaixão e ajuda, e ter me ensinado que é possível sonhar e alcançar meus sonhos independentemente das circunstâncias. Enfim agradeço por tudo, porque Dele, e por meio Dele, e para Ele são todas as coisas.

A minha querida família pelo seu apoio, incentivo e por ter acreditando na realização deste sonho.

Ao meu professor orientador, Mácio Farias de Moura, por ter sido mais que um orientador, um amigo que sempre me norteou durante todas as etapas deste trabalho e jornada acadêmica, com seus saberes, ensinamentos e experiências.

Ao meu co-orientador, Gustavo Pereira Duda, pela contribuição e apoio na realização das análises.

Aos membros da banca que aceitaram contribuir com suas experiências na melhoria desse trabalho.

Aos colegas e amigos que cooperaram na realização das atividades de campo e laboratório: Jeconias Bernardes, José Daniel, Mayza Bezerra Barbosa, Maria Aparecida Rosa dos Santos, Rafaela Felix, Ávilo Renan Vilela, Angélica Simplício, Wemerson Silva dos Santos, Adriano Moura, Diana Anjos, Jorge Marcos e Mauriciane. Ao técnico, Luan da Costa Pereira, pelo suporte no Laboratório de Nutrição Animal (LANA).

Aos professores, técnicos e servidores da UAG e da Central de Laboratórios de Apoio à Pesquisa da Unidade Acadêmica de Garanhuns (CENLAG) que contribuíram de alguma forma.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns e Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola, pela oportunidade e formação profissional.

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

Em suma, a todos, que contribuíram para concretização deste trabalho, meus sinceros votos de agradecimentos.

RESUMO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da adubação verde e composto orgânico na produtividade e qualidade nutricional do grão de milho. A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns, no ano agrícola 2017, no município de Garanhuns – PE. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 4) + 2, com três repetições. Os tratamentos consistiram de três leguminosas (crotalária, feijão macassar e feijão guandu anão), quatro doses de composto orgânico (0, 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹), e duas testemunhas adicionais (absoluta e adubação mineral). As variáveis analisadas foram: altura de planta, diâmetro do colmo, número de folhas, número de espigas; comprimento e diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, número de fileira de grãos, massa de 1000 grãos, índice de colheita, teor e acúmulo de N no grão, teor de N no solo, produtividade de grãos; teor e rendimento de proteína, extrato etéreo, material mineral, carboidratos totais e valor energético do grão. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos que envolviam as leguminosas foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Quanto ao estudo das concentrações do composto orgânico, foi empregada a análise de regressão polinomial. Para a comparação da adubação orgânica com os tratamentos adicionais controle e mineral, foi empregado o teste de Dunnett (p<0,05). O adubo verde feijão macassar proporciona aumento dos componentes de produção de milho. A adubação verde com macassar associado às doses de composto orgânico (40 e 60 Mg ha⁻¹) condiciona produtividade de grãos semelhante ao tratamento com adubação mineral. O feijão macassar associado a maior dose de composto (60 Mg ha⁻¹) favorece qualidade e rendimento protéico do grão de milho superior ao tratamento mineral. O adubo verde feijão macassar, associado às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹ de composto, condiciona valores semelhantes no rendimento de óleo, material mineral e carboidratos totais em relação ao tratamento mineral. A adubação verde com macassar associado às doses 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹ de composto promove resposta semelhante no teor de carboidratos totais em relação ao tratamento químico. O feijão macassar associado às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹ de composto orgânico condiciona resposta semelhante ao tratamento com adubação mineral no valor e rendimento energético, podendo substituí-la sem comprometimento da qualidade nutricional do grão.

Palavras-chave: Adubação verde; Composto orgânico; Qualidade nutricional do grão de milho.

ABSTRACT

The objective of this study was to study the effect of green manure and organic compost on yield and nutritional quality of corn grain. The research was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco / Garanhuns Academic Unit, in the agricultural year 2017, in the municipality of Garanhuns – PE. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme (3 x 4) + 2, with three replications. The treatments consisted of three leguminous plants (sunn hemp, cowpea beans and dwarf pigeon pea), four doses of organic compound (0, 20, 40 and 60 Mg ha⁻¹), and two additional controls (absolute and mineral fertilization). The analyzed variables were: plant height, stalk diameter, number of leaves, number of spikes; length and spike diameter, number of grains per row, row number of grains, mass of 1000 grains, harvest index, grain N content and accumulation, N content in soil, grain yield; protein content and yield, ethereal extract, mineral material, total carbohydrates and energetic value of the grain. The data were submitted to analysis of variance, and the means of the treatments involving the legumes were compared by the Tukey's test (p <0.05). Concerning the study of organic compound concentrations, polynomial regression analysis was used. For the comparison of organic fertilization with the additional control and mineral treatments, the Dunnett test (p <0.05) was used. The green manure cowpea fertilizer provides increased components of maize production. The green manuring with cowpea associated to the doses of organic compound (40 and 60 Mg ha⁻¹) conditions grain yield similar to the treatment with mineral fertilization. The cowpea beans associated with the highest dose of compound (60 Mg ha⁻¹) favors the quality and protein yield of the corn grain superior to the mineral treatment. Cowpea green manure, associated with the 40 and 60 Mg ha⁻¹ doses of compound, conditions similar values in the yield of oil, mineral material and total carbohydrates in relation to the mineral treatment. The green manuring with cowpea associated to doses 20, 40 and 60 Mg ha⁻¹ of compound promotes similar response in the total carbohydrate content in relation to the chemical treatment. The cowpea beans associated with the 40 and 60 Mg ha⁻¹ doses of organic compost condition similar to the treatment with mineral fertilization in the value and energy yield, being able to substitute it without compromising the nutritional quality of the grain.

Key-words: Green fertilization; Organic compost; Nutritional quality of the corn grain.

Lista de Figuras

Figura 1. Precipitação e temperatura média mensal observadas durante a condução do experimento.....	24
Figura 2. Radiação mensal observada durante a condução do experimento (Fonte: INMET, 2017).	24
Figura 3. Número de folhas (A), número de fileiras de grãos (B) e diâmetro de espiga (C) obtidas a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	33
Figura 4. Altura de planta (D), massa de 1000 grãos (E) e teor final de N no solo após a colheita (F) obtidas a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	41
Figura 5. Comprimento de espiga (G), número de grãos por fileira (H) diâmetro do colmo (I) e teor de N no grão (J) obtidas a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	51
Figura 6. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) obtida a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	53
Figura 7. Teor de proteína (L) e rendimento de proteína (M) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	64
Figura 8. Teor de carboidratos totais (N) e rendimento de carboidratos totais (O) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	65
Figura 9. Teor de extrato etéreo (P) e rendimento de extrato etéreo (Q) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	67
Figura 10. Valor energético (R) e rendimento de valor energético (S) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.	68

Lista de Tabelas

Tabela 1. Análise química de solo antes da instalação do experimento.....	25
Tabela 2. Biomassa seca, teor e acúmulo de nitrogênio (N) da parte aérea, e relação C/N das leguminosas utilizadas como adubo verde no cultivo de milho.	26
Tabela 3. Análise química dos adubos verdes utilizados na pesquisa.....	26
Tabela 4. Análise química do composto orgânico.	27
Tabela 5. Número de folhas (NF), número de fileiras por espiga (NFE), diâmetro de espigas (DE) e índice de colheita (IC) em função da adubação verde e doses de composto orgânico. ...	32
Tabela 6. Diâmetro de espiga (DE), número de fileira por espiga (NFE), número de folha (NF) e índice de colheita (IC) de plantas de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).	34
Tabela 7. Diâmetro de espiga (DE), número de fileira por espiga (NFE), número de folha (NF) e índice de colheita (IC) de plantas de milho em função da adubação orgânica versus mineral. ..	35
Tabela 8. Altura de planta (AP), número de espigas (NE), massa de 1000 grãos (M1000G) e teor de nitrogênio no solo após colheita (TNS) em função da adubação verde e doses de composto orgânico.....	38
Tabela 9. Altura de planta (AP), número de espigas (NE), massa de mil sementes (M1000) de milho e teor de nitrogênio no solo (TNS) em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).	43
Tabela 10. Altura de planta (AP), número de espigas (NE), massa de mil sementes (M1000) de milho e teor de nitrogênio no solo (TNS) em função da adubação orgânica versus adubação mineral.....	45
Tabela 11. Comprimento de espiga, (CE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), teor de N no grão (TNG), produtividade de grãos (PRODT) em função da adubação verde e doses de composto orgânico.....	49
Tabela 12. Comprimento de espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), Teor de N no grão (TNG), produtividade de grão (PRODT) obtidos de plantas de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).	55
Tabela 13. Comprimento de espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), Teor de N no grão (TNG) e produtividade de grão (PRODT) obtidos de planta de milho em função da adubação orgânica versus adubação mineral.	57
Tabela 14. Teor de proteína (PT), rendimento de proteína (RPT), teor de extrato etéreo (EE), rendimento de extrato etéreo (REE), teor de cinzas (CZ), rendimento de cinzas (RCZ), teor de carboidratos totais (CHO), rendimento de carboidratos totais (RCHO), valor energético (VE) e rendimento de valor energético (RVE) em função da adubação verde e doses de composto orgânico.....	62
Tabela 15. Teor de proteína (PT), rendimento de proteína (RPT), teor de extrato etéreo (EE), rendimento de extrato etéreo (REE); teor de cinzas (CZ); rendimento de cinzas (RCZ) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).	71
Tabela 16. Teor de carboidratos totais (CHO), rendimento de carboidratos totais (RCHO), valor energético (VE) e rendimento de valor energético (RVE) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).....	71
Tabela 17. Teor de proteína (PT), rendimento de proteína (RPT1), teor de extrato etéreo (EE), rendimento de extrato etéreo (REE), teor de cinzas (CZ), rendimento de cinzas (RCZ) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus adubação mineral.	73

Tabela 18. Teor de carboidratos totais (CHO), rendimento de carboidratos totais (RCHO), valor energético (VE) e rendimento de valor energético (RVE) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus adubação mineral..... 75

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Aspectos gerais da cultura do milho	14
2.2 Adubação verde	15
2.3 Adubação verde e qualidade nutricional do grão de milho	19
2.4 Composto orgânico	20
2.5 Composto orgânico e qualidade nutricional do grão de milho	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Localização	24
3.2 Dados climáticos	24
3.3 Delineamento experimental e tratamentos	25
3.4 Instalação e condução do experimento	25
3.5 Composto orgânico	27
3.6 Avaliações:	27
3.7 Análises estatísticas	29
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.0 CONCLUSÃO	76
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância econômica no cenário mundial, sendo consumido e produzido em diversas regiões do planeta devido às suas qualidades nutricionais. É considerado um cereal de alto valor energético, por conter elevada quantidade de amido acumulado no endosperma, sendo destinado para o abastecimento interno, na indústria, alimentação humana, e principalmente, para alimentação animal (GALVÃO et al., 2015; CONAB, 2017).

A produção e produtividade estimadas para safra 2017/2018, no Brasil, é 92,2 milhões de toneladas, e 5.405 kg ha⁻¹, respectivamente. Em Pernambuco, a estimativa é 66,9 mil toneladas, e 423 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Apesar da importância da cultura e mercado crescente, essas produtividades são consideradas baixíssimas, pois a cultura tem capacidade de produzir acima de 19.000 kg ha⁻¹ (ASSIS et al., 2006). Dentre os fatores que mais contribuem para a baixa produtividade, está o manejo inadequado do solo. O alto preço dos insumos agrícolas é um dos grandes obstáculos enfrentados por agricultores da região que nem sempre dispõem de capital para investir no manejo da adubação. Em virtude disso, muitos produtores usam adubação menor do que a recomendada ou não a empregam, tornando assim, os solos cada vez mais pobres, gerando produtividades aquém das esperadas.

Por outro lado, no sistema convencional de alto nível tecnológico, os produtores têm empregado de forma intensiva o uso de fertilizantes, que além de elevarem os custos de produção, causam contaminação do solo e das águas devido aos resíduos de fertilizantes, gerando impactos ambientais expressivos (FREIRE et al., 2009; FERREIRA et al., 2010). Além disso, as jazidas de fertilizante são finitas e podem representar uma ameaça à agricultura convencional que, com a redução dos combustíveis fósseis, a tendência é de aumento dos custos dos fertilizantes, tornando-os cada vez menos acessíveis aos produtores menos capitalizados.

Neste sentido, considerando os impactos causados pelos fertilizantes minerais e seus elevados custos, o baixo rendimento de milho, aliado à importância econômica do cultivo dessa gramínea para a produção familiar, são de vital importância estudos regionais que permitam entendimento dos mecanismos que promovem alterações no solo pelo uso das adubações que melhorem o rendimento das culturas (ANDREOLA et al., 2000), de forma a garantir a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas de produção de milho. Desta forma, necessitam-se de pesquisas alternativas de cultivos que apresentem menores custos de produção, menos danos ambientais, principalmente ao

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica solo, visando práticas de manejo conservacionista e que o uso de insumos, como fertilizantes, seja o menor possível (MARTINS, 1999). A substituição dos fertilizantes minerais por adubos orgânicos vem sendo empregada, haja vista a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, incrementando a disponibilidade de nutrientes para às culturas (RODRIGUES et al., 2011; COSTA et al., 2013).

Nesta perspectiva, surge como alternativa de baixo impacto ambiental e com possibilidade de permitir produtividade satisfatória, o emprego da adubação verde e do composto orgânico. Esses adubos são responsáveis por elevarem a matéria orgânica do solo e disponibilidade de nutrientes para o milho. O composto vem sendo utilizado por produtores do mundo inteiro com objetivo de aumentar a produção agrícola e qualidade do solo, além de causar menores impactos ambientais (SILVA et al., 2013). Outra vantagem do composto se baseia na sua fácil obtenção, podendo ser produzido na própria propriedade, reduzindo desta forma o custo de produção de milho, pois terá uma economia com a não aquisição dos adubos químicos sintéticos. Já a adubação verde com leguminosas constitui mais uma alternativa viável para incrementar a matéria orgânica do solo e provimento de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), uma vez que estas possuem a capacidade de se associar com bactérias do gênero *Rhizobium* que fixam N_2 e disponibilizam para as plantas, podendo substituir a adubação mineral (TEJADA, et al., 2008; AMBROSANO et al., 2009). Assim, leguminosas como feijão guandu anão, feijão macassar e crotalária permitem o aporte de N no solo, tornando-o disponível para absorção da cultura subsequente.

A literatura científica com pesquisas avaliando efeitos da adubação verde e doses de adubos orgânicos, de forma isolada é extensa. No entanto, é escassa quando se trata de estudos de efeitos conjugados avaliando o rendimento das culturas (SOUZA et al., 2015), e a qualidade nutricional do grão de milho. Assim, tornam-se importantes estudos sobre os efeitos associados de adubos verdes e adubação orgânica com composto no rendimento do milho. Além disso, a busca por uma alimentação mais saudável, de melhor qualidade e sabor, torna-se primordial avanço científico nos estudos para produção de grãos com melhor qualidade nutricional, isto é, aumento nos teores e acúmulo de nutrientes, proteína, uma vez que a maior parte dos grãos é destinada a alimentação animal e humana (OLIVEIRA et al., 2012). Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da adubação verde e composto orgânico na produtividade e qualidade nutricional de grãos de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L) é uma planta anual, pertencente ao grupo das monocotiledôneas, divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Poales, família Poacea, utilizada principalmente como fonte de alimento (PATERNIANI, 1993). É uma espécie originária da América do Norte, com centro de origem genética no México, e se espalhou para as demais regiões em todo o mundo (PATERNIANI, 1993; SILVEIRA et al., 2015). É uma gramínea de elevada importância econômica, podendo ser utilizada em vários setores industriais, além de constituir um alimento primordial para a população brasileira e de outros países emergentes da América Latina, África, Ásia, (ROSAS- CASTOR et al., 2014).

É um cereal de elevada importância nutricional, principalmente por ser constituído de carboidratos (72%), proteína (10%) e lipídeos, conferindo alto valor energético, aproximadamente 365 kcal 100g⁻¹. Por esse motivo, o milho é tido com um alimento importante na agricultura global e dieta humana (NUSS; TANUMIHARDJO, 2010). É consumido em diversas formas, incluindo o milho doce, grãos cozidos, tortilhas, batatas fritas e polenta, como matéria prima para a produção de amido, óleo, farinha, fubá, glicose, composições de formulações alimentícias, e principalmente na alimentação animal. (GARCIA 2006; KLJAK, K; GRBESA, 2015; CONAB, 2017). O milho tem produção destinada para o abastecimento interno, sendo utilizado mais de 77% para fabricação de rações, 10,4% para indústria, e cerca de 2% para consumo humano (CONAB, 2017).

O milho é um cereal de destaque mundial, com uma produção superior a 1 bilhão de toneladas. Nesse ranking, os maiores produtores mundiais do grão são Estados Unidos, China e Brasil, com uma produção estimada para a safra 2017/2018, de 386,8, 219,6 e 92,2 milhões de toneladas, respectivamente (USDA 2017; CONAB, 2017). A área cultivada de milho no Brasil para safra 2017/2018 foi estimada em mais de 17 milhões de hectares, o que representa um aumento médio de 10% em relação à safra anterior (CONAB, 2017). As principais regiões produtoras do grão são Centro-Oeste e Sul, com destaque para o Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás, com um

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica produção de 28,04, 23,7, 9,75 e 9,4 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2017).

O Nordeste constitui a quarta região produtora do grão no Brasil, sendo que a Bahia e o Maranhão são os maiores produtores. Pernambuco se enquadra na sexta posição no ranking de produção do grão (CONAB, 2017), com uma produção e produtividade de 66,9 mil toneladas e 423 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, considerando o potencial produtivo da cultura que pode atingir 19.113 kg ha⁻¹, esse valor é extremamente baixo. Entre os fatores que mais têm influenciado o rendimento de milho, destacam-se o clima, material genético, manejo de pragas e doenças, manejo dos nutrientes, fertilidade do solo e práticas culturais (AMADO et al., 2002, FANCELLI; DOURADO NETO 2003). O aumento da produção das culturas é fortemente dependente da fertilização do solo e nutrição mineral das plantas (REBEQUI et al., 2011). Assim, torna-se importante o manejo da adubação na cultura do milho para alcançar altas produtividades de grãos.

2.2 Adubação verde

O nitrogênio (N) é o nutriente mineral absorvido em maior quantidade pela cultura do milho, sendo o que mais exerce influência na produtividade de grãos (CANTAREL; DUARTE 2004, DUETE et al., 2009). Assim, a utilização de plantas leguminosas que fixem o N atmosférico ou reciclem das camadas mais profundas para a superfície, constitui numa alternativa estratégica para suprir a necessidade de N requerida pelo milho, sendo disponibilizado lentamente de acordo com a decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, o que propicia menores perdas, pois o N na forma orgânica é menos suscetível à volatilização e lixiviação (LÁZARO et al., 2013). A utilização de leguminosas para proteção do solo e fonte alternativa de N para as culturas agrícolas nos sistemas produtivos é uma prática promissora, pois pode reduzir os efeitos nocivos do uso indiscriminado de fertilizantes minerais nitrogenados sobre o ambiente, constituindo dessa forma, uma prática de manejo sustentável (ARF et al., 1999). O N é um dos elementos que mais contribuem para a contaminação dos lenções freáticos e incremento dos custos com adubação, desta forma, a adoção de leguminosas como adubo verde pode favorecer a redução ou até mesmo a eliminação desses custos (ASSMANN et al., 2003).

A aplicação de adubos verdes gera aumento dos níveis de matéria orgânica que resulta em proteção do solo ao impacto da chuva, redução das variações de temperatura,

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

aumento da capacidade de retenção de nutrientes, aumentando assim a capacidade do solo em fornecer nutrientes às plantas, incluindo nitrogênio, fósforo e micronutrientes que são mobilizados e concentrados na camada superior do solo que podem ser utilizados pelas plantas. Além de redução da lixiviação de nutrientes, aumento da capacidade de retenção de água, aumentando assim a disponibilidade de água no solo e a estabilidade da estrutura do solo, bem como melhoria na microbiota do solo e produtividade das culturas (TEJADA et al., 2008; SHARMA et al., 2009; SOUZA et al., 2013; MASSAD et al., 2014; SUBAEDAH et al., 2016). O aumento do teor de água do solo com matéria orgânica aumenta a resistência das plantas de milho à seca, (SUBAEDAH et al., 2014), principalmente em solos arenosos.

Nesta perspectiva, leguminosas como feijão guandu (*Cajanus cajan* L.), macassar (*Vigna unguiculata* L.) e crotalária (*Crotalaria juncea* L.), apresentam elevadas características para uso como adubação verde, por favorecer um expressivo aporte de N no sistema solo-planta. A crotalária, apresenta alta produção de biomassa e fixação biológica de nitrogênio. Produz elevada quantidade de biomassa verde, podendo alcançar 60 Mg ha⁻¹, e 17 Mg ha⁻¹ de biomassa seca (SANTOS; FONTANETTI, 2007). A produção de matéria seca varia de acordo com as regiões brasileiras, pois observam-se pesquisas que alcançaram 3,4 Mg ha⁻¹ no agreste paraibano, 5 Mg ha⁻¹ no cerrado, 8,6 Mg ha⁻¹ no agreste pernambucano, e 9,77 Mg ha⁻¹ na região sul (SILVA, et al., 2006; SILVA, et al., 2007; SOUZA, et al., 2008, SOUZA, 2015). Essa leguminosa pode fixar de 150 a 165 kg ha⁻¹ de N, podendo chegar a 450 kg ha⁻¹, e cicla 41 e 217 kg ha⁻¹ de fósforo e potássio, respectivamente. (WUTKE, 1993; CONTE et al., 2008; TEXEIRA et al., 2009). No estudo de Teodoro et al. (2011) foi observada uma produção de 13,9 Mg ha⁻¹ de biomassa seca de *C. juncea*, e acúmulo aproximado de 514, 27, 165, 123, 111 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, reafirmando o potencial dessa espécie para utilização como adubo verde.

O feijão guandu pode alcançar uma produção de biomassa verde e seca de 20 a 40 Mg ha⁻¹, e de 3 a 9 Mg ha⁻¹, respectivamente (FORMENTINI, 2008). O potencial de fixação de N dessa leguminosa pode alcançar 280 kg ha⁻¹. No entanto, tendo sido verificado normalmente uma fixação de N variando entre 90 e 170 Mg ha⁻¹ (GICHURU, 1991; BORGES et al., 2004; CONTE et al., 2008). Essa espécie se constitui em uma das plantas mais utilizadas como adubo verde por possuir sistema radicular profundo e ramificado e resistir ao estresse hídrico (AZEVEDO et al., 2007).

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

Na pesquisa de Teodoro et al. (2011), foi observado acúmulo de 87, 7,12, 23,70, 22,54, 18,78 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, e Mg, respectivamente.

O feijão macassar, também conhecido como feijão caupi, feijão de corda é uma espécie rústica, de fácil adaptação, precocidade com capacidade de produzir em diversos ambientes, com ampla utilização, podendo ser empregado para produção de grãos secos ou verde, forragem, feno, assim como, adubação verde (ROCHA, 2009; SANTOS et al., 2015). O feijão macassar é uma espécie resistente a período de estiagem, sendo considerado um dos adubos verdes mais resistentes à seca (ANDY, 2007). Quando utilizado como adubo verde fornece uma quantidade significativa de N no solo para a cultura sucedânea (SINGH et al., 2010).

Neste sentido, pesquisas desenvolvidas em diversas regiões têm demonstrado à eficiência da adubação verde na melhoria da fertilidade do solo e aumento no rendimento e qualidade nutricional de grãos de milho. Resultados obtidos por Odhiambo et al. (2010), de um estudo de dois anos com sistema de rotação adubos verde-milho, mostraram que no primeiro cultivo, as leguminosas feijão macassar, mucuna, lablab, ervilhaca e crotalaria proporcionaram rendimentos de 77 (3,48 Mg ha⁻¹), 85 (3,85 Mg ha⁻¹), 134 (6,07 Mg ha⁻¹), 125 (5,63 Mg ha⁻¹) e 103% (4,66 Mg ha⁻¹), respectivamente, em relação ao controle. No segundo cultivo, as leguminosas mucuna, lablab, ervilhaca e crotalaria foram responsáveis por aumentar em 55% (3,14 Mg ha⁻¹), 61% (3,95 Mg ha⁻¹), 70% (6,12 Mg ha⁻¹), 66% (4,93 Mg ha⁻¹) e 64% (4,55 Mg ha⁻¹), respectivamente, acima do controle (N). Na segunda pesquisa, Odhiambo et al. (2011), avaliando o potencial da adubação verde em sistema de produção de milho, constataram rendimento de grãos similar entre os tratamentos com adubos verdes e adubação nitrogenada. Além disso, o rendimento de grãos obtido com a combinação dos adubos verde com fertilizante nitrogenado foi igual quando empregaram-se apenas os adubos verdes, evidenciando dessa forma, que apenas as leguminosas são suficientes para atender a demanda da cultura do milho.

