



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
COLEGIADO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO
MILHO EM SOLOS ARENOSOS NO CERRADO**

ÉRIKA BEATRIZ NOGUEIRA MACHADO

BARREIRAS

2021

ÉRIKA BEATRIZ NOGUEIRA MACHADO

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO
MILHO EM SOLOS ARENOSOS NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) – Campus IX, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: DSc. Adilson Alves Costa

BARREIRAS – BA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Sistema de Bibliotecas da UNEB

M149p Machado, Érika Beatriz Nogueira

Plantas de cobertura e doses de nitrogênio na cultura do milho em solos arenosos no Cerrado da Bahia / Érika Beatriz Nogueira Machado. Barreiras, 2021.

27 fls.

Orientador(a): Adilson Alves Costa.

Inclui Referências

TCC (Graduação - Engenharia Agrônoma) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Humanas. Campus IX. 2021.

1.Zea mays. 2.Adubação nitrogenada. 3.Plantio direto. 4.Matéria orgânica.

CDD: 631

ÉRIKA BEATRIZ NOGUEIRA MACHADO

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO
MILHO EM SOLOS ARENOSOS NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrônômica da Universidade do Estado
da Bahia (UNEB) – Campus IX, como
requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Barreiras, 2021

Banca Examinadora:

Adilson Alves Costa

Prof. Adilson Alves Costa (Doutor, Ciência do Solo) – (UNEB)

Orientador

Adilson

Prof. Tadeu Cavalcante Reis (Doutor, Agronomia) – (UNEB)

Charles Cardoso Santana

Charles Cardoso Santana (Mestre, Ciências Ambientais) – (UFV)

Dedico este trabalho aos meus pais,
os quais me fizeram chegar até
aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por ter me dado a graça da vida, por ter me dado saúde e força para encarar as dificuldades.

Agradeço aos meus pais pelo amor incondicional, pelo apoio durante todos os anos de minha vida, por me incentivarem a sempre estudar, terem me proporcionado a melhor educação e me conduzir para o caminho certo.

Ao meu orientador, professor e grande amigo Adilson Alves, o qual acreditou no meu potencial, sempre me incentivou a entrar para a área acadêmica e acima de tudo, sempre buscar mais conhecimento; me deu a honra de ser sua orientada em projetos de Iniciação Científica, fazer parte de diversos trabalhos, me fazer integrante do grupo SOMA e ter compartilhado um pouco do seu conhecimento, seja fora ou dentro da sala de aula, sendo de grande valor para minha formação.

À Universidade do Estado da Bahia, com seu corpo de docente, em especial aos professores Adilson Alves Costa, Alberto, Marco Antônio Tamai, João Luiz Coimbra, Leandra e muitos outros que me fizeram evoluir como ser humano, me deixar ainda mais apaixonada pela Engenharia Agrônoma e abrir minha mente para esse grande universo do conhecimento.

Aos meus colegas da faculdade e amigos Vinícius Silveira, José Igor, Cayme, Ivson e outros, que fiz durante essa jornada, que de alguma forma me ajudaram e que levarei para a vida.

Ao meu namorado Matheus, pelos momentos de companheirismo e alegria, por sempre ter me apoiado nos momentos difíceis e ter deixado essa jornada mais leve.

À fazenda Olindina Batista, por ter cedido a área do experimento e ter ajudado a conduzi-lo nesse momento de pandemia.

Ao grupo SOMA, por terem me ajudado a montar e conduzir este trabalho e por compartilharem comigo esse amor pela área de Solos.

E aos demais que de alguma forma contribuíram com a realização deste trabalho e minha formação em Engenharia Agrônoma.

“Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.” (ROMANOS 8:28)

RESUMO

A utilização de plantas de cobertura do solo pode otimizar o aporte de material orgânico, melhorar as características físicas e biológicas; promover a ciclagem nutrientes como o N, que é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura do milho, podendo tornar-se um fator limitante de seu rendimento. Neste sentido, objetivou-se com este estudo avaliar os componentes de produção e produtividade do milho em sucessão a plantas de cobertura e doses de nitrogênio, assim como o balanço de nitrogênio em um solo arenoso no Cerrado do Oeste da Bahia. O experimento foi disposto em delineamento em blocos ao acaso com parcela subdividida; as parcelas principais teve como tratamentos principais três plantas de cobertura (Crotalária, Brachiaria e Pousio) e as subparcelas, os tratamentos secundários compostos por cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), com quatro repetições. O estudo foi desenvolvido em Neossolo Quartzarênico, no município de Riachão das Neves, no oeste da Bahia. As variáveis analisadas, massa seca do colmo, massa seca da palha, e produtividade sofreram influência das plantas de cobertura. As variáveis altura, massa seca do colmo, massa seca das folhas e produtividade foi significativa para doses de nitrogênio. A massa de 100 grãos e produtividade teve influência na interação entre os tratamentos. Sendo para produtividade resultado superior em sucessão à brachiária. O balanço teórico de nitrogênio do milho em sucessão a plantas de cobertura no Cerrado mostrou que todas as plantas de cobertura, até mesmo o pousio, tiveram resultados positivos; apenas no sistema em que houve adubação nitrogenada, e que não tinha cobertura do solo, teve um saldo negativo de nitrogênio.

Palavras-chave: Zea mays, adubação nitrogenada, plantio direto, matéria orgânica.

ABSTRACT

The use of ground cover plants can optimize the supply of organic material, improve physical and biological characteristics; to promote the cycling of nutrients such as N, which is one of the nutrients most demanded by the maize crop, which can become a limiting factor for its yield. In this sense, the objective of this study was to evaluate the components of corn yield and yield in succession to cover crops and nitrogen rates, as well as the nitrogen balance in a sandy soil in the Cerrado of Oeste da Bahia. The experiment was arranged in a randomized block design with a split plot; the main plots had as main treatments three cover crops (Crotalaria, Brachiaria and Fousio) and the subplots, the secondary treatments composed by five nitrogen rates (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹), with four replications. The study was carried out in Neosol Quartzarênico, in the municipality of Riachão das Neves, in western Bahia. The analyzed variables, stem dry mass, straw dry mass, and yield were influenced by cover crops. The variables height, stem dry mass, leaf dry mass and yield were significant for nitrogen doses. The mass of 100 grains and yield influenced the interaction between treatments. Being for productivity a superior result in succession to brachiaria. The theoretical balance of corn nitrogen in succession to cover crops in the Cerrado showed that all cover crops, even the fallow, had positive results; only in the system where there was nitrogen fertilization, and which had no soil cover, had a negative nitrogen balance.

Keywords: Zea mays, nitrogen fertilization, no-tillage, organic matter.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Solos do Cerrado	13
2.2 Uso de Plantas de Cobertura no Cerrado.....	14
2.3 Nitrogênio no Solo e sua Importância para a Agricultura.....	16
2.4 A Cultura do Milho em Sucessão a Plantas de Cobertura.....	17
2.5 Adubação Nitrogenada para a Cultura do Milho.....	19
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 Localização da Área de Estudo	21
3.2 Delineamento Experimental, Tratamentos e Parcelas	21
3.3 Instalação e Condução do Experimento	22
3.4 Determinação das Variáveis para o Balanço de Nitrogênio	23
3.4.1 Determinação da Massa Seca (MS).....	23
3.4.2 Determinação dos Teores de Nitrogênio na Planta (TN)	24
3.4.3 Nitrogênio Extraído (NE)	24
3.4.4 Determinação dos Teores e Estoque de Nitrogênio no Solo	24
3.4.5 Taxa de Decomposição de Nitrogênio no Solo	24
3.5 Componentes morfológicos e estimativa da produção	26
3.6 Análise Estatística	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5 CONCLUSÕES	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

O milho se destaca entre as culturas de interesse econômico para o Brasil e assume relevante papel socioeconômico por se constituir em matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais. O Brasil, é o terceiro maior produtor de milho, superado apenas pelos Estados Unidos e China; segundo a CONAB (2021), a estimativa para a área plantada com milho para a safra 2020/2021 é de 19.823,9 mil hectares, com uma produção de 86.650,1 mil t. O destaque do Nordeste na produção de milho está no Cerrado (Maranhão, Bahia e Piauí); que é responsável por 88% da produção de milho total do Nordeste e 7% da produção nacional, com sistemas de produção de alta tecnologia.

