

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Mikaelle Eduarda Rocha Frota

Engenheira Agrônoma

**Sistemas de consórcio e doses de nitrogênio em milho
segunda safra irrigado**

Dracena

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Mikaelle Eduarda Rocha Frota

Engenheira Agrônoma

**SISTEMAS DE CONSÓRCIO E DOSES DE NITROGÊNIO
EM MILHO SEGUNDA SAFRA IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Vagner do Nascimento

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Dracena

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "Sistemas de consórcio e doses de nitrogênio em milho segunda safra irrigado por aspersão"

Modalidade: Trabalho de Atividades de pesquisa;

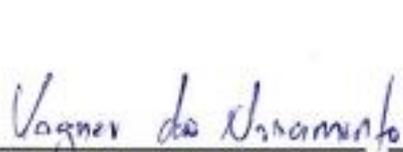
Autor: Mikaelle Eduarda Rocha Frota

Orientador (a): Prof. Dr. Vagner do Nascimento

Co-orientador(es): Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Número de Créditos: 12

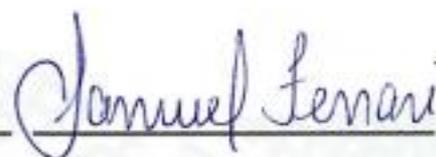
Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 02/06/2023



Prof. Dr. Vagner do Nascimento



Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima



Prof. Dr. Samuel Ferrari

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Mikaelle Eduarda Rocha Frota, nascida em 05 de junho de 2001, na cidade de Nhandeara/SP. Brasileira, 21 anos, solteira, terminou ensino médio na escola estadual Tônico Barão na cidade de General Salgado no ano de 2017. Ingressou na Unesp na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT no Câmpus de Dracena no ano 2019. No seu primeiro ano (2019) fez parte do Grupo de Experimentação em Cana de Açúcar – GECANA. Em 2021 entrou para o Grupo de Estudo e Pesquisas em Agricultura de Cereais – GEPAC no qual realizou sua iniciação científica financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP), PROCESSO: 2021/09757 – 3.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Juliana Heinst Rocha Cevada e Lucas Gonçalves Cevada, que se esforçam diariamente por mim e sempre acreditaram que esse dia chegaria, sem vocês nada teria sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado tantas oportunidades e colocado pessoas incríveis na minha vida, sem Ele eu não teria forças pra chegar até aqui, nada disso seria possível.

Aos meus pais Juliana Heints Rocha Cevada e Lucas Gonçalves Cevada que sempre estiveram comigo durante toda a minha caminhada, sempre acreditarem em mim, me apoiaram e me deram forças, sou muito grata por ter vocês comigo. Obrigada pela educação que me deram, vocês são exemplos de força, dedicação, caráter e honestidade. É em vocês que eu me inspiro diariamente. Espero um dia dar muito orgulho para vocês e poder retribuir todo o esforço dedicado a mim.

À minha avó materna Maria Aparecida Heinst de Oliveira e ao seu marido Devanir de Oliveira por todo cuidado, carinho e preocupação que sempre tiveram comigo. Vocês foram peças fundamentais na minha educação e criação, sou muito grata por tudo que já fizeram e ainda fazem por mim.

Aos meus avós paternos Laide Francisca Frota e José Luiz Frota por se fazerem sempre presentes independentemente das circunstâncias, por todo carinho e cuidado que sempre tiveram comigo. Aos demais familiares que estiveram presentes comigo, me apoiando e ajudando para a chegada desse dia.

Ao meu namorado Mateus Tezoto por estar sempre ao meu lado, obrigada por todos os momentos juntos, por sempre cuidar de mim, pela sua paciência e compreensão comigo, pelo carinho, cuidado e amor. Com você eu compartilhei momentos incríveis nos quais vou me lembrar para sempre. Obrigada por toda nossa história até aqui e espero poder construir novas memórias ao seu lado.

As minhas amigas Gabriela Bernava Moralis e Giovana Oliveira Marques por todo o companheirismo, amizade durante 4 anos juntas, vocês foram peças fundamentais para mim aqui, se tornaram minha família e sempre serei grata a vocês.