De igual modo, Subaedah et al. (2016), observaram que aplicação de crotalaria juncea no solo incrementou o conteúdo de matéria orgânica do solo, clorofila, produção de biomassa, diâmetro e peso de espiga, e rendimento de grão de milho, enquanto Tejada et al. (2008) observaram que a adubação verde gerou um aumento de mais de três Mg ha⁻¹ de grãos. Avaliando o efeito da adubação verde com feijão macassar, Singh et al. (2010) verificaram que a incorporação dessa leguminosa no solo proporcionou incremento no rendimento de biomassa fresca de palmarosa e hortelã de 18,5 e 23,4%

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica respectivamente, em relação as plantas cultivadas na ausência do adubo verde. Além, disso a contribuição do N fornecido pelo feijão macassar no solo foi equivalente a 30 kg ha⁻¹ (SINGH et al., 2010).

Em sistema de cultivo consorciado, Perreira et al. (2011), estudando o comportamento de cultivares de milho, constataram que o consórcio crotalaria-milho aumentou a produtividade de grãos do híbrido AG 1051. Avaliando o desempenho de milho em sucessão à adubação verde com crotalaria, Massad et al. (2014) obtiveram maiores valores dos parâmetros produtivos (diâmetro, comprimento e produtividade de espigas). Esses autores notaram aumento de 45,58%, 52,77% e 43,16%, no diâmetro, comprimento e produtividade de espiga (em número de espigas por hectare), respectivamente, quando comparadas com as plantas cultivadas em solo de pousio (sem o adubo verde). Esses resultados são reflexos da quantidade significativa de nutrientes ciclados pela fitomassa da crotalaria, N e K (659,34 e 257,65 kg ha⁻¹, respectivamente), que possivelmente podem ter sido disponibilizados para as plantas de milho no período propício à absorção (MASSAD et al., 2014).

Estudando o uso de adubo verde como cobertura do solo em sistema de plantio direto, Favarato et al. (2016) encontraram maiores valores de altura de planta, diâmetro do colmo, e comprimento de espigas, no estágio R3 (grão pastoso). De igual modo, Conte et al. (2008) obtiveram maiores valores para altura de planta e diâmetro do colmo naquelas plantas cultivadas sob adubação verde. Santos et al. (2010) constataram maior altura de planta, número de grãos por espiga, peso de espiga e produtividade de grãos quando as plantas de milho foram cultivadas com adubo verde feijão de porco e crotalaria. Já Sharma et al. (2009) observaram um ligeiro aumento no crescimento de milho quando houve aplicação da leguminosa feijão macassar, e que a interação com adubação mineral proporcionou aumento significativo no crescimento e rendimento de grãos, decorrentes da maior disponibilização de N da leguminosa e do fertilizante, no solo.

Incrementos na produtividade da cultura do milho decorrentes da aplicação da adubação verde são reflexos principalmente do aumento da disponibilidade de nitrogênio que é responsável pela síntese de clorofila, pigmento encontrado na célula vegetal que mantém um papel fundamental na fotossíntese, de modo que a elevação da síntese de clorofila melhora a atividade fotossintética, e dessa forma, proporciona maior crescimento e produção das plantas (SUBAEDAH et al., 2016). Assim, o emprego da adubação verde favorece o acúmulo de N na parte aérea do milho. Uma quantidade

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica significativa de N proveniente dos adubos verdes é absorvida pelas plantas de milho, melhorando a nutrição, produção e qualidade dos grãos (TEJADA et al., 2008; AMBROSANO et al., 2009). Além do N, os níveis de fósforo e potássio no solo, assim como sua absorção e conteúdo na folha, aumentam progressivamente com a elevação da quantidade de adubos verdes aplicados, incrementando o conteúdo de clorofila e da produtividade (ASTIER et al., 2006; TEJADA et al., 2008).

2.3 Adubação verde e qualidade nutricional do grão de milho

Considerando que existe acúmulo diferencial de nutrientes em função da cultivar, estágio de maturação, condição climática, níveis e disponibilidade de nutrientes no solo, assim pode-se inferir que a adubação possa também alterar a remobilização de nutrientes de partes da planta para os grãos (VASCONCELOS *et al.*, 1998), e dessa forma influenciar no acúmulo e qualidade nutricional (OLIVEIRA et al., 2012). Nesta perspectiva, a aplicação da adubação verde no solo, além de gerar ganhos de produtividade, pode proporcionar melhoria na qualidade nutricional dos grãos. Os teores de carboidratos solúveis e proteína aumentam em função do emprego dos adubos verdes, podendo alcançar incrementos acima de 30 e 70 %, respectivamente (TEJADA et al., 2008). O fornecimento de nutrientes ao longo do ciclo do milho pelos adubos verdes, principalmente N, aumenta a taxa fotossintética por um longo período de tempo, resultando em uma maior produção de carboidratos solúveis, e desse modo, elevação na qualidade do grão. Bordin et al. (2003) obtiveram incrementos no teor e produtividade de proteína bruta nos grãos de feijão e arroz, com o emprego da adubação verde com crotalária e feijão de porco. Comportamento quadrático crescente no teor de proteína do grão foi verificado quando se utilizou o feijão de porco. Na ausência da adubação nitrogenada, constatou-se maior teor de proteína nos grãos de feijão com o emprego dos adubos verdes (BORDIN et al., 2003).

De igual modo, Pinnow et al. (2013), avaliando a qualidade industrial do trigo, relataram que a adubação verde proporciona maiores valores de rendimento de proteína bruta nos grãos de trigo. Já Talgre et al. (2009), estudando o efeito da adubação verde no rendimento e qualidade dos grãos de trigo, afirmaram que o teor de proteína do grão foi significativamente afetado pelos adubos verdes, alcançando valores de 10,9% - 13,5%. De forma semelhante, Zai et al. (2008) observaram que na presença da adubação verde, houve incremento no teor de proteína do grão, alcançando valor médio de 16,6%, enquanto que na ausência, 11,7%. Esses resultados são decorrentes da capacidade destas leguminosas em reciclar e disponibilizar N e outros nutrientes e favorecer o

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica desenvolvimento e acúmulo no grão (VIOLA et al., 2013). Chutichudet et al. (2007) constataram-se que aplicação de adubo verde (feijão macassar e feijão de porco) proporcionou maior valor de sólido solúveis nos grãos de quiabo, sendo altamente significativo em relação ao controle. Em relação ao material mineral, Sobrinho et al. (2009) verificaram um ligeiro aumento no acúmulo de K, Ca, Mg em milho com aplicação do adubo verde (feijão macassar).

Estudando, o efeito da adubação verde com feijão macassar, Singh et al. (2010), verificaram que a incorporação dessa leguminosa no solo proporcionou incremento no rendimento de óleo de 25,2 e 17,7% de plantas de hortelã e palmarosa em relação as plantas cultivadas na ausência do adubo verde. De igual modo, Marques et al. (2018) relataram que a aplicação de adubos verde, principalmente mucuna, aumenta a produção de óleo da erva cidreira (62,43 L ha⁻¹).

O rendimento e a qualidade do milho são afetados pelo tipo de solo, disponibilidade de água e nutrição da planta (BOSSIO et al., 2010; CHAUHAN et al., 2013). Assim, considerando que os nutrientes da adubação verde são liberados de forma gradual, podendo atender à demanda da cultura durante todo o ciclo, é possível obter melhor qualidade biológica do grão.

2.4 Composto orgânico

O composto orgânico é um produto biologicamente estável e sanitizado, resultante da degradação biológica da matéria orgânica em condições aeróbicas (FORNES et al., 2012; CESARO et al., 2015). Após a estabilização, pode ser usado como fonte de adubo, sendo primordial na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Assim, atua na melhoria da agregação do solo, retenção de água, aumento da capacidade de troca de cátions, conteúdo de carbono orgânico do solo, disponibilidade de nutrientes, aumentando a absorção dos elementos pelas plantas (MYLAVARAPU et al., 2009; SILVA et al., 2012; XIN et al., 2016). A aplicação do composto orgânico incrementa os teores de N, P, K, Ca, Mg e C, no solo e tecido de plantas, resultando em maior produtividade de grãos (COURTNEY; MULLEN, 2008; ZAI et al., 2008; XIN et al., 2016). O incremento na matéria orgânica do solo e conteúdo de nutrientes favorecidos pela constante adição desse adubo permite a sustentabilidade dos agroecossistemas a longo prazo (XIN et al., 2016).

Nesta perspectiva, avaliando a aplicação de composto orgânico e fertilizante mineral a longo prazo (23 anos), Xin et al. (2016) constataram que a adição de composto orgânico duplicou o teor de carbono do solo, e elevou significativamente

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

rendimento de grãos de milho e trigo. O emprego do composto orgânico favoreceu o incremento de 138% no teor de carbono do solo. A produtividade média desses anos proporcionada pelo composto, foi de 13.860 kg ha⁻¹, sendo superior ao tratamento controle (1.906 kg ha⁻¹) e a adubação mineral (N e K). Courtney e Mullen (2008), em seus estudos, verificaram que a adição do composto orgânico no solo proporcionou incremento significativo no teor de N, P, K, Ca, Mg e carbono do solo. Houve correlação positiva entre a disponibilidade desses nutrientes e rendimento de grão de cevada, sendo assim, verificado um incremento de 59 %. A produtividade de grãos entre os tratamentos com composto (dose 25 Mg ha⁻¹) e adubação mineral (NPK) foi similar, evidenciando que apenas o adubo orgânico foi suficiente para atender a demanda nutricional da cultura.

Avaliando o efeito do composto orgânico e da adubação verde na fertilidade do solo e na absorção de nutrientes em sistema de rotação, Zai et al. (2008) obtiveram incrementos de N, P, K, Ca, Mg no solo, absorção e conseqüentemente no tecido foliar de plantas de trigo e arroz. De igual modo, Gil et al. (2008) observaram maiores teores de K, P e Ca no solo cultivado com milho. Ainda segundo esses autores, o composto orgânico a base de esterco bovino poderia substituir a adubação mineral no cultivo do milho sem comprometimento na produtividade. Sierra et al. (2013) confirmaram o efeito positivo do composto orgânico a base de esterco bovino, no crescimento e produção de biomassa do milho, proporcionado pela fácil liberação dos nutrientes para a cultura.

Mylavarapu et al. (2009) afirmaram que o composto proporciona significativamente maior teor de N, P, Ca, Zn, Mn no solo, em relação ao tratamento controle. Além disso, a aplicação do composto favoreceu maior teor de C, N, Ca e micronutrientes (Zn, Fe e Mn) no solo em relação as parcelas com adubação mineral, e que esses incrementos no teores de nutrientes no solo refletem no aumento da absorção dos nutrientes e presença no tecido foliar, e conseqüente aumento da biomassa fresca da salsa. Gomes et al. (2005), estudando o efeito da adubação orgânica e mineral nas características químicas do solo e produtividade de grãos, concluíram que a utilização do composto orgânico a base de esterco bovino propicia aumento dos teores C, K, P, Ca e Mg do solo. Além disso, verificaram-se efeitos significativos (linear) nos componentes de produção avaliados (altura de planta, peso médio das espigas) e produtividade de grãos. Ainda segundo esses autores, o composto orgânico na dose de

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica 40 m³ ha⁻¹ propicia produtividade de milho semelhante à dose de 500 kg ha⁻¹ da formulação do adubo NPK (04-14-08).

Em seus estudos, Doan et al. (2015) observaram que a utilização de composto proporcionou aumento significativo nos teores de N, P e K no solo, durante três anos de pesquisa, em relação ao tratamento com adubação química sintética e o controle, respectivamente. Esses valores refletiram na produção de biomassa e grão pelo milho, pois houve um incremento de cerca de 28% no rendimento de grão quando comparado ao tratamento com adubação mineral. De igual forma, Agegnehu et al. (2016), constataram aumento significativo no teor C, N, P do solo e produtividade de grão de milho com adubação orgânica (composto e biochar). São esses aumentos nos teores de nutrientes no solo que incrementam a absorção e teores de N, P na folha, e proporcionam melhor enchimento e rendimento de grãos (MYLAVARAPU et al., 2009; AGEGNEHU et al., 2016).

Assim, o composto orgânico proporciona aumentos significativos no teor de carbono orgânico e nutrientes no solo, principalmente N, e por melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, constitui uma fonte de adubo para alcançar a sustentabilidade dos sistemas de produção de milho (MYLAVARAPU et al., 2009).

2.5 Composto orgânico e qualidade nutricional do grão de milho

Em relação à qualidade nutricional dos grãos de milho, as causas de variação na composição química são dependentes da cultivar, clima, estágio de maturação da planta, sistema de cultivo e adubação (VASCONCELOS *et al.*, 1998). Assim, a disponibilidade de nutrientes no solo pode influenciar a composição química dos grãos e melhorar a qualidade nutricional (OLIVEIRA et al., 2012). Nesta perspectiva, além dos incrementos nos componentes de produção e rendimento de milho, o composto orgânico pode proporcionar melhoria na qualidade biológica do grão, conforme Gil et al. (2008) relataram em sua pesquisa que o composto orgânico proporcionou maior teor de proteína e ferro no grão de milho. Segundo esses autores, o composto orgânico a base de esterco bovino poderia substituir a adubação mineral no cultivo do milho sem comprometimento na qualidade do grão. De forma semelhante, Zai et al. (2008) verificaram aumento significativo de 18% com o emprego do composto no teor de proteína no grão de trigo, em comparação ao tratamento controle. Já Agegnehu et al. (2016) constataram teor de proteína similar entre os tratamentos com composto, biochar e adubação mineral, reafirmando que apenas o adubo orgânico é suficiente para produzir grãos com qualidade química satisfatória. Em seus estudos, Tejada et al. (2009)

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

observaram que a aplicação de vermicomposto à base de esterco bovino aumentou a concentração de proteína (5,6%), de amido (7,8%), grãos cheios (3,1%) e o rendimento do arroz (7,9%). Além disso, os teores de carboidratos solúveis e carotenoides aumentaram progressivamente com a elevação das doses de vermicomposto, o que confirma a melhoria na qualidade nutricional dos grãos com adição desse adubo orgânico. Já Tambone et al (2007) estudando a influência do composto orgânico nas propriedades químicas do solo e estado nutricional de milho, concluíram que esse adubo incrementa o teor de N e P no grão, e que esses resultados são reflexos da maior disponibilização de nutrientes e matéria orgânica no solo. De igual modo, Agegnehu et al. (2016), avaliando o efeito da adubação orgânica (composto e biochar) e convencional com diferentes combinações, obtiveram teores similares de N e P no grão. ANWAR et al.(2005) observaram que a adubação orgânica (vermicomposto) proporcionou aumento no rendimento de óleo em relação ao controle. No entanto, com aplicação da adubação orgânica e mineral não houve diferença no rendimento de óleo. Assim, a adubação com composto orgânico garante melhoria na qualidade biológica do grão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns, no ano agrícola 2017, no município de Garanhuns – PE. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo As', que é caracterizado como um clima tropical chuvoso, com estação de verão seca, com médias anuais de temperatura e precipitação de 20 °C e 1.038 mm, respectivamente (MOTA; AGENDES, 1986). O solo é caracterizado como Franco-Argilo-Arenosa, com textura média.

3.2 Dados climáticos

Os dados climáticos de precipitação e temperatura, e radiação durante o período de condução da pesquisa podem ser visualizados na Figura 1 e 2, respectivamente.

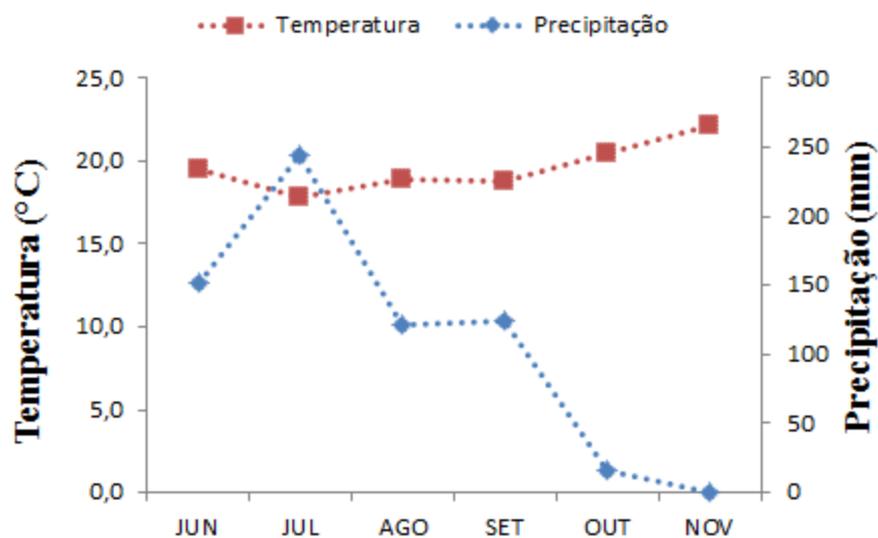


Figura 1. Precipitação e temperatura média mensal observadas durante a condução do experimento.

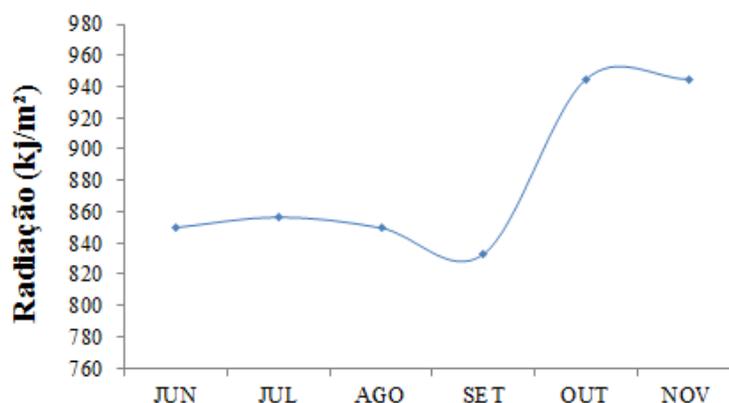


Figura 2. Radiação mensal observada durante a condução do experimento (Fonte: INMET, 2017).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 4) + 2, com três repetições. Os tratamentos consistiram de três leguminosas, sendo estas a crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) e feijão guandu anão (*Cajanus cajan* L. Mill), quatro doses de composto orgânico (0, 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹), e duas testemunhas adicionais (absoluta e adubação mineral). Essas doses foram definidas conforme registros na literatura e recomendação do IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco), sendo estabelecidas valores abaixo e acima. O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 20L, sendo cada unidade experimental composta por seis vasos, resultando em uma população total de 252 plantas de milho. A adubação no tratamento mineral foi realizada após a análise química do solo e recomendada conforme manual de recomendação para o estado de Pernambuco segundo o IPA (CAVALCANTE, 2008).

3.4 Instalação e condução do experimento

A caracterização química do solo foi realizada no Laboratório de Química Agrícola e Ambiental de acordo com a metodologia da Embrapa (2009) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química de solo antes da instalação do experimento.

TRATAMENTOS	pH	N	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	Al	CTC	V	m	
	H ₂ O	g kg ⁻¹	mg/kg	-----cmol _c /kg-----									%
CONTROLE	5,53	0,80	1,81	0,19	2,25	0,75	0,15	2,14	0,15	5,48	60,9	4,3	
MINERAL	5,55	0,81	1,88	0,19	2,21	0,76	0,15	2,15	0,15	5,46	60,6	4,3	
CROT + 0	5,55	0,80	1,83	0,19	2,19	0,75	0,16	2,15	0,15	5,44	60,5	4,4	
CROT + 20	5,60	0,79	1,85	0,19	2,23	0,77	0,15	2,14	0,15	5,48	60,9	4,3	
CROT + 40	5,61	0,81	1,84	0,18	2,31	0,74	0,17	2,16	0,13	5,56	61,2	3,7	
CROT + 60	5,58	0,80	1,91	0,19	2,25	0,75	0,15	2,15	0,14	5,49	60,8	4,0	
GUA + 0	5,55	0,81	1,89	0,18	2,19	0,75	0,16	2,17	0,14	5,45	60,2	4,1	
GUA + 20	5,59	0,81	1,81	0,18	2,3	0,76	0,16	2,15	0,14	5,55	61,3	4,0	
GUA + 40	5,50	0,81	1,81	0,18	2,19	0,75	0,15	2,15	0,15	5,42	60,3	4,4	
GUA + 60	5,63	0,81	1,85	0,19	2,19	0,73	0,14	2,21	0,13	5,46	59,5	3,8	
MAC + 0	5,52	0,80	1,83	0,18	2,21	0,74	0,15	2,2	0,15	5,48	59,9	4,4	
MAC + 20	5,57	0,81	1,85	0,18	2,2	0,74	0,16	2,19	0,15	5,47	60,0	4,4	
MAC + 40	5,60	0,81	1,87	0,19	2,2	0,75	0,15	2,19	0,14	5,48	60,0	4,1	
MAC + 60	5,55	0,80	1,84	0,19	2,24	0,76	0,15	2,15	0,15	5,49	60,8	4,3	

CROTROLE (sem adubação); MINERAL (adubação mineral); CROT+0 (crotalária + 0 de composto); CROT+20 (crotalária + 20 de composto); CROT+40 (crotalária + 40 de composto); CROT+60 (crotalária + 60 de composto). GUA + 0 (guandu +0 de composto); GUA + 20 (guandu + 20 de composto); GUA + 40 (guandu + 40 de composto); GUA + 60 (guandu + 60 de composto); MAC + 0 (feijão macassar + 0 de composto); MAC + 20 (feijão macassar + 20 de composto); MAC + 40 (feijão macassar + 40 de composto); MAC + 60 (feijão macassar + 60 de composto).

Em 02 de fevereiro de 2017 foi realizado o semeio do feijão guandu anão, em 23 de fevereiro, o semeio do feijão macassar e dia 04 de março, o semeio da crotalária, sendo realizado o desbaste deixando seis plantas por vaso, totalizando uma população de plantas 606.061 por hectare. A capina das plantas invasoras foi realizada de forma manual durante o desenvolvimento das leguminosas que receberam irrigação a cada dois dias com sistema de gotejo. A diferença na data de semeadura objetivou coincidir o período de florescimento. Assim, quando as leguminosas atingiram o período de pleno florescimento foram cortadas em tamanho aproximado de 10 cm e levadas para o laboratório para determinação da matéria verde e seca. A biomassa fresca foi determinada por meio de pesagem em balança, e posteriormente acondicionada em sacos de papel pardo e posta em estufa de circulação de ar forçada, a 65° C, até atingir peso constante, para determinação da biomassa seca. A caracterização química dos adubos verdes foi realizada conforme metodologia de Malavolta et al. (1989), (Tabela 3). Posteriormente, foram adicionados nos vasos 70 (7000 kg ha⁻¹), 60 (6100 kg ha⁻¹) e 40 g (4000 kg ha⁻¹) de biomassa seca de feijão guandu, feijão macassar e crotalária, respectivamente (Tabela 2). Imediatamente foi realizado o semeio do milho, híbrido AG 1051. O composto orgânico foi adicionado nos vasos 30 dias antes da adição das leguminosas, em doses equivalentes a 0, 20, 40, 60 Mg ha⁻¹. No tratamento com adubação mineral foi aplicado ureia (45% de N), supersimples (18% de P₂O₅) e cloreto de potássio (58% K₂O).

Tabela 2. Biomassa seca, teor e acúmulo de nitrogênio (N) da parte aérea, e relação C/N das leguminosas utilizadas como adubo verde no cultivo de milho.

Leguminosas	Biomassa seca (Kg ha ⁻¹)	Teor de N (%)	Acúmulo N (Kg ha ⁻¹)	C/N
Crotalária	4000,00	3,23	129,2	15/1
Guandu	7000,00	3,65	255,55	15/1
Macassar	6100,00	4,18	256,20	14/1

Tabela 3. Análise química dos adubos verdes utilizados na pesquisa.