O bioma cerrado apresenta mais de 200 milhões de hectares e uma área cultivável de aproximadamente 139 milhões de hectares. Por exibir diversas características que tornam favorável o cultivo, a região se tornou a nova fronteira agrícola brasileira e grande produtora de grãos, como o milho. Porém em sua grande maioria, é composto por solos que apresentam propriedades químicas não adequadas, como pH ácido, teores de AL trocável, deficiência de nutrientes, principalmente P, Ca^{2+} e Mg^{2+} , arenosos e são muito permeáveis, o que favorece ainda mais a lixiviação de diversos nutrientes (NICOLODI et al., 2008).

O nitrogênio (N) é o elemento requerido em maior quantidade pela cultura do milho (LIU e WIATRACK, 2011), a principal forma de fornecimento é via adubação com ureia em cobertura, em superfície e sem incorporação, o que, devido à elevada susceptibilidade a perdas por volatilização de amônia (NH_3) (FRAZÃO et al., 2014), pode representar perdas econômicas e danos ambientais; principalmente se o solo for arenoso, já que o mesmo tem menor capacidade de retenção de nitrogênio, principalmente na forma de NH_4^+ , o que tem grande influência na magnitude do processo de lixiviação.

O elevado custo deste fertilizante e a recente preocupação com a poluição do meio ambiente, tem direcionado a atenção para a eficiência de utilização do nitrogênio pelas culturas. Assim, torna-se necessário um estudo mais completo do balanço do nitrogênio no sistema solo-planta; e de outras formas de atender às necessidades de N do milho, como a utilização de plantas de cobertura, com a adoção do sistema plantio direto, que são capazes de fixar N atmosférico (N_2) ou reciclar esse nutriente, uma vez que o N mantido na forma orgânica é menos sujeito a

perdas por lixiviação ou volatilização, ficando disponível de acordo com a mineralização dos resíduos vegetais (LÁZARO et al., 2013).

Portanto, objetivou-se com esse trabalho, avaliar os componentes de produção e produtividade do milho em sucessão a plantas de cobertura e doses de nitrogênio, assim como o balanço de nitrogênio em um Neossolo Quartzarênico no Cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solos do Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia. Ocupa 21% do território nacional e é considerado a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002). Desse total, 155 milhões estão no planalto Central e 38,8 milhões de hectares no Nordeste, dos quais a maior parte (30,3 milhões) na região Meio-Norte: 43,3% da superfície do Maranhão é composta de cerrado e 64,7% do estado do Piauí. Existem ainda áreas de cerrado em Rondônia, Roraima, Amapá e Pará, além de São Paulo. Isso representa cerca de 25% do território nacional (MAROUELLI, 2003).

Em menos de três décadas, o Cerrado transformou-se na principal área de produção agrícola do país, sendo hoje uma das maiores áreas cultivadas do mundo (SIQUEIRA NETO et al., 2009; LOSS, 2011). Com estações chuvosas bem definidas e topografia plana, tem favorecido para que a região seja a fronteira agrícola mais promissoras do mundo. Entretanto, apresentam propriedades químicas não adequadas, como pH ácido, teores de AL trocável, deficiência de nutrientes, a cobertura pedológica predominante é constituída por solos de textura arenosa e média, excessivamente drenados e com capacidade de troca de cátions (CTC) menor que 5cmolc/kg-1.

A região dos Cerrados do Brasil compreende aproximadamente 207 milhões de ha, com aproximadamente 127 milhões de hectares aptos para a agropecuária. Ocupando aproximadamente $\frac{1}{4}$ do território brasileiro, os solos desta região são constituídos principalmente de Latossolos (46%), de Argissolos (15,1%) e Areias Quartzozas (15,2%), com vários tipos de clima que vem a constituir diferentes ecossistemas, dentre eles, savanas, matas, campos e matas de galeria que ocorrem no Brasil Central (EITEN, 1977).

Os Neossolos Quartzarênicos (RQs) ocupam 30 milhões de ha, correspondendo aproximadamente 15 % da área do Cerrado. São originados, principalmente, de arenitos ou sedimentos arenosos não consolidados, apresentam baixa fertilidade, são muito permeáveis, mal estruturados e com limitações ao uso agrícola (MACEDO, 1994). O aumento da demanda por commodities agrícolas no mundo e as restrições ao desmatamento ocasionaram a utilização de áreas marginais, como a

exploração agrícola dos RQs na região dos Cerrados (BATLLE-BAYER et al., 2010; FRAZÃO et al., 2010a)

2.2 Uso de Plantas de Cobertura no Cerrado

No cerrado, o monocultivo e outras práticas inadequadas têm causado redução da produtividade, degradação do solo, com diminuição dos teores de matéria orgânica do solo (MOS) e conseqüente redução da fertilidade e aumento da erosão (MARCHÃO et al., 2007; SIQUEIRA NETO et al., 2009; VENDRAME et al., 2010). Sendo assim, a utilização de plantas de cobertura semeadas na entressafra, em sistema de plantio direto, traz diversos benefícios, dentre os quais, 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) , o que pode contribuir para o uso eficiente de fertilizantes nas culturas anuais em sucessão; podem estimular a atividade microbiana; conservação dos solos, pela maior agregação das partículas e pela proteção da superfície do solo ao impacto direto das chuvas.

Porém, o estabelecimento de culturas de cobertura para formação e manutenção da cobertura morta (palha) sobre o solo nos trópicos, principalmente nos cerrados, tem encontrado alguns obstáculos, pois as altas temperaturas associadas à adequada umidade promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais que são incorporados e dos que ficam na superfície do solo, além desses solos serem pobres em nutrientes. Com isso, vem surgindo vários estudos sobre as plantas de coberturas mais adequadas para promover proteção superficial permanente destes solos, e melhorar características químicas, físicas e biológicas desses solos (GUIMARÃES, 2000).

No cerrado, as gramíneas e leguminosas tem ganhado bastante espaço. O uso de plantas de cobertura com hábito perene, como a braquiária (*Urochloa ruziziensis*), proporciona significativo acúmulo de fitomassa, apresentando reduzida decomposição durante a entressafra (PACHECO et al., 2008). Apresentam crescimento vegetativo vigoroso (especialmente *Brachiaria*) tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, o que facilita o crescimento de raízes da cultura subsequente, pela formação de canais no solo que ajudam a aliviar a compactação (WANG et al., 1986). Geralmente

apresentam relação C/N da ordem de 40:1 (MONEGAT, 1991), o que as permite cobrir o solo por um longo tempo após o manejo, pela taxa de decomposição mais lenta.

As leguminosas, apesar de em geral não produzirem teor de matéria seca tão grande quanto gramíneas, destacam-se pela capacidade de, em associação com rizóbios do solo/inoculados, como *Rhizobium* sp., que possuem um complexo enzimático denominado nitrogenase; reduzir o N₂ atmosférico a NH₃ e posteriormente serem absorvidos pelas plantas (MERCANTE et al., 2011).

Em estudos de Carvalho et al. (2010), realizado no Distrito Federal com as espécies crotalária juncea, feijão-bravo-do-ceará, guandu, mucuna-preta, nabo forrageiro, braquiária ruziziensis, milho, sorgo e trigo; na quantidade de matéria seca produzida na floração, sorgo seguido do milho se destacaram com, respectivamente, 9,28 t ha⁻¹ e 6,56 t ha⁻¹.

Torres et al. (2008) avaliando sete plantas de cobertura: milho, braquiária brizantha, sorgo forrageiro, guandu, crotalária juncea, aveia-preta e a vegetação espontânea de uma parcela em pousio; em condições de Cerrado, obteve-se que o milho produziu a maior quantidade de fitomassa seca, seguido pelo sorgo e pela braquiária, com 10,3, 7,1 e 6 Mg ha⁻¹, respectivamente. Além disso, o milho e a crotalária foram as plantas de cobertura com maior acúmulo de nitrogênio nos períodos avaliados, entre as gramíneas e leguminosas estudadas, respectivamente.

Com relação à ciclagem de nutrientes, Pacheco et al. (2013) descobriu avaliando braquiária ruziziensis, braquiária brizantha, milho, braquiária ruziziensis mais guandu e pousio com predominância de trapoeraba, buva e picão-preto; que no acúmulo de N, P, K, Ca e Mg, o milho teve destaque aos 60 DAS, em Santo Antônio de Goiás e Rio Verde; e que as espécies braquiária brizantha, braquiária ruziziensis e o consórcio braquiária ruziziensis + guandu apresentam elevado acúmulo de fitomassa e nutrientes no final da entressafra.