A todos os meus colegas da VII turma de Engenharia Agrônômica, por toda a convivência ao longo desses 5 anos. E todas as pessoas que fizeram diferença na minha vida, em especial gostaria de agradecer as minhas amigas de sala Laís

Sega Trevizan e Anabelle Jorge Barbosa pela nossa amizade, ela foi fundamental para mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Vagner do Nascimento por me aceitar no seu Grupo de Estudos em Pesquisas em Agricultura de Cereais (GEPAC) e proporcionar a oportunidade de ser contemplada com uma bolsa. Obrigada por todos os ensinamentos que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

À minha universidade Unesp – FCAT, e todos os funcionários e em especial os professores que foram fundamentais para a minha formação e vida acadêmica. Obrigada por todos os ensinamentos e conhecimento passado a mim.

A fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa de estudo (PROCESSO: 2021/09757-3) e todo o apoio financeiro ao desenvolvimento do projeto.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho e para a conclusão deste ciclo.

Minha Eterna Gratidão a todos.

“E tudo o que pediram em oração, se crerem, vocês receberão.” (Mateus 21:22).

RESUMO

A adoção de consórcio de milho com plantas de cobertura (Poaceae e Fabaceae) é uma prática agrícola em expansão e frequente no contexto da agricultura tropical devido ser sustentável, inovadora e lucrativa, sendo uma excelente alternativa na busca de incrementos de resíduos culturais (palhada) e liberação de nutrientes no sistema solo-planta, principalmente o nitrogênio (N) devido as suas perdas, bem como a possibilidade de redução da dose de N em cobertura na cultura do milho. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho agrônomo e produtivo do milho segunda safra irrigado por aspersão, em cultivo solteiro e consorciado com culturas de cobertura e aplicação de doses de nitrogênio em cobertura. O projeto foi realizado no campo experimental da FCAT/Unesp, em fevereiro de 2022, o solo do local é um Argissolo Vermelho distrófico. Foi feito em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x4, constituído por milho solteiro e consorciado com culturas de cobertura (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) e quatro doses de nitrogênio (zero, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) em cobertura de forma parcelada com metade (50%) da dose no estágio fenológico V5 e metade (50%) em V8, com 4 repetições. Avaliações realizadas na cultura do milho e nas plantas consorciadas e seus resíduos culturais: massa seca (MS) de plantas, produtividade de MS da parte aérea das plantas consorciadas e dos resíduos culturais, acúmulo de nitrogênio (N) na massa seca de milho, das plantas consorciadas e dos resíduos culturais, teor de nitrogênio foliar, teor relativo de clorofila foliar (Índice SPAD), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), população inicial e final de plantas, altura média de plantas, altura de inserção da 1^o espiga, diâmetro de colmo, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de cem grãos e produtividade de grãos. O sistema de consórcio entre milho + *Crotalaria spectabilis* aumenta a concentração de nitrogênio foliar do milho, entretanto, semelhante ao cultivo de milho solteiro. Os consórcios entre milho + *Urochloa ruziziensis* associados às doses de zero, 40 e 120 kg ha⁻¹ de N e entre milho + *C. spectabilis* + *U. ruziziensis* associados a doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura proporcionaram incrementos na produtividade de grãos de milho. O consórcio entre milho + *C. spectabilis* independentemente da dose de N em cobertura proporciona incrementos positivos na massa seca das plantas, altura média de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo do milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L., *Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis*, Plantas de cobertura do solo e Diversificação de culturas.

ABSTRACT

The adoption of maize intercropping with cover crops (Poaceae and Fabaceae) is an expanding and frequent agricultural practice in the context of tropical agriculture because it is sustainable, innovative and profitable, being an excellent alternative in the search for increments of crop residues (straw) and release is nutrients in the system soil-plant, mainly nitrogen (N) due to its losses, as well as the possibility of reducing the dose of N in corn coverage. Thus, the objective was to evaluate the agronomic and productive performance of corn second crop irrigated by sprinkling, in single cultivation and intercropped with cover crops and application of nitrogen doses in coverage. The project was carried out in the experimental field of FCAT/Unesp, in February 2022, the local soil is a dystrophic Red Argisol. It was carried out in an experimental design of randomized blocks in a 4x4 factorial scheme, consisting of single maize and intercropped with cover crops (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* and *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) and four doses of nitrogen (zero, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) in split coverage with half (50%) of the dose in the phenological stage V5 and half (50%) in V8, with 4 replications. Evaluations carried out in the corn crop and intercropped plants and their crop residues: dry mass (DM) of plants, DM productivity of the aerial part of the intercropped plants and crop residues, accumulation of nitrogen (N) in the dry mass of corn, intercropped plants and crop residues, leaf nitrogen content, relative leaf chlorophyll content (SPAD Index), photosynthetically active radiation (PAR), initial and final plant population, average plant height, insertion height of the 1st ear, stem diameter, number of rows of grains per ear, number of grains per row, mass of one hundred grains and grain yield. The consortium system between maize + *Crotalaria spectabilis* increases the concentration of foliar nitrogen in maize, however, similar to single maize cultivation. Intercropping between maize + *Urochloa ruziziensis* associated with doses of zero, 40 and 120 kg ha⁻¹ of N and between maize + *C. spectabilis* + *U. ruziziensis* associated with doses of 80 and 120 kg ha⁻¹ of N in coverage provided increments in corn grain yield. The consortium between maize + *C. spectabilis*, regardless of the N dose in topdressing, provides positive increases in plant dry mass, average plant height, insertion height of the first ear and stem diameter of maize.