Crotalária									
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
-----%-----					-----mg/kg-----				
3,23	0,22	1,68	0,98	0,40	0,04	12	234	44	43
Guandu									
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
-----%-----					-----mg/kg-----				
3,65	0,26	1,68	1,28	0,41	0,03	15	227	50	55

Macassar

N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
-----%					-----mg/kg-----				
4,18	0,30	2,22	2,74	0,69	0,03	10	254	60	46

3.5 Composto orgânico

O composto orgânico foi preparado com material vegetal e esterco bovino. A compostagem foi preparada em pilhas, iniciando-se uma camada de 20 cm de material seco, seguido de 20 cm de material verde e 5 cm de esterco, seguido de uma irrigação, assim sucessivamente até atingir uma altura de 1,50 m. Após a montagem, a pilha foi revolvida a cada 15 dias. A temperatura foi averiguada com a introdução de um bastão de ferro no centro da pilha, deixando-o por alguns minutos. De acordo com o grau de aquecimento foi realizada a irrigação. O período de conclusão da compostagem foi de 100 dias. A caracterização química do composto foi determinada conforme Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos (MAPA, 2014), (Tabela 4).

Tabela 4. Análise química do composto orgânico.

K ₂ O	Mat. Org.	P ₂ O ₅ total	N	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	C.Org.
-----%						-----mg/kg-----					-----%
0,9	19,6	0,45	1,3	0,84	0,31	0,10	33	7420	135	91	11,4

3.5 Avaliações:

a) Altura de planta (cm)

A altura das plantas foi realizada mediante medições por meio de trena graduada em centímetros no estádio R3, sendo considerada a altura entre o nível do solo até a base da inserção da folha bandeira.

b) Diâmetro do colmo (mm)

O diâmetro do colmo foi mensurado com auxílio utilizando um paquímetro graduado em mm, no estádio R3 (RITCHIE et al., 2003), levando-se em consideração o segundo entrenó a partir da superfície do solo.

c) Diâmetro e comprimento de espigas (mm/cm)

Na determinação do diâmetro da espiga foi empregado paquímetro digital, com aferição na base, meio e ponta da espiga. O comprimento foi mensurado medindo-se da base da espiga até o ápice com régua graduada.

d) Número de espigas e folhas

Foi obtido por contagem direta de todas as espigas e folhas.

e) Número de fileira por espiga e número de grãos por fileira

A determinação dessa variável foi realizada por meio de simples contagem manual.

f) Massa de 1000 grãos (g)

A massa de 1000 grãos foi obtida por meio da pesagem de 1000 grãos.

g) Índice de colheita

Foi obtido pela relação entre o rendimento de grãos e o rendimento biológico.

h) Produtividade de grãos (Kg ha^{-1})

A determinação foi obtida por meio da colheita das espigas, debulhando-se e pesando os grãos, com posterior correção da umidade para 13% e extrapolação do resultado para kg ha^{-1} .

i) Teor e acumulação de nitrogênio (N) no grão de milho ($\%$, Kg ha^{-1})

O grão de milho foi moído em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm de malha. O teor de N no grão foi determinado pelo método Kjeldahl, que se baseia na digestão da amostra em ácido sulfúrico com uma mistura catalizadora que resulta em conversão do nitrogênio em amônia, e sua destilação em uma solução receptora (H_3BO_3), com posterior quantificação por titulação com uma solução padrão de ácido clorídrico previamente padronizado. O acúmulo de N no grão foi determinado multiplicando-se o teor de N pelo rendimento de grão, sendo expresso em kg ha^{-1} .

j) Teor de nitrogênio total no solo após colheita ($\%$)

O N total (orgânico + amoniacal) foi determinado pelo método Kjeldahl, de acordo com a metodologia de Camargo et. al (2009).

l) Teor e rendimento de proteína no grão ($\%$, Kg ha^{-1})

A quantificação de proteína foi obtida multiplicando-se o teor de N pelo fator 6,25, sendo expresso em percentagem de matéria seca, conforme metodologia de Detmann et al. (2012). O rendimento de proteína foi obtido multiplicando-se o teor de proteína ($\%$) pelo rendimento de grão (Kg ha^{-1}).

m) Teor e rendimento de material mineral ou cinzas ($\%$, Kg ha^{-1})

Para determinação do material mineral (cinzas), foi pesado 2 g de amostra em cadinhos previamente seco (105°C) e tarado, com posterior aquecimento na mufla, a 600°C durante quatro horas. Após esse período, as amostras foram colocadas em dessecador até atingir a temperatura ambiente. Posteriormente, procedeu-se à pesagem. Por diferença de peso, calculou-se o teor de cinzas ou material mineral, sendo expresso em percentagem de matéria seca, conforme metodologia de Detmann et al. (2012). O

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

rendimento de cinzas foi obtido multiplicando-se o teor de material mineral ou cinzas (%) pelo rendimento de grão (Kg ha^{-1}).

n) Teor e rendimento de extrato etéreo ou óleo (% , Kg ha^{-1}).

A extração e determinação foram realizadas conforme o método apresentado por Detmann et al. (2012), e com a utilização do aparelho Soxhlet. Pesou-se 1 g de amostra dos diferentes tratamentos nos saquinhos xt4 Ankom e os selou. Foram postos na estufa a 105°C por 16 horas, após esse período esfriado, em dessecador até atingir temperatura ambiente. Posteriormente, procedeu-se a pesagem. Após acomodar as amostras no equipamento Soxlet, foram adicionados 500 ml de solvente hexano nos balões, e assim, ocorreu a extração após oito lavagem das amostras. Ao fim do processo de extração, as amostras foram levadas a estufa a 105°C por 16 horas, esfriado no dessecador, com posterior pesagem. O rendimento de extrato etéreo foi obtido multiplicando-se o teor de extrato etéreo ou óleo (%) pelo rendimento de grão (Kg ha^{-1}).

o) Teor e rendimento de carboidratos totais (% , Kg ha^{-1})

A determinação dos carboidratos totais foi realizada por análise proximal, subtraindo-se de 100% o somatório dos teores de proteína bruta, gordura (extrato etéreo) e cinzas. O rendimento de carboidratos foi obtido multiplicando-se o teor de carboidratos totais (%) pelo rendimento de grão (Kg ha^{-1}).

p) Valor e rendimento energético do grão (Kcal/kg , Kcal/kg ha^{-1})

O valor energético foi calculado multiplicando-se o valor exato de cada um dos nutrientes principais pelo seu equivalente calórico correspondente, e somando os valores obtidos, de acordo com os fatores de conversão relativos (hidratos de carbono 4 kcal/g, proteínas 4 kcal/g e para os lipídios 9 kcal/g), estabelecidos pelo Decreto-Lei nº167/2004 de 7 de Julho. O rendimento energético foi obtido multiplicando-se o percentual de valor energético (%) pelo rendimento de grãos (kg ha^{-1}).

3.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos que envolviam as leguminosas foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Quanto ao estudo das concentrações do composto orgânico, foi empregada a análise de regressão polinomial, sendo escolhido o modelo de maior grau significativo que permitia a explicação de fenômenos biológicos e que possuía coeficiente de determinação (R^2) superior a 50%. Para a comparação da adubação orgânica com os tratamentos adicionais controle e mineral, foi empregado o teste de Dunnett ($p < 0,05$).

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 encontram-se os resultados das variáveis número de folhas, número de fileiras de grãos, diâmetro de espiga e índice de colheita do milho adubado com três leguminosas e doses de composto orgânico (0, 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹). Independentemente da leguminosa empregada como adubo verde, não houve diferença estatística para as variáveis analisadas em cada dose de composto orgânico. De forma semelhante, Santos et al. (2010) não encontraram diferença significativa no diâmetro de espiga entre *Crotalaria juncea*, *C. spectabilis* e milheto. Já Massad et al. (2014) também não encontraram diferença estatística no diâmetro de espiga em relação aos tratamentos com crotalária e crotalária com diferentes doses de esterco.

O índice de colheita em todos os tratamentos com adubação verde e composto orgânico variou entre 0,61 e 0,63, sendo considerado um bom valor, mostrando que os tratamentos orgânicos foram eficientes na conversão dos produtos fotossintetizados em material de importância econômica, que são os grãos (DURÃES et al., 2002).

Na Figura 3, encontra-se o efeito da aplicação de quantidades de composto orgânico na presença dos adubos verdes (crotalária, feijão guandu e feijão macassar) sobre o número de folhas, número de fileiras de grãos e diâmetro de espigas do milho. Para a variável número de folhas, observa-se que os dados se ajustaram ao modelo linear de regressão polinomial, sendo verificado incremento quando se elevaram as doses de composto orgânico em plantas adubadas com crotalária e feijão macassar, sendo a dose 60 Mg ha⁻¹ responsável pelos maiores valores (Figura 3A). Esse aumento ocorreu provavelmente pela maior disponibilização de nutrientes pelo composto, principalmente N, K, Ca, Mg e, pois segundo Andreotti et al. (2001) e Ayud et al. (2007), a maior oferta desses elementos exerce influência significativa no número de folhas. Em seus estudos, o incremento desses nutrientes promoveu maior crescimento vegetal, que ocasionou elevação significativa do número de folhas. Nessa pesquisa, foram adicionados na maior dose (60 Mg ha⁻¹) o equivalente a 780, 540, 504, e 186 kg ha⁻¹ de N, K, Ca e Mg (Tabela 4), respectivamente, fato este que corrobora com os resultados de Andreotti et al. (2001) e Ayud et al. (2007). Já na presença do feijão guandu, os dados não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, sendo obtido valor médio 11,19 folhas por planta (Figura 3A).

Em relação ao número de fileiras de grãos, houve ajuste dos dados à equação linear constatando-se valores crescentes à medida que se aumentaram as doses de composto na presença da crotalária, sendo na dose de 60 Mg ha⁻¹ encontrado os

melhores resultados. Já na presença do feijão guandu e macassar, os dados não se ajustaram a modelo de regressão polinomial, sendo obtidos valores médios de 15,11 e 15,08 fileiras por espigas, respectivamente (Figura 3B).

Houve incremento no diâmetro de espigas de milho à medida que se aumentaram as doses de composto associadas ao adubo verde crotalaria, sendo a dose 60 Mg ha⁻¹ responsável por proporcionar maiores valores (Figura 3C). Esse efeito deve ter sido principalmente, pelo aumento na oferta de N via composto orgânico, pois segundo Santos et al. (2010), assim como Nascimento e Silva (2003) relataram que à medida que se aumentou a disponibilidade de N via adubação, houve incremento no diâmetro de espigas. Já na presença do feijão guandu e macassar, os dados não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, sendo obtido valor médio 45,89 e 45,54 cm por espiga, respectivamente. Quanto ao índice de colheita, não houve ajuste ao modelo de regressão polinomial na presença dos adubos verdes.

Tabela 5. Número de folhas (NF), número de fileiras por espiga (NFE), diâmetro de espigas (DE) e índice de colheita (IC) em função da adubação verde e doses de composto orgânico.

VAR	Composto orgânico (Mg ha ⁻¹)											
	0			20			40			60		
Leguminosas												
	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC
NF	11,00 a	10,89 a	11,44 a	11,44 a	11,11 a	11,56 a	12,22 a	11,44 a	13,56 a	12,22 a	11,33 a	13,33 a
NFE	13,78 a	14,67 a	14,89 a	14,44 a	15,11 a	14,89 a	15,11 a	15,11 a	15,56 a	15,11 a	15,56 a	15,00 a
DE	44,44 a	45,68 a	45,48 a	47,22 a	45,37 a	44,04 a	48,32 a	46,37 a	46,24 a	49,49 a	46,16 a	46,40 a
IC	0,62 a	0,62 a	0,63 a	0,63 a	0,63 a	0,61 a	0,63 a	0,62 a	0,63 a	0,63 a	0,63 a	0,63 a

Media seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CROT (crotalaria); GUAD (guandu); MAC (macassar); DE (mm)

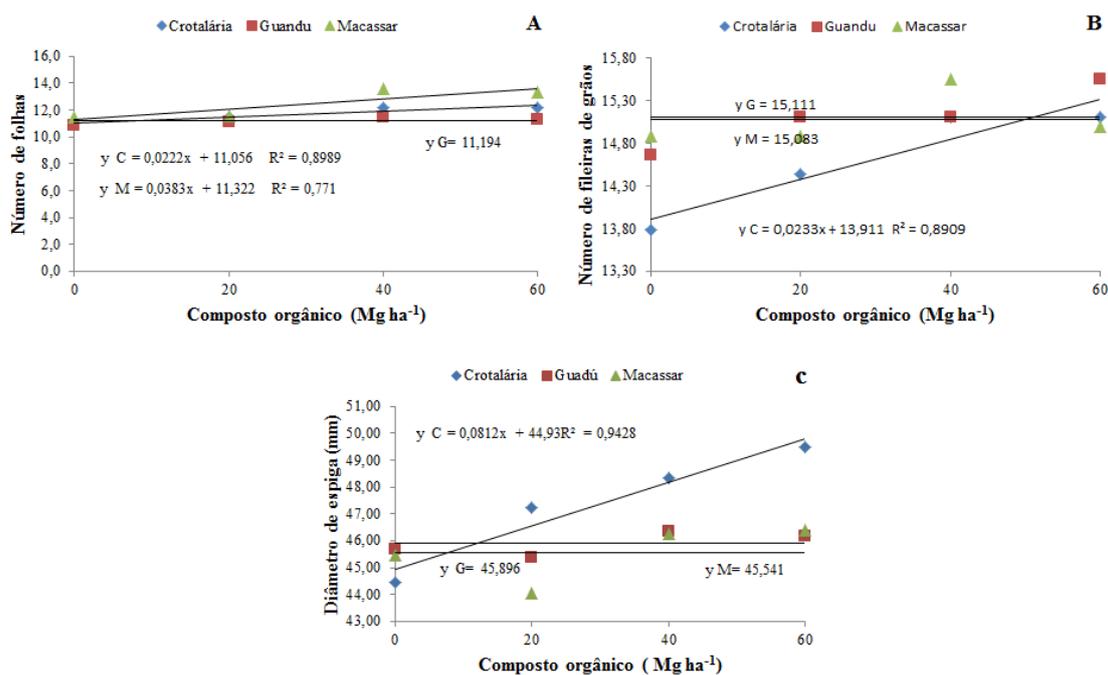


Figura 3. Número de folhas (A), número de fileiras de grãos (B) e diâmetro de espiga (C) obtidas a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

Na tabela 6, verifica-se o efeito da adubação orgânica (quantidades de composto e adubos verdes) sobre as variáveis diâmetro de espiga, número de fileira de grão, número de folha e índice de colheita de plantas de milho comparado ao encontrado em plantas sem adubação (controle). Assim, observa-se que os adubos verdes crotalária, feijão guandu e macassar associados às diferentes doses de composto orgânico proporcionaram maiores valores de diâmetro de espiga em relação ao obtido em espigas cujas plantas não foram adubadas (controle), exceto na presença da crotalária, na dose 0 Mg ha⁻¹, e feijão macassar, na dose 20 Mg ha⁻¹. Massad et al. (2014), avaliando o desempenho de milho em sucessão a adubação verde, constataram maior diâmetro de espiga com emprego de crotalária, sendo alcançado aumento de 45,58% em relação ao cultivo em solo de pousio. De igual modo, Subaedah et al. (2016) encontraram aumento significativo no diâmetro da espiga em plantas com emprego de crotalaria em relação àquelas que não receberam adubação. Possivelmente, esses resultados são reflexos da quantidade de nutrientes mineralizados e disponibilizados pelos adubos verdes e composto orgânico, principalmente, N, P e K, à planta de milho no período propício à absorção (SANTOS et al., 2010; MASSAD et al., 2014).

Já em relação ao número de fileiras de grãos das plantas adubadas com adubos verdes nas diferentes combinações com o composto orgânico, foram estatisticamente

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica iguais àquelas plantas que não receberam adubação. Isto pode ter ocorrido em função do número de fileiras está mais ligado à característica genética do que às práticas de manejo (KAPPES et al., 2013). De igual forma, Lázaro et al. (2013) também não encontraram diferença significativa para referida a variável com adubação verde, área de pousio, e pousio mais adubação com N em cobertura, corroborando com o presente resultado, assim como pela resposta obtida por Kappes et al. (2013).

Quanto ao número de folhas e índice de colheita, a adubação verde, associada às doses de composto foram responsáveis por conferir maiores números em relação ao tratamento controle. A menor quantidade de folhas no tratamento controle possivelmente foi em virtude da menor quantidade de nutrientes no solo, especialmente o K (Tabela 1), uma vez que baixa oferta desse elemento reduz drasticamente o número de folhas (ANDREOTTI et al., 2001). O maior índice de colheita proporcionado pelos adubos verdes, associados às diferentes doses de composto, evidencia a superioridade desses adubos frente ao tratamento sem adubação, em proporcionar maior produção de fotoassimilados que posteriormente foram translocados para o enchimento dos grãos.

Tabela 6. Diâmetro de espiga (DE), número de fileira por espiga (NFE), número de folha (NF) e índice de colheita (IC) de plantas de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).

TRATAMENTOS	DE (mm)	NFG	NF	IC
CONTROLE	39,32	14,22	8,67	0,54
CROTALÁRIA + 0	44,44 ^{ns}	13,78 ^{ns}	11,00*	0,62*
CROTALÁRIA + 20	47,22*	14,44 ^{ns}	11,44*	0,63*
CROTALÁRIA + 40	48,32*	15,11 ^{ns}	12,22*	0,63*
CROTALÁRIA + 60	49,49*	15,11 ^{ns}	12,22*	0,63*
GUANDU + 0	45,68*	14,67 ^{ns}	10,89*	0,62*
GUANDU + 20	45,37*	15,11 ^{ns}	11,11*	0,63*
GUANDU + 40	46,37*	15,11 ^{ns}	11,44*	0,62*
GUANDU + 60	46,16*	15,56 ^{ns}	11,33*	0,63*
MACACASSAR + 0	45,48*	14,89 ^{ns}	11,44*	0,63*
MACACASSAR + 20	44,04 ^{ns}	14,89 ^{ns}	11,56*	0,61*
MACACASSAR + 40	46,24*	15,56 ^{ns}	13,56*	0,63*
MACACASSAR + 60	46,40*	15,00 ^{ns}	13,33*	0,63*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. 0, 20, 40 e 60 correspondem as doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

Na tabela 7, observa-se o comportamento da adubação orgânica frente à mineral realizada sobre a cultura do milho. Nota-se que os valores obtidos de diâmetro de espiga, número de fileira de grão e índice de colheita foram estatisticamente iguais, tanto nas plantas cultivadas com os adubos verdes associados às diferentes doses de composto como naquelas adubadas com fertilizante mineral. Resultados semelhantes foram obtidos por Subaedah et al. (2016), que não encontraram diferença estatística no diâmetro de espiga entre as plantas submetidas à adubação verde com crotalária e

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica adubação mineral ($67,5 \text{ kg N ha}^{-1} + 33 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$), assim como Favaroto et al. (2016) que também não verificaram valores estatisticamente diferentes de diâmetro de espiga em sistema de plantio direto orgânico com palhada (leguminosa) em relação ao sistema convencional (adubação química NPK). Para as variáveis número de fileira de grãos e diâmetro de espiga, Kappes et al. (2013) não observaram diferença significativa utilizando adubos verdes em relação à adubação mineral (doses de N), assim como Souza (2015) empregando os mesmos tratamentos testados nessa pesquisa, podendo inferir que a variável número de fileiras está mais ligada à característica genética do que as práticas de manejo (Kappes et al., 2013). Quanto ao número de folhas, apenas os adubos verde associados às maiores doses de composto (40 e 60 Mg ha⁻¹) proporcionaram valores iguais aos obtidos em plantas cultivadas com adubação mineral nos demais tratamentos orgânicos, houve produção de folha inferior ao mineral.

Esses resultados revelam que adubação verde associada ao composto orgânico promovem componentes de produção de milho com valores iguais àqueles obtidos de plantas adubadas com adubo mineral, dessa forma, o produtor pode reduzir ou até mesmo substituir os fertilizantes minerais em sistema de produção de milho pelos orgânicos, tendo como consequência maior sustentabilidade do agroecossistema.

Tabela 7. Diâmetro de espiga (DE), número de fileira por espiga (NFE), número de folha (NF) e índice de colheita (IC) de plantas de milho em função da adubação orgânica versus mineral.

TRATAMENTOS	DE (mm)	NFE	NF	IC
MINERAL	46,51	14,89	12,89	0,63
CROTALÁRIA + 0	44,44 ^{ns}	13,78 ^{ns}	11,00*	0,62 ^{ns}
CROTALÁRIA + 20	47,22 ^{ns}	14,44 ^{ns}	11,44*	0,63 ^{ns}
CROTALÁRIA + 40	48,32 ^{ns}	15,11 ^{ns}	12,22 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CROTALÁRIA + 60	49,49 ^{ns}	15,11 ^{ns}	12,22 ^{ns}	0,63 ^{ns}
GUANDU + 0	45,68 ^{ns}	14,67 ^{ns}	10,89*	0,62 ^{ns}
GUANDU + 20	45,37 ^{ns}	15,11 ^{ns}	11,11*	0,63 ^{ns}
GUANDU + 40	46,37 ^{ns}	15,11 ^{ns}	11,44*	0,62 ^{ns}
GUANDU + 60	46,16 ^{ns}	15,56 ^{ns}	11,33*	0,63 ^{ns}
MACASSAR + 0	45,48 ^{ns}	14,89 ^{ns}	11,44*	0,63 ^{ns}
MACASSAR + 20	44,04 ^{ns}	14,89 ^{ns}	11,56*	0,61 ^{ns}
MACASSAR + 40	46,24 ^{ns}	15,56 ^{ns}	13,56 ^{ns}	0,63 ^{ns}
MACASSAR + 60	46,40 ^{ns}	15,00 ^{ns}	13,33 ^{ns}	0,63 ^{ns}

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. 0, 20, 40 e 60 correspondem as doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

Verificam-se, pela Tabela 8, os resultados da adubação das plantas de milho com adubos verdes e composto orgânico nas variáveis altura de planta, número de espiga e massa de 1000 grãos, bem como do teor de N total no solo após aplicação dos adubos. A altura de planta foi influenciada significativamente pelos adubos verdes a partir da

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

dose de 40 Mg ha⁻¹ de composto, nesta dose e na de 60 Mg ha⁻¹, a adubação realizada com o feijão macassar proporcionou maiores alturas à cultura do milho. Nas demais doses de composto orgânico, não houve influência significativa das leguminosas sobre altura de planta de milho. Santos et al. (2010) trabalhando com adubação verde, encontraram diferenças na altura de planta de milho adubada com os diferentes adubos verdes (feijão de porco, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, milheto). Já Conte al. (2008), não verificaram diferença na altura de planta quando empregaram os adubos verdes (feijão guandu, estilosante e mucuna), mas quando as plantas foram adubadas com feijão de porco e guandu, constataram diferença significativa mediante aplicação em sistema de produção de milho. Essa diferença pode estar relacionada a variações nas taxas de fixação, reciclagem e mineralização dos nutrientes provenientes de cada leguminosa, aliada ao tipo de solo que exerce forte influência na decomposição dos adubos verdes e liberação dos nutrientes na solução do solo. No entanto, é sabido que essa variável é influenciada pelos adubos verdes, principalmente pelo fornecimento de N (MAYUB et al., 2002; SANTOS et al., 2010). O maior fornecimento desse elemento incrementa significativamente a altura de planta (LUCENA et al., 2000).

O número de espiga foi influenciado significativamente, sendo observado maiores valores com aplicação do adubo feijão macassar associado às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹. Provavelmente, esse resultado foi em função da maior oferta de N. Resultados semelhantes foram constatados por Souza et al. (2015), que obtiveram maior número de espigas de milho-verde quando foi realizada adubação verde associada ao mais alto nível de N fornecido via composto (980 kg ha⁻¹). Nessa pesquisa, a maior dose (60 Mg ha⁻¹), forneceu 780 kg ha⁻¹ de N. Assim, esse incremento no número de espigas deve ter ocorrido pela maior disponibilização de N via adubo verde e composto. A massa de 1000 grãos, de forma semelhante ao observado para altura de planta e número de espigas, foi influenciada significativamente, sendo constatado maiores valores em plantas adubadas com feijão macassar e crotalaria associados às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹. Silva et al. (2006) também encontraram que a massa de 1000 grãos foi superior no milho cultivado com crotalaria.

