

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**PRODUTIVIDADE DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE  
COBERTURAS EM SOLO ARENOSO**

KEILANE MENES DA SILVA

BOM JESUS-PI  
2016

KEILANE MENES DA SILVA

**PRODUTIVIDADE DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE  
COBERTURAS EM SOLO ARENOSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke

BOM JESUS-PI  
2016

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial de Bom Jesus  
Serviço de Processamento Técnico

S586p Silva, Keilane Menes da.

Produtividade de milho consorciado com plantas de coberturas em solo arenoso. / Keilane Menes da Silva. – 2016.  
58 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2016.

Orientação: “Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke”.

1. Milho - Produtividade. 2. Plantas de cobertura -  
Consórcio. 3. Massa seca - Produção. 4. Solo arenoso.  
I. Título.

CDD 633.15

KEILANE MENES DA SILVA

**PRODUTIVIDADE DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE  
COBERTURAS EM SOLO ARENOSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Dr. João Carlos Medeiros (CPCE/UFPI)

Dr. Leandro Bortolon (EMBRAPA)

Dr. Sammy Sidney Rocha Matias (UESPI)

---

Dr. Rafael Felipe Ratke  
(Orientador)

BOM JESUS-PI  
2016

## **BIOGRAFIA**

Keilane Menes da Silva, filha de Geronice Menês da Silva e João Antônio Pereira da Silva. Nasceu em 18 de novembro de 1992 na cidade de Eliseu Martins-PI, é Engenheira Agrônoma, pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), em 2014. Em setembro de 2014 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Piauí.

*“Consagre ao Senhor tudo o que você  
faz, e os seus planos serão bem-  
sucedidos. ”*

*Provérbios 16:3*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelo carinho e por sempre me dá força nas horas em que mais necessitei.

Aos meus tios Maria do Socorro e Adelson Ribeiro e a minha Mãe Geronice pelo apoio e amor incondicional.

Ao orientador Dr. Rafael Felipe Ratke, pela paciência e ensinamentos repassados ao longo da caminhada.

À todos os professores da pós-graduação que contribuíram na minha formação e o conhecimento adquirido ao longo do curso.

Aos meus primos- irmãos Adelson Menes e Keila pelo apoio e carinho.

A Fábio Carvalho, pela paciência, pelo carinho e por sempre está comigo nos momentos difíceis.

A minha amiga Dayara Lins pelo apoio, incentivo e carinho.

Aos meus companheiros de casa Antony e Nayana irmãos que tive o prazer de conhecer.

Aos amigos do laboratório Lucas, Ricardo, Lara, Itauane, Elana, Enedina, Tatiane, Karol, Daiane, pelo companheirismo e ajuda nos momentos em que precisei.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UFPI-CPCE, Rodrigo e Edivaldo que me ajudaram na condução do experimento.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
LISTA DE TABELAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	2
2.1 Adubação verde (plantas de cobertura) .....	2
2.2 Seleção de espécies de plantas de cobertura.....	3
2.2.1 Fabaceae (Leguminosas) .....	3
Feijão guandu anão ( <i>Cajanus cajan</i> ).....	4
Feijão de porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> ).....	5
Mucuna- preta ( <i>Mucuna aterrima</i> ).....	5
2.2.2 Poaceae (gramíneas).....	5
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	5
Milheto ( <i>Pennisetum glaucum</i> ) .....	6
Sorgo Granífero ou Sorgo Forrageiro ( <i>Sorghum bicolor</i> ).....	6
2.3 Sistemas consorciados de produção agrícola .....	6
2.3.1 Sistema Barreirão .....	6
2.3.2 Sistema Santa Fé.....	7
2.5 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes .....	7
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
CAPÍTULO 2.....	14
PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE DE GRÃOS DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA EM SOLO ARENOSO	14
RESUMO.....	14
ABSTRACT .....	15
1. INTRODUÇÃO .....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
4. CONCLUSÕES.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
CAPÍTULO 3.....	32

**DECOMPOSIÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES DO MILHO  
CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA EM SOLO ARENOSO 32**

<b>RESUMO.....</b>	<b>32</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>33</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>42</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>

## RESUMO GERAL

SILVA, Keilane Menes da Silva. **Produção de milho consorciado com plantas de coberturas e adubos verdes em solo arenoso**. 2016, Cap. 2, 50 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI<sup>1</sup>.

Pastagens degradadas são um exemplo insustentável de monocultivo. Desta forma, a recuperação dessas pastagens torna-se viável com cultivos de milho consorciados com planta de cobertura e adubos verdes. O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de massa, análise econômica, taxa de decomposição e a ciclagem de nutrientes em solo arenoso. O experimento ocorreu na fazenda experimental da Universidade Federal do Piauí (CPCE). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram os consórcios: milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); milho + Crotalária (*crotalaria juncea*) (MC); milho + feijão Guandu (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MFG); milho + *U. brizantha* + *crotalaria juncea* (MUC); milho + *Urochloa* + feijão guandu (MUFG). Como referência para os consórcios foi utilizado o milho solteiro (*Zea mays*). Foram avaliados a produção massa verde e seca, os teores de N, P e K na massa seca da parte área, a produtividade de grãos, análise econômica dos sistemas consorciados e a decomposição e ciclagem de nutrientes. Os consórcios triplos são viáveis economicamente devido ao retorno fomentado pelo N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O promovido pela interação positiva entre poaceae e fabaceae.

**Palavras chave:** Produção de massa seca, decomposição e ciclagem de nutrientes.

---

<sup>1</sup>Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI /Bom Jesus

## GENERAL ABSTRACT

SILVA, Keilane Menes da Silva. **Intercropping maize production plants with covers crops in sandy soil.** 2016.50p. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí, PI<sup>1</sup>.

Degraded pastures are unsustainable example of monoculture. Thus, the recovery of these pastures is feasible with intercropping maize crops with cover crops and green manures. The work was carried out to evaluate the mass production, economic analysis, decomposition rate and nutrient cycling in sandy soil. The experiment took place in the school farm of the Federal University of Piauí (CPCE). The design was a randomized block with four replications. Treatments were consortia: corn + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); corn + *Crotalaria* (*Crotalaria juncea*) (MC); maize + beans Guandu (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MFG); corn + *U. brizantha* + *Crotalaria juncea* (MUC); corn + *Urochloa* + pigeonpea (MUFG). As a reference to the consortium was used single maize (*Zea mays*). We evaluated the green mass production and dry, the contents of N, P and K in the dry mass of area, yield, economic analysis and risk use of intercropping systems and the decomposition and nutrient cycling. Triple intercrop are economically viable due to the return fomented by N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O promoted by positive interaction between poaceae and Fabaceae.

**Key -Words:** dry matter yield, risk analysis, decomposition and nutrient cycling.

---

<sup>1</sup>Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI /Bom Jesus

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

<b>Tabela 1.</b> Caracterização química e granulométrica da área onde foi conduzido o experimento. ....	17
<b>Tabela 2.</b> Análise da viabilidade econômica de milho consorciado com poáceas e fabáceas. ....	26

### CAPÍTULO 3

<b>Tabela 1.</b> Análise de variância (valores de F calculado) para a taxa de cobertura do solo em função de plantas de cobertura, durante a condução do experimento.....	37
<b>Tabela 2.</b> Relação carbono/nitrogênio(C/N) dos tratamentos avaliados no período de 30 dias após o manejo.....	39
<b>Tabela 3.</b> Análise de variância (valores de F calculado) para nutrientes em função de plantas de cobertura durante a condução do experimento.....	40

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar durante a condução do experimento. Fonte: INMET - Estação vale do Gurguéia Cristino Castro – PI. Pluv: precipitação pluviométrica 2015. Temp: temperatura máxima; Temp: temperatura mínima; Pluv. Média histórica: precipitação pluviométrica média histórica de 30 anos. .... 18
- Figura 2.** Produção de massa verde e massa seca (Mg ha<sup>-1</sup>) na época do florescimento. MS: Milho solteiro; MC: Milho+Crotalária; MFG: Milho+Feijão guandu; MU Milho+Urochloa; MUC: Milho+Urochloa Crotalária; MUFG: Milho+Urochloa+Feijão guandu. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si Tukey (p<0,05). .... 22
- Figura 3.** Concentração de Nitrogênio na matéria seca (MS), exportado e disponível no solo. .... 23
- Figura 4.** Concentração de Fósforo na matéria seca (MS), exportado e absorvido no solo. .... 24
- Figura 5.** Concentração de Potássio na matéria seca (MS), exportado e disponível no solo. .... 25
- Figura 6.** Análise de lucro ou prejuízo em função dos retornos de N, P e K que influencia o retorno econômico do milho consorciado com poáceas e fabáceas. A – Variáveis no consórcio Milho+Urochloa; B – Variáveis no consórcio Milho+Crotalária; C – Variáveis no consórcio Milho+Urochloa+Crotalária; D - Variáveis no consórcio Milho+Feijão Guandu e E- Variáveis no consórcio Milho+Urochloa+Feijão Guandu. .... **Erro! Indicador não definido.**

### CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Massa seca na superfície do solo em avaliações realizadas no campo até os 150 dias e a taxa de cobertura do solo (%) do milho solteiro (MS), milho+Urochloa(MU), milho+Crotalária(MC), milho+ Feijão guandu (MFG), milho+Urochloa+Crotalária(MUC), milho+ Urochloa+Feijão guandu (MUFG). \*Significativo a (p<0,05) pelo teste F. .... 37
- Figura 2.** Biomassa remanescente das plantas em avaliações realizadas no campo até os 150 dias após a distribuição dos litter bags na superfície do solo do milho solteiro (MS), milho+Urochloa(MU), milho+Crotalária(MC), milho+ Feijão guandu (MFG), milho+Urochloa+ Crotalária(MUC), milho+Urochloa+Feijão guandu (MUFG). \*Significativo a (p<0,05) pelo teste F. .... 38
- Figura 3.** Teores de N, P, K, Ca e Mg na biomassa remanescente do milho solteiro (MS), milho+Urochloa(MU), milho+Crotalária(MC), milho+ Feijão guandu (MFG), milho+Urochloa+Crotalária(MUC), milho+Urochloa+Feijão guandu (MUFG), até os 150 dias após a distribuição dos litter bags na superfície do solo. \*Significativo a (p<0,05) pelo teste F. .... 41

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de sistemas que utilizem o solo de forma sustentável vem ganhando destaque no cenário brasileiro. Há uma tendência na busca por alternativas de manejos que visam um menor custo e uma maior produtividade que possam ser utilizados de maneira a diminuir parcialmente o uso de fertilizantes químicos (TEIXEIRA et al., 2011).

O sistema de plantio convencional (SPC) é uma prática bastante utilizada pelos produtores de grãos na região do Piauí. Em consequência tem-se observado aumento na degradação do solo, perdas na produtividade e disseminação de pragas e doenças ao longo dos anos (PRAGANA et al., 2012). O uso de tecnologias como o sistema de plantio direto (SPD) com o uso de plantas de cobertura é uma opção viável, pois evita as perdas de solo por erosão, obtendo maior ciclagem e aproveitamento de nutrientes, além de proporcionar maior acúmulo de resíduos orgânico, favorecendo as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo (SILVA et al., 2011).

Aliado ao SPC, os plantios de forma geral no Estado do Piauí, são conduzidos em solos arenosos, que apresenta características que facilitam a degradação de uma área (perda de solo por erosão), no entanto, quando bem manejados, com práticas conservacionistas adequadas podem se tornar produtivos e economicamente viáveis. A matéria orgânica do solo e a palhada de cobertura são os principais responsáveis por tornar esses solos produtivos (SANTOS et al., 2015).

Para auxiliar a formação de palhada, é comum a utilização de espécies da família das fabaceae, em virtude do potencial de produção de biomassa e capacidade de fornecer nitrogênio à cultura sucessora, podendo proporcionar elevada taxa de decomposição de seus resíduos (TEIXEIRA et al., 2009). Outra espécie também utilizada como fornecedora de biomassa e nutrientes ao solo é as poaceae que produzem resíduos com alta relação C/N, contribuindo dessa forma na redução da decomposição e para liberação mais lenta de nutrientes no solo (SILVA et al., 2012). Além disso, a utilização de plantas de coberturas consorciadas com culturas anuais em solos arenosos é uma opção viável para potencializar o uso deste no (SPD), favorecendo a manutenção da palhada e a ciclagem de nutrientes.