Barbosa et al. (2012), observaram em um estudo utilizando "litter bag" para obtenção da matéria seca remanescente de duas cultivares de milho (ENA2, BRS 1501), um híbrido de sorgo e a área com vegetação espontânea); que o ENA 2 ao término dos 120 dias, ainda apresentava 75 kg ha⁻¹ de N na massa seca remanescente, contra 30,08 kg ha⁻¹, 46,95 kg ha⁻¹ e 7,55 kg ha⁻¹, respectivamente, para o BRS 1501, sorgo e a VE. A cultivar ENA 2 apresentou maior relação C/N, maiores teores de lignina e maior T/ para massa seca, com degradação mais lenta, e apresentou maior acúmulo e liberação mais gradativa de todos os macronutrientes avaliados, desde o

corte, a maturação (tempo zero), até os 120 dias após; sendo mais recomendável para utilização como planta de cobertura do solo e recicladora de nutrientes.

2.3 Nitrogênio no Solo e sua Importância para a Agricultura

O nitrogênio (N) é um importante nutriente muito demandado pela maioria das culturas. Este elemento promove modificações morfofisiológicas na planta, estando relacionado com a fotossíntese, desenvolvimento e atividades das raízes, absorção iônica de nutrientes, crescimento e diferenciação celular (CARMELLO, 1999). Além de ser um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade, exerce influência no crescimento e desenvolvimento tendo efeito direto nas relações fonte-dreno, por alterar a distribuição de assimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva (HUETT e DETTMANN, 1991). Porém, sua característica de grande mobilidade no solo e sua volatilidade torna um dos entraves à produtividade de diversas culturas (GALVÃO, 2012).

Em trabalho de Martuscello et al. (2005), sobre as características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada, verificou-se que houve um incremento da taxa de alongamento de até 37% para a mais elevada dose de N (120 mg/dm³) em relação à ausência de adubação nitrogenada. Resultados semelhantes encontrados por (Gastal e Nelson, 1994; Duru e Ducrocq, 2000). Fato este que foi justificado por Volenec e Nelson (1994) devido a maior produção de células. A capacidade da planta em expandir suas folhas é dependente da taxa de alongamento do meristema intercalar (zonas de divisão celular). Essa zona de alongamento é um local ativo de grande demanda por nutrientes (Skinner e Nelson, 1995). Segundo Gastal e Nelson (1994), o maior acúmulo de N encontra-se na zona de divisão, explicando a resposta positiva do capim-xaraés à adubação nitrogenada. Além disso, a adubação nitrogenada exerce efeito positivo no aparecimento foliar, no número de perfilhos, de folhas vivas e no comprimento final da lâmina em plantas de capim-xaraés.

Soratto (2004), observou ao avaliar o teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada, que a aplicação de N em cobertura proporcionou aumentos no teor de N nas folhas do feijoeiro, sendo no sistema de preparo convencional o maior teor de N nas folhas foi alcançado com a dose estimada

de 185 kg ha⁻¹ de nitrogênio; também houve um aumento do teor de clorofila, o que é justificado pelo fato desse elemento fazer parte da molécula de clorofila (Malavolta et al., 1997); e também a aplicação de doses mais elevadas de N proporcionou maiores produtividades, sendo no sistema de preparo convencional, a produtividade máxima foi alcançada com a dose estimada de 129 kg ha⁻¹ de N em cobertura, enquanto no sistema de plantio direto, a dose estimada foi de 182 kg ha⁻¹ de nitrogênio; o que está associado ao melhor aproveitamento do N absorvido no plantio direto.

A adubação nitrogenada em cobertura também proporcionou um aumento das características número de folhas por planta e altura de plantas aos 30 e 45 DAE diâmetro do caule, diâmetro do capítulo, massa de 100 aquênios, número de aquênios por capítulo e produtividade de aquênios, sendo que a dose de N, de máxima eficiência técnica indicada para se ter uma boa produtividade é de 55 kg ha⁻¹ de N para o cultivo do girassol na região de Cassilândia-MS (BISCARO, 2008).

Já na cultura da melancia, em estudos de Barros et al. (2012) a produção aumentou significativamente com as doses de nitrogênio, seguindo um modelo quadrático enquanto o número de frutos seguiu um modelo linear decrescente. Os componentes de qualidade da melancia, exceto pH, espessura de casca e relação comprimento/diâmetro, foram influenciados positivamente pela adubação nitrogenada.

Entretanto, para se obter tais benefícios, o N disponível para as plantas não depende somente da dose de adubo nitrogenado, depende também, entre outros fatores, da quantidade de MOS no solo, da característica dos resíduos vegetais, do manejo adotado, do tipo de solo, da umidade, da aeração e da temperatura do solo.

2.4 A Cultura do Milho em Sucessão a Plantas de Cobertura

A utilização de plantas de cobertura durante o período de entressafra, dentre tantos benefícios, proporciona a melhoria da capacidade produtiva do solo, favorece sua estruturação e fornece nutrientes às culturas em sucessão (WILDNER e DADALTO, 1992). Acentuada redução nas perdas de solo e de água e a diminuição da temperatura do solo durante o verão, decorrentes da presença de resíduos culturais na superfície, após o manejo das espécies de inverno, têm sido relatadas em inúmeros trabalhos de pesquisa (DERPSCH et al., 1985; BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990; DEBARBA e AMADO, 1997).

Dentre as espécies de plantas de cobertura mais utilizadas se encontram as leguminosas, que possuem menor relação C/N, principalmente pela atraente capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e, por isso, decompõe-se rapidamente; e as gramíneas, que destacam-se pela alta produtividade mesmo em condições adversas. Torres et al (2005), por exemplo, verificaram que as gramíneas obtiveram maior produção total de matéria seca (MS) do que as leguminosas tanto em condições de seca quanto de alta pluviosidade.

Uma alternativa para aumentar a disponibilidade de N no solo seria o uso de espécies leguminosas como culturas antecessoras ao milho, por possuírem elevada capacidade dessas plantas em fixar N atmosférico através da simbiose com bactérias específicas do gênero *Rhizobium*, aumentando a concentração deste nutriente no solo após a decomposição do resíduo (CHERUBIN et al., 2014). A quantidade de N acumulada durante o ciclo de espécies leguminosas, como a ervilhaca comum (*Vicia sativa*), pode chegar a 220kg ha⁻¹ (MONEGAT, 1991). Cerca de 60% do N presente na matéria seca da parte aérea desta espécie são liberados durante os primeiros 30 dias após seu manejo (AMADO et al. 1999; AITA et al., 2001; AITA e GIACOMINI, 2003). Isso permite reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados industriais no milho cultivado em sucessão e, conseqüentemente, o custo de produção da lavoura e o risco de contaminação ambiental devido à lixiviação de nitrato.

Collier et al. (2006) constataram que os tratamentos com resíduos de crotalária estão associados a maiores produtividades de grãos, sugerindo uma economia comparativa de fertilizantes nitrogenados. A produtividade de grãos de milho obteve resposta em níveis crescentes de adubação nitrogenada quanto aos resíduos de feijão-de-porco enquanto que, na ausência da adubação nitrogenada, o rendimento médio de grãos de milho em sucessão à crotalária foi 26% superior se comparado ao milho cultivado em sucessão ao feijão-de-porco.

Damasceno (2019), constatou que as plantas de cobertura, feijão-de-porco e calopogônio, proporcionaram incrementos sob os componentes de produção do milho cultivado em sucessão, na ordem de 14,03 e 13,50 t ha⁻¹ para matéria seca da parte aérea das plantas de milho; 231,22 e 228,7 cm para altura de plantas; 109,79 e 109,71 cm para altura de inserção das espigas; 57,08 e 54,91 mil plantas ha⁻¹ para população final de plantas; 53387,63 e 51354,10 ha⁻¹ para número total de espigas; 192,53 e 184,32 g para peso de espiga sem palha; 20,38 e 20,80 cm para comprimento de espiga; 14,51 e 13,47 para número de fileiras de grãos na espiga; 29,94 e 28,31 para número de

grãos na fileira e 581,01 e 555,40 g para número total de grãos por espiga, respectivamente. E as plantas de cobertura que menos influenciaram no rendimento destas variáveis foram as gramíneas, *brachiária decumbens*, *brachiária ruziziensis* e milho, não diferindo estatisticamente entre si.

2.5 Adubação Nitrogenada para a Cultura do Milho

Entre os fatores responsáveis pela alta produtividade da cultura do milho, está o aumento expressivo do uso dos fertilizantes nitrogenados. O nitrogênio é o nutriente absorvido em maiores quantidades pela cultura do milho e o que tem maior influência na produtividade, com inúmeras funções relevantes nas suas atividades fisiológicas. Segundo Uhart e Andrade (1995) e Escosteguy et al. (1997), o N determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos.