Ainda na tabela 8, observa-se que independentemente da dose de composto orgânico em que os adubos verdes foram aplicados, o feijão macassar e guandu proporcionaram maior teor de N total no solo (N orgânico + amoniacal). Isso pode ser decorrente da maior quantidade de biomassa seca aplicada ao solo por meio dessas leguminosas resultando em elevada adição de N orgânico. Foram adicionados no solo o

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica equivalente a 129,20, 255,55 e 256,20 kg ha⁻¹ de N, com aplicação da crotalaria, feijão guandu e macassar, respectivamente (Tabela 2). Houve um incremento de mais de 24% no teor de N total no solo quando comparado ao valor inicial, antes da aplicação dos adubos verdes, salientando que essa elevação foi constatada no solo após a colheita do milho. Além de melhorar o rendimento da cultura sucedânea, a adubação verde com feijão macassar pode também proporcionar melhorias na fertilidade do solo, conforme relataram Singh et al. (2010), que constataram aumento de 7,8 % no teor de N total do solo após aplicação desse adubo, decorrente do efeito residual. Também, Zai et al. (2008) observaram após aplicação de adubos verdes e composto, altos teores de N no solo, favorecido pelo efeito residual do composto. De igual forma, Ambrosano et al. (2009) também observaram maiores teores de N no solo com aplicação de crotalaria e mucuna.

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

Tabela 8. Altura de planta (AP), número de espigas (NE), massa de 1000 grãos (M1000G) e teor de nitrogênio no solo após colheita (TNS) em função da adubação verde e doses de composto orgânico.

VAR	Composto orgânico (Mg ha ⁻¹)											
	0			20			40			60		
	Leguminosas											
	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC
AP	1,58 a	1,60 a	1,63 a	1,61 a	1,60 a	1,62 a	1,73 b	1,60 c	1,84 a	1,75 b	1,62 c	1,84 a
NE	1,33 a	1,22 a	1,33 a	1,33 a	1,22 a	1,33 a	1,33 a	1,00 b	1,44 a	1,33 b	1,33 b	1,67 a
M1000G	295,80 a	303,07 a	302,70 a	315,10 a	299,97 a	310,87 a	318,0 ab	307,10 b	341,00 a	333,67 a	307,8 b	330,9ab
TNS	1,27 b	1,39 a	1,37 a	1,32 b	1,54 a	1,55 a	1,52 b	1,64 a	1,65 a	1,65 b	1,82 a	1,85 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CROT (crotalaria); GUAD (guandu); MAC (macassar); AP (m); M1000G (g); TNS (%).

Avaliando o efeito das quantidades de composto orgânico em cada leguminosa (Figura 4), observa-se que houve ajuste da equação linear, sendo verificado incremento na altura de planta quando se elevaram as doses de composto orgânico, na presença dos adubos verdes feijão macassar e crotalária, sendo que a dose 60 Mg ha^{-1} ocasionou maiores valores (Figura 4D). Zai et al. (2008) também constataram maior altura de planta de trigo quando se aplicou composto orgânico. Esse incremento na altura de planta, possivelmente foi em função do maior fornecimento de N, P, K e Ca proveniente da aplicação do composto, pois segundo Andreotti et al., 2001, e Mayub et al., (2002) esta variável sofre forte efeito com a elevação desses elementos minerais. Na maior dose, foi aplicado via composto o equivalente a 780, 270, 540, 504 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca, respectivamente (Tabela 4). A maior oferta de N aumenta a divisão e expansão celular, área foliar e fotossíntese (CHAPIN, 1980), e conseqüentemente altura da planta. Enquanto que o P atua no fornecimento de energia na fotossíntese, podendo incrementá-la, resultando em maior crescimento. O K atua na ativação enzimática durante o transporte de N, e dessa forma aumenta o crescimento e desenvolvimento celular, favorecendo aumento dos tecidos da planta (STROMBERGER et al., 1994). Corroborando com os resultados verificados nesta pesquisa, Ayub et al. (2007) e Lucena et al. (2000) observaram incremento na altura de planta com a elevação dos níveis de N. Andreotti et al. (2001) constataram que a elevação do fornecimento de K e Ca também favorece a elevação da altura de planta de milho. Lucena et al. (2000) constataram incremento significativo na altura de planta de milho a medida que aumentaram as doses de P.

Para a variável massa de 1000 grãos (Figura 4E), observa-se que houve ajuste da equação linear, sendo verificado incremento no peso dos grãos à medida que aumentou a dose de composto orgânico, na presença dos adubos feijão macassar e crotalária, sendo que a dose 60 Mg ha^{-1} ocasionou maiores valores. O incremento na massa de grãos proporcionado pela maior dose (60 Mg ha^{-1}) foi de 11,32 e 11,72 e % em relação a menor dose (0 Mg ha^{-1}), na presença do feijão macassar e crotalária, respectivamente. Esse incremento foi decorrente principalmente do maior fornecimento de N e P via composto (780 e 270 kg ha^{-1} de N e P), pois Santos et al. (2010) constataram que quando se aplicou N em combinação com os adubos verde, houve aumento na massa de grãos. De forma semelhante, Kappes et al. (2013) verificaram aumento linear na massa de grãos de milho com a elevação nas doses de N, quando as culturas antecedentes foram o milheto e a crotalária. Também, Sichoeki et al. (2014) observaram que as doses de N

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

promoveram aumento linear da massa de grãos. A maior disponibilidade de P pode ter contribuído para o incremento da área foliar resultando em síntese e acúmulo de fotoassimilados que posteriormente foram translocados para os órgãos reprodutivos e conseqüentemente para o enchimento dos grãos (DORDAS, 2009), podendo aumentar sua massa. Além disso, o melhor suprimento de P pode ter contribuído para o aumento da absorção de nitrogênio (ALVES et al., 1998), o que também favorece aumento na massa de grãos. Já em relação ao feijão guandú associado às doses de composto, os dados não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, sendo obtido valor médio 304,44 g.

Os dados referentes ao número de espiga, não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial.

Em relação ao teor de N total no solo após a colheita (Figura 4F), houve ajuste ao modelo de regressão linear, e constatou-se maiores valores quando se elevaram as doses de composto orgânico na presença das três leguminosas, sendo obtidos maiores teores quando aplicou a maior dose (60 Mg ha⁻¹). Nessa dose houve aumento de 31,39%, 30,43% e 33,57% no teor de N total em relação a menor dose aplicada (0 Mg ha⁻¹), evidenciando o efeito residual do composto orgânico. Esse resultado já era esperado, uma vez que o teor de N total aumenta conforme o incremento na quantidade de adubo aplicado. De forma semelhante, Rodrigues et al. (2011) relataram maior teor de N total nos tratamentos que receberam maior dosagem de composto, reafirmando o seu efeito residual. Tambone et al. (2007) também encontraram aumento dos teores de N no solo à medida que se elevou a quantidade de composto aplicado, sendo o mais expressivo na dosagem mais alta, corroborando com o presente resultado. Essa característica do efeito residual de N proveniente do composto é fundamental para sustentabilidade do sistema de produção de milho.

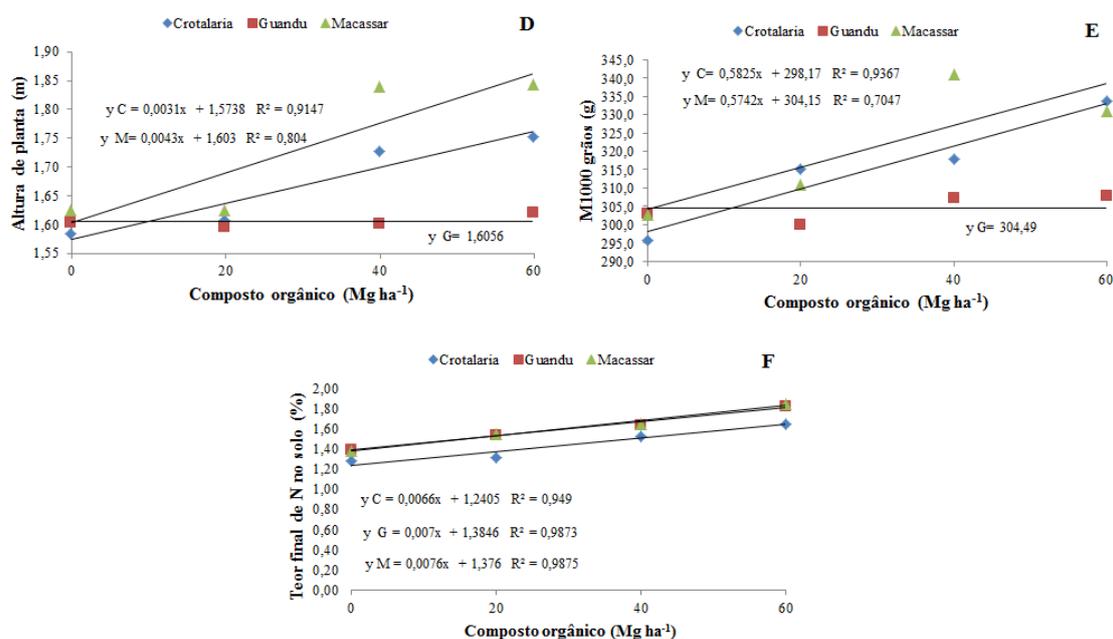


Figura 4. Altura de planta (D), massa de 1000 grãos (E) e teor final de N no solo após a colheita (F) obtidas a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

Na tabela 9, encontram-se os resultados sobre a altura de planta, número de espigas, massa de 1000 mil grãos e teor de N no solo, provenientes de parcelas onde ocorreu a adubação orgânica (quantidades de composto e adubos verdes) da planta de milho e daquela que não foi adubada (controle). Observam-se maiores valores para as variáveis obtidas de parcelas onde as plantas de milho foram submetidas à adubação orgânica em relação ao controle (sem adubação), exceto para o número de espigas na presença do feijão guandu, nas doses 0, 20 e 40 Mg ha⁻¹, cujos resultados foram estatisticamente iguais ao tratamento sem fertilização. A menor resposta na altura das plantas do milharal no tratamento controle pode ter ocorrido devido a baixa oferta de nutrientes, principalmente N (Favarato et al., 2016). De acordo com Silva et al. (2006) para o mesmo material genético e condições climáticas, a altura de planta do milho é um parâmetro que expressa o desenvolvimento da cultura, e possui correlação positiva com o rendimento de grãos. Assim, plantas maiores apresentam tendência de serem mais produtivas, possivelmente, decorrente do maior acúmulo de reservas no colmo. Sendo assim, a altura de planta, é uma característica importante que reflete na produtividade da cultura.

O menor valor no número de espigas encontrado no controle pode estar relacionado à baixa disponibilidade de N, P e K no solo no período de maior demanda. O suprimento insuficiente de N nesse período reduz a diferenciação do número de

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica óvulos nos primórdios da espiga e o número de espigas por planta (MENGEL; BARBER , 1974; SCHREIBER et al. , 1998). Resultados semelhantes foram obtidos por Zai et al. (2008), quando a adição de adubos verdes e composto orgânico proporcionaram maior número de espiga em trigo em relação ao tratamento com ausência de adubação, por conferir maior disponibilidade de N, P, e K às plantas.

Devido ao uso da adubação verde e composto orgânico, a massa de grãos foi significativamente maior quando comparado ao controle. O menor peso dos grãos no tratamento controle, certamente ocorreu pela baixa oferta de N no período crucial compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos, pois a massa de grãos apresenta alta dependência da absorção desse elemento nesse período (ULGER et al.,1995). Assim, o baixo suprimento de N, pode concorrer para a formação de grãos com menor massa específica, decorrente da não translocação para os grãos em quantidades adequadas para os mesmos (ULGER et al.,1995; MEURER; SILVA, 2009). Meurer e Silva (2009) encontraram incremento na massa de 1000 grãos conforme aumentou as doses de N, apresentando assim diferença em relação à testemunha. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2006), em que a massa de grãos foi superior no milho cultivado após a crotalária, comparado ao cultivo em solo de pousio. Assim, observa-se que a adubação orgânica atende à demanda nutricional, aumentando os componentes de produção da cultura frente à não fertilização.

O teor de N total no solo foi estatisticamente superior em todos os tratamentos com adubos verdes e composto, seja isolado ou associado, quando comparado ao tratamento controle. Esse resultado já era esperado, pois além de não ter sido adicionado nenhum tipo de adubo, houve absorção pelas plantas, que provoca menor disponibilidade no solo. Resultados similares foram encontrados por Zai et al. (2008) onde constataram após aplicação de adubos verdes e composto, altos teores de N no solo em relação ao controle, decorrente do efeito residual desses adubos. De igual modo, Anwar et al. (2005) constataram valores de N alto no solo com adubação orgânica (vermicomposto) em relação ao que não recebeu nenhuma adubação. Mylavarapu et al. (2009) também observaram um incremento de 46,15% no teor de N total com aplicação de composto. Já Ambrosano et al. (2009) encontraram um incremento de 36,36% no teor de N do solo com aplicação de crotalária, quando comparado ao tratamento sem adubo verde.

Tabela 9. Altura de planta (AP), número de espigas (NE), massa de mil sementes (M1000) de milho e teor de nitrogênio no solo (TNS) em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).

TRATAMENTOS	AP (m)	NE	M1000 (g)	TNS (%)
CONROLE	1,29	1,00	248,23	0,85
CROTALARIA + 0	1,58*	1,33*	295,80*	1,27*
CROTALARIA + 20	1,61*	1,33*	315,10*	1,32*
CROTALARIA + 40	1,73*	1,33*	318,00*	1,52*
CROTALARIA + 60	1,75*	1,33*	333,67*	1,65*
GUANDU + 0	1,60*	1,22 ^{ns}	303,07*	1,39*
GUANDU + 20	1,60*	1,22 ^{ns}	299,97*	1,54*
GUANDU + 40	1,60*	1,00 ^{ns}	307,10*	1,64*
GUANDU + 60	1,62*	1,33*	307,80*	1,82*
MACASSAR + 0	1,63*	1,33*	302,70*	1,37*
MACASSAR + 20	1,62*	1,33*	310,87*	1,55*
MACASSAR + 40	1,84*	1,44*	341,00*	1,65*
MACASSAR + 60	1,84*	1,67*	330,93*	1,85*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. 0, 20, 40 e 60 correspondem às doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

Na tabela 10, observam-se os resultados de altura de planta, número de espigas, massa de 1000 mil grãos e teor de N no solo, provenientes de parcelas onde ocorreu a adubação orgânica da planta de milho e daquela com adubação mineral. Para a altura de planta, constata-se que o tratamento com adubo mineral foi responsável por conferir maiores alturas às plantas de milho em relação aos tratamentos com adubos verdes associados ao composto, exceto na presença da crotalaria e feijão macassar nas doses 40 e 60 Mg ha⁻¹, que proporcionaram plantas de milho com estatura estatisticamente igual ao tratamento com adubo mineral. Desse modo, fica mais uma vez evidenciada a eficiência da adubação orgânica em favorecer o crescimento da planta de milho conforme ocorre com a aplicação de adubo mineral.

No entanto, Favorato et al. (2016) trabalhando com o mesmo híbrido utilizado nessa pesquisa, em sistema de plantio direto orgânico com cobertura de leguminosa, encontraram maior altura de planta, quando comparado ao sistema convencional que empregou adubação mineral (NPK). É possível que a diferença de resultados constatados na presente pesquisa e a desenvolvida por Favorato et al. (2016) esteja no fato da área onde eles cultivaram o milho já vinha sendo trabalhada há quatro anos com palhada de leguminosa, desta forma contribuindo para maior resposta na altura de planta frente ao sistema convencional. Portanto, um solo trabalhado com aporte continuado de matéria orgânica pode promover plantas de milho com altura superior à que foi cultivada com adubo mineral, provavelmente em função dos benefícios que o adubo orgânico gera como estruturação do solo, armazenamento da umidade, retenção e disponibilização de nutrientes, e melhoria na microbiota (TEJADA et al., 2008;

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica SHARMA et al., 2009; SOUZA et al., 2013; MASSAD et al., 2014; SUBAEDAH et al., 2016; Favorato et al., 2016).

Avaliando o número de espigas, de forma geral, observa-se que os adubos verdes nas diferentes combinações com doses de composto orgânico proporcionaram valores estatisticamente iguais aos que foram obtidos quando o milho foi cultivado com aplicação de fertilizante mineral, exceto na presença do feijão macassar, na dose 60 Mg ha⁻¹, onde o resultado foi superior ao verificado em planta cultivada com o emprego de adubo mineral. Provavelmente, ocorreu maior oferta de N via adubo verde e composto. Favorato et al. (2016) não encontraram diferença significativa no número de espigas colhidas de plantas cultivadas no sistema convencional (adubação com NPK) e em sistema de plantio direto orgânico com cobertura de leguminosas. Esses resultados evidenciam que a adubação verde, associada ao composto orgânico, podem proporcionar resultados semelhantes ao tratamento mineral, podendo inclusive, apresentar melhores resultados quando ocorre associada ao feijão macassar com a maior dose de composto (60 Mg ha⁻¹).

Quanto à massa de mil grãos, observa-se que apenas nos tratamentos envolvendo crotalária e as doses 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹, e feijão macassar associado às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹ os valores obtidos foram estatisticamente iguais ao tratamento mineral. Nas demais comparações, verificaram-se valores inferiores para a referida variável. Assim, infere-se que a adubação verde com as leguminosas macassar e crotalária na presença do composto foi capaz de proporcionar massa de 1000 grãos semelhante àquela obtida quando se adubou com o adubo mineral, isto aponta para a possibilidade de substituição da adubação mineral pela orgânica sem prejuízo para a produção de grãos de milho.

Ao analisar o teor de N total no solo obtido de parcelas que receberam adubação orgânica e aquelas adubadas com adubo mineral, observa-se que houve aporte de N total onde ocorreu a adição de adubos orgânicos. Esse resultado já era aguardado, uma vez que, além da quantidade aplicada, os adubos orgânicos apresentam poder residual. Em contrapartida, o N aplicado a partir do fertilizante mineral é altamente solúvel e móvel, podendo apresentar grandes perdas. Desta maneira, pelo uso da adubação verde e composto orgânico é possível aumentar a matéria orgânica do solo com consequentemente melhoria na sua fertilidade, e garantir uma melhor nutrição às plantas em safras subsequentes. Estudo desenvolvido por Vargas et al. (2017) demonstrou que o efeito residual de N proveniente dos adubos verdes pode permanecer até o segundo ciclo da cultura, corroborando com o presente resultado, uma vez que mesmo após um

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica ciclo da cultura, já se constatou valores elevados de N total no solo. De forma semelhante, Mylavarapu et al. (2009) encontraram incremento de 35,71% no teor de N total com adubação com composto em relação ao tratamento com adubação mineral.

Tabela 10. Altura de planta (AP), número de espigas (NE), massa de mil sementes (M1000) de milho e teor de nitrogênio no solo (TNS) em função da adubação orgânica versus adubação mineral.

TRATAMENTOS	AP (m)	NE	M1000 (g)	TNS (%)
MINERAL	1,79	1,33	339,87	1,06
CROTALARIA + 0	1,58*	1,33 ^{ns}	295,80*	1,27*
CROTALARIA + 20	1,61*	1,33 ^{ns}	315,10 ^{ns}	1,32*
CROTALARIA + 40	1,73 ^{ns}	1,33 ^{ns}	318,00 ^{ns}	1,52*
CROTALARIA + 60	1,75 ^{ns}	1,33 ^{ns}	333,67 ^{ns}	1,65*
GUANDU + 0	1,60*	1,22 ^{ns}	303,07*	1,39*
GUANDU + 20	1,60*	1,22 ^{ns}	299,97*	1,54*
GUANDU + 40	1,60*	1,00*	307,10*	1,64*
GUANDU + 60	1,62*	1,33 ^{ns}	307,80*	1,82*
MACASSAR + 0	1,63*	1,33 ^{ns}	302,70*	1,37*
MACASSAR + 20	1,62*	1,33 ^{ns}	310,87*	1,55*
MACASSAR + 40	1,84 ^{ns}	1,44 ^{ns}	341,00 ^{ns}	1,65*
MACASSAR + 60	1,84 ^{ns}	1,67*	330,93 ^{ns}	1,85*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. 0, 20, 40 e 60 correspondem as doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

A análise de variância revelou efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis comprimento de espiga, número de grãos por fileira, diâmetro do colmo, teor de N do grão e produtividade de grãos (Tabela 11). Em relação ao comprimento de espiga de forma geral, observa-se que os maiores comprimentos foram encontrados em espigas obtidas de plantas adubadas com feijão macassar, superando valores alcançados por aquelas colhidas de plantas adubadas com crotalária e guandu, exceto na dose 20 e 40 Mg ha⁻¹, quando a adubação realizada com as três leguminosas (crotalária, guandu e macassar) proporcionaram espigas com tamanho estatisticamente semelhantes. Essa é uma das variáveis que determina o potencial produtivo da cultura do milho (OHLAND et al., 2005). Assim, tem correlação com a produtividade. De forma semelhante ao verificado na presente pesquisa, Lourent et al. (2007) e Santos et al. (2010) verificaram que a adubação verde influenciou significativamente o comprimento de espigas de milho.

Quanto ao número de grãos por fileira, mais uma vez, destacou-se o adubo verde macassar, incrementando o número de grãos por fileira em espigas cujas plantas foram adubadas com a referida leguminosa, na presença da doses 0. Tejada et al. (2008) também encontraram diferenças significativas entre as leguminosas no número de grãos por espiga. Já em relação às plantas adubadas com crotalária e guandu foi estatisticamente igual quando associado a dose 0 Mg ha⁻¹. Carvalho et al. (2004), de

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

forma semelhante, não encontraram diferença significativa no número de grãos entre os adubos verde crotalária e guandu.

Em relação ao diâmetro do colmo, houve diferença estatística entre as leguminosas empregadas como adubo verde. O diâmetro do colmo foi influenciado significativamente mais uma vez pela adubação realizada com adubo feijão macassar, favorecendo maiores valores na dose zero (0 Mg ha^{-1}) de composto orgânico. Nas demais doses, o feijão macassar foi estatisticamente igual à crotalária. Já as plantas adubadas com feijão guandu obtiveram os menores valores. Na ausência do composto (dose 0 Mg ha^{-1}), constatou-se que o adubo feijão macassar foi responsável por um incremento no diâmetro do colmo de 11,5 e 11,98% em relação à crotalária e ao feijão guandu, respectivamente. Essa variável é importante, pois tem relação com o rendimento de grãos, pois quanto maior for o diâmetro do colmo a partir do estágio V6, maior será o espaço físico para o acúmulo de nutrientes absorvido e fotoassimilados, produzidos durante a fase vegetativa, que serão utilizados no período reprodutivo favorecendo maior produtividade (ANDREOTTI et al., 2001; FAVARATO et al., 2016). Conte et al. (2008) verificaram que houve diferenças significativas para diâmetro do colmo, em função dos diferentes adubos verdes (guandu, feijão de porco e mucuna).

De igual forma, observa-se que o teor de N no grão foi influenciado significativamente mais uma vez pelo emprego do adubo verde feijão macassar, pois de forma geral, independentemente da dose de composto, os maiores teores foram encontrados em grãos cujas plantas foram cultivadas após ter sido feita a adubação com essa leguminosa. Na ausência do composto (dose 0 Mg ha^{-1}), constatou-se que esse adubo foi responsável por um incremento no teor de N do grão, em 14,28 e 18,91% em relação à crotalária e ao feijão guandu, respectivamente. Esse efeito superior do feijão macassar deve estar relacionado à maior disponibilização de N, pois maiores teores no solo elevam a quantidade de N acumulado no grão, conforme resultados obtidos por Andrioli et al. (2008) trabalhando em sistema de produção de milho com planta de cobertura (crotalária, lab lab), que constataram maiores teores de N no grão à medida que elevou a aplicação de doses de N.

Em relação à variável produtividade, observa-se que independentemente da dose do composto orgânico, o feijão macassar proporcionou maior produtividade de grãos, sendo superior à que foi constatada em plantas adubadas com crotalária e feijão guandu. Na ausência do composto (dose 0 Mg ha^{-1}), constatou-se que esse adubo foi responsável por um incremento no rendimento de grão de 6,3 e 26,87%, em relação à crotalária e ao

feijão guandu, respectivamente. Esse resultado pode estar diretamente ligado ao maior fornecimento de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn (Tabela 3) disponibilizado pelo feijão macassar. Isto pode ter ocorrido devido à maior fixação de N e reciclagem de nutrientes (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn) das camadas mais subsuperficiais, sendo devolvidos à superfície do solo após sua decomposição (SILVA et al., 2002). Desta forma, pode-se inferir que o maior teor de nutriente fixado, e reciclado proveniente da decomposição do feijão macassar, pode ter contribuído para o destaque dessa leguminosa no rendimento de grão. Provavelmente, houve maior sincronismo entre a disponibilização dos nutrientes por essa leguminosa e demandas nutricionais da cultura. Vale salientar que N, P e K são os elementos mais requeridos e têm relação direta com o aumento no rendimento de grãos (OVERMAN et al., 1995; CANTAREL; DUARTE 2004; SILVA et al., 2009; DUETE et al., 2009; VON PINHO et al., 2009), haja visto que o N é responsável pela síntese de clorofila, de modo que o aumento na sua formação melhora a atividade fotossintética, e dessa forma, o incremento na produção da cultura (SUBAEDAH et al., 2016). Já o P atua fornecendo energia para todos os processos metabólicos, incluindo a fotossíntese, além de promover maior crescimento radicular, e conseqüente incremento na absorção dos nutrientes (MALAVOLTA, 2006). De igual modo, o K incrementa a translocação de fotossintatos para a espiga e conseqüentemente para os grãos (ANDREOTTI et al., 2001), favorecendo o aumento na produtividade de grãos.