As gramíneas têm sido mais utilizadas como plantas de coberturas nas condições edafoclimáticas do Cerrado. Destacando-se o milho e espécies de

*Urochloa spp.*, graças à sua resistência às deficiências hídricas com maior produção de biomassa (LARA et al., 2004), menor taxa de decomposição. O uso de plantas de cobertura com hábito perene, como *Urochloa spp.*, pode proporcionar significativo acúmulo de fitomassa (PACHECO et al., 2008).

Os consórcios de plantas de cobertura com culturas de grãos apresentam alguns custos e de início podem ser um pouco elevados. Uma medida importante a se conhecer é a rentabilidade da atividade agropecuária o índice de lucratividade, uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais, inclusive as depreciações. Esse é um indicador que mostra a relação entre o lucro operacional e a receita bruta em percentagem (TSUNECHIRO et al., 2006).

A decomposição e ciclagem de nutrientes do milho consorciado com plantas de cobertura em solos arenosos segue o modelo exponencial de degradação. Os benefícios do cultivo consorciado entre culturas são os retornos rápidos econômicos (principalmente produtoras de grãos) e da qualidade química, física e biológica do solo. Esse tipo de sistema recupera áreas degradadas, melhora a qualidade do solo, principalmente os solos arenosos (ALVES et al., 2004).

Assim, o objetivo dessa pesquisa foi verificar o potencial produtivo e econômico da cultura do milho consorciada com planta de cobertura e adubos verdes em solo arenoso.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Adubação verde (plantas de cobertura)**

A adubação verde, também chamada de plantas de cobertura, caracterizar-se pelo uso de espécies vegetais capazes de promover a reciclagem e o aporte de nutrientes ao solo, bem como produzir elevadas quantidades de massa em curtos períodos, disponibilizando-os ao solo (HERNANI & PADOVAN, 2014). Além disso é considerada como uma prática agrícola que tem como objetivo o aumento da produção das lavouras (FILHO et al., 2014).

No Brasil é conhecida desde do século XX, apresentando resultados agrícolas e retorno econômico positivos, adotando-se nos mais diversos sistemas de produção (FILHO et al., 2014). O uso de tecnologias como o sistema plantio direto (SPD) (CARVALHO et al., 2011), com uso de plantas de cobertura do solo e a prática de rotação de culturas (MORETI et al., 2007), podem representar opção viável para

reduzir os impactos no uso intensivo do solo e favorecer as propriedades químicas, físicas e biológicas do mesmo (CARNEIRO et al., 2008; SILVA et al., 2011).

O SPD é incentivado pelo Governo Federal, em razão dos ganhos ambientais. Atualmente, este sistema integra o programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) gerenciado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, que prevê a ampliação das áreas de plantio direto em 8 milhões de hectares até 2020 (BRASIL, 2015).

A prática da adubação verde apresenta vários benefícios tanto em termos químicos, físicos e biológicos no solo, resultantes da cobertura vegetal viva ou morta, incorporada ou não ao solo. Além de benefícios econômicos, técnicos, sociais e ambiental, em especial no SPD, a redução do desmatamento pelo uso racional de áreas cultivadas em integração lavoura pecuária e da preservação de recursos naturais (FILHO et al., 2014).

De acordo com Carvalho et al. (2004) e Perin et al. (2007), a adubação verde tem grande potencial no fornecimento de nutrientes às culturas consorciadas e efeito favorável sobre características químicas dos solos e rendimento das culturas. A palha das plantas de cobertura protege a superfície do solo, assim como seus agregados da ação direta dos raios solares, do vento e da água, reduzindo assim os processos de erosão hídrica.

## **2.2 Seleção de espécies de plantas de cobertura**

A escolha da planta de cobertura que esteja adaptada às condições do local de cultivo é uma das premissas para o sucesso na produção de biomassa, bem como plantas com rápida capacidade de estabelecimento, auxiliando no controle de plantas invasoras (ALVARENGA et al., 2001; PACHECO et al., 2013).

As famílias empregadas na adubação verde são as fabaceae e poaceae. As fabaceae se destacam por formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N, apresentam baixa relação C/N, favorecendo a rápida decomposição e mineralização, com expressivo aporte de N ao sistema solo-planta (FERREIRA et al., 2011, PARTELLI et al., 2011). As poaceae apresentam como características alta relação C/N em relação as fabaceae, com isso, as poaceae produzem cobertura vegetais de decomposição mais lenta.

### **2.2.1 Fabaceae (Leguminosas)**

De acordo com Teodoro et al. (2011), as leguminosas apresentam algumas características de elevada relevância, como a fixação de nitrogênio atmosférico por meio de associação com bactérias. Além do N, as leguminosas produzem biomassa rica em P, K e Ca e sistema radicular ramificado e profundo, facilitando a reciclagem de nutrientes no solo. As principais fabaceae utilizadas como plantas de cobertura são as Crotalárias, mucunas, feijão guandu e feijão de porco.

A crotalária ocupa posição de destaque na adubação verde. Portanto constitui em um dos maiores gêneros da família Fabaceae, com cerca de 690 espécies, distribuídas em regiões tropicais e subtropicais da Ásia e África, e também com representantes na América do Sul (GARCIA et al., 2013).

A *C. juncea* e a *C. spetabilis* são más hospedeiras de nematoides (*Meloidgyne javanica* e *M. incognita*) dificultando a proliferação dos mesmos e facilitando seu controle (LEANDRO E ASMUS, 2012).

A *C. brevisflora* é originada das Américas do Sul e do Norte, considerada nativa no Brasil, é tolerante à seca. Sendo bastante eficaz em cultivo intercalado com culturas perenes. A *C. paulina* e a *C. spetabilis* são originárias das América do sul (Brasil) e do Norte podendo ser cultivada solteira ou consorciada a milho produção de fitomassa, sendo manejada na floração plena (120 a 150 dias), sendo que a *C. spetabilis* pode ser utilizada para a produção de sementes (FILHO et al., 2014). A *C. Juncea* apresenta produção variável, sendo em geral entre 15 e 60 t ha<sup>-1</sup> de massa verde e entre 4 a 15 t ha<sup>-1</sup> de massa verde. Contribuindo com a melhoria da infiltração de água, da capacidade de fixação de N e da ciclagem de vários nutrientes no perfil do solo, como N, P, Ca e Mg (FILHO et al., 2014). Boa adaptação aos solos de textura arenosa e de reduzida fertilidade, podendo ser obtidos aumentos de até 100% no rendimento das culturas em sucessão.

(PERIN et al. 2004) destaca a alta capacidade de fixação de N pela Crotalária, de 173 kg ha<sup>-1</sup>, decorrentes tanto da alta produtividade de fitomassa (9,34 tha<sup>-1</sup>), quanto do seu alto teor de N.

### **Feijão guandu anão (*Cajanus cajan*)**

De acordo com Filho et al. (2014), o feijão guandu anão apresenta características como sistema radicular vigoroso, bem desenvolvido, atuando no rompimento de camadas compactadas do solo. Bom desenvolvimento em solos de reduzida fertilidade, de textura argilosa ou arenosa, recupera e mobiliza os nutrientes em áreas degradadas.

Calvo et al. (2010) demonstraram a influência do guandu-anão na composição da relação C/N das palhadas produzidas nos consórcios das leguminosas com milho e sorgo, reduzindo significativamente os valores da relação, especialmente aos 60 e 90 dias após o plantio (DAP) cerca de 32 e 37 da relação C/N nos cultivos solteiros de milho e sorgo para 27 e 31, respectivamente, nos consórcios com o guandu. Isso facilita o suprimento de N para as lavouras subsequentes, com liberação mais imediata do nutriente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

### **Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*)**

Originária da América Central, foi introduzido no IAC (Instituto Agrônomo em Campinas, São Paulo). É tolerante a temperaturas elevadas, adaptadas aos solos com deficiência em fósforo (P). O sistema radicular se desenvolve em profundidade no solo, conferindo-lhe tolerância nos períodos de veranicos. Apresenta efeito alelopático positivo contra a tiririca, podendo ser cultivado em consórcio com milho (FILHO et al., 2014).

### **Mucuna- preta (*Mucuna aterrima*)**

Considerada rainha das leguminosas, herbácea, rasteira, possibilidade de desenvolvimento em solos com reduzidos valores de saturação por bases (35%). Devido a matéria orgânica adicionada ocorre o aumento da população de microrganismos desfavoráveis aos nematoides. Apresenta efeito alelopático (FILHO et al., 2014).

## **2.2.2 Poaceae (gramíneas)**

### ***Urochloa brizantha* cv. Marandu**

É originária da África, planta perene e são utilizadas no Brasil preferencialmente para o uso de pastagem. Semeada a lâncô na profundidade de 2 cm, sendo necessários de 7 kg ha<sup>-1</sup> a 14 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. A espécie pode ser cultivada em sistema de plantio direto, em cultivo exclusivo ou em consórcio com culturas anuais de primavera/verão, como o milho e o sorgo, logo após a colheita do cereal sendo destinada à alimentação dos animais (FILHO et al., 2014).

Pacheco et al. (2008), constataram a capacidade da *Urochloa brizantha* tolerar estresse hídrico e altas temperaturas durante o inverno e a primavera no Cerrado, proporcionando significativo acúmulo de fitomassa e retarda o início de sua decomposição. De acordo com Trecenti et al. (2008), o consórcio de milho com

*Urochloa* cv marandu proporcionou incremento de 27% na rentabilidade da atividade quando comparada com a cultura do milho sem consorciação.

### **Milheto (*Pennisetum glaucum*)**

Espécie forrageira, anual, de clima tropical, rústica, adaptada aos solos de diferentes texturas e pouco férteis, elevada tolerância à seca (FILHO et al., 2014). Segundo SILVA et al. (2009), as gramíneas têm ganhado atenção como planta de cobertura, com destaque para o milheto. Seu bom desempenho deve-se à sua resistência ao déficit hídrico, elevada produção de biomassa e ao baixo custo das sementes.

Pacheco et al. (2011), destaca que o milheto é amplamente utilizada na rotação de culturas, pois possui rápido crescimento, alta produção de biomassa, é eficiente na ciclagem de nutrientes e ainda suporta condições de estresse hídrico. Apresenta sistema radicular profundo formando canalículos que facilitam a percolação de água no perfil que também podem servir como caminho preferencial para o desenvolvimento da cultura anual de interesse econômico (PETTER et al., 2014).

### **Sorgo Granífero ou Sorgo Forrageiro (*Sorghum bicolor*)**

Planta anual, com elevada produção de fitomassa de decomposição mais lenta, pois apresenta alta relação C/N. e com isso decomposição lenta dos resíduos culturais. Interessante na manutenção da palhada em superfície do solo (FILHO et al., 2014), resistência a seca mais do que o milho, é utilizado na produção de rações.

## **2.3 Sistemas consorciados de produção agrícola**

### **2.3.1 Sistema Barreirão**

Esse sistema de cultivo foi desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão na década de 1980. Adequado para a recuperação ou renovação de áreas com pastagens degradadas, consorcia-se o milho, sorgo com forrageiras, principalmente as *Urochloas* ou com fabaceae (KLUTHCOUSKI et al., 1991). Vantagens dos sistemas:

- Ocupação da área para recuperação por curto período de tempo (setembro a março/abril) coincidindo com o período ou possível sobra de pastagens; menor necessidade de máquinas e implementos, em relação ao sistema de rotação; correção de acidez do solo de acordo com as exigências das espécies a serem consorciadas; redução dos riscos de perda por déficit hídrico, no período seco, graças ao diferente

manejo realizado; retorno parcial ou total do capital aplicado a curto prazo, através da venda dos grãos produzidos no consórcio (OLIVEIRA et al., 1996).

### **2.3.2 Sistema Santa Fé**

É uma tecnologia da Embrapa fundamenta-se na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, sorgo, milheto com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa* e *Panicum*, no sistema de plantio direto como no convencional, em áreas de lavoura com solo corrigido (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Tendo como objetivos a produção de forrageira para entressafra e palhada em quantidade e qualidade para o sistema de plantio direto na safra seguinte. Apresenta grande vantagem, pois não altera o cronograma de atividade do produtor e não exige equipamentos especiais para sua implantação (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

### **2.4 Solos de textura arenosa**

São solos altamente susceptíveis a erosão, possui como característica principal, baixa fertilidade natural, porém, quando trabalhado de forma sustentável, ou seja, seguindo as regras do manejo apropriado, tornar-se produtivos e economicamente viáveis. A matéria orgânica do solo e a palhada de cobertura são os principais componentes da sustentabilidade deste solo, os quais aumentam a CTC do solo, a reciclagem de nutrientes e a capacidade de retenção de água (SANTOS et al., 2015).