Sua disponibilidade afeta diretamente a área foliar, a taxa de fotossíntese, o crescimento do sistema radicular, o tamanho de espigas, o número e a massa de grãos e a sanidade de grão (PIONNER, 1995). O aumento da dose aplicada de N, na maioria das vezes, proporciona aumento no rendimento da cultura (LANTMANN et al., 1986).

Pesquisas com adubação nitrogenada em milho mostraram efeito positivo sobre a produtividade, no índice de área foliar, na massa de 100 sementes, no número de sementes/espigas, na altura da planta, bem como no rendimento de biomassa e índice de colheita (ULGER et al. 1995). Boquet et al. (1988) afirmaram que o rendimento, massa de grãos individual, massa específica, número de grãos, massa/espiga e conteúdo de proteína no grão de milho aumentaram com o aumento da dose de N aplicada (0-250 kg ha⁻¹) e que a dose ótima para todas as densidades testadas foi estimada em 100 kg ha⁻¹.

Costa (2000) trabalhou com três doses de nitrogênio na semeadura (30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N) e três doses de nitrogênio em cobertura (30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N) e demonstrou que as diferenças entre tratamentos não foram significativas para: diâmetro da espiga, tamanho da espiga, número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, teor de nitrato, nitrogênio total e matéria seca total e foram significativas para diâmetro do colmo e produtividade. Observou-se que a aplicação de 30 kg ha⁻¹ na semeadura e 90 kg ha⁻¹ em cobertura

proporcionou maior produtividade, sendo essa a melhor estratégia de parcelamento da adubação nitrogenada.

Ao estudarem sobre fertilizantes nitrogenados na cultura do milho, Frazão et.al. (2014), descobriram que para as variáveis massa seca de parte aérea (MSPA) e massa de cem grãos (MCG) houve um aumento linear com o incremento das doses de N; assim como Oliveira e Caires (2003) e Souza et al. (2011), que também observaram aumentos lineares na MCG com as doses de N em milho. Neste sentido, o aumento das doses de N pode ter favorecido o enchimento de grãos e o aumento da sua densidade.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização da Área de Estudo

O experimento foi realizado na área experimental Fazenda Olindina Batista, localizado no município de Riachão das Neves, BA, entre as coordenadas 11°58'45.4" de latitude Sul e 44°57'47.1" de longitude Oeste. O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Bw, quente e seco com chuvas de inverno, tendo uma média de temperatura que varia em torno de 34° C e 18° C (INMET, 2004). A precipitação anual é superior a 1.000 mm e a evapotranspiração anual se situa entre 1.400 mm e 1.600 mm. O período chuvoso ocorre entre outubro e março e período seco entre abril e setembro. O solo foi classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO cujas características químicas se encontram na Tabela 1, sendo caracterizado por apresentar textura areia franca, profundos, pobre em saturação por base e matéria orgânica (EMBRAPA, 2018).

Tabela 1. Caracterização química e física do Neossolo Quartzarênico antes da instalação do experimento na profundidade de 0-20 cm.

Caracterização Química do Solo									
pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	SB	CTC	V	P
-----cmol/dm ³ -----								%	mg/dm ³
5,49	1,70	0,99	0,00	1,65	0,18	2,78	4,43	62,76	7,89
Caracterização Física do Solo									
Areia			Silte			Argila		Silte/Argila	
-----%-----									
95,78			1,83			2,37		0,77	

3.2 Delineamento Experimental, Tratamentos e Parcelas

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcela subdividida em quatro repetições. As parcelas principais teve como tratamentos principais três plantas de cobertura (Crotalaria, Brachiaria e Pousio) e as subparcelas, os tratamentos secundários compostos por cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹). A

dose 100 kg ha⁻¹ foi estabelecida como padrão, pois é a recomendada para a região do Cerrado, segundo Sousa e Lobato (2004). As demais doses foram estabelecidas a partir da dose padrão. As parcelas principais foram constituídas de 10 metros de comprimento por 2,5 metros de largura (25 m²). Cada subparcela constituída por 2 metros de comprimento por 2,5 metros de largura (5 m²), sendo que para a cultura do milho, as avaliações foram realizadas nas duas linhas centrais, dispensando-se as duas primeiras linhas com plantas de bordaduras (área útil de 2 m² de cada subparcela, totalizando 10 m² dentro de cada parcela principal).

3.3 Instalação e Condução do Experimento

Inicialmente, com auxílio de um trado inox holandês, foi coletado uma amostra composta da área experimental (amostra composta proveniente de 15 amostras simples) na profundidade de 0-20 cm afim de avaliar a fertilidade do solo antes da instalação do experimento para possíveis correções do solo. As amostras devidamente identificadas foram transportadas do campo ao Laboratório de Química e Física do Solo pertencente ao Departamento de Ciências Humanas da Universidade do Estado da Bahia, UNEB, onde foram secas ao ar ou estufa (45° C), destorroadas e passadas em peneiras de malha 2,0 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA) e, conseqüentemente, o encaminhamento para fins de análises químicas como pH, Ca, Mg, K, P, H+Al, Al e matéria orgânica do solo, granulométrica (areia, silte e argila) e densidade do solo (Ds) segundo metodologia da Embrapa, (2017). O plantio das plantas de coberturas foi realizado manualmente, utilizando-se espaçamento entre fileiras de 0,70 m. Após a germinação de todas plantas de cobertura foi realizado o desbaste afim de obter melhor uniformização das plantas nas parcelas. Após 45 a 50 dias foi realizado o dessecamento das plantas para obtenção da palhada na superfície do solo. Após o dessecamento das plantas de cobertura e formação da palhada no solo, foi semeado o milho manualmente, utilizando um espaçamento nas entrelinhas de 0,80m e 8 a 10 sementes por metro e, após 15 dias foi realizado o desbaste para 70.000 plantas por ha⁻¹. Por se tratar de um solo com menos de 15% de argila, as doses de nitrogênios (tratamentos secundários) foram parceladas da seguinte forma: 50% aplicado quando a cultura do milho atingiu 4 a 6 folhas, 50% quando a cultura atingir 8 a 10 folhas. O potássio e fósforo foram aplicados de acordo com as recomendações de Sousa e Lobato,

(2004). Demais tratos culturais foram realizados de acordo com as exigências da cultura.

3.4 Determinação das Variáveis para o Balanço de Nitrogênio

Para a determinação do balanço de nitrogênio no sistema de produção milho sob palhada de plantas de cobertura foi considerado a seguinte equação:

$$BN = (\text{Entradas} + \text{Créditos}) - \text{Saídas}$$

Nas entradas ou aporte de nitrogênio no sistema foram consideradas a quantidade de nitrogênio aplicados de acordo com as recomendações de Sousa e Lobato, (2004), ou seja, a quantidade de 100 kg ha⁻¹ (fertilizantes minerais). Já para os créditos nos sistemas foram considerados os teores de nitrogênio no solo, o nitrogênio reciclado pelas diferentes palhadas das plantas de cobertura. Em relação as saídas ou remoção, foi levado em consideração os teores de nitrogênio em cada fracionamento da planta do milho. Imobilização ou mineralização, não foram levadas em consideração pois, antes da instalação do experimento, a área permanecia em pousio, considerando o efeito do nitrogênio nulo devida sua imobilização (AMADO e MIELNICZUK, 2000). As metodologias são expressas a seguir.

3.4.1 Determinação da Massa Seca (MS)

As amostragens das plantas de milho foram realizadas após a maturação fisiológica (aproximadamente 110 dias após a semeadura) e a para isso foram coletadas três plantas de milho rente ao solo em cada unidade experimental de forma aleatória na área útil. Após a coleta foi realizado o fracionamento nas plantas de milho em folhas, colmo, pendão, palha, sabugo e grãos. Após a amostragem e fracionamento, cada parte foi acomodada em estufa de circulação de ar forçada à 65° C durante 48 horas. A massa seca (MS) de cada parte da planta de milho foi realizada através da pesagem utilizando balança digital de precisão, sendo seus valores expressos em kg ha⁻¹.

3.4.2 Determinação dos Teores de Nitrogênio na Planta (TN)

A determinação do teor de nitrogênio foi realizada em cada fracionamento constituinte da planta, sendo estes: folhas, colmo, pendão, palha, sabugo e grãos. Neste caso, foi utilizado as amostras aferidas a matéria seca, sendo as mesmas moídas e, posteriormente, realizadas sua digestão por via úmida com peróxido de hidrogênio e ácido sulfúrico. O extrato obtido passou por destilação conforme o método de Kjeldahl, segundo Tedesco et. al., (1995). Os resultados foram expressos em g kg^{-1} .