Keywords: *Zea mays* L., *Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis*, Ground cover crops and Crop diversification.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento da precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) do ar	22
Gráfico 2 - Comportamento diário da umidade relativa do ar (%), temperatura média do ar (°C) e velocidade do vento.....	23
Gráfico 3 - Precipitação pluvial (mm) registrada, irrigações realizadas (mm) e comportamento da evapotranspiração do milho.....	28
Gráfico 4 – Tensão de água (kPa) no solo de quatro (4) baterias de tensiômetros instalados.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados dos atributos químicos do solo da área experimental	23
Tabela 2 - Potencial matricial em relação à umidade gravimétrica e densidade do solo para as diferentes camadas.....	29
Tabela 3 - Valores médios da população final de plantas, concentração de nitrogênio foliar, teor relativo de clorofila foliar, altura média de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho.....	33
Tabela 4 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a população final de plantas, teor relativo de clorofila foliar, altura média de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo	36
Tabela 5 - Valores médios da massa seca da planta em VT e R6 do milho, produtividade de massa seca da parte aérea das plantas consorciadas em R6, acúmulo e nitrogênio em milho e plantas de milho em R6	38
Tabela 6 – Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a massa seca das plantas de milho em VT, produtividade de massa seca da parte aérea das plantas consorciadas em R6	40
Tabela 7 – Valores médios da radiação fotossinteticamente ativa no terço superior, terço médio e no terço superior do dossel em VT do milho	41
Tabela 8 – Desdobramento da interação significativa da análise de variância à radiação fotossinteticamente ativa no terço superior, terço médio e terço inferior do dossel em VT do milho	42
Tabela 9 – Valores médios do número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de cem grãos, produtividade de grãos, produtividade de massa seca e acúmulo de nitrogênio da parte aérea dos resíduos culturais	43
Tabela 10 – Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de cem grãos, produtividade de grãos de milho, produtividade de matéria seca e acúmulo de nitrogênio da parte aérea dos resíduos culturais	47

SUMÁRIO

1 Introdução	15
2 Objetivo	16
3 Revisão de literatura	16
3.1 Aspectos gerais e socioeconômicos da cultura do milho	16
3.2 Consórcio de milho com plantas de cobertura	17
3.3 Adubação e doses de nitrogênio em cobertura do milho	19
4 Material e Métodos	22
5 Resultados e Discussão	33
6 Conclusão	49
7 Revisão	49

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) tem uma ampla gama de utilizações, desde o consumo in natura até diversos usos industriais (CHIEZA, et al.,2017). A cultura é restrita a alguns fatores para o seu bom desenvolvimento e crescimento, como água, radiação e temperatura. Sua importância econômica é caracterizada por suas diversas formas de utilização, desde ração animal até alimentos industrializados de alta tecnologia.

Esse cereal tem como seu mecanismo fotossintético o tipo C4, portanto, juntamente com sua grande área foliar se torna competente na conversão da radiação solar em biomassa. Essa relação está por sua vez correlacionada com a disponibilidade dos fotoassimilados que estão presentes nos estádios fenológicos da cultura (SANGOI et al., 2017).

Sabe-se que o nutriente exigido em maior quantidade pelo milho é o nitrogênio. E sua necessidade na cultura não é atendida por conta do processo de mineralização da matéria orgânica do solo. Portanto é comum a utilização da ureia como a fonte mais utilizada para fornecer esse nutriente, entretanto acaba sendo suscetível a perda do mesmo em decorrência da volatilização da amônia (FRAZÃO et al., 2014). O aumento das doses de nitrogênio em cobertura proporciona nas plantas um aumento na altura, no diâmetro do colmo, na massa da folha seca e no teor de nitrogênio na folha e nos grãos (ZUCARELI et al, 2019).