Considerados solos de baixa aptidão agrícola, por isso não existem suficientes informações de pesquisa para seu manejo adequado. Por isso a importância de realizarmos pesquisa criando possibilidades e adoção de novas tecnologias de manejo preconizadas por sistemas de produção sustentáveis (SANTOS et al., 2015).

A agricultura brasileira, nos últimos anos vem expandindo a área cultivada em solos de textura média e arenosa, e não somente em solos de textura argilosa, principalmente nos Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Piauí e Tocantins (KLUTHCOUSKI et al., 2016).

### **2.5 Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes**

A decomposição de resíduos das culturas é uma variável importante na ciclagem de nutrientes em plantio direto e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo (KLIEMANN et al., 2006).

A utilização de leguminosas como plantas de cobertura pode ser importante para o suprimento de N às culturas subsequentes, principalmente àquelas mais exigentes, como o milho, sobretudo em solos pobres em matéria orgânica podendo trazer economia de fertilizantes nitrogenados. A rápida decomposição dos resíduos das leguminosas, resultante da baixa relação C:N de seus resíduos, faz com que não haja boa cobertura do solo depois de roçadas (CALONEGO et al., 2012).

Os melhores indicadores da qualidade de uma planta de cobertura é a porcentagem de cobertura do solo, no transcorrer do desenvolvimento, a persistência do resíduo sobre o solo e a capacidade de reciclar nutrientes. A mobilização de elementos lixiviados ou pouco solúveis, liberando-os, gradativamente, para a cultura subsequente (CRUSCIOL et al., 2008).

Braz et al. (2004), descreve que diversas espécies de plantas de cobertura podem ser utilizadas a fim de evitar a redução da disponibilidade de nutrientes no solo. Segundo esses autores uma espécie é eficaz na ciclagem de nutrientes, quando há sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial. Gama Rodrigues et al. (2007) mostraram que a introdução de leguminosas como plantas de cobertura elevou a qualidade de resíduos, em razão do maior suprimento de N, P e Ca ao solo.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.E. A.S. Influência de diferentes sistemas de manejo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v.26, n.2, p.271-276, jan/mar.2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Plano ABC: metas**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc/metas>>. Acesso em: 27 mar. 2015.

CALONEGO, J.C.; GIL, F.C.; ROCCO, V.F; SANTOS, E.A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781,2012.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUSA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de Cerrado. **Bragantia**, v.67, p.455-462, 2008.

CRUSCIOL, C. A.C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. *Better Crops Internacional*, Atlanta, v. 94, n. 1, p. 14-16, 2010.

CRUSCIOL, C.A.C. COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

CARVALHO, A.M.; SOUZA, L.L.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; ALVES, P.C.A.C.; VIVALDI, L.J. Cover plants with potential use for crop livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1200-1205, 2011.

CARVALHO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; ATHAYDE, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.39, n. 1, p.47-53, 2004.

FILHO, O.F.L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D.; Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. v.1. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

GAMA RODRIGUES, A.C.; GAMA RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1421-1428, 2007.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; FILHO, M. C. M. T.; LIMA, A. E. S. BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de

milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres Viçosa**, v. 59, n.2, 2012.

HERNANI, L. C.; PADOVAN, M. P. Adubação verde na recuperação de solos degradados. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 371-398.

LARA-CABEZAS, W.A.R. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade do milho em sistema de plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, Santa Maria- RS, v.34, p.1005-1013,2004.

LEANDRO, H. M.; ASMUS, G. L. Efeito do cultivo de milho, braquiária, crotalária e soja sobre a população do nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) em solo naturalmente infestado. **Jornada de Iniciação à Pesquisa da Embrapa**, Dourados, MS, 2012.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Santo Antônio de Goiás, GO, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L.A.M. Revista Opiniões. < Link da notícia: Produção sustentável nos solos arenosos >, 2016.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; OLIVEIRA, E.T.; OLIVEIRA, E.T.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. Sistema Santa Fé. Lavoura-pecuária pelo consorcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. Embrapa Arroz Feijão, Santo Antônio do Goiás, Go, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.R.; TEXEIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.T.; Renovação de pastagens de cerrado com arroz. Sistema Barreirão. Goiânia. Embrapa-CNPAF, 1991.

MORETI, D.; ALVES, M.C.; VALÉRIO FILHO, W.V.; CARVALHO, M.P. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.167-175, 2007.

OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES, T.A.; SILVA, A.E.; PINHEIRO, B.S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E.M.; GUIMARÃES, C.M. GOMIDE, J.C.; BALBINO, L.C. Sistema Barreirão-Recuperação/renovação de pastagem degradadas em consorciação com culturas anuais. Embrapa-CNPAF, Goiânia, 1996.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; SALOMÃO, G. B.; RECALDE, K. M. G. Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 3-11, 2013a.

PACHECO, L. P.; MONTEIRO, M. M. S.; PETTER, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; ALMEIDA, F. A. Cover crops on the development of beggar's-tick. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 170-177, 2013.

PACHECO, L.P.; PIRES, F.R.; MONTEIRO, F.P.; PROCOPIO, S.O.; ASSIS, R.L.; CARMO, M.L.; PETTER, F.A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.815-823, 2008.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p. 17-25, 2011.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, HD; SILVA, MG & RAMALHO, JC Crescimento vegetativo sazonal em ramos de Diferentes idades do cafeeiro conilon. **Semina: Ciência Agrícola**, 31: 619-626, 2010.

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

PERIN, A.; BERNARDO, J.T.; SANTOS, R.H.S.; FREITAS, G.B. Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v.31, n. 3, p.903-908, 2007.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ZUFFO, A. M.; PIUAILINO, A. C.; XAVIER, Z. F.; SANTOS, J. M.; MIRANDA, J. M. S. Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico. **Semina**. Ciências Agrárias, v. 34, p. 3307-3320, 2013.

PRAGANA, R.B.; RIBEIRO, M.R.; NÓBREGA, J.C.A.; RIBEIRO FILHO, M.R.; COSTA, J.A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.1591-1600, 2012.

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

SILVA, J.A.N.; SOUZA, C.M.A.; SILVA, C.J.; BOTTEGA, S.P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.769-775, 2012.

SILVA, T. O. da; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; PALUDO, V. Plantas de cobertura submetidas a diferentes fontes de fósforo em solos distintos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1315-1326, 2011.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.497-505, 2010.

TSUNECHIRO, A.; MARTINS, V. A. Valor da produção agropecuária do Brasil em 2003, por Unidade da Federação. Informações Econômicas, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 36-51, 2006.

## CAPÍTULO 2

### PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE DE GRÃOS DE MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA EM SOLO ARENOSO

#### RESUMO

SILVA, Keilane Menes da Silva. **Produtividade e rentabilidade de grãos de milho consorciado com plantas de cobertura em solo arenoso**. 2016, Cap. 2, 50 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI.

A agricultura moderna possui elevado risco econômico, ainda mais, quando implantado em solo arenoso que possui baixa capacidade de retenção de nutrientes e baixa disponibilidade de água para as plantas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a rentabilidade, o risco econômico de implantação e a produtividade de grãos de milho em sistema consorciado com poáceas e fabáceas em um solo arenoso. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram os consórcios: milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); milho + Crotalária (*crotalaria juncea*) (MC); milho + feijão Guandu (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MFG); milho + *U. brizantha* + *crotalaria juncea* (MUC); milho + *Urochloa* + feijão guandu (MUFG). Como referência para os consórcios foi utilizado o milho solteiro (*Zea mays*). Foram avaliados: produção de massa verde (MV) e seca (MS); teores de N, P e K na massa seca da parte aérea e a produtividade de grãos, análise econômica e de risco de utilização dos sistemas consorciados. O MUFG promoveu maior produção de MV e MS, e com isso os maiores aportes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O disponíveis para ciclagem, porém o mesmo reduziu a produção de grãos de milho. Os consórcios triplos são viáveis economicamente devido ao retorno fomentado pelo N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O promovido pela simbiose entre poáceas e fabáceas. O MUC é o consorcio que apresenta menor risco econômico de implantação.

**Palavras chave:** recuperação de pastagem, acúmulo de nutrientes, massa seca, lucro.

---

<sup>1</sup>Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI/Bom Jesus

## ABSTRACT

**SILVA, Keilane Menes da Silva. Profitability, risk and production intercropped maize in sandy soil.** 2016. Dissertation (Mester in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí, PI.

The agriculture in general has an economic risk, especially when deployed in sandy soil that features low nutrient holding capacity. The aim of this study was to evaluate the profitability, the economic risk of deployment and productivity of corn grain in intercropping system with Poaceae and Fabaceae in a sandy soil. The aim of this study was to evaluate the mass production of planted crops, productivity of corn grains in a Sandy Soil. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments were: Corn + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); Corn + Sunnhemp (*Crotalaria juncea*) (MC); Corn + *Cajanus cajan* cv. Iapar 43 (MFG); corn + *U. brizantha* + Sunnhemp (MUC); corn + *Brachiaria* + *Cajanus cajan* (MUFG). As a reference to the intercropping was used single maize (*Zea mays*). They were evaluated: green mass production and dry matter; contents of N, P and K in the dry mass; and grain yield, economic analysis and risk use of intercropping systems. MUFG promoted greater production of MV and MS, and thus the greatest contributions of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O available for cycling, but it reduced the production of maize grain. Triple consortia are economically viable due to promoted return N, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O promoted by symbiosis between Poaceae and Fabaceae. The MUC is the consortium that has less economic risk deployment.

**Key-Words:** pasture recovery, nutrient accumulation, dry matter, profit.

---

<sup>1</sup>Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI/Bom Jesus

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna passou a se caracterizar por sistemas padronizados e simplificados de monocultivo (BALBINO et al., 2011). Os sistemas de monocultivo se tornaram insustentáveis devido a elevada demanda de energia e recursos naturais para a produção (MACEDO, 2009). As pastagens degradadas é um exemplo da insustentabilidade do monocultivo. Os motivos da degradação da pastagem são a falta de manejo adequado do gado, principalmente em solos arenosos, relacionados a pouca oferta de forragem para os animais, o uso intensivo das áreas e a pouca prática de adubações nas pastagens.

Os solos arenosos apresentam limitações para o cultivo de plantas, pois, em geral, apresentam baixa fertilidade natural e baixo teor de matéria orgânica. Desta forma a formação da palhada é essencial para proteger o solo da erosão, aumentar o teor de matéria orgânica, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2015).

De acordo com Heinrichs et al. (2005), a adubação orgânica e/ou verde viabilizou a exploração sustentável de muitos solos arenosos, pobres em nutrientes e matéria orgânica, com baixos teores de N e baixa CTC. As plantas de cobertura apresentam benefícios como o aumento no teor de matéria orgânica, sequestram C atmosférico, promovem a ciclagem e liberação de nutrientes pela decomposição da palhada e maior economia e eficiência de adubação (TEIXEIRA, 2010; SILVA et al., 2011).

As fabáceas apresentam potencial de produção de biomassa e capacidade de fornecer nitrogênio à cultura sucessora, podendo proporcionar elevada taxa de decomposição de seus resíduos (TEIXEIRA et al, 2009). Já as poáceas produzem elevada produção de biomassa e de resíduos com alta relação C/N, contribuindo dessa forma na redução da decomposição e para liberação mais lenta de nutrientes no solo (SILVA et al., 2012). Portanto, o uso de plantas de cobertura consorciados com adubos verdes pode potencializar o uso de solos arenosos no sistema plantio direto (SPD), favorecendo a manutenção da palhada e ciclagem de nutrientes.

Os custos de recuperação de uma pastagem não são baixos. Para amenizar esse efeito utiliza-se uma cultura de grãos que tem rápidos retornos econômicos para amenizar os custos. FONTANELI et al. (2000) relataram que as receitas líquidas dos sistemas consorciados de produção não diferiu dos monocultivos, mostrando-se uma alternativa viável para produção agropecuária. Nesse sentido, as culturas de grãos

associados com as pastagens diminuem os custos de produção devido a exploração de uma outra fonte de renda.

Os solos arenosos devem ser cultivados com práticas conservacionistas, principalmente o cultivo consorciado que vai tornar esses tipos de solo viável para a produção de grãos e a produção da pastagem que servira de alimentação pros animais durante o período da seca. Nesse caso, o monocultivo não será a melhor opção, assim torna-se necessário avaliar quais consórcios entre poáceas e fabáceas oferece menor risco de produção em clima tropical.