Nos estudos de Rao et al. (2000), também foi constatada a superioridade do feijão macassar em relação aos demais adubos verdes no rendimento de grãos de milho. Segundo esses autores, este resultado pode ser atribuído à diferença em termos de fixação de nitrogênio, quantidade e qualidade de resíduos adicionados no solo, e ainda ao fato do feijão macassar possuir menor relação C/N e lignina+polifenóis, podendo ser rapidamente mineralizado, com conseqüente disponibilização do N para o milho. Neste estudo foi observada menor relação C/N, assim como maior acúmulo de N na parte aérea do feijão macassar, que foi decorrente do maior teor de N e produção de biomassa seca (Tabela 2). Em função disso, foi adicionado ao solo maior teor de N com a utilização do feijão macassar, cerca de 256,2 kg ha⁻¹ (Tabela 2), provavelmente disponibilizando maior quantidade no período requerido pela cultura do milho. O feijão macassar é uma cultura muito eficiente na fixação de N e na reciclagem de nutrientes, e por ter apresentado uma relação C/N baixa, o processo de decomposição pode ter ocorrido mais rápido, fornecendo nutrientes para a cultura do milho. Pesquisa tem comprovado a maior contribuição da FBN da leguminosa macassar quando comparado

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica à crotalária, repercutindo em maior quantidade de N inserido no sistema (CASTRO et al., 2004). Já a crotalária, apesar do menor acúmulo de N na parte área, cerca de 129,2 kg ha⁻¹ (Tabela 2), e consequente aporte no solo, no entanto, sua decomposição é rápida, favorecida pelo alto teor de N, baixo conteúdo de lignina e polifenol, tendo em média 7,42% e 0,78%, respectivamente (SUBAEDAH et al., 2016). Assim, provavelmente, quase todo o N foi liberado durante o ciclo da cultura, que resultou em benefícios na produtividade. No final do experimento foram encontrados pouquíssimos resíduos de caule sobre o solo.

Em contrapartida, o feijão guandu, apesar de ter produzido maior teor de biomassa seca, no entanto, em função do menor teor de N na parte área em relação ao macassar, foi verificado acúmulo de N similar a essa leguminosa, e superior à crotalária (Tabela 2). Em função disso foi adicionado no solo via guandu, o equivalente a 255,5 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, apesar do alto aporte de N no o solo, o menor efeito do guandu deve ter sido pela menor disponibilização desse elemento, favorecido pela relação C/N maior, e principalmente pelo elevado teor de lignina, que corrobora com o fato de ter sido observado maior quantidade de resíduos de caule de feijão guandu sobre o solo no final do estudo em relação às demais leguminosas.

De igual modo, avaliando o efeito da adubação verde em um estudo de dois anos, Odhiambo et al. (2010) mostraram que no primeiro cultivo, as leguminosas feijão macassar e crotalária foram responsáveis por incrementar significativamente o rendimento de grãos de milho. No entanto, no estudo desses autores, a crotalária sobressaiu em relação ao feijão macassar. Entretanto, no segundo cultivo, a crotalária e feijão macassar proporcionaram rendimento de milho estatisticamente igual. Subaedah et al. (2016) observaram que a aplicação de *Crotalaria juncea* no solo incrementou o rendimento de grão de milho, como também nos estudos de Perreira et al. (2011) avaliando o comportamento de cultivares de milho, constataram que o consórcio crotalaria-milho aumentou a produtividade de grãos do híbrido AG 1051, o mesmo testado nesta pesquisa. Carvalho et al. (2004), de forma semelhante, não encontraram diferença significativa no rendimento de grão entre os adubos verdes crotalária e guandu.

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

Tabela 11. Comprimento de espiga, (CE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), teor de N no grão (TNG), produtividade de grãos (PRODT) em função da adubação verde e doses de composto orgânico.

VAR	Composto orgânico (Mg ha ⁻¹)											
	0			20			40			60		
	Leguminosas											
	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC
CE	12,31 b	13,04 b	14,41 a	14,60 a	14,38 a	13,79 a	14,89 a	14,37 a	15,21 a	14,46 ab	13,61 b	15,41 a
NGF	29,4b	30,33 b	35,22 a	35,33 b	32,56 a	31,22 a	38,67 a	35,44 b	36,67 ab	36,22 a	32,89 b	37,44 a
DC	19,1b	19,02 b	21,30 a	21,28 a	19,69 b	21,51 a	25,06 a	21,37 b	25,61 a	24,92 a	21,48 b	25,97 a
TNG	1,54 b	1,48 b	1,76 a	1,77 a	1,58 b	1,79 a	1,97 b	1,79 c	2,05 a	1,95 b	1,80 c	2,08 a
PRODT	7346,6 b	6881,3b	9195,83 a	9235,9 a	7763,4 b	9431,3 a	10986,1 b	9921,5 c	12035,0 a	11019,7 b	10115 c	12066,6 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. VAR (Variáveis); CROT (crotalaria); GUAD (guandu); MAC (macassar); CE (cm); DC (mm); TNG (%); PRODT (kg ha⁻¹).

Avaliando o efeito das quantidades de composto orgânico em cada leguminosa (Figura 5), observa-se que houve comportamento quadrático na presença da crotalária e guandu em relação ao comprimento de espiga e número de grãos por fileira. Pela derivada da equação, constatou-se incremento no comprimento de espiga até a dose de 39,91 e 33,3 Mg ha⁻¹ quando se empregou a crotalária e feijão guandu, respectivamente (Figura 5G). Quanto ao número de grãos, as doses que proporcionaram os maiores valores foram 41,42 e 38,65 Mg ha⁻¹, na presença dos adubos verdes crotalária e guandu, respectivamente (Figura 5H). Já na presença do feijão macassar, houve incremento de forma linear no comprimento de espiga a medida que aumentou as doses de composto. Esses incrementos com a elevação das doses devem ter ocorrido principalmente pela maior oferta de N via composto, pois segundo Santos et al. (2010), há efeito significativo dos adubos verdes e da adubação nitrogenada no comprimento de espiga e número de grãos por espiga quando são aplicados de forma combinada. Zai et al (2008) também observaram maior número de espiguetas por panícula na cultura do arroz quando aumentou a quantidade de composto aplicado.

Na Figura (Figura 5I), observa-se que houve ajuste dos dados do diâmetro do colmo à equação linear, sendo verificado incremento do diâmetro quando se elevaram as doses de composto orgânico na presença do feijão guandu e macassar, sendo que a dose 60 Mg ha⁻¹ ocasionou maiores valores. Provavelmente, foi em função da maior disponibilização de N, K e Ca via composto orgânico, pois nessa dose foram adicionados 780, 540 e 504 kg ha⁻¹ de N, K, e Ca, respectivamente (Tabela 4). Andreott et al. (2001) relataram que houve aumento no diâmetro do colmo quando elevaram as doses de K, e saturação por Ca, resultando em colmos mais grossos. Ayub et al. (2007) constataram incremento no diâmetro com a elevação dos níveis de N, tendo verificado diferença altamente significativa. O Ca tem função estrutural na planta e o K atua como ativador enzimático. Assim, esse incremento pelo K é decorrente da ativação enzimática no processo de transporte de N, e conseqüentemente, crescimento e desenvolvimento celular, resultando em aumento dos tecidos da planta (Stromberger et al., 1994). Já na presença da crotalária, a dose máxima calculada pela derivada está fora do intervalo de estudo.

Estudando o efeito das quantidades de composto orgânico dentro de cada leguminosa (Figura 6J), observa-se que houve comportamento quadrático quando se elevaram as doses de composto na presença da crotalária, sendo que a dose que causou maior teor de N no grão foi 41,75 Mg ha⁻¹, constatado pela derivada da equação. Já na

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica presença do feijão guandu e macassar, houve ajuste da equação linear, sendo verificado incremento no teor de N quando se elevaram as doses de composto orgânico, sendo que a dose 60 Mg ha⁻¹ ocasionou maiores valores. A elevação no teor de N no grão, proporcionada pela maior dose (60 Mg ha⁻¹), foi de 21,15 e 23,42% em relação à menor dose (0 Mg ha⁻¹), na presença do feijão macassar e feijão guandu, respectivamente. Tais resultados podem ser explicados em função da maior oferta de P, K, e principalmente de N, oferecida ao elevar as doses de composto. É sabido que o K facilita a absorção e transporte de N para a parte aérea da planta (ANJANA et al., 2009), e conseqüentemente para os grãos, aumentando o seu acúmulo. Já o P atua no processo de absorção de nitrato pelas raízes, e translocação dessas para a parte aérea (Alves et al. 1998), e conseqüentemente, para os grãos.

Em seus estudos, Zai et al. (2008), trabalhando com adubação verde e composto, constataram maior teor de N em trigo, decorrente da maior disponibilização de N, P e K por esses adubos e conseqüente absorção pela planta. Tambone et al. (2007), estudando a influência do composto orgânico nas características químicas do solo e estado nutricional de milho, concluíram que esse adubo aumenta o teor de N no grão, e que esses resultados são reflexos da maior disponibilização de nutrientes e matéria orgânica no solo decorrente da sua aplicação.

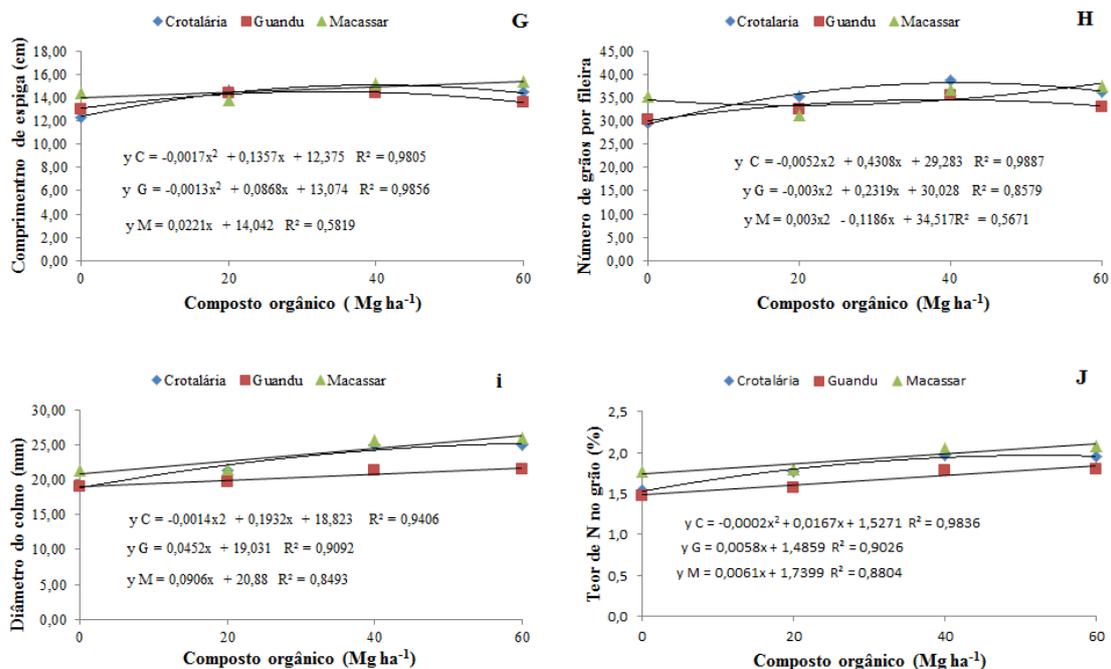


Figura 5. Comprimento de espiga (G), número de grãos por fileira (H) diâmetro do colmo (I) e teor de N no grão (J) obtidas a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

Para a variável produtividade, conforme Figura 6, houve ajuste dos dados de produtividade ao modelo de equação linear, sendo verificado incremento na produtividade de grãos à medida que se aumentou a dose de composto orgânico, na presença dos adubos verdes, sendo que a dose 60 Mg ha⁻¹ ocasionou maiores valores. Esse incremento deve ter sido principalmente em função do maior aumento na absorção de N, P e K, conforme explicado anteriormente. De forma semelhante, Souza (2015) constatou crescimento linear no rendimento de grãos à medida que se elevaram as doses de composto orgânico na presença do adubo verde feijão macassar. O incremento no rendimento de grão proporcionado pela maior dose (60 Mg ha⁻¹) foi de 49,54 (3830,88 kg ha⁻¹), 51,63 (3558,54 kg ha⁻¹) e 37,37% (3364,86 kg ha⁻¹) em relação a menor dose (0 Mg ha⁻¹), na presença de crotalária, feijão guandu e feijão macassar, respectivamente. Provavelmente, esse incremento ocorreu em função do aumento na oferta do N, P e K e demais nutrientes via composto no solo, favorecido com a elevação das doses, e possivelmente pela maior disponibilização no intervalo de maior absorção desses elementos, que favorece incremento significativo na produtividade (KARLEN et al., 1987; BÜLL, 1993), pois na maior dose foram adicionados no solo via composto 780, 270, e 540 kg ha⁻¹ de N, P e K (Tabela 4), respectivamente. A maior absorção de K em função da elevação do teor desse elemento no solo incrementa a translocação de fotossintatos para a espiga e conseqüentemente para os grãos, o que gera aumento na produtividade (ANDREOTTI et al. 2001). Além disso, incrementa a absorção de N pelas plantas, e o aumento desse incrementa a taxa fotossintética e conseqüente produção de fotoassimilados que são translocados para as espigas, aumentando assim o peso e rendimento de grãos (TAIZ & ZEIGER, 2006; LUCENA et al., 2000; SILVA, et al., 2009; SUBAEDAH et al., 2016). Já o aumento no fornecimento de P, além de incrementar o processo de fotossíntese pela maior quantidade de energia prontamente disponível na forma de ATP, promove maior crescimento das raízes e absorção de nutrientes (MALAVOLTA, 2006), dessa forma exercendo papel primordial na formação e desenvolvimento dos grãos, gerando aumento significativo na produtividade.

Em seus estudos, Paiva et al. (2012) verificaram aumento no rendimento de milho AG1051, o mesmo utilizado nessa pesquisa, com a elevação das doses de N e P. Resultados semelhantes foram encontrados por Andreotti et al. (2001) quando se elevaram as doses de K, assim como por Souza et al. (2015) com adição de composto orgânico, pois segundo esses autores, houve rendimento crescente de milho-verde à

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica medida que se elevaram os níveis de N total via composto, quando no maior nível (900 kg N total ha⁻¹) houve incremento de mais de 23% na produtividade de grão.

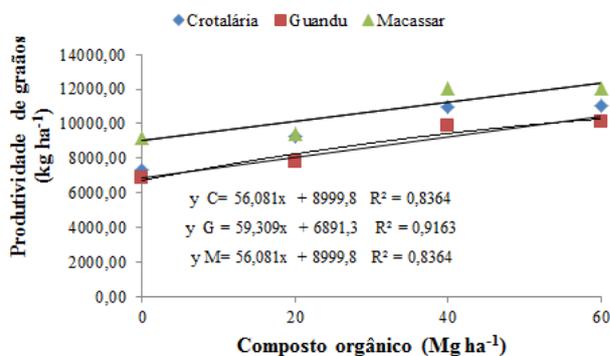


Figura 6. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) obtida a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

Na Tabela 12, observa-se que as variáveis comprimento de espiga, número de grãos por fileira, diâmetro do colmo, teor de nitrogênio no grão e produtividade de grãos obtido de plantas adubadas com adubos verdes e composto orgânico foram estatisticamente superiores em relação ao controle (sem adubação). Santos et al. (2010) constataram maior número de grãos por espiga, quando as plantas de milho foram cultivadas com os adubos verdes feijão de porco e crotalária em relação à testemunha. Resultados semelhantes também foram encontrados por Conte et al. (2008) para o diâmetro do colmo, onde obtiveram maiores valores naquelas plantas cultivadas sob adubação verde em relação a testemunha. Baixos valores dos componentes de produção (comprimento de espiga, número de grãos por espiga, diâmetro do colmo) obtidos das plantas que não foram adubadas (controle) podem ser explicados pela baixa fertilidade do solo (P, K, principalmente N), pois menores valores desses componentes são decorrentes da baixa disponibilidade de N, assim como afirmaram FAVARATO et al. (2016) para a variável diâmetro do colmo.

Ainda na Tabela 12, observa-se que os adubos verdes crotalária, guandu, e feijão macassar, na dose zero (0 Mg ha⁻¹), foram responsáveis por incrementar o teor de N no grão em 27,27, 22,31 e 45,45%, respectivamente, em relação ao tratamento onde as plantas não receberam adubação (controle). Esses ganhos significativos nessa comparação podem ser explicados pela baixa quantidade de N presente no tratamento controle (Tabela 1). Perin et al. (2006) estudando a adubação verde em sistema de produção, observaram maior acúmulo desse elemento em grãos de milho adubados com crotalária em relação ao controle (vegetação espontânea). De igual forma, Zai et al.

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica (2008) constaram maior concentração de N em trigo quando as plantas foram adubadas com adubos verde e composto orgânico.

Os adubos verdes crotalária, guandu, e feijão macassar, na dose zero (0 Mg ha^{-1}), foram responsáveis por incrementar a produtividade em 92,48% ($3,529 \text{ Mg ha}^{-1}$), 80,2% ($3,064 \text{ Mg ha}^{-1}$) e 140,9% ($5,379 \text{ Mg ha}^{-1}$), respectivamente, em relação ao controle. Esse resultado pode ser explicado pela fertilidade do solo relativamente baixa (P, K, e principalmente N) que apresentava o tratamento controle (Tabela 1). Certamente houve baixo fornecimento desse elemento as plantas de milho no tratamento controle, no período fenológico de quatro a seis folhas, uma vez que a limitada disponibilidade de N, reduz o número de óvulos nos primórdios da espiga e o número de espigas por planta, e com isso afetar negativamente o rendimento de grãos (MENGEL; BARBER, 1974; SCHREIBER et al., 1988). A menor oferta de P no solo diminui o aparecimento, expansão e duração das folhas, reduzindo, dessa forma, o índice de área foliar e interceptação da radiação solar, provocando redução no rendimento final de grãos (FLETCHER et al., 2008; SICHOCKI et al., 2014). Além disso, o P é de suma importância na absorção do N. Assim, sua menor oferta pode reduzir as taxas de absorção do nitrato, proporcionando produtividades aquém das esperadas (ALVES et al., 1998; SICHOCKI et al., 2014). Já a pequena oferta de K reduz o transporte de fotossintatos para a espiga e conseqüentemente para os grãos (Andreotti et al., 2001). Esse assincronismo entre a época de demanda de N, P e K pela planta de milho e a disponibilidade desses elementos na solução do solo, desfavorece a produtividade.

Além disso, a baixa produtividade encontrada no tratamento controle foi reflexo do menor diâmetro do colmo, pois segundo Sangoi et al. (2010) e Favorato et al. (2016), no estágio R3 (grãos leitosos) é o início da transformação dos açúcares em amido, que contribui para o aumento do teor de matéria seca, decorrente da translocação dos fotoassimilados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos que estão em formação. Assim, planta com menor diâmetro do colmo tende a exibir menores quantidades de reservas, desfavorecendo assim a produtividade (SILVA et al. 2006; ANDREOTTI et al. 2001). Também, o número de grãos por espiga e massa de mil grãos foram superiores no milho com adubação orgânica (adubos verdes e composto) quando comparado ao controle (Tabela 9 e 12). Considerando que esses componentes têm relação direta com a produtividade de grãos e alta dependência da absorção de N pelo milho (SCHREIBER et al., 1988; ULGER et al., 1995), assim, certamente os

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica adubos verdes e composto orgânico condicionaram maior potencial de fornecimento desse elemento, que proporcionou uma maior produtividade (SILVA, et al., 2006).

De igual modo, Odhiambo et al. (2010) observaram no sistema de rotação adubos verdes-milho, que as leguminosas feijão macassar e crotalaria proporcionaram rendimentos de grãos de 77% e 103%, respectivamente, em relação ao controle. Esses aumentos representaram acréscimo de 3,48 Mg ha⁻¹ e 4,66 Mg ha⁻¹ decorrente da aplicação de feijão macassar e crotalaria, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle. Assim, utilização de adubação verde com leguminosas na cultura do milho, de forma geral, promove aumentos significativos no rendimento de grãos (SILVA et al., 2007).

Em suma, considerando a melhor resposta dos componentes de produção e rendimento de grãos, pode-se inferir que a adubação com adubos verdes e composto orgânico condicionaram sincronismos entre a liberação de nutrientes no solo e o período de maior absorção pela cultura do milho frente ao tratamento controle.

Tabela 12. Comprimento de espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), Teor de N no grão (TNG), produtividade de grão (PRODT) obtidos de plantas de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).

TRATAMENTOS	CE (cm)	NGF	DC (mm)	TNG (%)	PRODT (kg ha ⁻¹)
CONTROLE	9,29	16,89	14,91	1,21	3816,74
CROTALARIA + 0	12,31*	29,44*	19,10*	1,54*	7346,67*
CROTALARIA + 20	14,60*	35,33*	21,28*	1,77*	9235,97*
CROTALARIA + 40	14,89*	38,67*	25,06*	1,97*	10986,11*
CROTALARIA + 60	14,46*	36,22*	24,92*	1,95*	11019,79*
GUANDU + 0	13,04*	30,33*	19,02*	1,48*	6881,32*
GUANDU + 20	14,38*	32,56*	19,69*	1,58*	7763,47*
GUANDU + 40	14,37*	35,44*	21,37*	1,79*	9921,53*
GUANDU + 60	13,61*	32,89*	21,48*	1,80*	10115,90*
MACASSAR + 0	14,41*	35,22*	21,30*	1,76*	9195,83*
MACASSAR + 20	13,79*	31,22*	21,51*	1,79*	9431,32*
MACASSAR + 40	15,21*	36,67*	25,61*	2,05*	12035,00*
MACASSAR + 60	15,41*	37,44*	25,97*	2,08*	12066,67*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. 0, 20, 40 e 60 correspondem às doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

Na Tabela 13, encontram-se os resultados das variáveis comprimento de espiga, número de grãos por fileira, diâmetro de espiga, teor de N no grão e produtividade obtidos de plantas de milho que foram adubadas com adubos orgânicos e aquelas com adubo mineral. Em relação ao comprimento de espigas, foram encontrados valores menores em plantas cultivadas com a crotalaria e guandu na dose 0 Mg ha⁻¹, e macassar na dose 20 Mg ha⁻¹ em relação àquelas fertilizadas com adubo químico sintético. Já nas demais comparações, os valores foram estatisticamente iguais. Esses resultados expressam que houve fornecimento adequado de N pelas leguminosas e composto,

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica principalmente no período de quatro a seis folhas, que constitui o período de definição do tamanho da espiga (MENGEL; BARBER, 1974; SILVA et al., 2006). Assim, pode-se inferir que tanto a adubação mineral quanto a orgânica proporcionaram fornecimento desse elemento de forma igual. Resultados semelhantes foram encontrados por Favaroto et al. (2016) em sistema de plantio direto orgânico com palhada (leguminosa+gramínea) em relação ao sistema convencional (adubação química NPK). Quanto ao número de grãos por fileira, foram encontrados menores valores apenas em plantas adubadas com crotalária na dose 0 Mg ha⁻¹, guandu na dose 0, 20 e 60 Mg ha⁻¹, e macassar associado a 20 Mg ha⁻¹. Nas demais combinações, o número de grãos por fileira foi similar estatisticamente ao verificado em espigas colhidas de plantas adubadas com o adubo mineral.