A prática agrônômica de consórcio de milho com plantas de cobertura torna-se uma alternativa promissora, sustentável e inovadora de modo que a produção de biomassa e a cultura econômica podem se beneficiar. As plantas de cobertura além de absorverem os nutrientes e os liberarem no solo quando é decomposta para contribuir para um aumento no material orgânico do solo que permite a produtividade maior das seguintes culturas (FORTE et al.,2018).

O uso de plantas de cobertura em sistema de consórcio com a cultura do milho é uma opção que contribui para o aumento da massa seca do solo, aumentando a produtividade da cultura e melhorando suas propriedades físicas. As espécies utilizadas para esse sistema são diversas e a escolha delas está relacionado com o objetivo proposto tentando optar sempre por espécies que permitem a recuperação da qualidade do solo (MOTTIN et al., 2022).

O consórcio de plantas melhora e aumenta a produção de matéria seca da planta que utiliza radiação fotossinteticamente ativa para o acúmulo dessa matéria, que tem como consequência uma maior cobertura de solo. O uso de plantas de cobertura em sistemas de consórcio além de proteger o solo também pode contribuir para o fornecimento de nitrogênio dependendo da espécie utilizada (CASSOL et al., 2019).

Quando comparado com um cultivo isolado a prática do consórcio apresenta maior produção de matéria seca tanto da parte aérea como do sistema radicular, bem como um maior acúmulo e uma reciclagem de nutrientes e a proteção ao solo contra a erosão hídrica, extremamente importante em regiões com predominância de solos arenosos e clima quente e seco.

2 OBJETIVO

Avaliar e quantificar o desempenho agrônomico e produtivo do milho segunda safra irrigado por aspersão, em cultivo solteiro e consorciado com culturas de cobertura e aplicação de doses de nitrogênio em cobertura.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais e socioeconômicos da cultura do milho

O uso de grãos de milho na alimentação animal responde pela maior parte do consumo em grãos, ou seja 70% do mundo. Nos estados unidos, cerca de 50% é utilizado para essa finalidade, enquanto no Brasil varia de 60% a 80%, dependendo da fonte e do ano agrícola. (DUARTE, et al, 2021).

No Brasil, o milho é semeado em duas épocas de semeadura, a primeira e a segunda safra. Com a primeira safra correspondendo 40 % da produção do país, e a segunda safra 60 % de toda a produção do Brasil. A área cultivada de milho em 2021/2022 foi de 21.581,9 mil de hectares com uma produção de 113.272,3 mil de toneladas, com um aumento de 11,2% em relação à safra anterior. A estimativa para a próxima safra tem que a área plantada chegará a 22.032,1 mil hectares com uma produção de 123.743,7 mil toneladas (CONAB, 2023).

No mercado de exportação o volume de milho no ano de 2022 atingiu 24,66 milhões de toneladas, tendo um aumento de 92,3% em relação ao ano anterior. Esse

aumento se deu por conta dos altos preços internacionais juntamente com a queda na produção mundial. Para a primeira safra de 2022/2023 a estimativa é de 28,7 milhões de toneladas sendo exportadas (CONAB, 2022).

Alta produtividade é sinal de um bom potencial produtivo genético da própria semente e também das condições climáticas do ambiente de produção, sendo 50% da produtividade final é responsabilidade da cultivar (DA SILVA et al., 2021). Se semeado fora de época, pode acarretar em perdas na produtividade de até 50% em grãos de primeira safra e de até 70% na segunda safra (safrinha). Por conta disso a época mais recomendada para se realizar a semeadura é quando o período de floração ocorrer na mesma época dos dias mais longos do ano e a etapa de enchimento dos grãos coincidir com o período de altas temperaturas.

O milho de segunda safra é geralmente cultivado após uma cultura de verão e por isso depende que essa cultura termine seu ciclo para só assim realizar sua semeadura. Ele tende a sofrer com os regimes de chuva e as limitações da radiação e temperatura prejudicando sua produtividade de grãos tornando-a uma cultura de alto risco. Portanto para seu sucesso de produção deve levar em consideração as condições climáticas e as características do solo (GONTIJO NETO et al., 2015).