Desta forma o presente trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar a produção de grãos, massa verde e seca das plantas e rentabilidade da implantação de milho consorciado com poaceas e fabaceas em um Neossolo Quartzarênico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

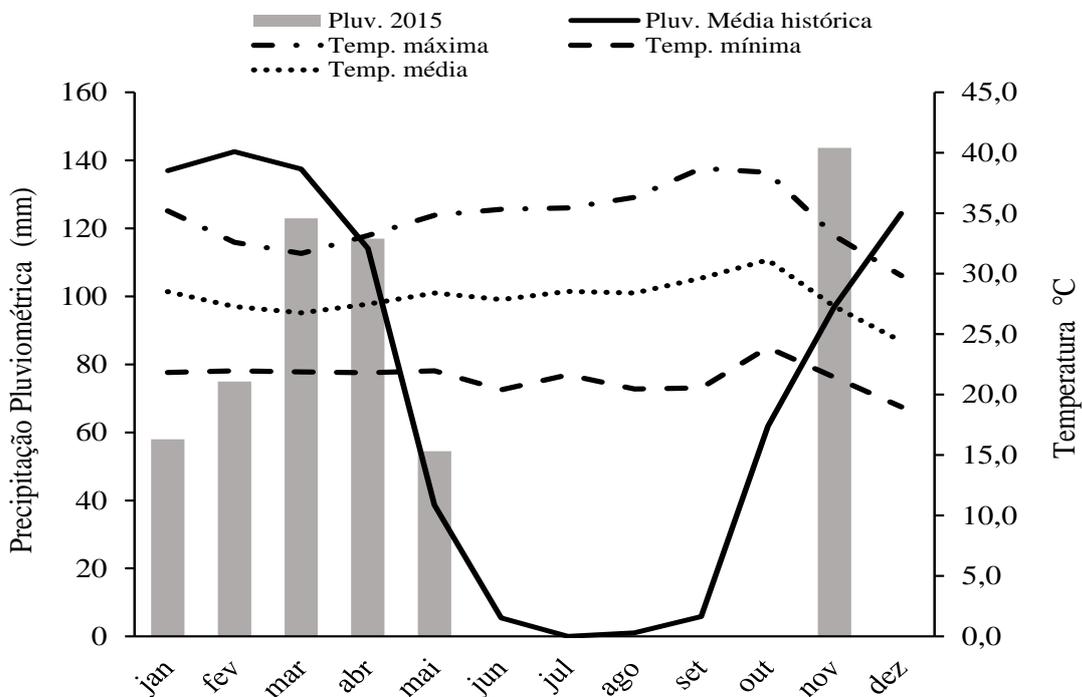
O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE) localizado a Latitude: 8° 22' 34" S e Longitude: 43° 51' 23" W e 222 m de altitude. O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico órtico típico (CAMPOS et al., 2014), cujas características químicas e granulométrica são descritas na Tabela 1. Anteriormente à implantação do experimento, a área era constituída por pastagem degradada.

**Tabela 1.** Caracterização química e granulométrica da área onde foi conduzido o experimento.

Prof. m	pH H <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Al	H+Al	Al	K	SB	T	P	V	m	MO	Areia	Silte	Argila
		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> -----						mg dm <sup>3</sup>			-----%-----	-----g kg-----				
<b>0-0,20</b>	5,3	1,20	0,05	0,10	1,82	0,08	1,33	3,15	5,60	42,22	6,99	5,7	890	10	100	
<b>0,2-0,40</b>	5,2	0,80	0,05	0,10	1,67	0,05	0,90	2,57	4,60	35,02	10,00	4,12	880	20	100	

pH = potencial de hidrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio + alumínio; SB = soma de bases; T = capacidade de trocas catiônicas a pH 7,0; m = saturação por alumínio; V = saturação por base; MO = matéria orgânica.

Foram coletados os dados de precipitação da área do experimento, já os dados de temperatura média foram retirados do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de janeiro a junho de 2015 (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar durante a condução do experimento. Fonte: INMET - Estação vale do Gurguéia Cristino Castro – PI. Pluv: precipitação pluviométrica 2015. Temp: temperatura máxima; Temp: temperatura mínima; Pluv. Média histórica: precipitação pluviométrica média histórica de 30 anos.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, com parcelas de dimensões: 15 x 30 m (450 m<sup>2</sup>). Os tratamentos foram os consórcios: milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); milho + Crotalária (*crotalaria juncea*) (MC); milho + Feijão Guandu (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MFG); milho + *U. brizantha* + *crotalaria juncea* (MUC); milho + *Urochloa* + guandu (MUGF). Como referência para os consórcios foi utilizado o milho solteiro (*Zea mays*). A cultivar de milho utilizada em todos os tratamentos foi a BRS 2022.

O plantio das culturas ocorreu no mês de janeiro de 2015. A densidade de semeadura utilizada foi de 12 kg ha<sup>-1</sup> de *C. juncea* e 10 kg ha<sup>-1</sup> de *U. brizantha*, 50 kg ha<sup>-1</sup> de *C. cajan*. Todas as plantas de cobertura foram semeadas a lanço, já o milho foi semeado mecanicamente com espaçamento de 0,90 m (utilizou-se este espaçamento devido no local do experimento a plantadeira era de apenas 4 linhas). A densidade de semeadura do milho foi de 6 sementes por metro linear. As plantas de cobertura e adubos verdes foram lançadas a superfície do solo manualmente e incorporados devido ao revolvimento do solo promovido pela semeadora adubadora (Jumil 300) utilizada para o plantio do milho.

A calagem do solo foi realizada utilizando-se 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário, PRNT 85% (45% de CaO e 15% MgO) incorporada ao solo 60 dias antes do plantio do

experimento. Foi utilizado uma grade 8x38 (8 discos de 38”) para revolver o solo e incorporar o calcário. O milho consorciado e não consorciado foi adubado utilizando-se 32 g kg de ureia, 64 g kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 g kg de K<sub>2</sub>O no plantio. As adubações de cobertura foram de 90 g kg de ureia (45% N) e 90 g kg de KCl (60% K<sub>2</sub>O), aplicados em duas épocas aos 30 e 45 dias após a emergência, com base na Tabela 1. Segundo Recomendações de SOUSA et al. (2004). Os tratos culturais (controle de pragas, doenças e ervas daninhas) utilizados na área experimental foram iguais em todos os tratamentos avaliados.

A produção de massa verde (MV) e seca (MS) ocorreram no período do florescimento do milho e das plantas de cobertura. A MV e MS das plantas de cobertura consorciados com o milho e o milho solteiro foram avaliadas seguindo a metodologia proposta por Crusciol et al. (2005), que consiste no uso de um quadrado metálico com 0,50 × 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>). O quadrado foi arremessado aleatoriamente no centro da parcela em 4 pontos diferentes. A parte aérea das mesmas foram cortadas rente ao solo em quatro pontos de amostragem por parcela. Antes de serem levadas para estufa, todas as amostras foram pesadas para a obtenção da MV e passaram por uma limpeza com água destilada para retirar partículas de poeira sobre o material vegetal. Para a MV das plantas foram levadas a estufa a 65 °C, até atingir massa constante. Após secas em estufa, as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey para a determinação dos teores de N, P e K na parte aérea das plantas, conforme a metodologia descrita em Silva (2009) e o N seguiu-se a metodologia proposta por Detmann et al. (2012).

Os resultados obtidos nas análises químicas das plantas de cobertura e milho foram multiplicados pelo valor de produção de massa seca das plantas para kg ha<sup>-1</sup>, assim gerando os valores de NPK na massa seca. Foram extrapolados o P e K encontrado na MS para kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente para procedermos as análises econômicas já que os nutrientes são representados desta forma comercialmente.

A produtividade de milho foi estimada coletando-se manualmente espigas do mesmo em 4 pontos aleatórios da parcela, retirando-se nesses pontos as espigas contidas em 6 m<sup>2</sup> dentro da parcela. Posteriormente os mesmos foram trilhados mecanicamente. A massa de grãos de milho foi determinada para a estimativa da produtividade. Os valores dos pesos de grãos de milho foram extrapolados para kg ha<sup>-1</sup>, corrigindo-se a umidade contida nos grãos a 13%.

Os resultados de produção de grãos, foram utilizados para calcular a quantidade de N, P e K exportados em kg ha<sup>-1</sup>, seguindo os teores desses nutrientes nos grãos descrito por Pauletti (2004). Os resultados de P e K foram extrapolados para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente. Desta forma, obteve-se a quantidade de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O disponível pela ciclagem na planta, diminuindo o N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O contido na matéria seca pela exportação de grãos de milho.

Os resultados de produção de MV, MS e da N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O nas plantas consorciadas e no milho solteiro foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008), aplicando-se o teste F para significância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Como o conjunto de observações não foram suficientes para convergir uma função de distribuição normal. Assumiu-se a premissa de estes serem paramétricos e com base na média e no desvio-padrão geraram-se aleatoriamente *n* observações até convergir para uma função de distribuição normal. Dessa forma, por meio da metodologia de Simulação de Monte Carlo do software @Risk® Palisade (2016), foram geradas 10000 observações para cada variável. Com as variáveis parametrizadas foram realizados os testes de diferença de médias com correção de Tukey (p< 0,05) no software Statool® Palisade (2016).

Uma vez constatada diferença de médias prosseguiu-se a análise econômica, definindo as médias e desvio padrão das variáveis quantidade produzida e retorno do NPK como entradas para uma nova simulação de Monte Carlo com 10000 interações. A variável lucro do tratamento foi definida como saída de resultado randômico nessa simulação. As equações que definiram o modelo para retorno econômico de cada tratamento são descritas como se segue:

$$L_T = Y_T - CT_T$$

$$Y_T = (Q_M \times P_m) + (R_N \times P_N) + (R_{P_2O_5} \times P_{P_2O_5}) + (R_{K_2O} \times P_{K_2O})$$

$$CT_T = C_{TS} + Imp_T$$

$$C_{TS} = Y_{TS}$$

Onde:

L<sub>T</sub>= Lucro tratamento;

Y<sub>T</sub>= Receita tratamento;

Q<sub>M</sub>= Quantidade de milho no tratamento;

P<sub>M</sub> = Preço do Milho;

R<sub>N</sub>= Retorno do N;

$P_N$  = Preço do N;

$R_{P_2O_5}$  = Retorno do  $P_2O_5$ ;

$P_{P_2O_5}$  = Preço do  $P_2O_5$ ;

$R_{K_2O}$  = Retorno do  $K_2O$ ;

$P_{K_2O}$  = Preço do  $K_2O$ ;

$CT_T$  = Custo total do tratamento;

$C_{Ts}$  = Custo Tratamento solteiro;

$Imp_T$  = Custo implantação do tratamento (custo operacional e de sementes);

$Y_{Ts}$  = Receita tratamento solteiro.

Para definição do tratamento de melhor retorno econômico foram levadas em consideração a probabilidade de lucro inferior a R\$ 0,00 (zero reais) e o modelo de média-variância (MV) de Markowitz. O modelo MV aponta qual resultado apresentará melhor retorno em relação ao risco de este retorno não acontecer, quanto maior o valor de MV menor o risco de perda financeira.

$$MV = \mu / \sigma^2$$

Onde:

MV: média-variância;

$\mu$ : retorno;

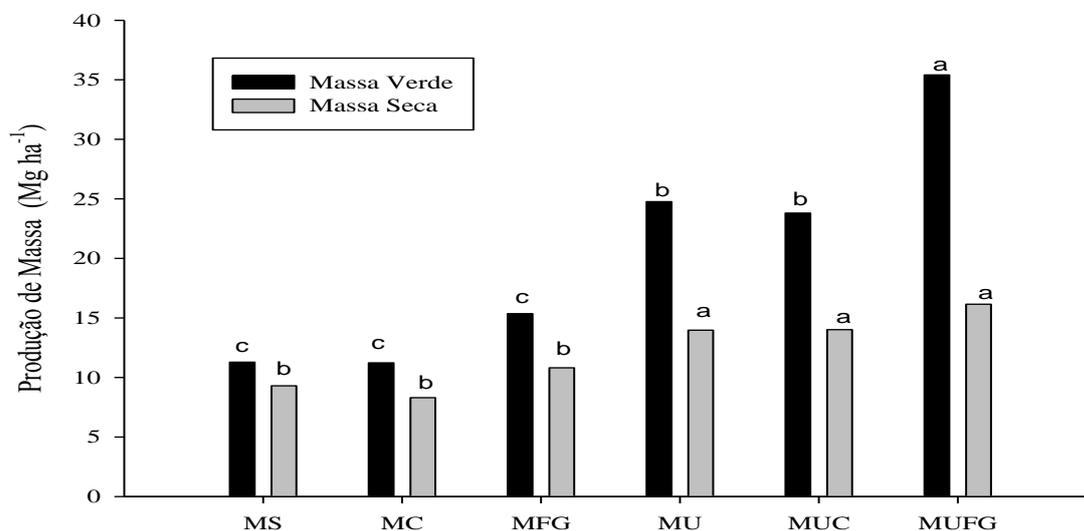
$\sigma^2$ : risco.