Em relação ao diâmetro do colmo, a crotalária e feijão macassar associados a doses 40 e 60 Mg ha⁻¹ foram responsáveis por conferir valores estatisticamente iguais ao tratamento com adubação mineral. Nas demais comparações dos adubos verdes combinados com composto, os valores foram inferiores ao tratamento com adubação mineral. Já o teor de N dos grãos entre os tratamentos orgânicos (quantidades de composto e adubos verdes) e o tratamento químico mineral, também houve diferença significativa. O adubo crotalária na presença das doses 40 e 60 Mg ha⁻¹, assim como feijão macassar na dose 40 Mg ha⁻¹ proporcionaram valores estatisticamente iguais em relação ao tratamento com adubação mineral. Vale ressaltar também que o teor de N no grão colhido em plantas submetidas à aplicação da leguminosa macassar na presença da maior dose do composto 60 Mg ha⁻¹, foi superior estatisticamente quando comparado ao tratamento químico sintético. Assim, com o emprego dos adubos orgânicos é possível obter qualidade nutricional do grão igual ou superior aos adubos de composição mineral, reafirmando a importância da utilização da adubação orgânica em sistema de produção de milho. De igual modo, Agegnehu et al. (2016), estudando a influência da adubação orgânica (composto e biochar) e convencional com diferentes combinações obtiveram teores similares de N no grão.

Observa-se que o tratamento mineral proporcionou produtividade de grãos estatisticamente superior aos tratamentos com adubação verde e composto orgânico, exceto na presença do feijão macassar na dose 40 e 60 Mg ha⁻¹, onde foi estatisticamente igual. A utilização do feijão macassar associado às referidas doses do composto, assim como o tratamento com adubação química mineral, devem ter garantido o fornecimento adequado de N, principalmente no estágio a partir de quatro a

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica seis folhas, fase que define os componentes de produção, e conseqüentemente, o rendimento de grãos (MENGEL; BARBER, 1974; SILVA et al., 2006). Assim, a adubação com feijão macassar associado ao composto (40 e 60 Mg ha⁻¹) é suficiente para atender a demanda nutricional da cultura do milho, podendo dispensar o uso da adubação química sintética.

Resultados semelhantes foram encontrados por Odhiambo et al. (2010) estudando o efeito da adubação verde em sistema de produção de milho, onde constataram rendimento de grãos similar entre os tratamentos com o adubo verde macassar e adubação nitrogenada. Avaliando o potencial da adubação verde, Odhiambo et al. (2011) encontraram rendimento de grãos estatisticamente igual entre a combinação (adubo verde + Adubação mineral) e quando se empregaram apenas os adubos verdes. De forma semelhante, Favarato et al. (2016) constataram produtividade de espigas comerciais similar entre os tratamentos orgânicos com adubação de cobertura com leguminosa e convencional com adubação mineral.

A ausência de resposta significativa entre adubação verde com macassar, associado às doses de composto orgânico (40 e 60 Mg ha⁻¹) e adubação mineral, pode ser um indicativo da capacidade desses adubos orgânicos em atender as demandas nutricionais da cultura do milho. O valor dessa resposta está nos ganhos de produtividades, podendo haver substituição parcial ou total dos fertilizantes nitrogenados, e conseqüentemente no custo de produção da lavoura, uma vez que os adubos orgânicos podem ser produzidos dentro da própria unidade produtiva. Em análise econômica sobre o uso de adubos verdes na cultura do milho, Spagnollo et al. (2001) concluíram que o cultivo dessas leguminosas demonstraram uma alternativa viável para aumentar significativamente a receita líquida da cultura do milho. Além disso, os ganhos são também socioambientais, por não comprometer a saúde dos produtores, consumidores, aliado ao melhor aprimoramento da qualidade do solo por favorecer o aporte de matéria orgânica, que pode aumentar a eficiência do uso dos nutrientes, e garantir a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas de produção de milho.

Tabela 13. Comprimento de espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), Teor de N no grão (TNG) e produtividade de grão (PRODT) obtidos de planta de milho em função da adubação orgânica versus adubação mineral.

TRATAMENTOS	CE (cm)	NGF	DC (mm)	TNG (%)	PRODT (kg ha ⁻¹)
MINERAL	15,50	37,00	25,25	1,97	11970,76
CROTALARIA + 0	12,31*	29,44*	19,10*	1,54*	7346,67*
CROTALARIA + 20	14,60 ^{ns}	35,33 ^{ns}	21,28*	1,77*	9235,97*
CROTALARIA + 40	14,89 ^{ns}	38,67 ^{ns}	25,06 ^{ns}	1,97 ^{ns}	10986,11*
CROTALARIA + 60	14,46 ^{ns}	36,22 ^{ns}	24,92 ^{ns}	1,95 ^{ns}	11019,79*

GUANDU + 0	13,04*	30,33*	19,02*	1,48*	6881,32*
GUANDU + 20	14,38 ^{ns}	32,56*	19,69*	1,58*	7763,47*
GUANDU + 40	14,37 ^{ns}	35,44 ^{ns}	21,37*	1,79*	9921,53*
GUANDU + 60	13,61*	32,89*	21,48*	1,80*	10115,90*
MACASSAR + 0	14,41 ^{ns}	35,22 ^{ns}	21,30*	1,76*	9195,83*
MACASSAR + 20	13,79*	31,22*	21,51*	1,79*	9431,32*
MACASSAR + 40	15,21 ^{ns}	36,67 ^{ns}	25,61 ^{ns}	2,05 ^{ns}	12035,00 ^{ns}
MACASSAR + 60	15,41 ^{ns}	37,44 ^{ns}	25,97 ^{ns}	2,08*	12066,67 ^{ns}

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. 0, 20, 40 e 60 correspondem às doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

A análise de variância revelou efeito significativo ($p < 0,05$) da interação leguminosa x composto orgânico para as variáveis teor e rendimento de proteína, extrato etéreo, carboidratos totais e valor energético (Tabela 14). De forma geral, independentemente da dose de composto orgânico utilizada, o adubo feijão macassar foi responsável por proporcionar maiores valores de proteína ao grão superando aqueles alcançados em grãos colhidos de espigas cujas plantas foram adubadas com crotalária e guandu. Na ausência do composto (dose 0 Mg ha⁻¹), constatou-se que o adubo feijão macassar foi responsável por um incremento no teor de proteína de 14,67% e 19,26% em relação a crotalária e ao feijão guandu, respectivamente. Esse resultado, possivelmente, tem relação direta com o maior fornecimento de N pelo feijão macassar (256,20 kg ha⁻¹), pois incremento no teor de proteína nos grãos são decorrentes da elevada absorção de N. Como essas leguminosas têm grande capacidade de fixar, reciclar e disponibilizar esse elemento e outros nutrientes, isto provavelmente, favoreceu o desenvolvimento e o acúmulo de N no grão de milho (VIOLA et al., 2013). Quando a planta absorve o nitrogênio, este se combina com estruturas carbônicas para a produção de aminoácidos, os quais resultam em proteínas que permanecem armazenadas nos tecidos vegetais. Assim, por ocasião da fase de enchimento de grãos, tais reservas são quebradas, translocadas e armazenadas nestes órgãos, na forma de proteínas e aminoácidos (MARSCHNER, 1995). Dessa forma, por ser o N o principal componente formador dessas macromoléculas, o seu acúmulo resulta na maior síntese de proteínas (PINNOW et al., 2013).

De forma semelhante, Bordin et al. (2003) obtiveram incrementos no teor de proteína bruta nos grãos de feijão em função dos diferentes adubos verdes, assim como Talgre et al. (2009), estudando o efeito da adubação verde no rendimento e qualidade dos grãos de trigo, afirmaram que o teor de proteína do grão foi significativamente afetado pelos adubos verdes, alcançando valores de 10,9 a 13,5%. Assim, o incremento no teor de proteína do grão é notório quando se eleva a disponibilidade de N no solo

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica (BORDIN et al., 2003; SAHA et al., 2008; PINNOW et al., 2013). Certamente, o adubo feijão macassar condicionou melhor dinâmica de fornecimento deste nutriente, com sincronia entre sua liberação no solo e os estádios de maior demanda da cultura do milho, o que resultou em maior síntese de proteína no grão.

Conforme verificado para a variável teor de proteína, independentemente da dose de composto utilizada, o rendimento de proteína foi superior em grãos colhidos de espigas cujas plantas de milho foram adubadas com feijão macassar. Este resultado é decorrente da alta produtividade de grãos e teor de proteína alcançado em função da adubação com a referida leguminosa, revelando seu potencial em condicionar alto rendimento protéico por unidade de área (Tabela 14). De igual modo, Bordin et al. (2003) obtiveram incrementos na produtividade de proteína bruta nos grãos do feijoeiro entre os diferentes adubos verdes, assim como, Pinnow et al. (2013) estudando a qualidade do trigo, concluíram que os adubos verdes proporcionam respostas diferenciadas entre cada leguminosa no rendimento de proteína bruta nos grãos dessa gramínea.

O teor de carboidratos totais também foi influenciado significativamente pela interação leguminosas x composto orgânico, sendo que independente da dose de composto, os adubos verdes crotalária e guandu condicionaram maiores teores aos grãos de milho. Na ausência do composto (dose 0 Mg ha⁻¹), constatou-se que a crotalaria e guandu, foram responsáveis por um incremento no teor de carboidrato totais de 3,71 e 4,52%, respectivamente, em relação ao macassar. Esses resultados são consistentes, pois os teores de carboidratos e proteínas apresentam-se inversamente relacionados, isto é, quando aumenta o teor de proteína, reduz o teor de carboidrato, conforme relatado por Van Soest (1994) e resultados de ALMODARES et al. (2009). Neste sentido, considerando que a crotalária e guandu proporcionaram menores teores de proteína (Tabela 14), já era esperado encontrar maiores teores de carboidratos nos grãos de plantas adubadas com essas leguminosas. Em contrapartida, por ter apresentado maior teor de N e proteína no grão decorrente da aplicação do macassar, menores valores de carboidratos já era previsto com o emprego desse adubo. No entanto, em relação ao rendimento de carboidratos totais por unidade de área (ha), esse adubo verde condicionou maiores valores, que podem ser justificados pela maior produtividade de grãos.

Quanto ao teor de óleo (extrato etéreo), observa-se de forma geral, que independente da dose de composto, o feijão macassar favoreceu aos grãos obtidos de

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

espigas cujas plantas foram adubadas com esse adubo, maiores teores de óleo (Tabela 14). Esse resultado pode ser explicado pela oferta de N ($256,20 \text{ kg ha}^{-1}$), ciclagem e disponibilização de K ($136,6 \text{ kg ha}^{-1}$) decorrentes dessa leguminosa (Tabela 3), uma vez que K é o responsável pela síntese e transporte de óleo para os grãos (MASCARENHAS et al., 1988). Também se tem conhecimento que o N promove aumento no teor de óleo (LIANG et al., 2015). Esses autores demonstraram efeito significativo no teor de óleo em plantas de milho decorrentes da aplicação de N. Marques et al. (2018), não observaram efeito significativo no teor de óleo em *Lippia alba* entre o uso da crotalária, mucuna e macassar, diferindo do presente resultado. A utilização de grãos de milho com maior teor de óleo pode aumentar o nível energético das rações, melhorar a palatabilidade das mesmas, bem como melhorar a absorção das vitaminas lipossolúveis, além de conferir uma melhoria na consistência das rações fareladas e/ou peletizadas (PUPA, 2004), constituindo uma característica interessante.

Além do ponto de vista da alimentação animal, o teor de óleo ou gordura constitui um dos componentes essenciais da dieta humana, pois, além de fornecer maior quantidade de energia quando comparado aos carboidratos e as proteínas, possuem ácidos graxos essenciais não sintetizados pelo organismo. Além disso, a gordura é responsável por conferir sabor aos alimentos e auxiliar no transporte e na absorção das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K pelo intestino (COSTA et al., 2009). Assim, o uso da adubação que promova maior conteúdo de óleo nos grãos, que pode incrementar essas características organolépticas e nutricionais do milho e seus derivados, constitui-se em fator determinante no momento de decisão que adubo empregar no cultivo dessa gramínea.

O rendimento de óleo (extrato etéreo) foi significativamente influenciado pelas leguminosas e composto orgânico, sendo que mais uma vez o macassar proporcionou maiores rendimentos de óleo aos grãos de milho (Tabela 14). Tal resultado pode ser explicado pela maior produtividade de grãos e maior teor de óleo, com a aplicação dessa leguminosa, o que refletiu em maior rendimento de óleo por unidade de área (ha). Assim, esse incremento no rendimento de óleo ou gorduras por área é vantajoso, pois pode reduzir os custos de produção na cadeia produtiva dos animais monogástricos e ruminantes, uma vez que o óleo fornece maior valor calórico, dessa forma, grãos com maior poder energético. Esses ganhos refletem em maior conversão alimentar para os animais, tanto para aves quanto para suínos (PUPA, 2004). De igual modo, também,

Marques et al. (2018) constaram que adubação verde promove incremento no rendimento total de óleo de *Lippia alba*.

Em relação ao teor de cinzas ou material mineral que corresponde principalmente aos íons potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, cobre, cobalto, alumínio, sulfato, cloreto, silicato e fosfato (Silva, 2009), observa-se que independente da dose do composto, não houve diferença estatística entre os diferentes adubos verdes (Tabela 14). Quanto ao rendimento de material mineral, quando avaliado o efeito das leguminosas em cada dose de composto empregada, o macassar favoreceu maiores valores de cinza aos grãos de milho, isto ocorreu devido à maior produtividade de grãos que a referida leguminosa proporcionou ao milho, revelando seu potencial em condicionar maior quantidade de material mineral nos grãos por unidade de área frente aos demais adubos verdes.

De forma geral, o valor e rendimento energético foram influenciados significativamente pela combinação entre leguminosas e composto orgânico, sendo que o feijão macassar, em cada dose de composto orgânico, proporcionou maiores valores em relação às demais leguminosas. Esse resultado superior dessa leguminosa foi decorrente do maior teor de óleo nos grãos que por sua vez conferiu maior valor calórico, pois cada 1 g de gordura fornece 9 kcal, isto é, 2,25 vezes mais energia (PUPA, 2004). O maior fornecimento de energia conferido pelo grão é importante para as formulações de rações, uma vez que o alto valor calórico melhora a conversão alimentar e reduz as despesas na produção de animais (PUPA, 2004). Além de poder reduzir esses custos na cadeia produtiva, a utilização desse adubo pode favorecer maior produção de energia bruta por unidade de área, sendo uma característica desejável do ponto de vista ambiental, uma vez que é possível na mesma área produzir maior quantidade de energia bruta quando comparado às demais leguminosas.

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

Tabela 14. Teor de proteína (PT), rendimento de proteína (RPT), teor de extrato etéreo (EE), rendimento de extrato etéreo (REE), teor de cinzas (CZ), rendimento de cinzas (RCZ), teor de carboidratos totais (CHO), rendimento de carboidratos totais (RCHO), valor energético (VE) e rendimento de valor energético (RVE) em função da adubação verde e doses de composto orgânico.

VAR	Composto orgânico (Mg ha ⁻¹)											
	0			20			40			60		
	Leguminosas											
	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC	CROT	GUAD	MAC
PT	9,61 b	9,24 b	11,02 a	11,05 a	9,86 b	11,21 a	12,32 b	11,19 c	12,82 a	12,17 b	11,23 c	13,02 a
RPT	705,7 b	635,7 c	1012,7 a	1020,3 b	765,05 c	1057,36 a	1352,7 c	1110,2 b	1543,1 a	1340,07 b	1136,17 c	1571,5 a
EE	5,34 b	5,16 b	6,65 a	5,24 b	6,59 a	6,97 a	5,44 b	5,51 b	6,75 a	5,88 b	5,76 b	6,46 a
REE	392,80 b	355,54 b	611,76 a	484,05 b	511,44 b	656,72 a	597,57 b	546,64 c	813,58 a	647,41 b	583,01 c	779,77 a
CZ	2,46 a	2,37 a	2,61 a	2,52 a	2,52 a	2,46 a	2,50 a	2,62 a	2,75 a	2,54 a	2,65 a	2,65 a
RCZ	180,4 b	163,1 b	239,83 a	233,00 a	195,4 b	232,16 a	274,59 b	260,01 b	330,41 a	279,04 b	268,2 b	320,24 a
CHO	82,59 a	83,22 a	79,72 b	81,19 a	80,87 a	79,31 b	79,74 a	80,68 a	77,67 b	79,40 a	80,35 a	77,86 b
RCHO	6067,62 b	5726,88 b	7331,53 a	7498,56 a	6278,90 b	7480,58 a	8761,19 b	8004,62 c	9347,88 a	8753,26 b	8128,51 c	9395,10 a
VE	4168,88 b	4163,33 b	4351,0 a	4161,08 b	4222,24 a	4370,82 a	4172,18 b	4170,65 b	4350,6 a	4192,80 ab	4182,17 b	4339,5 a
RVE	306288,2 b	286503,9b	388828,3 a	384321,8 a	327788,1 b	400623,0 a	458339,8 b	413793,0 c	508862,8 a	462000,7 b	423057,5 c	508845,7 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CROT (crotalaria); GUAD (guandu); MAC (macassar). VAR (variáveis); PT (%); RPT (kg ha⁻¹); EE (%); REE (kg ha⁻¹); CZ (%); RCZ (kg ha⁻¹); CHO (%); RCHO (kg ha⁻¹); VE (kcal/kg); RVE (kcal/kg ha⁻¹).

Na Figura 7L, pode-se observar um aumento quadrático no teor de proteína à medida que se aumentaram as doses de composto orgânico na presença da crotalária, sendo que $52,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ foi a dose responsável por conferir maiores teores. Já na presença do feijão guandu e macassar, houve crescimento linear quando se elevaram as doses de composto, sendo que a dose 60 Mg ha^{-1} ocasionou maiores valores. Esse incremento foi em virtude da maior disponibilização de nutrientes, P, K e principalmente N via aplicação do composto (60 Mg ha^{-1}), uma vez que foram adicionados o equivalente a 186, 540 e 780 kg ha^{-1} , respectivamente (Tabela 4). A maior oferta de P pode aumentar o crescimento do sistema radicular, e dessa forma, incrementar as taxas de absorção de nutrientes, como o N na forma de nitrato (ALVES et al., 1998; MALAVOLTA, 2006). Já a maior disponibilidade de K incrementa a absorção e transporte de N para a parte aérea da planta (ANJANA et al., 2009), e consequentemente para o grão. Além disso, o K atua na síntese protéica e transporte de aminoácidos (MENGEL et al., 1981; PINHEIRO et al., 2011). Assim, quanto maior a absorção e transporte de N para os grãos, bem como de K, maior será a síntese de proteínas promovida por esses elementos. O incremento no teor de proteína com aumento dos níveis de fertilização é resultado do crescimento na formação de aminoácidos (ALMODARES et al., 2009).

Semelhantemente, Bordin et al. (2003), Almodares et al. (2009), Grahmann et al. (2014) concluíram que a elevação da oferta de N promove incremento significativo no teor de proteína de grãos de feijão, milho e trigo, respectivamente. Já Saha et al. (2008), relataram incremento no teor de proteína com a utilização de N e P, assim como Farinelli et al. (2004) com elevação das doses de N e K, nos grãos de milho e arroz, respectivamente, o que corrobora com o presente resultado, uma vez que houve elevação da quantidade desses elementos (N, P, K) aplicados ao solo via composto.

Efeito quadrático em função da aplicação de dose de composto orgânico foi verificado na presença da crotalária em relação ao rendimento de proteína (Figura 7M), sendo que a dose máxima calculada pela derivada da equação responsável por conferir maiores rendimentos por unidade de área foi $57,33 \text{ Mg ha}^{-1}$. Quando as plantas foram cultivadas em parcelas onde ocorreu adubação com feijão macassar, foi verificado incremento linear no rendimento protéico a medida que se elevaram as doses de composto orgânico, sendo que a dose 60 Mg ha^{-1} condicionou maiores valores. Esses resultados foram reflexos do aumento do percentual de proteína e rendimento de grãos

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica com o aumento das doses. Já na presença do guandu, a dose máxima calculada está fora do intervalo de estudo.

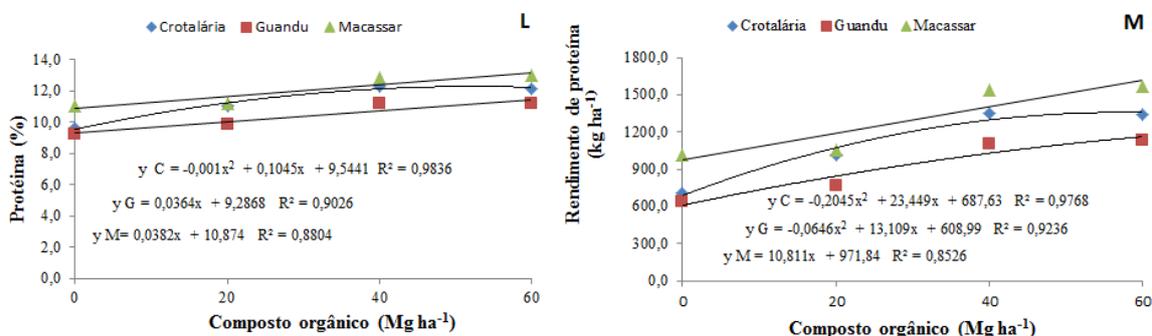


Figura 7. Teor de proteína (L) e rendimento de proteína (M) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

Em relação ao teor de carboidratos totais (Figura 8N), observa-se que houve redução linear à medida que se elevaram as doses de composto orgânico, que ocorreu certamente em virtude do aumento do teor de N, que condicionou aumento no teor de proteína, pois existe uma correlação inversa entre essas duas variáveis, ou seja, quando uma aumenta, a outra diminui, conforme afirmação de Van Soest (1994), e resultados de Almodares et al. (2009) e Leal et al. (2017). Os teores de carboidratos totais resultam do balanço entre a deposição de proteínas, lipídios, e material mineral. A elevação do N aplicado no solo aumenta a concentração protéica, e dessa forma, como as proteínas são sintetizadas a partir de carboidratos (VAN SOEST, 1994), o incremento do fornecimento de N condicionado pela adubação, reduz os teores de carboidratos.

Portanto, aumento em componentes nitrogenados condiciona diminuição compensatória em componentes não nitrogenados, especialmente carboidratos solúveis e totais (VAN SOEST, 1994; CECATO et al., 2004; LEAL et al., 2017), o que corrobora com o presente resultado, uma vez que houve elevação do teor de N no solo por meio da aplicação do composto orgânico, e consequente aumento no teor de proteínas (Figura 7L). Esses resultados são semelhantes aos observados por Leal et al. (2017), que concluíram que a elevação das doses de N reduz de forma linear os teores de carboidratos totais em plantas de Brachiaria, assim como os relatados por Almodares et al. (2009), que verificaram que à medida que se aumentaram as doses de N, houve redução significativa no teor de carboidratos em detrimento do incremento no conteúdo de proteínas. No entanto, o rendimento de carboidratos por unidade de área (ha), foi elevado quando se aumentaram as doses de composto orgânico (Figura 8O). Esses

resultados podem ser explicados pelo crescimento da produtividade de grãos com o aumento das doses desse adubo. Na presença da crotalária, a dose 55,91 Mg ha⁻¹ foi a que favoreceu maior rendimento de carboidratos totais. Já quando o milho foi cultivado em sucessão ao guandu e macassar, houve aumento linear, sendo que a dose 60 Mg ha⁻¹ foi a que condicionou maiores valores.

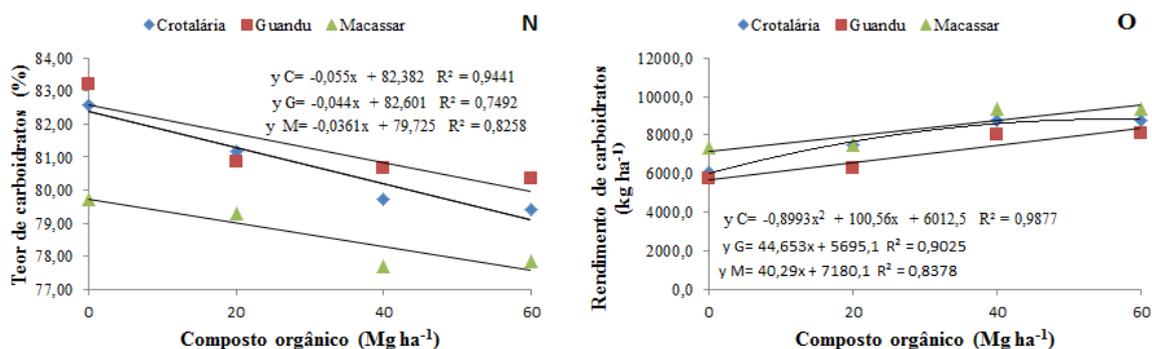


Figura 8. Teor de carboidratos totais (N) e rendimento de carboidratos totais (O) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

De acordo com a Figura 9P, observa-se que houve ajuste dos dados de teor de óleo a modelo de equação linear, constatando-se incremento à medida que se elevaram as doses de composto na presença da crotalária, sendo que a dose 60 Mg ha⁻¹ ocasionou maiores teores. Possivelmente, esse incremento no teor de óleo foi decorrente do maior fornecimento de N (780 kg ha⁻¹) e principalmente K (540 kg ha⁻¹) (Tabela 4) via composto condicionado por essa maior dose, uma vez que esse último elemento é fundamental na síntese e no transporte de óleo para os grãos (MASCARENHAS et al., 1988). É de conhecimento geral que o teor de óleo nas sementes tem relação direta com íon K (TANAKA et al., 1997). O aumento do teor de óleo à medida que se elevaram as doses de composto pode estar relacionado com o fato de que a síntese lipídica vegetal é realizada também a partir de precursores não lipídicos como aminoácidos e carboidratos, e dessa forma, o crescimento do teor de proteínas com elevação da quantidade de N via composto pode ter favorecido a biossíntese de lipídios (FERRI, 1979).