3.4.3 Nitrogênio Extraído (NE)

Para quantificar o nitrogênio extraído (NE) em cada fracionamento da planta foi determinado o produto entre o teor de nitrogênio em cada fração da planta (TN), expresso em g kg^{-1} , e sua massa seca (MS), expressa em kg ha^{-1} . Para a obtenção dos valores em kg ha^{-1} , os resultados foram divididos por 1000, conforme equação abaixo.

$$\text{NE} = (\text{TN} * \text{MS}) / 1000$$

3.4.4 Determinação dos Teores e Estoque de Nitrogênio no Solo

Em cada subparcela, com auxílio de um trado, foram coletadas três amostras simples na profundidade de 0-20 (espessura de 20 cm) cm entre linha das plantas de milho para a formação de uma amostra composta. As amostras foram destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A determinação dos teores de nitrogênio foram obtidos conforme método de Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). Com os resultados da densidade do solo (D_s), em kg dm^{-3} e do teor de N total do solo (TNS), em g kg^{-1} , foi obtido o estoque de nitrogênio (EstN) do solo pela seguinte expressão:

$$\text{EstN} = (\text{TNS} * D_s * \text{Espessura})$$

3.4.5 Taxa de Decomposição de Nitrogênio no Solo

A decomposição e liberação de nutrientes foram realizadas apenas com a palhada das plantas de coberturas distribuídas na parcela principal, porém, foi levado

em consideração apenas as subparcelas com dose de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Para isto foi instalado um ensaio usando “litter bags” (sacolas de náilon), sendo estas confeccionadas em náilon com abertura de malha de 0,5 m e dimensões externas de 0,2 x 0,2 m.

Em cada parcela foi retirado amostras (500 gramas) da palhada das plantas de cobertura, que estavam na superfície do solo (após a dessecação e início da introdução da semeadura do milho), e acondicionadas em litter bags. As sacolas foram dispostas sobre a superfície do solo na linha do milharal em cada parcela de onde foi retirado o material para seu preenchimento e coberto com resíduos vegetais provenientes das próprias plantas de coberturas de forma que o material, em seu interior, permanecesse em condições idênticas às do material em seu em torno.

A avaliação de liberação de nitrogênio foi feita ao longo do tempo, totalizando-se dois: aos 0 e 110 dias após a semeadura do milho. O tempo 0 foi considerado a data de semeadura. No período de amostragem, as sacolas foram levadas para o laboratório de Química e Física do Solo da UNEB, limpas manualmente, e pesadas com auxílio de uma balança digital de precisão, retirando-se, de cada, uma subamostra, em seguida eram devolvidas ao mesmo local no campo.

As subamostras retiradas de cada sacola foram pesadas e secadas em estufa a 65 °C até atingir massa constante e em seguida, moídas e determinados os teores de nitrogênio (TEDESCO et al., 1995). A partir dos teores de nitrogênio determinado em cada período de avaliação, foi estimado sua quantidade nos resíduos das plantas de cobertura, conforme equação abaixo.

$$NSR = \{1 - [(ANi - ANf)/ANi]\} * 100$$

Sendo, a NSR = percentual de nutriente remanescente ao tempo de 0 e 110 dias após a semeadura do milho, expresso em %, ANi = acúmulo inicial de nitrogênio presente nos resíduos, expresso em g g⁻¹ e ANf = acúmulo final de nutriente presente nos resíduos, expresso em g g⁻¹.

3.5 Componentes morfológicos e estimativa da produção

Ao atingir a maturação fisiológica (aproximadamente 110 dias após a semeadura), foram avaliados os componentes morfológicos, como altura da planta e diâmetro do colmo; e de produção, como massa de 100 grãos e estimativa da produtividade de grãos, colhendo-se todas as espigas da área útil das subparcelas, que foram transformados em kg ha⁻¹, com a umidade corrigida para 13%.

3.6 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e posteriormente, realizado a análise de regressão, sendo que os modelos polinomiais foram escolhidos de acordo com a significância dos coeficientes pelo teste de t ($p < 0,05$) e com melhor ajuste dos coeficientes de determinação (R^2). Para a realização das análises foi utilizado o programa estatístico SISVAR versão 5,6 (FERREIRA, 2011). Para o balanço de nitrogênio foi utilizada a equação apresentada neste projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da análise da variância dos componentes de produção e produtividade do milho apresentados na Tabela 2 indicam que houve um efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos das parcelas (plantas de cobertura) sobre as variáveis massa seca do colmo, massa seca da palha e produtividade; e das subparcelas (doses de N) sobre as variáveis altura de plantas, massa seca do colmo, e produtividade. Observou-se também que só houve interação significativa entre plantas de cobertura versus doses de N apenas para as variáveis massa de 100 sementes e produtividade.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (Teste F) dos componentes de produção e produtividade do milho em sucessão com plantas de cobertura em Neossolo

Fonte de Variação	G L	ALT	DIA	MPE	MCO	MFO	MPA	M100	Prod.
Blocos	2	0,40 ^{ns}	3,06 ^{ns}	1,18 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,76 ^{ns}	3,26 ^{ns}	0,56 ^{ns}	6,36 ^{ns}
Plantas de Cobertura (C)	2	1,75 ^{ns}	4,38 ^{ns}	1,22 ^{ns}	37,06*	1,97 ^{ns}	14,23*	2,91 ^{ns}	12,04*
Resíduo (a)	4								
(parcelas)	8								
Doses de N (DN)	4	10,01**	2,64 ^{ns}	2,66 ^{ns}	3,36*	4,09*	2,34 ^{ns}	1,71 ^{ns}	96,21**
Interação (C x N)	8	2,12 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,35 ^{ns}	3,07*	20,54**
Resíduo (b)	24								
Total	44								
CV (%) parcelas		5,66	8,64	20,83	32,08	7,43	23,16	12,65	12,65
CV (%) subparcelas		8,61	9,32	17,89	47,75	15,84	27,37	15,23	15,23

Quartzarênico no Cerrado.

ALT = altura de plantas (cm); DIA = diâmetro do caule (mm); MPE = massa seca do pendão (g); MCO = massa seca do colmo (g); MFO = massa seca da folha (g); MPA = massa seca da palha (g); M100 = massa de 100 sementes (g); Prod = produtividade (kg/ha). ** Significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade. * Significativo apenas a 0,05 de probabilidade. ^{ns} não significativo.

Os efeitos das plantas de cobertura sobre os componentes de produção e produtividade da cultura do milho se encontram na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios dos componentes de produção e produtividade do milho em sucessão com plantas de cobertura em Neossolo Quartzarênico no Cerrado.

Tratamentos	ALT	DIA	MPE	MCO	MFO	MPA	M100	Prod.
Plantas de Cobertura								
Crotalária	140,27a	28,70a	2,52a	65,39a	36,02a	19,44a	31,99a	4.671ab
Braquiária	144,25a	27,15a	2,72a	80,64a	34,81a	14,65ab	26,83a	6.571 a
Pousio	132,61a	25,04a	2,11a	38,06b	32,41a	12,51b	26,63a	4.571b
DMS	22,50	4,42	1,42	17,80	6,59	4,74	8,96	546,06
CV (%)	4,25	6,78	12,69	35,15	5,31	22,85	10,65	21,37

ALT = altura de plantas (cm); DIA = diâmetro do caule (mm); MPE = massa seca do pendão (g); MCO = massa seca do colmo (g); MFO = massa seca da folha (g); MPA = massa seca da palha (g); M100 = massa de 100 sementes (g);

Prod = produtividade (kg/ha). Médias seguidas de letra diferente na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

A altura de plantas é uma característica genética influenciada pelo ambiente no qual a planta se desenvolve. Porém, não houve variação significativa na altura das plantas em função das plantas de cobertura, fato também verificado por Carvalho et al. (2004) e Rosa et al. (2011). Resultados estes que se contrapõem com os de Silva et al. (2006b), que os maiores valores para a altura da planta e da inserção da espiga foram para o milho cultivado em sucessão à *Crotalária juncea*. Por outro lado, ocorreu um aumento significativo para esta variável à diferentes doses de nitrogênio, confirmando que o nitrogênio está associado, dentre outras funções na planta, ao crescimento vegetativo; assim, foi confirmada a resposta positiva à aplicação de N mineral em sistema de plantio direto (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

Os valores médios de diâmetro do colmo não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 2). O diâmetro do colmo é uma característica geneticamente intrínseca ao cultivar não sofrendo, portanto, muita influência de fatores do meio (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). Em pesquisa desenvolvida por Casagrande & Fornasieri Filho (2002), obtiveram-se resultados semelhantes, não observando-se diferenças significativas em relação às doses de nitrogênio.