Os preços dos fertilizantes e de milho em grãos tomados como referência – em reais por tonelada, cotados no mês de maio (PREÇOS, 2015) – foram de: R\$ 1.757, 61 para o KCl (60% de  $K_2O$ ), R\$ 1.815,03 para a ureia (45% de N) e de R\$ 1.212, 41 para o Super Simples (18% de  $P_2O_5$ ). Foi considerado que o valor de R\$ 43,79 no Piauí (CONAB, 2015) por saco de 60 kg de milho. Foram realizados a atualização dos preços de maio 2015 para maio de 2016 (preços considerados fixos de fertilizantes e do milho utilizando o IGPDI (Índice Geral de Preços da Industria). O custo da aplicação de sementes de plantas de cobertura foi de R\$ 11,13  $ha^{-1}$  (CUSTO, 2015).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O MUFG obteve a maior produção de MV em relação aos consórcios e monocultivo de milho. Destacam-se também os consórcios entre MU e MUC, promoveram melhor produção de MV que o MC, MFG e MS (Figura 2). Dessa forma, em uma mesma área houve interação entre três culturas diferentes, ocupando os espaços não utilizados pela cultura principal. Além disso, observa-se que quando

utilizou o componente *Urochloa*, aumentou a produção de MV. A *Urochloa* tem grande potencial produtivo em solos adubados chegando a produzir 6,0 e 13,0 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca (PACHECO et al., 2011). As plantas de cobertura Feijão Guandu e Crotalária proporcionaram maior MV devido fornecer N através de FBN, assim promovendo a produção MV das poaceas Milho e Urochloa (PEREIRA et al., 2012).

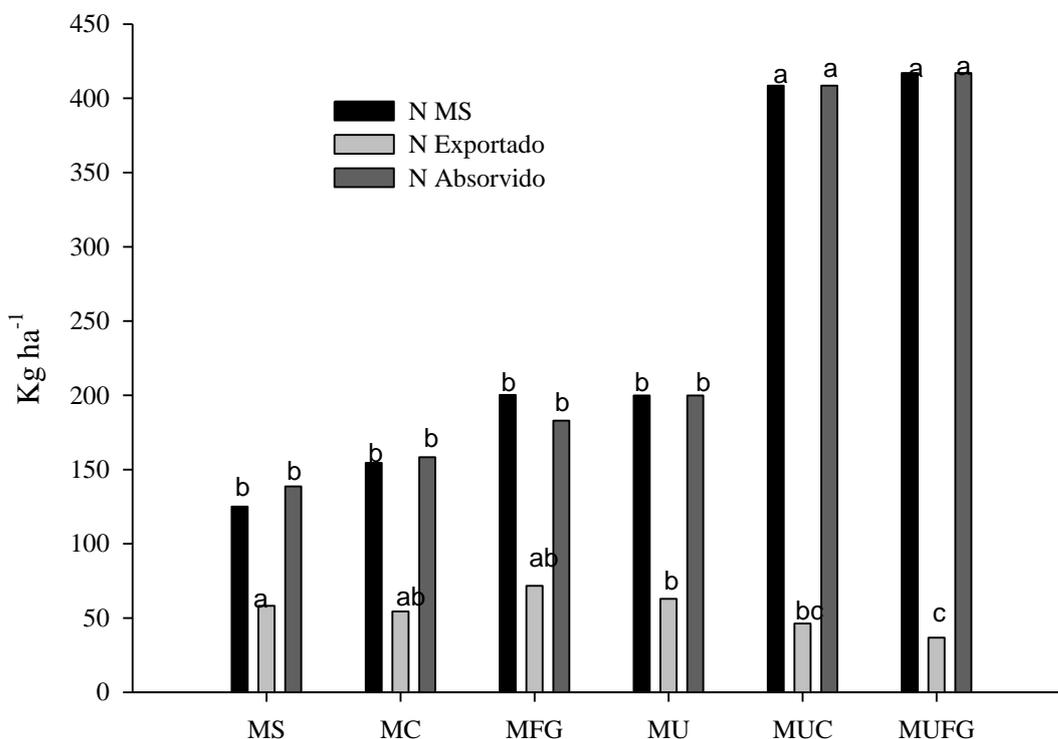


**Figura 2.** Produção de massa verde e massa seca (Mg ha<sup>-1</sup>) na época do florescimento. MS: Milho solteiro; MC: Milho+Crotalária; MFG: Milho+Feijão guandu; MU Milho+*Urochloa*; MUC: Milho+*Urochloa* Crotalária; MUFG: Milho+*Urochloa*+Feijão guandu. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si Tukey (p<0,05).

Os consórcios triplos (Milho+*Urochloa*+ Crotalaria) (Milho+*Urochloa* + Guandu) e o tratamento MU destacam-se em relação ao consórcio duplo (Milho+Guandu) e ao MS (Figura 2). Contudo, mesmo as plantas competindo por água, luz e nutrientes, obteve-se um sinergismo na produção MS quando utilizando o consórcio triplo. A produção de MS está relacionada ao fornecimento de nutrientes, principalmente o N. As fabáceas liberam nutrientes em quantidade iguais ou superiores as acrescentadas pelas leguminosas dependendo da produção de fitomassa e das concentrações de carboidratos, açúcares e principalmente proteína na planta (DONEDA et al., 2012).

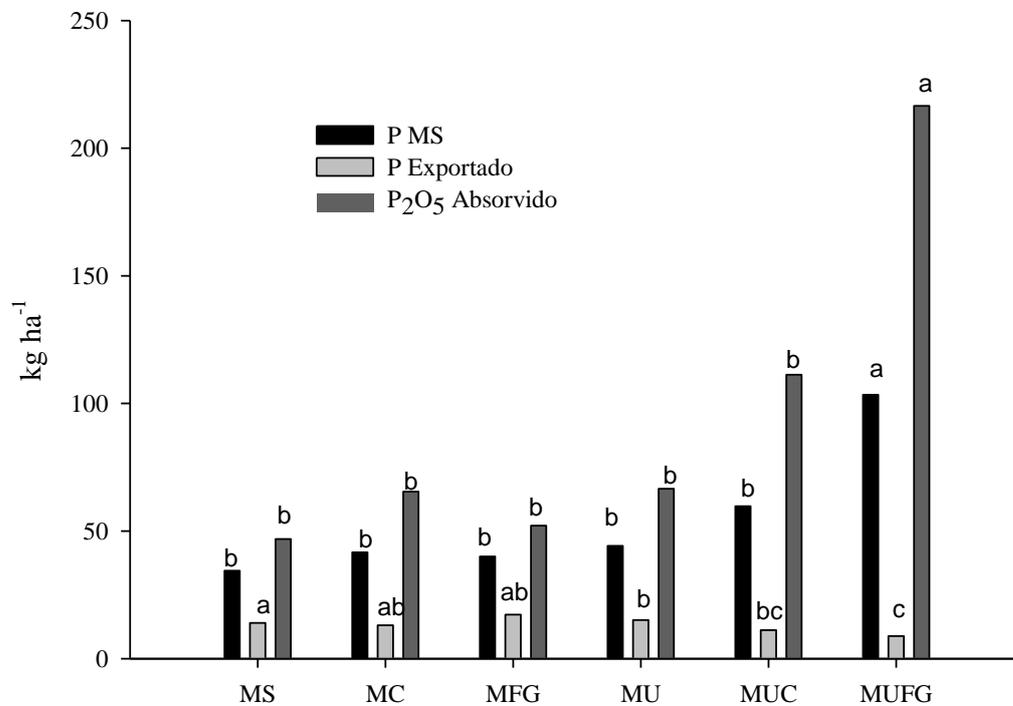
As quantidades de N disponível para ciclagem nos consórcios triplos foram superiores aos demais tratamentos (Figura 3). Conforme relatado, a *Crotalária Juncea* e o Feijão Guandu, favoreceram o maior aporte de N que promoveu maior produção de MS do milho e *Urochloa*, e assim obteve-se mais N disponível para ciclagem. A quantidade de nitrogênio disponível nos consórcios está relacionando a quantidade de

massa produzida, pois a massa vai favorecer a biota do solo e a ciclagem de nutrientes, ou seja, um aproveitado principalmente de nitrogênio (CALVO et al., 2010).



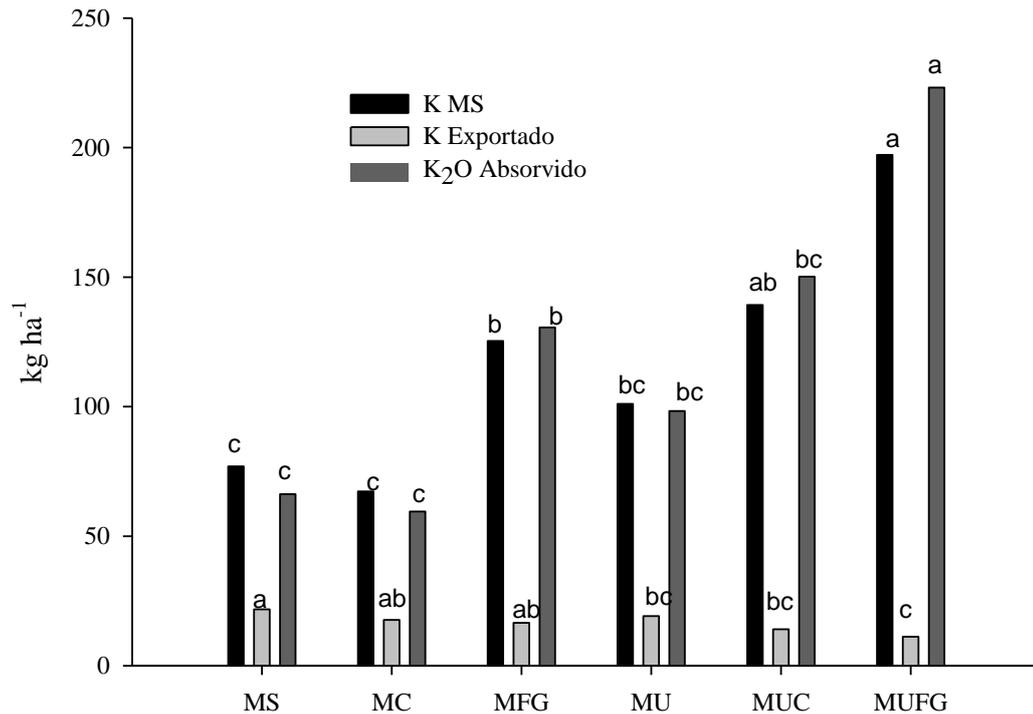
**Figura 3.** Concentração de Nitrogênio na matéria seca (MS), exportado e disponível no solo.

O MUFG apresentou maior aporte disponível de  $P_2O_5$  para ciclagem (Figura 4). Os adubos verdes e as plantas de cobertura como o Feijão-guando e a Urochloa possuem um sistema radicular profundo, por ser uma planta rústica, assim essa planta tem maior capacidade de explorar o solo e absorver mais nutrientes (CARVALHO et al., 2012). Dessa forma, a cultura sucessora a esse cultivo, terá grande aporte nutricional de P, que é um dos elementos mais fixados no solo e menos disponíveis para a planta. Porém, em solos arenosos, como é caso o P pode ser perdido por lixiviação, já que possui poucas cargas nas superfícies dos minerais formadores para reter o P.



**Figura 4.** Concentração de Fósforo na matéria seca (MS), exportado e absorvido no solo.

O K é o elemento menos exportado com relação ao P e N ficando na MS. Assim, foi verificado que K<sub>2</sub>O disponível para a ciclagem no MUFG superou os demais consórcios e o milho solteiro, porém não diferiu dos MFG, MC, MU e MUC (Figura 5). Entretanto, esses consórcios demonstram grande aporte de K<sub>2</sub>O para a cultura sucessora. Além disso, evitou que grande parte do K aplicado na adubação fosse lixiviados. O K é um elemento muito perdido por lixiviação ainda mais em solos arenosos.