Os resultados observados nesta pesquisa corroboram com os observados por outros autores, como Veiga et al. (2010), avaliando a composição química em grãos de soja, verificaram incremento no teor de óleo a medida que elevou as doses de K, bem como Neto et al. (2002), que concluíram que a aplicação de doses crescentes de K no plantio proporcionou aumento no teor de óleo das sementes de soja. Zambiazzi et al.

(2017) relataram que o aumento nas doses K alterou a composição química das sementes e incrementou significativamente o teor de óleo de grãos de soja, confirmando a importância desse elemento na síntese e transporte de óleo para as sementes. De igual modo Liang et al. (2015) avaliando a qualidade de milho em função da fertilização, observaram aumento no teor de óleo em plantas de milho à medida que se elevaram as doses de N, assim como por FILHO et al. (2015) na cultura do girassol.

Já na presença do feijão macassar, houve comportamento quadrático quando se elevaram as doses de composto, sendo que a dose que condicionou maior teor de óleo no grão foi $23,75 \text{ Mg ha}^{-1}$, constatado pela derivada da equação (Figura 9P). Possivelmente, acima dessa dose na presença do macassar, tenha ocorrido alta disponibilidade e absorção de N proporcionado pela decomposição e mineralização dessa leguminosa e composto, o que pode ter gerado inibição da síntese de óleo em detrimento do teor de proteína, pois o teor de óleo nos grãos é resultante do balanço entre a deposição de lipídeos, proteínas e outras substâncias, dentro das características genéticas da cultivar, assim, a maior disponibilidade de N pode tender a elevar o teor de proteína, e reduzir o teor de óleo, como verificado na cultura do girassol por Lobo et al. (2012).

Já na presença do feijão guandu, os dados não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, sendo obtido valor médio de 5,75 % (Figura 9P).

A concentração de óleo nos grãos de milho é um parâmetro relevante para sua utilização na produção de ração, uma vez que o óleo possui valor calórico superior ao amido, cerca de 2,5 vezes mais energia do que o carboidrato, sendo a característica nutricional mais importante para redução dos custos das rações para aves e suínos (PUPA, 2004; MITTELMANN et al., 2006). Assim, do ponto de vista nutricional, o alto teor de óleo é lucrativo, principalmente pela elevada densidade de lipídeos e do balanço dos aminoácidos, para ser empregado como ingrediente das rações de animais monogástricos, principalmente de suínos e aves (ALEXANDER et al., 1977; ALEXANDER, 1988). Desse modo, a elevação do teor de óleo nos grãos de milho pode beneficiar a redução dos custos de produção, dos quais a alimentação é parte importante. Neste sentido, é conhecido que suínos e aves alimentados com ração de milho com alto teor de óleo apresentam maior ganho de peso, maior velocidade de crescimento com abate precoce de animais, maior produção de ovos, aliada ao menor consumo de alimento, podendo reduzir as despesas na cadeia produtiva (NORDSTRON et al., 1972; HAN et al., 1987; MITTELMANN et al., 2006).

Além disso, animais alimentados com ração contendo maior teor de lipídios podem acumular maiores teores e melhorar as características de sabor e aroma da carne. Em parte, o conteúdo de gordura intramuscular é que confere uma carne mais suculenta e de boa qualidade, e dessa forma, quanto maior o seu teor, maior a maciez, suculência e sabor da carne (OSÓRIO et al., 2009; BONACINA et al., 2011), sendo desejável para a alimentação humana. Portanto, a utilização de adubação que proporcione melhor percentual de óleo no grão representa grande interesse para a alimentação humana e animal.

O rendimento de óleo aumentou de forma linear à medida que se aumentaram as doses de composto na presença da crotalária e guandu, sendo que a dose 60 Mg ha⁻¹ ocasionou maiores rendimentos (Figura 9Q). Já na presença do macassar, houve comportamento quadrático, sendo que a dose máxima calculada pela derivada está fora do intervalo de estudo. Esses resultados são reflexos do aumento do rendimento de grão e teor de óleo.

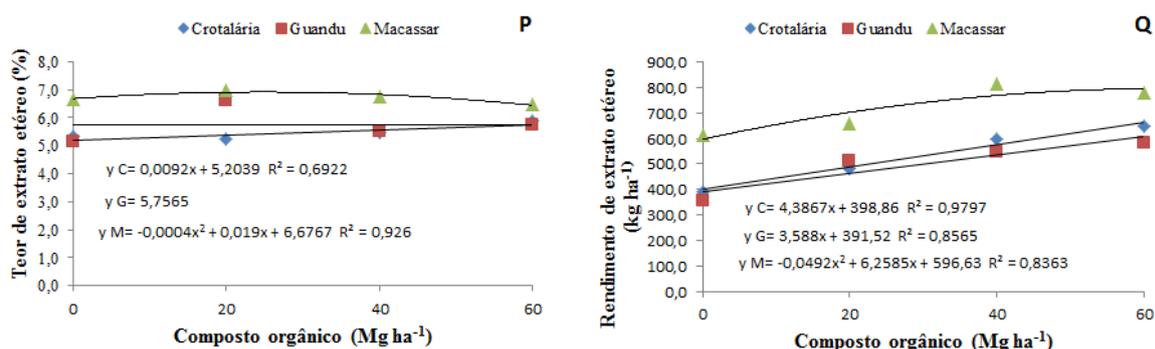


Figura 9. Teor de extrato etéreo (P) e rendimento de extrato etéreo (Q) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

Avaliando o efeito das doses de composto orgânico em cada leguminosa sobre o valor energético, observa-se que houve comportamento quadrático na presença do adubo feijão macassar (Figura 10R). Pela derivada da equação, constatou-se incremento no valor calórico até a dose 22,94 Mg ha⁻¹. Houve ajuste dos dados ao modelo de equação linear e verificou-se incremento à medida que se aumentaram as doses de composto quando as plantas foram cultivadas em sucessão à crotalária, sendo que a dose 60 Mg ha⁻¹ foi responsável por proporcionar maior valor energético. Já na presença do feijão guandu os dados não se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, sendo obtido valor médio de 4184,6 kcal/kg (Figura 10R).

Quanto ao rendimento de valor energético (Figura 10S), a dose estimada pela derivada da equação que proporcionou maiores valores foi 59,10 Mg ha⁻¹, quando o

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica milho foi cultivado após adição da crotalária. Essa maior dose (59,10 Mg ha⁻¹) condicionou um incremento acima de 53 % por unidade de área (ha) quando comparada a menor dose aplicada (0 Mg ha⁻¹). Já na presença do guandu e macassar, constatou-se um aumento linear no rendimento de valor energético no grão oriundos de plantas adubadas com composto, pois na medida que se elevaram as doses de composto houve resposta positiva. O incremento nesse rendimento proporcionado pela maior dose (60 Mg ha⁻¹) foi de 51,55 e 36,83% em relação a menor dose (0 Mg ha⁻¹), na presença do feijão guandu e macassar, respectivamente. Esses resultados foram reflexos dos aumentos das variáveis nutricionais e rendimento de grãos, evidenciando a importância da aplicação do composto em sistema de produção de milho para alcançar resposta satisfatória na qualidade nutricional do milho.

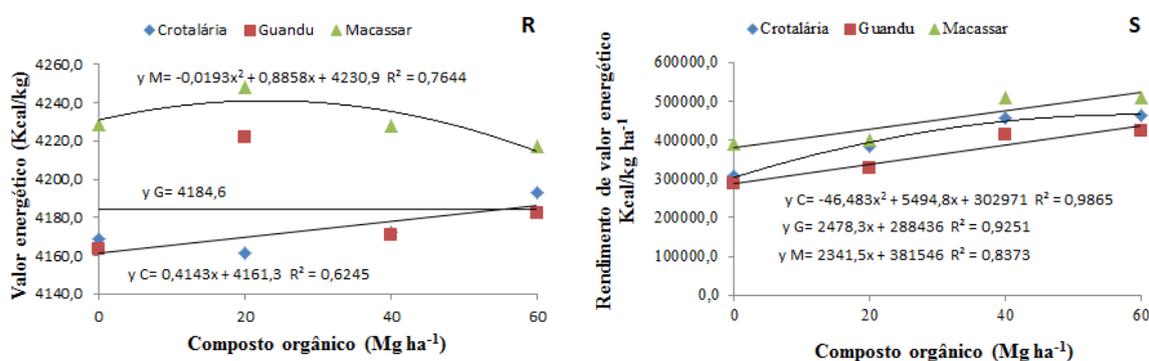


Figura 10. Valor energético (R) e rendimento de valor energético (S) de grãos de milho obtidos a partir das doses de composto orgânico na presença dos diferentes adubos verdes.

Na tabela 15, encontram-se os resultados das variáveis teor e rendimento de proteína, extrato etéreo e cinzas (material mineral) obtidos a partir da adubação orgânica e controle (sem adubação). Todos os tratamentos da adubação orgânica condicionaram maior teor de proteína nos grãos em relação ao controle. O menor teor de proteína dos grãos em plantas que não receberam nenhum tipo de adubação deve-se à baixa oferta de N, pois esse elemento é o principal componente formador de proteínas, assim, em baixa disponibilidade, as plantas reduzem a síntese de proteínas nos grãos e favorecem a síntese de amido, resultando em grãos com baixa concentração protéica (PINNOW et al., 2013). Além do N, a disponibilidade relativamente baixa de K (Tabela 1) deve ter provocado menor valor da referida variável, pois esse elemento está envolvido também na síntese de proteínas. Desta forma, sua menor oferta promove plantas com baixos teores de compostos de alto peso molecular (proteína) (MALAVOLTA, 2006; MARTINEZ et al., 2014), e consequentemente, grãos com menor percentual, passando a ocorrer acúmulo de composto orgânico de baixo peso molecular (MALAVOLTA, 2006;

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica (MARTINEZ et al.,2014). Resultados semelhantes foram obtidos por Tejada et al. (2008), estudando o efeito da adubação verde no rendimento de milho, observaram que os adubos verdes aumentaram o teor de proteína do grão de milho em mais de 36% em relação ao controle (sem adubo verde). De igual forma, Bordin et al. (2003), obtiveram incrementos significativos no teor e produtividade de proteína bruta nos grãos de feijão, com o emprego da adubação verde com feijão de porco quando comparado com os grãos colhidos em plantas que não receberam adubação (controle). Além desses resultados, Zai et al. (2008) também encontraram maiores valores de proteína do grão de trigo com adubação verde e composto em relação ao controle, corroborando com o presente resultado.

Quanto ao rendimento de proteína do grão (Tabela 15), foi constatada superioridade estatística dos adubos orgânicos quando em comparação àquele obtido de grãos cujas plantas não receberam adubação (controle). A menor resposta no tratamento controle se deve a baixa produtividade e teor de proteína (Tabela 12 e 15). De igual modo, Bordin et al. (2003) obtiveram incrementos significativos na produtividade de proteína bruta nos grãos do feijão quando adubado com o adubo verde feijão de porco em relação a testemunha (controle).

De acordo com a Tabela 15, observa-se que todos os tratamentos orgânicos proporcionaram maiores teores de óleo (extrato etéreo) no grão de milho em relação ao tratamento onde as plantas não receberam adubação (controle), confirmando a importância do K, que fora disponibilizado via adubos orgânicos, na síntese e transporte de óleo para os grãos. Os baixos valores encontrados no tratamento controle, certamente foram reflexos dos baixos teores de nutrientes no solo, N, P e K (Tabela 1). Anwar et al. (2005), também encontraram diferença significativa no teor de óleo de *Ocimum basilicum*, sendo obtido um incremento de mais de 15% com aplicação de vermicomposto e esterco, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle.

Em relação ao rendimento de óleo por unidade de área (ha), a adubação orgânica proporcionou maiores rendimentos nos grãos quando comparado ao tratamento controle (Tabela 15). A menor resposta em relação ao rendimento de óleo nesse tratamento pode ser atribuída a menor produtividade de grãos e ao menor teor de óleo (Tabela 12 e 15). De igual modo, Singh et al. (2010) verificaram que a incorporação de adubo verde no solo proporcionou incremento no rendimento de óleo de 25,2 e 17,7% de plantas de hortelã e palmarosa, decorrente do efeito residual e fornecimento de N, em relação às plantas cultivadas na ausência do adubo. Também, Anwar et al. (2005) constataram

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

diferença significativa no rendimento de óleo de *Ocimum basilicum*, sendo obtido um incremento de mais de 53 e 33% com aplicação de vermicomposto e esterco, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle.

Em relação aos teores de cinzas (material mineral), observa-se que apenas o feijão guandu, nas doses 40 e 60 Mg ha⁻¹, e macassar nas diferentes doses 0, 40 e 60 Mg ha⁻¹, proporcionaram maior teor de cinza aos grãos quando comparado ao encontrado em grãos obtidos de espigas cujas plantas não foram adubadas (controle) (Tabela 15), provavelmente em virtude da maior absorção de nutrientes, pois a disponibilidade e a consequente absorção de minerais do solo influencia a composição mineral na folha, bem como nos grãos de milho (FERREIRA et al., 2001). Nas demais comparações, os teores de cinzas foram estatisticamente iguais. Oliveira et al. (2012) não encontraram diferença nos teores de minerais (P, K, Ca, Mg) em grãos de milho entre a testemunha e os diferentes níveis de adubação. Já Ayub et al. (2007) verificaram efeito significativo no teor de cinzas entre os diferentes níveis de adubação quando comparado a testemunha. Também, Tejada et al. (2006) encontraram ligeiro aumento no teor de material mineral de grão de arroz (P, K, Mg, Fe Zn) com uso de composto em relação ao controle, embora não se tenha verificado diferença estatística. No entanto, no terceiro cultivo sucessivo com aplicação de composto foram encontrados maiores valores, podendo-se inferir que aplicações sucessivas podem gerar maior efeito residual e melhor disponibilização de nutrientes no solo, ocasionando aumento nos teores de material mineral nos grãos. De igual forma, Tejada et al. (2008) constataram aumento no conteúdo de material mineral (P, K), sendo significativo no quinto ano de cultivo com aplicação de diferentes adubos verdes, assim como Rodrigues et al. (2009) concluíram que o composto proporciona efeito significativo no teor de material mineral (P, K e Ca) na matéria seca de milho em relação ao tratamento controle, decorrente do aumento da oferta desses elementos no solo via adubo.

Já em relação ao rendimento ou acúmulo de material mineral, todos os tratamentos orgânicos proporcionaram maiores valores em relação ao tratamento controle, revelando o potencial desses adubos em favorecer maiores rendimentos de cinzas por unidade de área (ha). Esse resultado pode ser explicado pelo maior rendimento de grãos (Tabela 12) condicionado por esses adubos (adubo verde e composto), certamente favorecido pela maior disponibilização e absorção de nutrientes do solo.

Tabela 15. Teor de proteína (PT), rendimento de proteína (RPT), teor de extrato etéreo (EE), rendimento de extrato etéreo (REE); teor de cinzas (CZ); rendimento de cinzas (RCZ) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).

TRAT	PT (%)	RPT (kg ha ⁻¹)	EE (%)	REE (kg ha ⁻¹)	CZ (%)	RCZ (kg ha ⁻¹)
CONT	7,59	289,66	4,08	155,66	2,24	85,53
CROT+ 0	9,61*	705,77*	5,34*	392,81*	2,46 ^{ns}	180,47*
CROT + 20	11,05*	1020,35*	5,24*	484,05*	2,52 ^{ns}	233,00*
CROT + 40	12,32*	1352,74*	5,44*	597,57*	2,50 ^{ns}	274,59*
CROT + 60	12,17*	1340,07*	5,89*	647,41*	2,54 ^{ns}	279,04*
GUAD + 0	9,24*	635,75*	5,16*	355,54*	2,37 ^{ns}	163,15*
GUAD + 20	9,86*	765,05*	6,59*	511,44*	2,52 ^{ns}	195,43*
GUAD + 40	11,19*	1110,25*	5,51*	546,64*	2,62*	260,01*
GUAD+ 60	11,23*	1136,17*	5,76*	583,00*	2,65*	268,22*
MAC + 0	11,02*	1012,71*	6,65*	611,76*	2,61*	239,83*
MAC + 20	11,21*	1057,36*	6,97*	656,72*	2,46 ^{ns}	232,16*
MAC + 40	12,82*	1543,12*	6,76*	813,58*	2,75*	330,41*
MAC + 60	13,02	1571,55*	6,46*	779,77*	2,65*	320,24*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. CROT (crotalaria); GUAD (guandu); MAC (macassar); 0, 20, 40 e 60 correspondem as doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

Em relação ao teor e rendimento de carboidratos totais no grão obtido em plantas submetidas à adubação orgânica, foram verificados maiores conteúdos em relação ao tratamento que não recebeu nenhum tipo de adubação (Tabela 16). Tejada et al. (2009) também constataram que a adubação com vermicomposto proporcionou incremento significativo no teor de carboidratos solúveis em grão de arroz quando comparado ao controle. De igual modo, Tejada et al. (2008) e Tejada et al. (2006) concluíram que adubação verde e composto incrementaram o teor de carboidrato nos grãos de milho e arroz em relação ao controle, respectivamente.

Todos os tratamentos orgânicos (adubos verdes e as diferentes doses de composto) foram responsáveis por conferir aumentos no valor e rendimento energético (Tabela 16). Esses resultados foram decorrentes da maior resposta na composição química e rendimentos de grãos condicionados por esses adubos. Assim, o emprego desses adubos revela a superioridade frente ao tratamento controle, confirmado pelo maior teor e rendimento energético por unidade de área (ha), comprovando a importância do uso da adubação orgânica em sistema de produção de milho.

Tabela 16. Teor de carboidratos totais (CHO), rendimento de carboidratos totais (RCHO), valor energético (VE) e rendimento de valor energético (RVE) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus sem adubação (controle).

TRATAMENTOS	CHO (%)	RCHO (kg ha ⁻¹)	VE (kcal/kg)	RVE (kcal/kg ha ⁻¹)
CONTROLE	85,98	3281,79	4109,98	156867,96
CROTALÁRIA + 0	82,59*	6067,62*	4168,89*	306288,23*
CROTALÁRIA + 20	81,19*	7498,56*	4161,08*	384321,76*
CROTALÁRIA + 40	79,73*	8761,19*	4172,18*	458339,84*
CROTALÁRIA + 60	79,41*	8753,26*	4192,81*	462000,67*
GUANDU + 0	83,22*	5726,88*	4163,33*	286503,94*

GUANDU + 20	80,86*	6278,90*	4222,23*	327788,12*
GUANDU + 40	80,68	8004,62*	4170,65*	413792,98*
GUANDU + 60	80,35*	8128,51*	4182,17*	423057,52*
MACASSAR + 0	79,72*	7331,53*	4228,49*	388828,27*
MACASSAR + 20	79,31*	7480,58*	4248,27*	400622,97*
MACASSAR + 40	77,67*	9347,88*	4228,09*	508862,76*
MACASSAR + 60	77,85*	9395,10*	4216,94*	508845,67*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. CROT (crotalária); GUAD (guandu); MAC (macassar); 0, 20, 40 e 60 correspondem às doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

Na tabela 17, encontram-se os resultados das variáveis teor e rendimento de proteína, extrato etéreo e cinzas (material mineral) obtidos a partir da adubação orgânica e a mineral. Observa-se que o teor de proteína do grão obtido de espigas cujas plantas foram submetidas à adubação mineral foi estatisticamente igual àquele em que as plantas receberam adubação de crotalária, associada as dose 40 e 60 Mg ha⁻¹, e feijão macassar na dose 40 Mg ha⁻¹. No entanto, o teor de proteína foi superior quando se utilizou o adubo feijão macassar em combinação com a maior dose de composto orgânico (60 Mg ha⁻¹). De maneira que essa combinação condiciona melhor qualidade protéica ao grão. Agegnehu et al. (2016) constataram teor de proteína similar entre os tratamentos com composto, biochar e adubação mineral. Igualmente, Tejada et al. (2006) observaram valores estatisticamente iguais no teor de proteína de arroz entre a aplicação da maior dose de composto e composto associado à adubação nitrogenada, evidenciando que apenas a adubação orgânica pode ser suficiente para atender a demanda nutricional da cultura e obter valores protéicos nos grãos satisfatórios. Nos grãos oriundos de espigas de planta adubadas com os demais adubos orgânicos, o teor de proteína foi superior naqueles em que as plantas foram adubadas com adubo mineral.

Em relação ao rendimento de proteína, observa-se que o adubo mineral favoreceu maiores valores em relação aos adubos orgânicos, exceto na presença do macassar associado à dose 40 Mg ha⁻¹, onde foi estatisticamente igual (Tabela 17). No entanto, essa leguminosa, associada ao composto na maior dose (60 Mg ha⁻¹) condicionou maior rendimento de proteína bruta quando comparado àqueles grãos colhidos em plantas submetidas à adubação química sintética, reafirmando a importância dessa combinação em favorecer maior produtividade protéica por unidade de área.

A aplicação do adubo verde macassar condicionou teores de óleo no grão de milho estatisticamente iguais ao que foi obtido de grãos em que as plantas receberam adubação mineral, reafirmando que essa leguminosa pode substituir a aplicação de

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica fertilizante sintético sem comprometimento na concentração de óleo, podendo fornecer quantidades equivalentes de energia. De igual forma, Anwar et al. (2005), avaliando o efeito dos adubos orgânicos e inorgânicos, não encontraram diferença significativa no conteúdo de óleo de *Ocimum basilicum* entre aplicação de vermicomposto e adubação química sintética com NPK.

Já em relação ao rendimento de óleo, apenas o adubo macassar em combinação com o composto nas doses 40 e 60 Mg ha⁻¹ favoreceram valores iguais ao tratamento mineral. Nas demais comparações, esse último apresentou resposta superior. Anwar et al. (2005) também não encontraram diferença significativa no rendimento de óleo de *Ocimum basilicum* entre aplicação de vermicomposto e adubação mineral com NPK. De forma semelhante, Singh et al. (2010) verificaram que adição do adubo verde macassar no solo proporcionou efeito similar no rendimento de óleo de *Cymbopogon martinii* em relação às plantas cultivadas com níveis de adubação nitrogenada (30 e 60 kg ha⁻¹), podendo inferir que esse adubo verde favoreceu liberação similar de nutrientes em relação ao adubo sintético, evidenciando uma resposta satisfatória dessa leguminosa.

A adubação orgânica ocasionou valores estatisticamente iguais nos teores de cinzas de grão em relação ao tratamento químico sintético, exceto na presença do guandu, na dose 0 Mg ha⁻¹, onde foi inferior (Tabela 17). Já em relação ao rendimento de cinzas, apenas o feijão macassar, associado às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹, foi responsável por conferir valores iguais por unidade de área. Esse resultado foi devido ao alto rendimento de grãos alcançado por essa leguminosa na presença das referidas doses. Nas demais comparações, constatou-se superioridade estatística do tratamento mineral frente aos adubos orgânicos. Desta maneira, de forma geral, com emprego do macassar, associado às maiores doses de composto (40 e 60 Mg ha⁻¹), é possível obter rendimento satisfatório de material mineral do grão por área, reafirmando a importância da utilização dessa combinação em sistema de produção de milho.

Tabela 17. Teor de proteína (PT), rendimento de proteína (RPT1), teor de extrato etéreo (EE), rendimento de extrato etéreo (REE), teor de cinzas (CZ), rendimento de cinzas (RCZ) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus adubação mineral.