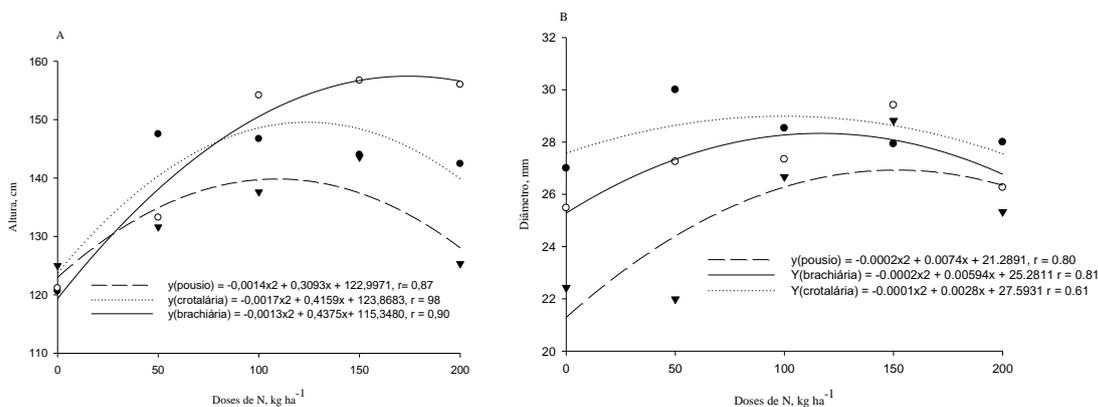


Figura 01. Altura (A) e diâmetro (B) do milho sob diferentes doses de nitrogênio e em sucessão à plantas de cobertura (o – braquiária, ● – crotalária, ▼ – pousio) num Neossolo Quartzarênico no Cerrado.

Com relação à massa seca do colmo, constatou-se que houve efeito significativo tanto para plantas de cobertura, quanto para doses de nitrogênio. Em plantas de cobertura, teve uma superioridade nos tratamentos com o milho em sucessão a

braquiária e crotalária; assim como vem sendo observado em outras regiões do país (GONÇALVES e CERETTA, 1999; CARVALHO et al., 2004; TORRES et al., 2005).

Já para os tratamentos com doses de nitrogênio, a produção de massa seca do colmo atingiu seu máximo, com 1556,48 kg ha⁻¹ quando atingiu dose máxima de 100,94 kg ha⁻¹ de N em plantas em sucessão à braquiária, como observado na figura 2A. Quando em sucessão à crotalária, atingiu seu máximo, com 1080 kg ha⁻¹ quando atingiu dose máxima de 106,63 kg ha⁻¹ de N. Isto pode ter ocorrido devido ao fato da braquiária ser uma gramínea tropical perene, que consegue absorver bastante nutrientes do solo e promover ciclagem de nutrientes, e ainda apresentar grande potencial de manutenção da palha sobre o solo, devido à sua alta relação C/N e lignina/N total, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, como o Cerrado (TEIXEIRA et al., 2011).

O colmo do milho é responsável pelo armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos. Em virtude disso, o aumento da massa seca do colmo pode contribuir para o aumento da produtividade do milho, como pôde ser observado mais à frente (BRITO et al., 2014).

A massa seca das folhas do milho diferiu estatisticamente apenas nas doses de nitrogênio. Ao analisar o gráfico de regressão (fig. 2B), percebe-se que a crotalária atinge sua dose máxima em 82,24 kg ha⁻¹ de N e produzindo 546,89 kg ha⁻¹ de matéria seca de folhas, enquanto que a brachiária teve sua dose máxima em 144 kg ha⁻¹ e produzindo 516,34 kg ha⁻¹; e pousio com dose máxima em 173,19 kg ha⁻¹ e produzindo 506,76 kg ha⁻¹. Referidos resultados são relevantes haja vista que a crotalária é uma leguminosa que fixa biologicamente o N atmosférico, liberando para as culturas em sucessão, de forma mais rápida em relação as gramíneas, por apresentarem uma relação C:N menor que 20 (ARGENTA et al., 2001). O N atua diretamente no processo de divisão e expansão celular, além de fazer parte da molécula de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997). Com isso, o maior teor de N foliar contribui para um maior índice de área foliar e acúmulo de carboidratos, em função da fotossíntese, proporcionando maior crescimento e desenvolvimento da planta de milho (MALAVOLTA et al., 2006; SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2006b).

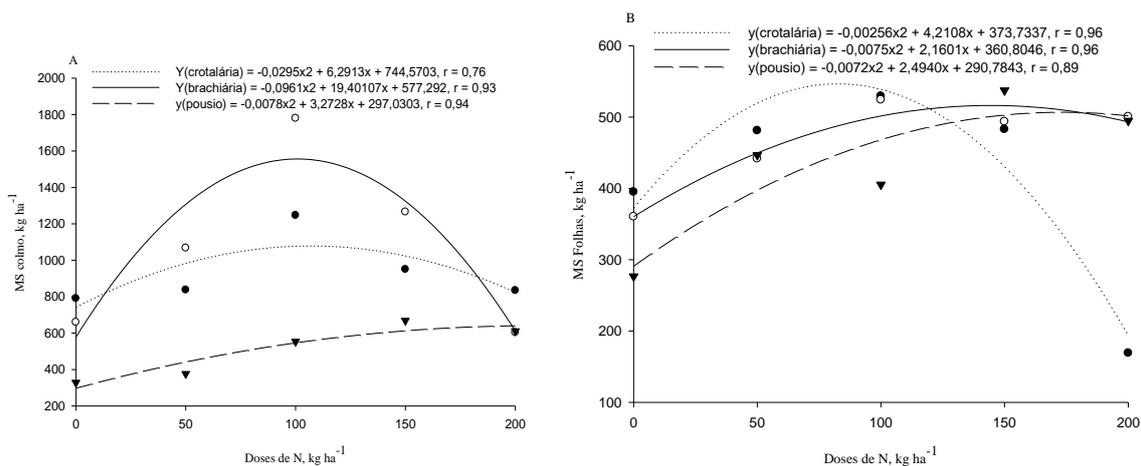


Figura 02. Matéria seca do colmo (A) e folhas (B) do milho sob diferentes doses de nitrogênio e em sucessão à plantas de cobertura (o – braquiária, ● – crotalária, ▼ – pousio) num Neossolo Quartzarênico no Cerrado.

A atividade fotossintética e conseqüentemente a produção de matéria seca da palha pode ser determinada pelo nível de disponibilidade do nitrogênio (JEUFFROY et al., 2002). Neste trabalho, a matéria seca da palha não foi significativa para doses de nitrogênio, apenas para plantas de cobertura. Portanto, na dose 0 de N, ou seja, sem aplicação de fertilizante, a crotalária teve sua produção de massa seca da palha em $266,32 \text{ kg ha}^{-1}$; a brachiária com $130,924 \text{ kg ha}^{-1}$ e pousio com $114,86 \text{ kg ha}^{-1}$, diferente do encontrado por Carvalho et al. (2011), em que avaliaram a resposta do milho DBK 390 com as doses de nitrogênio, obtiveram diferença significativa e uma maior produção de massa seca quando submetidas a dose de 160 Kg ha^{-1} .

Em Santo Antônio de Goiás, o pousio apresentou as menores médias de fitomassa em quase todas as épocas, em virtude do baixo crescimento vegetativo da comunidade infestante. O uso de pousio na região dos Cerrados tem sido conduta bastante comum na agricultura, o que pode resultar em quantidades insatisfatórias de fitomassa para um manejo conservacionista do solo, bem como dificultar o manejo de plantas daninhas durante o ciclo de crescimento das culturas anuais (PIRES et al., 2008).