**Figura 5.** Concentração de Potássio na matéria seca (MS), exportado e disponível no solo.

As plantas de cobertura promoveram redução na produção de grãos de milho (Tabela 2). Certamente, isso ocorreu devido a competição das plantas por água, luz e nutrientes, em um solo de baixa fertilidade natural. Garcia et al. 2012) relatam que o milho consorciado com poáceas (*Urochloa* e *Panicum maximum*) não reduziram a produção de grãos de milho, devido a semeadura das poáceas ocorrem 60 dias após o plantio de milho. Porém Pariz et al. 2009) verificaram perdas de produção na associação milho e poáceas quando plantados juntos, justificando a competição exercidas pelas forrageiras. Dessa forma, a redução da produção de grãos ocorreu devido a competição das plantas por água, luz e nutrientes, em um solo de baixa fertilidade natural.

A implantação dos sistemas consorciados de produção de milho tornou-se viável quando utilizado o MUC e MUFG, verificando que a receita promovida pelo aporte de nutrientes na MS, superou as perdas econômicas pela implantação de plantas de cobertura (Tabela 2). O maior lucro foi obtido com sistema de MUFG evidenciando o sinergismo entre as poáceas e fabáceas devido aos retornos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, promovidos nesse sistema, mesmo com o maior custo de implantação

**Tabela 2.** Análise da viabilidade econômica de milho consorciado com poáceas e fabáceas.

TRAT	PROD	LU	RT	CT	RP	RN	RP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RK <sub>2</sub> O	CI	MVA	PP
kg ha <sup>-1</sup>											
MS	4538a	0,00	2391,61	2391,61	1867,83	13,85c	295,10c	214,82c	0,00	0	0
UM	3684b	274,58	2805,09	2530,52	1640,17	348,20b	497,80b	318,93a	138,91	0,52	0,31
MC	3443b	-261,60	2328,55	2590,15	1516,44	145,48b	473,61b	193,02b	198,54	-0,46	0,67
MUC	3985b	1092,18	3808,47	2716,30	1207,61	1281,92a	831,75a	487,20a	324,69	1,93	0,03
MFG	2934b	-371,15	2652,48	3023,63	1417,45	350,27b	461,06b	423,71a	632,02	-0,63	0,73
MUFG	2330b	1472,97	4622,75	3149,78	959,16	1320,10a	1619,48a	724,02a	758,17	0,92	0,18

PROD: produtividade; LU: lucro; RT: receita total; CT: custo total; RP: Receita da Produção de Milho; RN: retorno em função do nitrogênio; RP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: retorno em função de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; RK<sub>2</sub>O: retorno em função de K<sub>2</sub>O; CI: custo de implantação; MVA: média-variância; PP: probabilidade de prejuízo.

Os consórcios entre Milho+Crotalária e Milho+Feijão Guandu apresentaram valores negativos de MVA, mostrando para agricultor, que se ele adotar esse sistema terá 67% e 73% de probabilidade de prejuízo (PP). Entretanto, quando associado a Urochloa ao Milho+Crotalária e Milho+Feijão Guandu, a PP diminui para 3% e a 18% respectivamente. Observa-se o potencial da Urochloa consorciado com a crotalaria e o feijão guandu para a produção de massa seca e conseqüentemente uma melhor ciclagem e economia com a aplicação dos nutrientes no solo.

O modelo de média-variância (MVA) é utilizado para conhecer-se o risco econômico de adoção do sistema, ou seja, de gerar prejuízos econômicos. Essas análises econômicas são estratégias para adoção dos consórcios, ou rotação de culturas ou sucessão de culturas (AMBROSI et al., 2001; FONTANELI et al., 2000). Ambrosi et al. (2001) utilizaram a probabilidade de risco baseada na MVA para analisar economicamente rotação e sucessão de culturas em SPD, e relatam que é viável o uso de sucessão de culturas para a produção agropecuária. Nesse sentido, verificou-se que o consórcio triplo tornou-se viáveis, em relação aos consórcios duplos, devido ao sinergismo que promoveu o desenvolvimento dessas plantas e o acúmulo de nutrientes que podem ser ciclados do solo.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os consórcios triplos proporcionam maior produção de massa seca e verde, porém reduzem a produção de grãos de milho.
2. A produtividade do milho apresentou maior produção no tratamento solteiro.
3. Os consórcios são possivelmente viáveis economicamente com o uso de *Urochloa* associada ao *Crotalária juncea*.
4. O consórcio entre Milho, *U. Brizantha* e *C. juncea* oferece o menor risco econômico de implantação nas condições de solo arenoso e clima tropical e podem apresentar uma produtividade relativamente satisfatória em cultivos de primeiro ano.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; ZOLDAN, S.M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1213-1219, 2001.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011.130p.

CAMPOS, A.R. **Classificação pedológica de perfis de Solo em transecto na Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia**. 2014. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v.69, n.1, p.77-86, 2010.

CUSTO de produção de milho-safra 2014/2015. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária, 2015. Disponível em: <[http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410\\_CPMilho\\_4\\_2015.pdf](http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410_CPMilho_4_2015.pdf)>. Acesso em 20 maio 2015.

CRUSCIOL, C.A.C. COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M. E AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análises de alimentos. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**. 1.ed. Viçosa: Visconde do Rio Branco, 2012. 214 p.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; MIOLA, E.C.C.; GIACOMINI, D.A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição o de resíduos de

plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1714-1723, 2012.

FÁBIO, C.S. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. **Embrapa Informações tecnológicas**. 2.ed.rev.ampl. Brasília, DF: 2009.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; FILHO, M. C. M. T.; LIMA, A. E. S. BUZZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres Viçosa**, v. 59, n.2, 2012.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 71-79, 2005.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p. 17-25, 2011.

PALISADE. Fabricante do software Risk líder mundial em análise de risco e de decisão. Disponível em <<http://www.Palisade-br.com>> acesso em 01/07/2016.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSIANO, M.A.A.; BERGAMASCHINE A.F.; BUZETTI, S. CHIODEROLI, C.A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2009.

PAULETTI, V. Nutrientes: teores e interpretações. 2.ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86p.

PEREIRA, G.A.M.; SILVA, D.V.; BRAGA, R.R.; CARVALHO, F.P.; FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B. Fitomassa de adubos verdes e cobertura do solo na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 2, p. 110-116, 2012.

PREÇOS médios mensais pagos pela agricultura [em 2015]. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, [2015]. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nial/Precos\\_Medios.aspx?cod\\_sis=5](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nial/Precos_Medios.aspx?cod_sis=5)>. Acesso em: 10 Maio 2015.

SANTOS, F.C., FILHO, M.R.A. Importância da matéria orgânica e cobertura vegetal para os solos arenosos do cerrado. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigos>. Acesso em: 20 abri.2015.

SILVA, J.A.N.; SOUZA, C.M.A.; SILVA, C.J.; BOTTEGA, S.P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.769-775, 2012.

SILVA, T. O.; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; PALUDO, V. Plantas de cobertura submetidas a diferentes fontes de fósforo em solos distintos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1315-1326, 2011.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2.edição. Brasília, DF: **Embrapa Informações Tecnológica**, 2004.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com

feijão-de- porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.497-505, 2010.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; SILVA, C.A.; PEREIRA, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto+ crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum.Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.647-653, 2009.

## CAPÍTULO 3

### DECOMPOSIÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES DO MILHO CONSORCIADO COM PLANTAS DE COBERTURA EM SOLO ARENOSO

#### RESUMO

SILVA, Keilane Menes da Silva. **Decomposição e ciclagem de nutrientes do milho consorciado com plantas de cobertura em solo arenoso**. 2016, Cap. 2, 50 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI.

Os resíduos culturais presentes na superfície do solo proporcionam uma reserva de nutrientes que beneficiaram as plantas sucessoras. Objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de cobertura e o teores de nutrientes (ciclagem) entre as diferentes plantas de cobertura consorciadas com o milho em solo arenoso. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram os consórcios: milho + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); milho + Crotalária (*crotalaria juncea*) (MC); milho + feijão Guandu (*Cajanus cajan*) cv. Iapar 43 (MFG); milho + *U. brizantha* + *crotalaria juncea* (MUC); milho + *Urochloa* + feijão guandu (MUFG). Como referência para os consórcios foi utilizado o milho solteiro (*Zea mays*). Foram avaliados: a taxa de cobertura do solo, teores de N, P e K, Ca e Mg na biomassa remanescente presente nos *litter bags*. O MUC promoveu maior taxa de cobertura entre os tratamentos avaliados e o MUFG teve maior concentração de N, P, K, Ca e Mg na biomassa remanescente. O consórcio duplo com fabaceae (feijão guandu) mostrou maior rapidez na liberação dos nutrientes nos resíduos culturais e o consórcio triplo com poaceae e fabaceae proporcionam boa cobertura do solo.

**Palavras chave:** Mineralização, *Urochloa brizantha*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*.

---

<sup>1</sup>Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI/Bom Jesus

## ABSTRACT

**SILVA, Keilane Menes da Silva. Decomposition and intercropped corn nutrient cycling with cover crops in soil sandy.** 2016. Dissertation (Mester in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí, PI.

Cultural residues present on the soil surface provides a source of nutrients that benefit the successors plants. The objective of this study was to evaluate the coverage rate and nutrient content (cycling) between different plants intercropped cover with corn in sandy soil. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments were: Corn + *Urochloa brizantha* (*U. brizantha*) cv. marandu (MU); Corn + Sunnhemp (*Crotalaria juncea*) (MC); Corn + *Cajanus cajan* cv. Iapar 43 (MFG); corn + *U. brizantha* + Sunnhemp (MUC); corn + *Brachiaria* + *Cajanus cajan* (MUFG). As a reference to the intercropping was used single maize (*Zea mays*). They were evaluated: soil cover rate, N, P, K, Ca and Mg in the remaining biomass present in the litterbags. The MUC promoted higher rate of coverage among the evaluated treatment and MUFG had the highest concentration of N, P, K, Ca and Mg in the remaining biomass. . The double consortium with fabaceae (pigeonpea) showed faster the release of nutrients in crop residues and triple consortium with poaceae and fabaceae provide good ground cover.

**Key words:** Mineralization, *Urochloa brizantha*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*.

---

<sup>1</sup>Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI/Bom Jesus

## 1. INTRODUÇÃO

O tempo de permanência dos resíduos vegetais sobre o solo e a dinâmica de liberação dos nutrientes são requisitos imprescindíveis para manter o solo coberto durante o ano todo (KLIEMANN et al., 2006). Essa persistência vai depender da espécie vegetal a ser empregada e das condições climáticas (CALONEGO et al., 2012). Em regiões tropicais devido as altas temperaturas ocorre a decomposição mais rápida dos resíduos culturais e em condições de boas precipitações ocorre aumento ou maior permanência desses resíduos no solo (PACHECO et al., 2011).

De acordo com Cantarella (2007), a rapidez na disponibilização do N proveniente dos resíduos vegetais depende de vários fatores. Os mais importantes são, a quantidade de N acumulada na matéria seca e a relação C:N da palhada proporcionadas pelas plantas de cobertura.

As plantas de cobertura semeadas na entressafra, em sistema de plantio direto, apresentam capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais e, depois, de liberá-los nas camadas superficiais por meio da decomposição e da mineralização dos seus resíduos (TORRES et al., 2008). Estudando a velocidade de decomposição da palhada de milho e sorgo, bem como o acúmulo de nutrientes na fitomassa e sua mineralização, Moraes (2001) observou que a taxa média de decomposição da palhada é maior nos primeiros 42 dias e que a mineralização dos nutrientes é mais acentuada nos primeiros 63 dias após o manejo roçagem dos resíduos. Silva et al. (1997) avaliaram a taxa de decomposição de *Crotalaria*, guandu e *Urochloa* em solo sob cerrado nativo e solos descobertos. Obtiveram taxas de decomposição de 61,3, 61,9, 65,6 e 78,9 %, respectivamente, decorridos 60 dias após a implantação dos *litter bags*.

A eficiência de plantas de cobertura em produzirem elevada produção de biomassa depende das condições edafoclimáticas. Assim é necessário a sua avaliação em diferentes ambientes edáficos. Fornecendo nutrientes ao solo, para que os mesmos possam ser utilizados pelas culturas anuais em sucessão. Contudo, uma forma econômica para o produtor no momento de se realizar a adubação na sua área de plantio (BERTIN et al., 2005).