TRAT	PT (%)	RPT (kg ha ⁻¹)	EE (%)	REE (kg ha ⁻¹)	CZ (%)	RCZ (kg ha ⁻¹)
MINERAL	12,33	1476,26	6,81	815,67	2,24	85,53
CROT+ 0	9,61*	705,77*	5,34*	392,81*	2,46 ^{ns}	180,47*
CROT + 20	11,05*	1020,35*	5,24*	484,05*	2,52 ^{ns}	233,00*
CROT + 40	12,32*	1352,74*	5,44*	597,57*	2,50 ^{ns}	274,59*
CROT + 60	12,17*	1340,07*	5,89*	647,41*	2,54 ^{ns}	279,04*
GUAD + 0	9,24*	635,75*	5,16*	355,54*	2,37 ^{ns}	163,15*
GUAD + 20	9,86*	765,05*	6,59*	511,44*	2,52 ^{ns}	195,43*

GUAD + 40	11,19*	1110,25*	5,51*	546,64*	2,62*	260,01*
GUAD+ 60	11,23*	1136,17*	5,76*	583,00*	2,65*	268,22*
MAC + 0	11,02*	1012,71*	6,65*	611,76*	2,61*	239,83*
MAC + 20	11,21*	1057,36*	6,97*	656,72*	2,46 ^{ns}	232,16*
MAC + 40	12,82*	1543,12*	6,76*	813,58*	2,75*	330,41*
MAC + 60	13,02	1571,55*	6,46*	779,77*	2,65*	320,24*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. CROT (crotalaria); TRAT (tratamento); GUAD (guandu); MAC (macassar); 0, 20, 40 e 60 correspondem às doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹.

Avaliando o percentual de carboidratos, de um modo geral, observa-se que os adubos verdes nas diferentes combinações com composto orgânico proporcionaram valores superiores estatisticamente quando comparado àquelas plantas adubadas com fertilizante mineral, exceto na presença do macassar associado às doses 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹, onde os teores foram estatisticamente iguais (Tabela 18). Já em relação ao rendimento de carboidratos por unidade de área (ha), apenas a crotalaria e o macassar na presença das maiores doses 40 e 60 Mg ha⁻¹, condicionaram valores semelhantes.

A utilização do feijão macassar associado às diferentes doses de composto, favoreceu valores estatisticamente iguais no valor energético dos grãos, quando comparado àquelas plantas que receberam adubo mineral (Tabela 17). Nas demais comparações, a aplicação desse fertilizante proporcionou maiores valores. De igual modo, mais uma vez o macassar associado ao composto (40 e 60 Mg ha⁻¹) condicionou rendimento energético semelhante. Esses resultados revelam que essa leguminosa, associada ao composto, pode substituir a adubação mineral em sistema de produção de milho sem comprometimento da qualidade energética do grão. Essa resposta é extremamente vantajosa, pois além de poder reduzir os custos de produção com a não aquisição de fertilizantes, há o favorecimento de uma agricultura mais sustentável, pois pode reduzir de forma significativa os impactos ambientais e problemas de saúde pública, uma vez que esses fertilizantes minerais são altamente solúveis, e quando são aplicados ao solo, solubiliza-se rapidamente. No entanto, nem todo é absorvido, podendo ser lixiviado, contaminando o meio ambiente, lenções freáticos, as águas subterrâneas, de consumo público. Neste sentido, em virtude do crescente interesse no aumento da produção e do consumo de alimentos orgânicos, maior número de pesquisas devem ser desenvolvidas com o uso da adubação verde associada ao composto orgânico nos sistema de produção de milho, com intuito de garantir melhor composição química do grão e assegurar uma alimentação mais saudável e de melhor qualidade.

Tabela 18. Teor de carboidratos totais (CHO), rendimento de carboidratos totais (RCHO), valor energético (VE) e rendimento de valor energético (RVE) de grãos de milho em função da adubação orgânica versus adubação mineral.

.TRATAMENTOS	CHO (%)	RCHO (kg ha⁻¹)	VE (kcal/kg)	RVE (kcal/kg ha⁻¹)
MINERAL	78,10	9350,04	4230,73	506462,40
CROTALÁRIA + 0	82,59*	6067,62*	4168,89*	306288,23*
CROTALÁRIA + 20	81,19*	7498,56*	4161,08*	384321,76*
CROTALÁRIA + 40	79,73*	8761,19*	4172,18*	458339,84*
CROTALÁRIA + 60	79,41*	8753,26*	4192,81*	462000,67*
GUANDU + 0	83,22*	5726,88*	4163,33*	286503,94*
GUANDU + 20	80,86*	6278,90*	4222,23*	327788,12*
GUANDU + 40	80,68	8004,62*	4170,65*	413792,98*
GUANDU + 60	80,35*	8128,51*	4182,17*	423057,52*
MACASSAR + 0	79,72*	7331,53*	4228,49*	388828,27*
MACASSAR + 20	79,31*	7480,58*	4248,27*	400622,97*
MACASSAR + 40	77,67*	9347,88*	4228,09*	508862,76*
MACASSAR + 60	77,85*	9395,10*	4216,94*	508845,67*

Pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. *significativo; ns não significativo. CROT (crotalária); GUAD (guandu); MAC (macassar); 0, 20, 40 e 60 correspondem às doses de composto orgânico em Mg ha⁻¹

5.0 CONCLUSÃO

O adubo verde feijão macassar proporciona aumento dos componentes de produção de milho.

A adubação verde com macassar associado às doses de composto orgânico (40 e 60 Mg ha⁻¹) condiciona produtividade de grãos semelhante ao tratamento com adubação mineral.

O macassar associado a maior dose de composto (60 Mg ha⁻¹) favorece qualidade e rendimento protéico do grão de milho superior ao tratamento mineral.

O adubo verde macassar, independente da dose de composto, condiciona valores semelhante nos teores de óleo em relação ao tratamento químico sintético.

O adubo verde macassar, associado às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹ de composto, condiciona valores semelhante no rendimento de óleo, material mineral e carboidratos totais em relação ao tratamento mineral.

A adubação verde seja isolada ou associado ao composto favorece valores similares nos teores de material mineral dos grãos de milho quando comparado ao tratamento com adubação química.

A adubação verde com macassar associado às doses 20, 40 e 60 Mg ha⁻¹ de composto promove resposta semelhante no teor de carboidratos totais em relação ao tratamento químico.

O feijão macassar associado às doses 40 e 60 Mg ha⁻¹ de composto orgânico condiciona resposta semelhante ao tratamento com adubação mineral no valor e rendimento energético, podendo substituí-la sem comprometimento da qualidade nutricional do grão.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEGNEHU, G. et al. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. **Science of the Total Environment**, v. 543, p. 295-306, 2016.
- ALEXANDER, D. E.; CREECH, R. G. Breeding special industrial and nutritional types. In: SPRAGUE, G. E.; DUDLE, J. W. (Ed.). **Corn and corn improvement**. 2. ed. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1977. p. 363-391.
- ALEXANDER, D. E. Breeding special nutritional and industrial types. **Urbana: University of Illinois**, 1988.
- ALVES, V. M. C et al. Localização de fósforo e de nitrogênio afetando os parâmetros cinéticos de absorção de nitrogênio em milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.10, p.197- 201, 1998.
- ALMODARES, A. et al. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. **J. Agric. Environ. Sci**, v. 6, n. 4, p. 441-446, 2009.
- AMADO, T. J. C. et al. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241- 248, 2002.
- AMBROSANO, E. J. et al. Nitrogen supply to maize from sunn hemp and velvet bean green manures. **Scientia Agricola**, 66: 386-394. 2009.
- ANDREOTTI, M. et al. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, p. 145-150, 2001.
- ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.867-874, 2000.
- ANDRIOLI, I. et al. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, 2008.
- ANDY, C. Cowpeas: *Vigna unguiculata*. Bestilville: **Managing cover crops profitably - Sustainable Agriculture Network**, 3 ed. 2007. 5p.
- ANJANA, S. U.; IQBAL, M. **Effect of Applied Potassium in Increasing the Potential for N Assimilation in Spinach (*Spinacea oleracea* L)**. e-ifc, n.20, 2009.
- ANWAR, M. et al. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, n. 13-14, p. 1737-1746, 2005.
- ARF, O. et al. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.58, p.323-334, 1999.
- ASSIS, J. P. D et al. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2006.
- ASSMANN, T. S. et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2003.
- ASTIER, M. et al. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. **Soil and Tillage Research**, v. 88, n. 1, p. 153-159, 2006.
- AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPES**, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.
- BICZAK, R.; GURGUL, E.; HERMAN, B. The effect of NPK fertilization on yield and content of chlorophyll, sugars and ascorbic acid in celery. **Folia Horticulturae**, v. 2, n. 10, 1998.

- BORDIN, L. et al. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, p. 417-428, 2003.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; CARVALHO, J. E. B. Plantas melhoradoras do solo. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2004.
- BOSSIO, D; GEHEB, K; CRITCHLEY, W. Managing water by managing land: addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, p. 536-542, 2010.
- BONACINA, M. S. et al. Avaliação sensorial da carne de cordeiros machos e fêmeas Texel× Corriedale terminados em diferentes sistemas Sensory evaluation of meat lambs from males and females Texel× Corriedale finished in different systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1758-1766, 2011.
- BÜLL, L.T. **Nutrição Mineral do Milho**. In: Cultura do Milho fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. p.63-131.
- CARVALHO, M. A. C. de et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 47-53, 2004.
- COURTNEY, R. G.; MULLEN, G. J. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 8, p. 2913-2918, 2008.
- CHAUHAN, Y., SOLOMON, K., RODRIGUEZ, D. Characterization of north-eastern Australian environments using APSIM for increasing rainfed maize production. **Field Crop Res.** 144, 245–255, 2013.
- CANTARELLA, H. et al. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. Tecnologias de produção do milho. Viçosa: UFV, p. 139-182, 2004.
- CAMARGO, O.A et al. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- CONTE, A.; M. et al. Desempenho agrônomo do milho em sistema de adubação verde. **Agrarian**, v. 1, n. 2, p. 35-44, 2008.
- CASTRO, C. M. et al. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 779-785, 2004.
- CAVALCANTI, F. J. A. et al. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3ª Ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. 212 p.
- CECATO, U. et al. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p.409-416, 2004.
- CESARO, A.; BELGIORNO, V.; GUIDA, M. Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 94, p. 72-79, 2015.
- CHAPIN, F. S. **The mineral nutrition of wild plants**. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 11, n. 1, p. 233-260, 1980.
- CHUTICHUDET, B. P.; CHUTICHUDET; KAEWSIT, S. Effects of green manures on growth, yield and quality of green okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Har Lium Cultivar. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, n. 7, p. 1028-1035, 2007.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2017/ 2018**. Disponível em <www.conab.gov.br> Acesso em 30 de nov de 2017.
- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.9, n.17, p.1842, 2013.

Decreto-Lei no. 167/2004 de 7 de Julho.

DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos** - INCT - Ciência Animal. 1.ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

DOAN, T. T. et al. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: a three year mesocosm experiment. **Science of the Total Environment**, v. 514, p. 147-154, 2015.

DORDAS, C. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations. **European Journal Agronomy**, Philadelphia, v. 30, p. 129-139, 2009.

DUETE, R. C. et al. Acúmulo de nitrogênio (15N) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em Latossolo Vermelho. **Bragantia**, v. 68, n. 2, 2009.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.33-40, 2002.

EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília DF: Embrapa. 2º Ed.. 2009, 627p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003.

FARINELLI, R. et al. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 447-454, 2004.

FAVARATO, L. F. et al. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v. 75, n. 4, 2016.

FERREIRA, E. P. B. et al. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage anagements. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.177-183, 2010.

FERREIRA, A. C. B. et al. Corn crop characteristics under nitrogen, molybdenum and zinc fertilization. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.

FERRI, Mario Guimarães (Coord.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo, SP: E.P.U; EDUSP - Editora da Universidade de São Paulo, v. 1, 1979.

FILHO, D. H. et al. COMPONENTES DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO DO GIRASSOL SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA1. **IRRIGA**, v. 20, n. 3, p. 514, 2015.

FLETCHER, A. L.; MOOT, D. J.; STONE, P. J. Solar radiation interception and canopy expansion of sweet corn in response to phosphorus. **European Journal Agronomy, Philadelphia**, v. 29, p. 80-87, 2008.

FORMENTINI, E. A. et al. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. Vitória: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (2008).

FORNES, F. et al. Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. **Bioresource technology**, v. 118, p. 296-305, 2012.

FREIRE, G. M. et al. Aplicação de composto orgânico líquido via fertirrigação na cultura do meloeiro. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, 2009.

GARCIA, J. C. et al. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Ed UFV, 351 p. 2015.

GICHURU, M.P. Residual effects of natural bush, *Cajanus cajan* and *Tephrosia candida*, on the productivity of acid soil in southeastern Nigeria. **Plant and Soil**, 134, p. 31-36, 1991.

- GIL, M. V.; CARBALLO, M. T.; CALVO, L. F. Fertilization of maize with compost from cattle manure supplemented with additional mineral nutrients. **Waste Management**, v. 28, n. 8, p. 1432-1440, 2008.
- GOMES, A. J. et al. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 3, 2005.
- GRAHMANN, K. et al. Durum wheat (*Triticum durum* L.) quality and yield as affected by tillage–straw management and nitrogen fertilization practice under furrow-irrigated conditions. **Field Crops Research**, v. 164, p. 166-177, 2014.
- LÁZARO, R. L. et al. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.
- LEAL, D. M. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas da *Brachiaria* híbrida ‘Mulato II’ sob adubação nitrogenada e regime de cortes. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 181-188, 2017.
- LIANG, M. et al. Yield and quality of maize stover: Variation among cultivars and effects of N fertilization. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 8, p. 1581-1587, 2015.
- LOURENTE, E. R. P. et al. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. *Acta Scientiarum Agronomy, Maringá*, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007.
- LOBO, T. F.; GRASSI, F. H.; COELHO, H. A. Efeito da adubação nitrogenada na produtividade do girassol. **Científica**, v. 40, n. 1, p. 59-68, 2012.
- LUCENA, L. F. C et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 334-337, 2000.
- KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **J. Plant. Nutr.**, v.10, n.9/16, p.1409-1417, 1987.
- KAPPES, C; ARF, O; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37:1310-1321, 2013.
- KLJAK, K., GRBESA, D., Carotenoid content and antioxidant activity of hexane extracts from selected Croatian corn hybrids, **Food Chemistry**, v. 167, p. 402–408, 2015.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. MAPA: Brasília, 2014.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MALAVOLTA E (2006) Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres. 638p.
- MARTINS, S. R. Sustentabilidade na agricultura: dimensões econômicas, sociais e ambientais. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.4, n.2, p.175-187,1999.
- MARQUES, C. T. S. et al. Improvement of biomass and essential oil production of *Lippia alba* (Mill) NE Brown with green manures in succession. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 113-118, 2018.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Ceres**, v. 61, n. 7, 2014.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.
- MASCARENHAS, H. A. A et al. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, v. 40, n. 1, p. 34-43, 1988.

- MASSAD, M. D. et al. Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na Caatinga mineira. **MAGISTRA**, v. 26, n. 3, p. 322-332, 2014.
- MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, p.399- 402, 1974.
- MEURER, F.; SILVA, T. R. B. Manejo de nitrogênio na cultura do milho. **Cascavel**, v.2, n.2, p.10-19, 2009.
- MITTELMANN, A. et al. Análise dialéctica do teor de óleo em milho. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 2, 2014.
- MITTELMANN, A. et al. Análise dialéctica do teor de óleo em milho. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 139-143, 2006.
- MOTA, F.S.; AGENDES, M.O.O. **Clima e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Sagra; 1986.
- MYLAVARAPU, R. S.; ZINATI, G. M. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. **Scientia Horticulturae**, v. 120, n. 3, p. 426-430, 2009.
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I.; F. da. Efeito de leguminosas e de adubação mineral na produção do milho em um luvisolo degradado de Alagoinha, PB. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 24, p. 103-111, 2003.
- NETO PEDROSO, J. C. et al. Doses e modos de aplicação de potássio na produtividade de grãos e qualidade de semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 6, n. 2, 2002.
- NUSS, Emily T.; TANUMIHARDJO, Sherry A. Maize: a paramount staple crop in the context of global nutrition. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 9, n. 4, p. 417-436, 2010.
- ODHIAMBO, J. J; OGOLA, J. B; MADZIVHANDILA, T. Effect of green manure legume-maize rotation on maize grain yield and weed infestation levels. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 8, p. 618-625, 2010.
- ODHIAMBO, J. J.O. Potential use of green manure legume cover crops in smallholder maize production systems in Limpopo province, South Africa. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 1, p. 107-112, 2011.
- OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.
- OLIVEIRA, M. A. et al. Composição química dos grãos de milho em resposta à adubação mineral e inoculação com rizobactérias. **Revista Ceres**, v. 59, n. 5, 2012.
- OSÓRIO, J.C. S.; OSÓRIO, M.T. M; SAÑUDO, C. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009.
- OVERMAN, A. R. et al. Model for partitioning of dry matter and nutrients in corn. **Journal of plant nutrition**, v. 18, n. 5, p. 959-968, 1995.
- PATERNIANI, E. **Métodos tradicionais de melhoramento do milho**. In: BULL, L. T.; CANTARELA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, São Paulo: POTAFOS, 1993. p. 23-43.
- PATERNIANI, E. Métodos tradicionais de melhoramento de milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1993. p301.
- PEREIRA, L. C. et al. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminary. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 191-200, 2011.
- PERIN, Adriano et al. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5, p. 453-459, 2006.

- PINNOW, C. et al. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 20-28, 2013.
- PINHEIRO, B. J. et al. Severidade da ferrugem da soja em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, 2011.
- PUPA, J. M. R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 69-73, 2004.
- RAO, M. R.; MATHUVA, M. N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 78, n. 2, p. 123-137, 2000.
- REBEQUI, A. M. et al. Crescimento e produção de maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis e combinações de adubações nitrogenada e potássica no solo e foliar nas plantas. **Magistra**, v. 23, n.1-2, p.45-52, 2011.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. Piracicaba, Potafos, 2003. 20p.
- ROCHA, M. M. et al. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 270 - 275, 2009.
- RODRIGUES, P. N. et al. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p.788–793, 2011.
- RODRIGUES, P. N. F et al. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 94-99, 2009.
- ROSAS-CASTOR, J. M. et al. Arsenic accumulation in maize crop (*Zea mays*): A review, **Science of The Total Environment**, v.488- 489, p.176–187, 2014.
- SAHA, S. et al. Influence of continuous application of inorganic nutrients to a Maize–Wheat rotation on soil enzyme activity and grain quality in a rainfed Indian soil. **European journal of soil biology**, v. 44, n. 5, p. 521-531, 2008.
- SANGO, L. et al. Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos. Lages: Graphel, 2010, 32p.
- SANTOS, I. C.; FONTANETTI, A. Crotalária (*Crotalaria ssp.*) 101 culturas: Manual de tecnologias agrícolas. EPAMIG, Belo Horizonte, p 315-316, 2007.
- SANTOS, D. P; LIMA, L. K. S. Avaliação agrônômica de variedades de feijão-caupi em cultivo de sequeiro no município de Coremas-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 218-222, 2015.
- SANTOS, P. A. et al. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista brasileira de milho e sorgo**, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010.
- SCHREIBER, H.A.; STANBERRY, C.O. TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row number at various growth stages. **Science**, 135:135-136, 1998.
- SHARMA, A. R.; BEHERA, U. K. Nitrogen contribution through *Sesbania* green manure and dual-purpose legumes in maize–wheat cropping system: agronomic and economic considerations. **Plant and soil**, v. 325, n. 1-2, p. 289-304, 2009.
- SIERRA, J. et al. Composting and vermicomposting of cattle manure and green wastes under tropical conditions: carbon and nutrient balances and end-product quality. **Soil Research**, v. 51, n. 2, p. 142-151, 2013.
- SICHOCKI, D. et al. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 48-58, 2014.
- SILVA, E. C. et al. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**, 3 ed. Viçosa: UFV, 2009.

- SILVA, A. A. et al. Sistemas de coberturas de sol o no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.
- SILVA, J.A. et al. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja-'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 225-230, 2002.
- SILVA, E. C. et al. Aproveitamento do Nitrogênio (N15) da crotalária e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, V. 36, n. 3, 2006.
- SILVA, et al. Composto orgânico em mangueiras (*Mangifera indica* L.) cultivadas no semiárido do nordeste brasileiro. **Rev Bras Frutic**, v. 6, p. 875-82, 2013.
- SILVA, D. A. et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 01, 2006.
- SILVEIRA, D. C. et al. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) Na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Rev. Ciência e Tecnologia**, Rio Grande do Sul, v.1, n.1, p 01-11, 2015.
- SINGH, M. et al. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. **Industrial crops and products**, v. 31, n. 2, p. 289-293, 2010.
- SOUZA, E. D. et al. Fitomassa e acúmulo de nitrogênio, em espécies vegetais de cobertura do solo para um Latossolo Vermelho distroférrico de Cerrado. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 525-531, 2008.
- SOUZA, M. et al. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v.43, p.21-27, 2013.
- SOUZA, B. M. D. **Rendimento do milho cultivado sob adubação verde e composto orgânico**. 2015. 47f. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2015.
- SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P.; FAVARATO, L. F. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 019-026, 2015.
- SOBRINHO, N. W. et al. Acúmulo de nutrientes nas plantas de milho em função da adubação orgânica e mineral. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 2009.
- SPAGNOLLO, E. et al. Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 709-715, 2001.
- SUBAEDH, St. Nirwana, Suriyanti. Improvement of Yield maize in the dry land who experience drought stress with use of organic matter. **Advances In Environmental Biology** 8(22), 930-934, 2014.
- SUBAEDA, S. et al. Fertilization of Nitrogen, Phosphor and Application of Green Manure of *Crotalaria Juncea* in Increasing Yield of Maize in Marginal Dry Land. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 9, p. 20-25, 2016.
- STROMBERGER, J.A.; TSAI, C.Y.; HUBER, D.M. Interactions of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.19-37, 1994.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*, 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719 p.
- TAMBONE, F; GENEVINI, P; ADANI, F. The effects of short-term compost application on soil chemical properties and on nutritional status of maize plant. **Compost science & utilization**, v. 15, n. 3, p. 176-183, 2007.

- TANAKA RT, et al. Changes In soybean quality resulting from applications of lime and potassium fertilizer. **Plant nutrition for sustainable Food Production and Environment**, Monticello. 1997; 78:943-4.
- TEODORO, B. R et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, n. 2, 2011.
- TEJADA, M.; GONZALEZ, J. L. Crushed cotton gin compost on soil biological properties and rice yield. **European journal of agronomy**, v. 25, n. 1, p. 22-29, 2006.
- TEJADA, M.; GONZALEZ, J. L.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. M.; PARRADO, J. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 6, p. 1758-1767, 2008.
- TEJADA, M.; GONZÁLEZ, J. L. Application of two vermicomposts on a rice crop: effects on soil biological properties and rice quality and yield. **Agronomy journal**, v. 101, n. 2, p. 336-344, 2009.
- TALGRE, L. et al. The effects of green manures on yields and yield quality of spring heat. **Agronomy Research**, v. 7, n. 1, p. 125-132, 2009.
- TEIXEIRA, C. M. et al, Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho+ crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 31, n. 4, 2009.
- ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v.159, n.1, p.157-163, 1995.
- USDA. United States Department of Agriculture. **Commodities and Products**. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/commodities>. Acesso em: jan 2018.
- USDA. United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>. Acesso em dez 2017.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Cornell University Press. New York. 476p.
- VASCONCELLOS, C. A. et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1835-1845, 1998.
- VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.
- VIOLA, R. et al. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. Bragantia, ahead of print, p.0-0, 2013.
- VON PINHO, R. G. et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 02, 2009.
- WUTKE, E. B. Adubação verde, manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANE, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coord.). Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. p. 17-29.
- XIN, X.; ZHANG, J.; ZHU, A.; ZHANG, C. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 166-172, 2016.
- ZAI, AK E.; HORIUCHI, T.; MATSUI, T. Effects of green manure and compost of pea plant on wheat. **Compost science & utilization**, v. 16, n. 4, p. 275-284, 2008.
- ZAI, A. K. E; HORIUCHI, T; MATSUI, T. Effects of compost and green manure of pea and their combinations with chicken manure and rapeseed oil residue on soil fertility

Oliveira, Marcos – Rendimento e qualidade nutricional do grão de milho em função da adubação orgânica

and nutrient uptake in wheat-rice cropping system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 3, n. 9, p. 633-639, 2008.

ZAMBIAZZI, E. V. et al. Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(3): 543-553. 2017.