Araújo et al. (2004) verificaram aumento de 27,10% na produção de massa seca da parte aérea quando compararam o tratamento sem adubação nitrogenada com o tratamento de 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Carvalho et al. (2011) avaliando a resposta do milho DBK 390 com as doses de nitrogênio, verificaram ajuste à modelo linear, com a maior produção de massa seca da parte aérea quando submetidas a dose de 160 Kg ha⁻¹. A atividade fotossintética e consequentemente a produção de matéria seca pode ser determinada pelo nível de disponibilidade do nitrogênio (JEUFFROY et al., 2002). Em trabalho realizado por Larcher (1986),

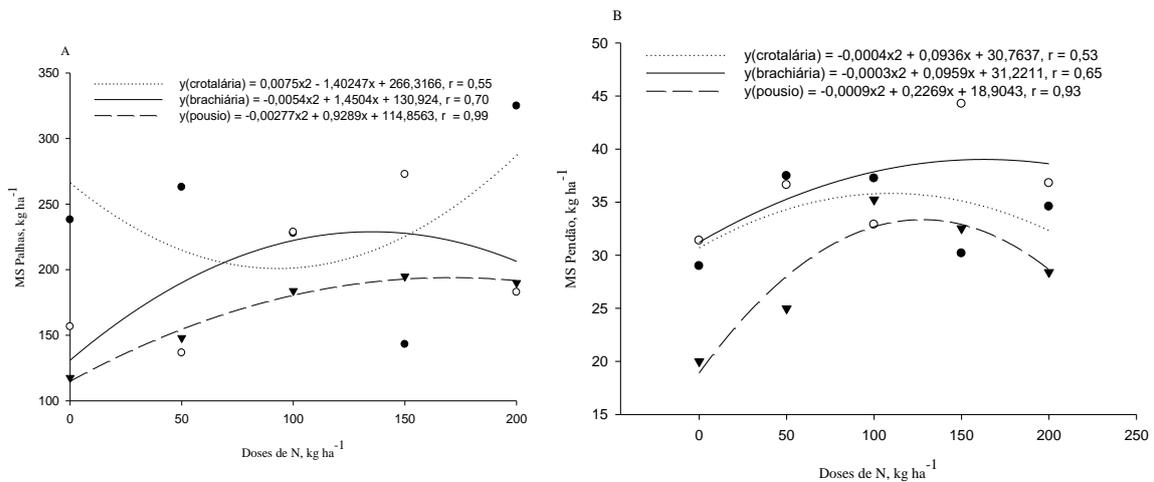


Figura 3. Matéria seca da palha (A) e pendão (B) do milho sob diferentes doses de nitrogênio e em sucessão à plantas de cobertura (o – braquiária, ● – crotalária, ▼ – pousio) num Neossolo Quartzarênico no Cerrado.

Ao avaliar a massa seca do pendão, verifica-se que não houve diferença significativa para os tratamentos; ao contrário do observado por Schlichting (2012) que analisando as doses de nitrogênio, verificou-se que houve um incremento de 17,90% na massa seca do pendão do milho quando submetido a maior dose de nitrogênio (200 mg dm⁻³) aplicada, com ausência da adubação nitrogenada.

Na massa de 100 grãos, não foi observado significância com efeito isolado para as plantas de cobertura e doses de nitrogênio. Porém ao observar os valores médios da massa de 100 grãos de milho em sucessão a plantas de cobertura, foi observado que a crotalária apresentou maior massa quando comparada com as demais plantas, resultado este citado também por Silva et al. (2006a) que encontraram maior massa de 100 grãos em plantio de milho em palha de crotalária quando comparada com milheto e pousio.

Os benefícios para a cultura do milho em sistemas de sucessão com leguminosas, também foram observados por Silva et al. (2006b) que obtiveram médias superiores para massa de mil grãos e produtividade de grãos de milho, utilizando a crotalária juncea em pré-cultivo como planta cobertura.

Em relação as doses de nitrogênio, Schlichting (2012) observou que a adubação nitrogenada contribuiu para um aumento de 9,9% na massa de 100 grãos, afirmando que a formação de grãos na cultura do milho está estreitamente relacionada com a translocação de açúcares e de nitrogênio (Karlen et al., 1988) em órgãos vegetativos, sobretudo das folhas para os grãos. Melgar et al. (1991) conseguiram incremento linear na massa de grãos de acordo com as doses na variedade BR 5102, apresentando variação de 260 g (testemunha) a 277 g (120 kg ha⁻¹ de N). Araújo et al. (2004) verificaram aumento de 21,84% na produção de grãos ao comparar o tratamento sem adubação nitrogenada com o tratamento com 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Segundo Carvalho et al. (2001) e Mohammadi et al. (2003) que constataram por meio de análises que a massa do grão é o componente mais importante na predição da produção do milho. Para Borrás e Otegui (2001), a massa de grãos é o componente da produção menos afetado por variações nas práticas de manejo e adubação, o que não foi verificado no presente estudo.

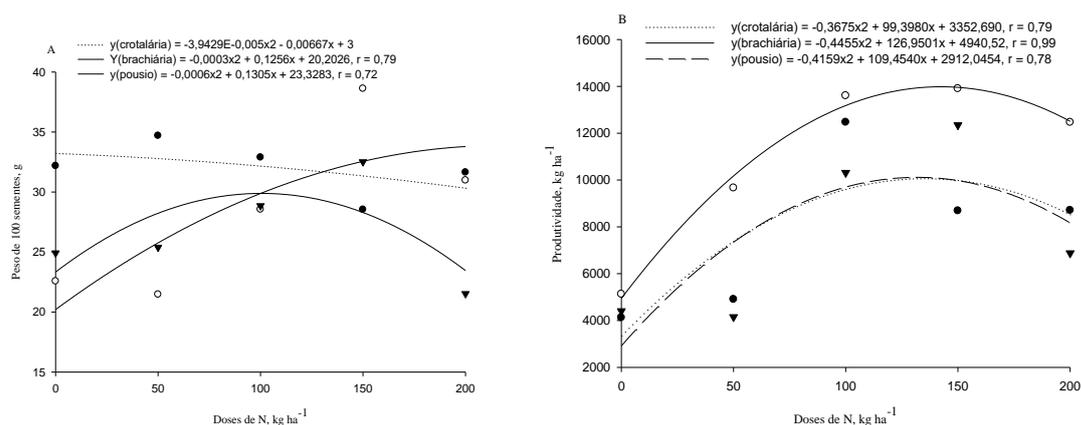


Figura 4. Matéria seca de 100 grãos (A) e produtividade (B) do milho sob diferentes doses de nitrogênio e em sucessão a plantas de cobertura (o – braquiária, ● – crotalária, ▼ – pousio) num Neossolo Quartzarênico no Cerrado.

A produtividade do milho foi maior quando cultivado sobre resíduos de braquiária, um valor intermediário foi conseguido com cultivo após a crotalária e o pior desempenho ocorreu no milho cultivado sobre o pousio (Tabela 3). Fato este decorrente à menor relação C/N e, sobretudo, as maiores quantidades de nutrientes solúveis em água na leguminosa são fatores que podem interferir na liberação de nutrientes para as culturas anuais em sucessão (GIACOMINI et al., 2003). Espera-se que plantas de cobertura não apenas apresentem resistência à decomposição, mas que possibilitem a maior liberação possível de nutrientes para o solo, para que possam protegê-lo e, ao mesmo tempo, favorecer o desenvolvimento das culturas anuais em sucessão, sendo uma característica da brachiária ruziziensis, mostrando o seu potencial como planta de cobertura. Assim como observado por Carvalho et al. (2011), que atribuíram a elevada taxa de decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa de *U. ruziziensis* aos baixos teores de lignina e celulose da espécie (3,67 e 10,95%, respectivamente)

Estes resultados diferem do observado por Silva et al. (2006a), que encontraram resultados favoráveis à crotalária juncea quando comparada com milho ou área de pousio, na avaliação deste mesmo parâmetro em plantio de milho em diferentes coberturas de solo. Bertin et al. (2005) também observaram que a maior média em produtividade foi alcançada pelo cultivo do milho em sucessão à crotalária; e Torres et al., (2014), encontrou uma produtividade de milho sempre superior quando semeado sobre a crotalária em cinco safras consecutivas entre os anos de 2000-2005.

Na tabela 4 é apresentado o balanço teórico de nitrogênio num Neossolo Quartzarênico cultivado com milho em sucessão a plantas de cobertura no Cerrado. O mesmo, é uma importante ferramenta indicadora de sustentabilidade da agricultura, a qual contabiliza a quantidade de nutrientes que entra no sistema agrícola, em relação com a quantidade que deixa o sistema pelos produtos colhidos (CUNHA et al., 2010).

Tabela 4. Balanço teórico de nitrogênio num Neossolo Quartzarênico cultivado com milho em sucessão a plantas de cobertura no Cerrado.