O consórcio com plantas de cobertura é uma importante ferramenta para o produtor, recuperar áreas degradadas e tornar o solo arenoso em solos produtivos e com boa qualidade aumentando a produtividade do mesmo. O consórcio entre milho e a *Urochloa* promovem melhor ocupação do solo. Proporcionando um aumento no

volume de biomassa de qualidade sem afetar a produção de grãos de milho (JAKELAITIS et al., 2005).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a taxa de decomposição e ciclagem de nutrientes do consórcio de plantas de cobertura com a cultura do milho em um Neossolo Quartzarênico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE) localizado a Latitude: 8° 22' 34" S e Longitude: 43° 51' 23" W e 222 m de altitude, cujas características químicas e granulométrica são apresentadas na (Tabela 1, no cap. 2). Foram coletados os dados de precipitação da área do experimento, já os dados de temperatura média foram retirados do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de janeiro a junho de 2015 (Figura 1, no cap. 2). O delineamento utilizado está no primeiro capítulo da dissertação.

As avaliações da decomposição e taxa de cobertura ocorreu no mês de agosto. Todas as parcelas foram roçadas com uma roçadeira hidráulica (RH1600) acoplada no trator. A taxa de cobertura do solo (TCS) foi obtida segundo metodologia proposta por Crusciol et al. (2005). Que consiste no uso de um quadrado de ferro com dimensões de 0,5x0,5 m (0,25m<sup>2</sup>), com uma rede de barbantes espaçados a cada cinco cm que formam dez pontos, totalizando 100 pontos, nos quais, se observou a presença ou ausência de cobertura proporcionada pelos resíduos vegetais em cada parcela através de quatro pontos aleatórios de amostragens de massa seca (SODRÉ FILHO et al., 2004). Para a medição da cobertura do solo, foram realizadas avaliações a cada 30 dias. Avaliada nos períodos (30; 60; 90; 120 e 150 dias) logo após o corte.

A avaliação da decomposição e liberação de nutrientes, utilizou-se o método das bolsas de decomposição (*litter bags*) (THOMAS & ASAKAWA, 1993), confeccionadas com nylon com malha 2 mm de abertura, com dimensões de 0,3 x 0,2 m e área interna de 0,06m<sup>2</sup>. Em cada *litter bag* foram acondicionados 50 g das plantas de cobertura (material fresco). Os 50g de material colocados nos *litter bags* foram previamente testados de acordo com sua capacidade, sendo essa massa acomodada uniformemente. Foram distribuídos uniformemente na superfície do solo de cada parcela, sob a palhada restante das plantas de cobertura, sendo dispostos 5 *litter bags* em cada parcela. A avaliação da decomposição e liberação de nutrientes foi monitorada por meio de uma sequência de cinco amostragens aos 30; 60; 90; 120 e 150 DAM dias após o manejo (roçagem).

Em cada amostragem foi retirado um *litter bag* por parcela. O material que foi retirado os litter, foi limpo (retirando-se areia e outros materiais minerais) e seco em estufa de circulação forçada (65 °C até peso constante), para obtenção da matéria seca remanescente. O material coletado dos *litter bags* aos 30; 60; 90; 120 e 150 DAM, foram triturados em moinho tipo willey, sendo posteriormente realizada a análise química de conteúdo em N, P, K Ca e Mg. O N foi determinado seguindo metodologia proposta por Detmann et al. (2012), os demais nutrientes foram determinados segundo Silva (2009).

As quantidades de N, P, K, Ca e Mg acumuladas foram obtidas pelo produto da quantidade da biomassa seca nas diferentes plantas de cobertura com a concentração de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, sendo os valores transformados em kg ha<sup>-1</sup>.

A determinação do teor de carbono foi realizada pelo método da mufla seguindo o método estabelecido por Goldin (1987), com as seguintes modificações: secagem prévia das amostras em estufa a 105 °C, por um período de 24 h, após esse período, os cadinhos de cerâmica com as amostras foram acondicionados em forno do tipo mufla e incinerados em uma temperatura de 550 °C, por 3 h. Posteriormente, o conjunto (cadinho + resíduos) foi acondicionado em dessecador e, em seguida, pesado.

O teor de matéria orgânica foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105 °C a 550 °C, conforme a fórmula:  $MO (\%) = (P - (T - C)) \times 100 / P$ , em que P = peso da amostra(g) depois de aquecida a 105 °C; C = tara do cadinho(g); e T = peso da cinza+cadinho(g). O valor encontrado de MO foi dividido por 2 para cálculo do teor de C, pois estima-se que 58 % da massa seca vegetal das plantas herbáceas seja constituído de carbono (RODELLA & ALCARDE, 1994).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste F entre os tratamentos. Havendo significância, os valores médios, para os tratamentos, foram comparados entre si pelo teste de Tukey a p<0,05%. Para cada tratamento foram ajustadas equações de regressão, relacionando a quantidade média dos nutrientes reciclada em função da quantidade de matéria seca produzida pelas plantas, utilizando o Software Sigma Plot 11.0.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

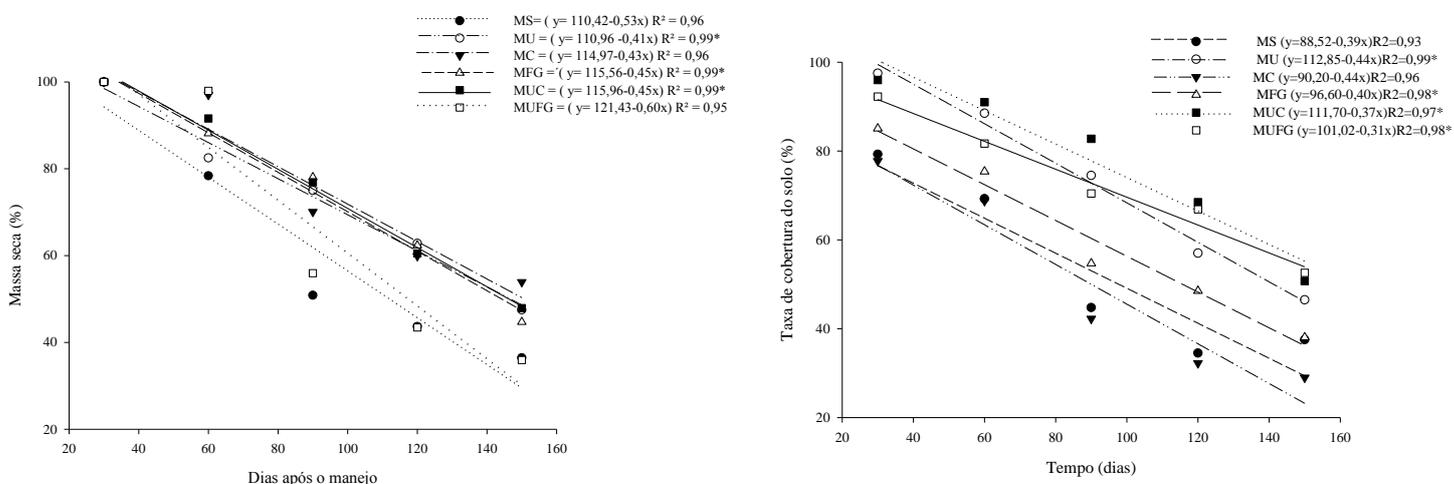
Houve interação significativa entre as plantas de cobertura e o tempo quanto à taxa de cobertura do solo na maioria das épocas avaliadas (Tabela 1). Exceto no período dos 30 e 60 dias após o manejo.

**Tabela 1.** Análise de variância (valores de F calculado) para a taxa de cobertura do solo em função de plantas de cobertura, durante a condução do experimento.

Variáveis	Dias após o manejo				
	30	60	90	120	150
Plantas de cobertura	2,59 <sup>ns</sup>	4,59**	7,96***	3,57*	8,88***
Tempo	0,32 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	1,53	0,60	3,45*
Tempo x Plantas de cobertura	0,64 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	1,22	0,83	1,90*
CV (%)	15,41	21,23	40,05	36,46	31,23

\*significativo a ( $P > 0,05$ ); \*\*significativo a ( $P > 0,01$ ); \*\*\*significativo a ( $P > 0,001$ ) pelo teste F; ns: não significativo; CV: coeficiente de variação.

Os resultados observados de TCS e MS (massa seca) na superfície do solo apresentaram regressão linear significativa ( $p < 0,05$ ) para todos os tratamentos exceto para o MC e MS (Figura 1). O tratamento Milho+Urochloa apresentou um bom desempenho em relação a taxa de cobertura do solo de 97 % e massa seca de 3.200 kg ha<sup>-1</sup> aos 30 dias. Os consórcios triplos (MUC e MUFG) apresentaram um resultado satisfatório com a percentagem de cobertura (96 e 92%) e massa seca (2.380 e 2.430 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Destacando-se o potencial de produção de massa que as espécies de plantas de cobertura estudadas apresentam (*Urochloa brizantha*, *Cajanus cajan* e a *Crotalaria juncea*).



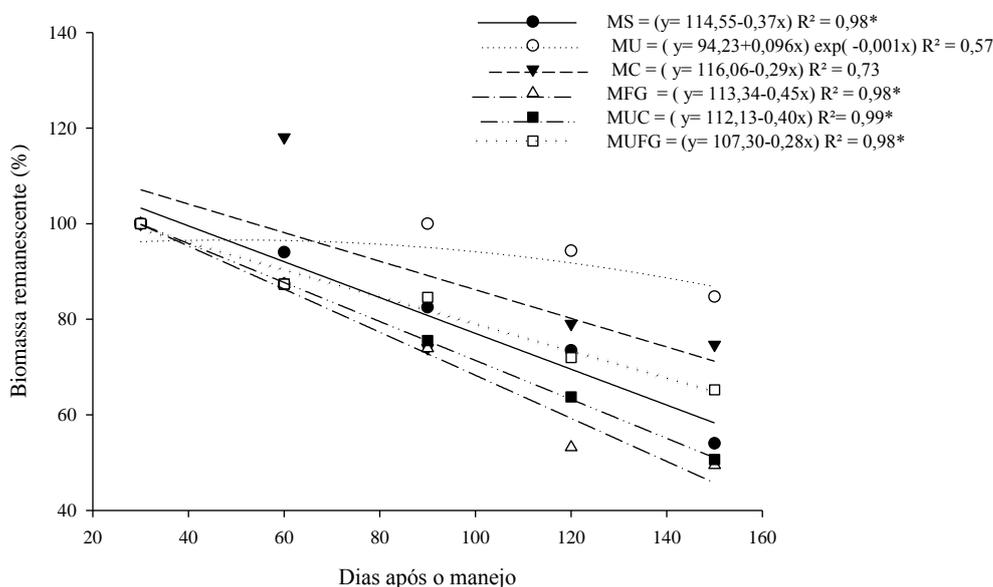
**Figura 6.** Massa seca na superfície do solo em avaliações realizadas no campo até os 150 dias e a taxa de cobertura do solo (%) do milho solteiro (MS), milho+Urochloa

(MU), milho+Crotalaria(MC), milho+ Feijão guandu (MFG), milho+Urochloa+Crotalaria(MUC), milho+ Urochloa+Feijão guandu (MUFG).  
 \*Significativo a ( $p < 0,05$ ) pelo teste F.

Observa-se que todos os tratamentos se ajustaram ao modelo de regressão linear. Contudo, o modelo mais frequente e utilizado para descrever a decomposição de biomassa é o exponencial simples, descrito por Wieder e Lang (1982). Andreola et al. (2000) avalia que as gramíneas, geralmente contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, caracterizada pela alta relação C/N, o que pode aumentar a persistência da cobertura do solo.

Torres et al. (2008) afirmaram que algumas coberturas de solo, dentre as quais Urochloa, milho e crotalaria apresentam boa adaptação às condições de Cerrado e produzem resíduos vegetais em quantidade e qualidade adequada.

A cinética de decomposição dos resíduos culturais apresentou um padrão semelhante, observando-se um progressivo decréscimo da massa seca, sendo este mais acentuado para o MFG e MUC, quando comparado com os demais tratamentos (Figura 2). Verifica-se que os consórcios onde as fabaceae (Crotalaria e feijão guandu) participam apresentaram rápida decomposição da palhada em relação aos demais.



**Figura 7.** Biomassa remanescente das plantas em avaliações realizadas no campo até os 150 dias após a distribuição dos litter bags na superfície do solo do milho solteiro (MS), milho+Urochloa(MU), milho+Crotalaria(MC), milho+ Feijão guandu (MFG), milho+Urochloa+ Crotalaria(MUC), milho+Urochloa+Feijão guandu (MUFG).  
 \*Significativo a ( $p < 0,05$ ) pelo teste F.