Cobertura	Matéria Seca		Teor de N (45dias)		Acúmulo de N
	--Mg ha ⁻¹ --		--g kg ⁻¹ --		
Crotalária	7,43		9,10		67,61
Braquiária R	4,69		10,91		51,16
Pousio	0,94		17,42		16,37
Adubação + Cobertura	Entrada (I)			Saída (II)	Balanço (I-II)
	Fertilizantes	Créditos	Total		
-----kg ha ⁻¹ -----					

A+SPL	100	-	100	112	-12
A+CR	135	81,29	216,29	174	42,29
A+BR	155	61,05	216,05	190	26,05
A+PO	131	26,68	157,68	144	13,68

A+SPL = adubação + sem planta de cobertura. A+SPL = 100 (Sousa e Lobato, 2004); A+CR = 135 ($y = -0,3675x^2 + 99,398x + 3352,690$, $r = 0,79$); A+BR = 155 ($y = -0,4455x^2 + 126,950x + 4949,52$, $r = 0,99$); A+PO = 131 ($y = -0,4159x^2 + 109,4540x + 2912,045$, $r = 0,78$). Crédito = estoque de N no solo + acúmulo de N nos resíduos das plantas de cobertura (Acúmulo). Para a saída foi considerado uma exportação de nitrogênio em torno de 112, 174, 190 e 144, resultado do valor 14 kg de N para a produção de 1 ton⁻¹ de grãos de milho multiplicado pela expectativa de 8 e produtividade de 12,47 (produção de grãos em sucessão a crotalária), 13,60 (produção de grãos em sucessão a braquiária) e 10,31 (produção de grãos em sucessão a pousio) toneladas por hectares, respectivamente.

Os resultados indicam que no sistema em que houve adubação nitrogenada, e que não tinha cobertura do solo, teve um saldo negativo de nitrogênio. E para todos os outros tratamentos obtiveram saldo positivo, sendo a crotalária a planta de cobertura com melhor resposta, seguido da braquiária e pousio. Atestando que as plantas de cobertura têm a habilidade de funcionar como recicladoras de nutrientes do solo, e no caso da leguminosa crotalária, como fixadoras do nitrogênio atmosférico; ficando disponível para aproveitamento pela cultura seguinte a ser cultivada naquela área.

5 CONCLUSÕES

1. As variáveis analisadas, massa seca do colmo, massa seca da palha, e produtividade sofreram influência das plantas de cobertura.
2. As variáveis altura, massa seca do colmo, massa seca das folhas e produtividade foi significativa para doses de nitrogênio.
3. A massa de 100 grãos e produtividade teve influência na interação entre os tratamentos. Sendo para produtividade m resultado superior em sucessão à brachiária.
4. O balanço teórico de nitrogênio num Neossolo Quartzarênico cultivado com milho em sucessão a plantas de cobertura no Cerrado mostrou que todas as plantas de cobertura, até mesmo o pousio, tiveram resultados positivos; apenas no sistema em que houve adubação nitrogenada, e que não tinha cobertura do solo, teve um saldo negativo de nitrogênio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 24:553-560, 2000.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; da; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia preta no milho em sucessão e no controle do capim papua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.851-860,2001.

BARBOSA TEIXEIRA, M., LOSS, A., GERVASIO PEREIRA, M., PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia (Arica)**, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2012.

BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N.H. & BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 137:47-58, 2010.

BISCARO, G. A., MACHADO, J. R., TOSTA, M. D. S., MENDONÇA, V., SORATTO, R. P., & CARVALHO, L. A. D. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1366-1373, 2008.

BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: Themiracle ahead. In: BAILEY, R., ed. **Global warming andother eco-myths**. Roseville, Competitive EnterpriseInstitute, 2002. p.29-60.

BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 13:91-98, 1990.

BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; BEBÉ, F. V.; SANTOS, L. G. Desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de esterco bovino. **Revista Verde**, v. 9, n. 3, p. 244 - 250, 2014.

CARMELLO, Q. A.C. **Curso de nutrição/fertirrigação na irrigação localizada**. Piracicaba, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 59p. (Apostila).1999.

CARVALHO, A. M. et al. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado. **Embrapa Cerrados**, p. 1-15, 2010.

CARVALHO, R.P. de;PINHO, R.C.V.; DAVIDE, L.M.C. Desempenho de Cultivares de Milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.2, p. 108-120, 2011.

COELHO, A. M. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2007. (Circular técnica, 96).

CONAB (2021). Companhia Nacional de Abastecimento. Recuperado em 02, novembro, 2021, de <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360>.

CUNHA J.F., FRANCISCO E..A.B., CASARIN V., PROCHNOW L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira - 2009 a 2012. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute**; 2010. p. 1-13. (Informações Agronômicas, 145).

DAMASCENO, Leandro Amorim et al. **Produtividade do milho em sucessão a plantas de cobertura de solo**. 2019.

DEBARBA, L. & AMADO, T.J.C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade . **R. Bras. Ci. Solo**, 21:473-480, 1997.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesq. Agropec. Bras.**, 20:761-773, 1985.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, p.645-653, 2000a

EITEN, G. Delimitação do conceito de Cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**, Rio de Janeiro 21: 125-134, 1977.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: **Embrapa**; 2018.3:1-22, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:1039-1042, 2011.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, A. R.; SILVA, V. L.; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v. 18, p. 1262 – 1267, 2014.

FRAZÃO, L.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 135:161- 167, 2010a.

GALVÃO, F.C.A. **Desempenho da cultura da soja sob diferentes recomendações de adubação: estudo de caso, fazenda Vereda, Cristalina –GO**. Monografia. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v.105, p.191- 197, 1994.

GUIMARÃES, G.L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação de culturas de soja e do milho em sistema de plantio direto**. 2000, 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira/SP, 2000.

HUETT D.O.; DETTMANN E.B. Nitrogen response surface models of zucchini squash, head lettuce and potato. **Plant and Soil**, v.134, p. 243-254, 1991.

INMET- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. PROGNÓSTICO CLIMÁTICO SAZONAL http://www.inmetssss.gov.br/webcdp/climatologia/faixa_normal/mostra_info.php. LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*,

JEUFFROY, M.H., NEY, B.; OURRY A. Integrated physiological and agronomic modelling of N capture and use within the plant. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 53, n. 370, p. 809-823, 2002.

LÁZARO, Rafael de Lima et al. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 10-17, 2013.

LIU, Kesi; WIATRAK, Pawel. Corn (*Zea mays* L.) plant characteristics and grain yield response to N fertilization programs in no-tillage system. **American Journal of Agricultural and Biological Science**. v.6, n.2, p.279, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; GIACOMO, S. G.; PERIN, A. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

MACEDO, J. Solos dos cerrados. In: PEREIRA, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: FCAV, 1994. p.69-76.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MARQUELLI, Rodrigo Pedrosa. O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. **Brasília: ISAEFGV/ Ecobusiness School**, 2003.

MARTUSCELLO, J. A., FONSECA, D. M. D., NASCIMENTO JÚNIOR, D. D., SANTOS, P. M., RIBEIRO JUNIOR, J. I., CUNHA, D. D. N. F. V. D., MOREIRA, L. D. M. Características morfológicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1475-1482, 2005.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó, 1991. 336p.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C.; ANGLINONI, I.; MARRÉ, J. & MIELNICZUK, J. Insuficiência do Conceito Mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v32, p. 2735-2744, 2008.

PACHECO, Leandro Pereira et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no cerrado piauiense. **Bragantia**, v. 72, p. 237-246, 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.

SCHLICHTING, Alessana Franciele et al. **Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio**. 2012.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 353-362, 2005.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 202-217, 2006b.

SIQUEIRA NETO, M. M. PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

SOUSA, D. M. G.; LOBATTO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2ª ed. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2004.

SORATTO, Rogério Peres; CARVALHO, Marco Antonio Camillo de; ARF, Orivaldo. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 895-901, 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G. & PIMENTEL, C Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:867-876, 2011.

TORRES, José Luiz et al. Produtividade do milho cultivado em sucessão a crotalária, milheto e braquiária no cerrado mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1609-1618, 2008.

TORRES, Jose Luiz Rodrigues; PEREIRA, Marcos Gervasio; FABIAN, Adelar José. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 421-428, 2008.

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. F.; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. Fertility and acidity status of Latossolos (Oxisols) under pasture in the

Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 82, n. 4, p. 1085-1094, 2010.

VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II. Relationship to leaf elongation rates modified by nitrogen fertilization. **Plant Physiology**, v.74, p.595-600, 1984.

WANG, J.; HESKETH, J.D.; WOOLLEY, J.T. Preexisting channels and soybean rooting patterns. **Soil Science**, v.141, p.432-437, 1986.

WILDNER, L.P. & DADALTO, G.G. Adubos verdes de inverno para o oeste catarinense. **R. Agropec. Catarinense**, 5:3-6, 1992.