As avaliações de decomposição foram realizadas em agosto mesmo não ocorrendo precipitação nos meses anteriores de junho e julho, houve baixa decomposição inicial. Provavelmente este resultado é decorrente da umidade que o solo ainda possa estar retendo, favorecendo o atraso na decomposição dos resíduos vegetais. Pacheco et al. (2011), verificou a influência da precipitação pluviométrica sobre a produção de fitomassa seca e taxa de decomposição dos resíduos de plantas de cobertura. Os valores destas taxas aumentam em função do aumento da precipitação e diminuem, a valores mínimos, no período seco do ano (Leite et al., 2010).

Verificando a relação C/N dos resíduos vegetais (Tabela 1), nota-se que os tratamentos MS e o MU, apresentaram maiores valores, provavelmente por pertencerem a família das poáceas que apresentam alta relação C/N, proporcionando uma decomposição lenta dos resíduos vegetais, mantendo assim uma maior cobertura do solo, protegendo-o mesmo contra os efeitos da erosão e contribuindo com o acréscimo na concentração de matéria orgânica.

**Tabela 2.** Relação carbono/nitrogênio (C/N) dos tratamentos avaliados no período de 30 dias após o manejo.

<b>Tratamentos</b>	<b>C/N</b>
Milho Solteiro (MS)	21 a
Milho+ <i>Urochloa</i> (MU)	20 a
Milho+Crotalaria + <i>Urochloa</i> (MUC)	18 b
Milho+ <i>Urochloa</i> +Feijão Guandu (MUFG)	15 c
Milho +Crotalaria (MC)	14 c
Milho+Feijão Guandu (MFG)	13 c
<b>CV (%)</b>	<b>8,22</b>

CV=Coeficiente de variação; \* Médias seguidas de mesma letra não difere entre si Tukey (p<0,05).

A relação C/N de 30 é tido como referência para caracterizar resíduos com elevada relação C/N, fazendo com que os resíduos vegetais tenham maior persistência sobre o solo (TRINSOUTROT et al., 2000). As plantas estudadas apresentaram valores menores, podendo estar relacionada com as condições climáticas desfavoráveis a absorção de N pelas gramíneas e a fixação biológica nas leguminosas. Houve pouca precipitação durante os meses em que se avaliou a taxa de cobertura e a decomposição das plantas estudadas.

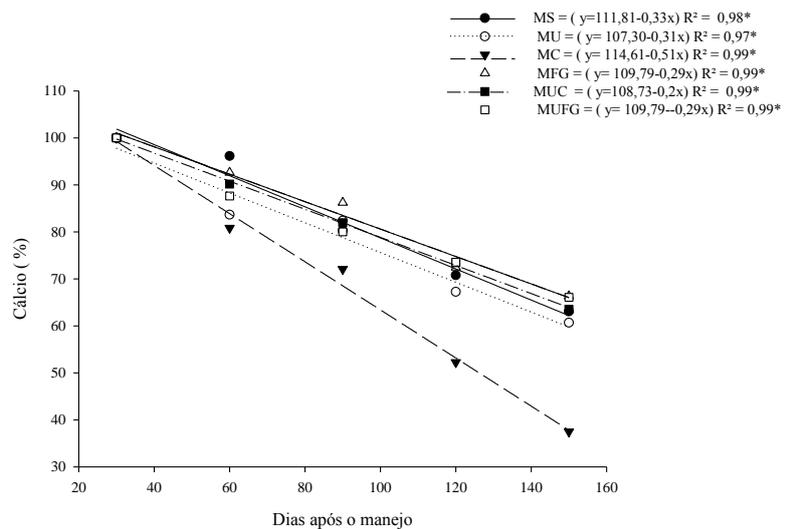
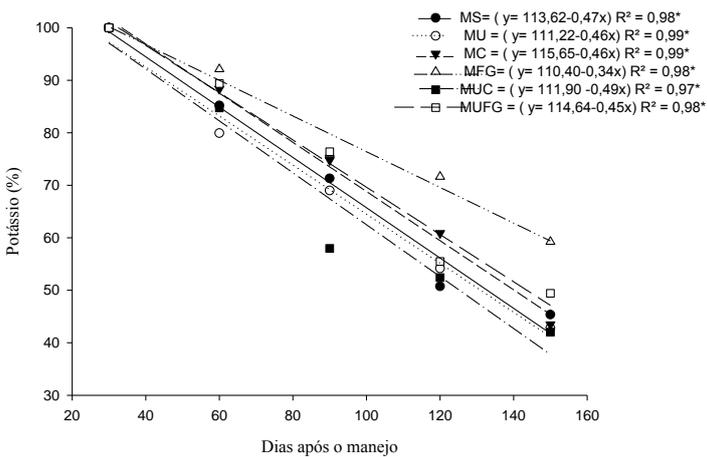
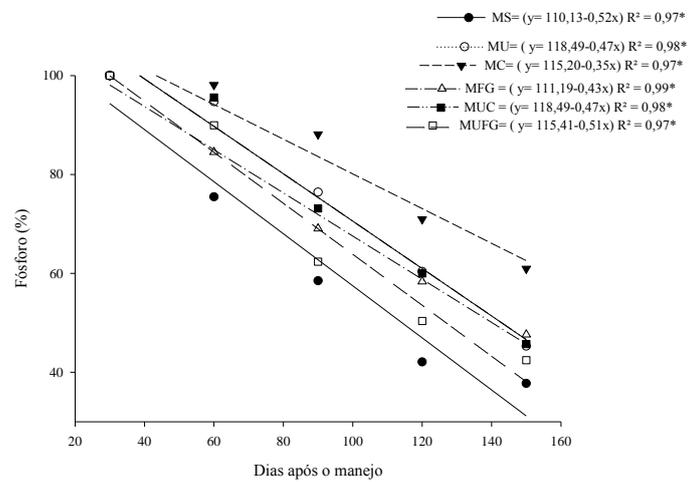
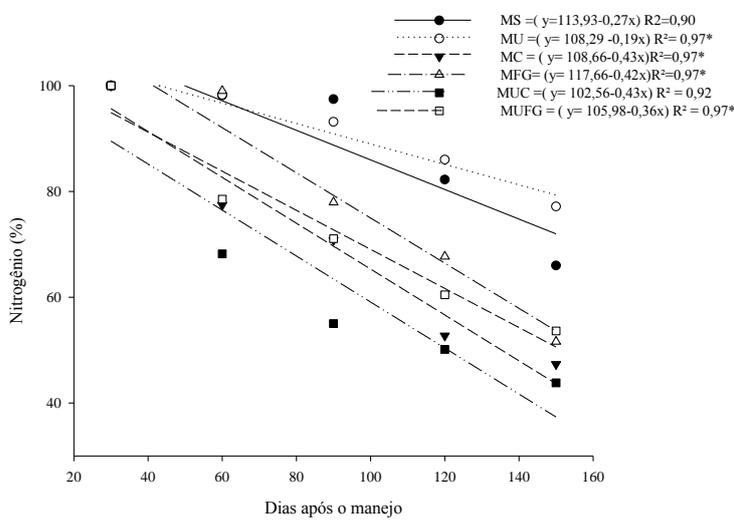
Houve interação significativa para todos os nutrientes estudados (N, P, K, Ca e Mg). Os dados de N, P, K e Ca foram ajustados a funções lineares, e para os teores de Mg no tratamento MS os dados foram ajustados a equação polinomial, com tendência de estabilização a partir dos 120 DAM. A maior parte do Mg é rapidamente liberada, uma vez que está porção não faz parte de constituintes celulares (MARSCHNER, 1995).

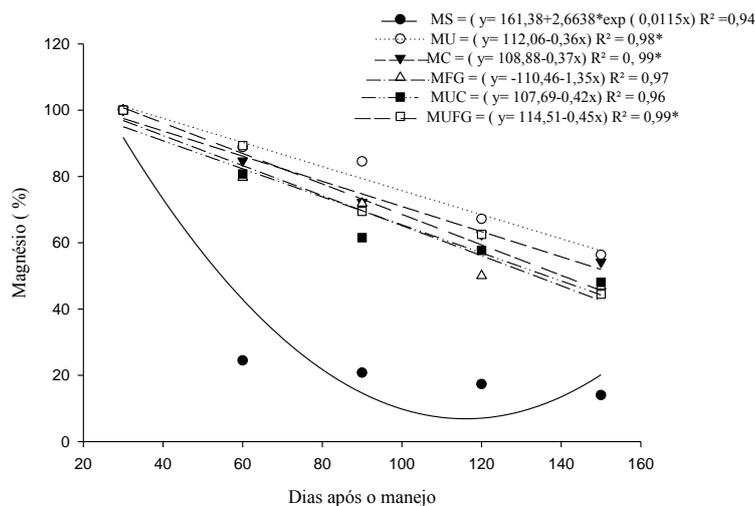
**Tabela 3.** Análise de variância (valores de F calculado) para nutrientes em função de plantas de cobertura durante a condução do experimento.

Variáveis	N	P	K	Ca	Mg
Plantas de cobertura	28,92*	77,50*	54,87*	8,67*	13,01*
Tempo	9,93*	6,59*	7,14*	9,59*	13,01*
Tempo x Plantas de cobertura	1,22*	3,06*	7,91*	3,01*	1,95*
<b>CV (%)</b>	<b>20,48</b>	<b>24,24</b>	<b>19,46</b>	<b>36,26</b>	<b>23,47</b>

\*Significativo a ( $P>0,05$ ) pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

A concentração dos teores de N, P, K, Ca e Mg até os 150 dias observou-se que houve uma redução gradual nos teores destes nutrientes na palhada remanescente. Esse efeito ocorreu à medida que diminuiu a quantidade do resíduo vegetal sobre o solo (Figura 3). Todos os nutrientes analisados apresentaram regressão linear significativa.





**Figura 8.** Teores de N, P, K, Ca e Mg na biomassa remanescente do milho solteiro (MS), milho+Urochloa(MU), milho+Crotalária(MC), milho+ Feijão guandu (MFG), milho+Urochloa+Crotalária(MUC), milho+Urochloa+Feijão guandu (MUFG), até os 150 dias após a distribuição dos *litter bags* na superfície do solo. \*Significativo a (p<0,05) pelo teste F.

Os tratamentos MFG e MUFG apresentam maiores concentração dos nutrientes N, P, K e Ca. Comprovando-se que o feijão guandu é boa fixadora de N e por ter como característica a decomposição rápida da palhada, favorecendo a mineralização e a liberação dos nutrientes nos primeiros 60 dias após o manejo (FILHO et al., 2014). A alta capacidade de acúmulo de K apresentada pelas leguminosas torna-as uma boa alternativa para incremento desse elemento em sistemas nos quais sejam cultivadas principalmente espécies exigentes nesse nutriente (TEODORO et al., 2011).

A vantagem da utilização de plantas de cobertura da família das fabáceas está no seu potencial de produção de biomassa e na sua capacidade de fornecer nitrogênio à cultura sucessora (MATHEIS et al., 2006). O N liberado no solo antes de haver demanda compatível pela cultura sucessora, torna-o suscetível a perdas. A velocidade de liberação dos nutrientes, podem ser explicados pelas diferenças nas condições climáticas (precipitação e temperatura), e pelo uso ou não dos *litter bags*, em que a fitomassa coletada é triturada e armazenada na superfície do solo (PACHECO et al., 2011).

#### 4. CONCLUSÕES

1. O consórcio entre Milho e *Urochloa brizantha* proporcionou maior taxa de cobertura do solo.
2. O consórcio Milho com Feijão Guandu proporcionou menor permanência de cobertura do solo e rápida liberação dos nutrientes N, P, K e Ca.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Londrina, v.27, p.379-386, 2005.

CAMPOS, A.R. **Classificação pedológica de perfis de Solo em transecto na Bacia Hidrográfica do Rio Gurgueia**. 2014. p.64 (Dissertação: Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, 2014.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M. E AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análises de alimentos. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**. 1.ed. Viçosa: Visconde do Rio Branco, 2012. 214 p.

FÁBIO, C.S. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed.rev.ampl. -Brasília, DF: **Embrapa Informações Tecnológica**, 2009.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 118f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.1, p.29- 35, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MATHEIS, H.A.S.M.; AZEVEDO, F.A. de; VICTÓRIA FILHO, R. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Laranja**, v.27, p.101-110, 2006.

MORAES, R.N.S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 2001. 90p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p. 17-25, 2011.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M.; CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde: milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.649-654, 1997.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R. CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 2004.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L.; SILVA, D.M.N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M.A.L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado no Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2011.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY N.B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under non-limiting nitrogen conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 3, p. 918-926, 2000.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from "litter bags". **Ecology**, Washington, v. 63, n. 6, p. 1636-1642, 1982.