3.2 Consórcio de milho com plantas de cobertura

Na prática de consórcio é importante utilizar diferentes tipos de plantas de cobertura, de modo que a melhor conservação do solo possa ser preferida por uma quantidade significativa de material orgânico e melhoria da estrutura do solo devido ao sistema radicular agressivo (CUNHA et al., 2011). As plantas de cobertura podem proporcionar mais carbono nos ácidos fúlvicos que podem fornecer aspectos relacionados à fertilidade do solo (ROSA et al, 2017). Além de fornecerem também um solo favorável para a produção de grãos devido a cobertura morta que podem ser encontradas muitas vezes em sistemas de integração Lavoura-Pecuária (TAVARES et al.,2020).

Cada tipo de planta de cobertura tem dinâmica específica na decomposição e libera níveis de nutrientes de seus resíduos culturais (MICHELON et al., 2018). As plantas de cobertura podem ser cultivadas isoladamente ou em parceria com mais

espécies, principalmente cultivares das famílias de Poaceae e Fabaceae (MICHELON et al., 2018).

O consórcio de milho juntamente com Poaceae e Fabaceae promove uma melhora maior produtividade de massa seca para o sistema plantio direto, tendo como consequência uma maior cobertura do solo, principalmente quando a planta utilizada for uma Poaceae (MAKINO et al. 2019). A utilização da *Urochloa* no consórcio vem ganhando destaque como o principal sistema de produção de palhas e grãos durante o período da segunda safra (CECCON, 2013). Isso vem ocorrendo, pois, as gramíneas dessas espécies além da facilidade de dessecação possuem também grande capacidade de produção de palha com baixa velocidade de degradação graças a sua alta relação C/N (PEDREIRA et al., 2020). Quando sementes de espécies de Poaceae forrageiras com densidade de semeadura de 2 kg ha⁻¹ são utilizadas, a eficiência de uso da terra do consórcio milho com *Urochloa* são maiores, em torno de 23% (SILVA et al. 2020).

Incluir plantas de cobertura em um sistema de cultivo contribui para o aumento da eficiência da utilização de nutrientes, como por exemplo, o nitrogênio que é considerado o fator mais limitante do crescimento e na produção do milho. O cultivo de plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a produtividade dos grãos e das concentrações foliares de N nas lavouras, pois além de aumentar a sustentabilidade do sistema de produção, contribui para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (GALINDO et al., 2018).

Se compararmos o cultivo isolado e a prática do consórcio é possível analisar algumas vantagens como uma maior produção de matéria seca tanto da parte aérea como da parte radicular, um acúmulo e uma reciclagem de nutrientes e a proteção ao solo. A utilização do consórcio com plantas de cobertura é uma boa opção quando se busca a liberação de nitrogênio em um curto espaço de tempo, com uma manutenção da palhada em cobertura do solo por períodos mais longos, tendo como objetivo a proteção do solo (MICHELON et al., 2019).

A disponibilidade do nitrogênio em sistemas agrícolas é um fator bastante limitante, pois o nutriente influencia no crescimento da planta. Para amenizar a falta do nitrogênio na planta é recomendado o uso de adubos verdes como cobertura de solo em cultivo antecessor ou consórcio entre culturas, em especial espécies da família Fabaceae, devido a sua capacidade de fixar o nitrogênio por meio de simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium*.

A implantação de adubos verdes em sistemas integrados de produção permite o aumento do aporte de nitrogênio no solo via fixação biológica de nitrogênio (FBN), promove efeitos benéficos na cultura subsequente, reduzindo assim a necessidade de aplicação de nitrogênio mineral. O acúmulo de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio nos restos culturais do milho consorciado com Poaceae e Fabaceae é aproximadamente o dobro do milho exclusivo. A adubação verde permite uma sustentabilidade aos sistemas de produção agrícolas (KUMAR et al., 2014).

Esses adubos verdes, ou plantas de cobertura, são utilizados em sistemas plantio direto para a formação da palhada, importante na ciclagem de nutrientes, que é realizada tanto pela mineralização da matéria orgânica presente no solo como dos fertilizantes que são aplicados. Essa prática permite melhora nos atributos físicos do solo, aumenta a infiltração de água no solo e reduz a resistência à penetração do solo (ALVAREZ et al., 2017).

3.3. Adubação e doses de nitrogênio em cobertura do milho

Como se sabe as necessidades nutricionais são estabelecidas a partir da quantidade de nutrientes que é extraída pela planta. Esses nutrientes são fornecidos pelo solo e através da adubação, fica contido na extensão de toda a planta principalmente nos grãos e também na palhada. A produtividade de grãos é influenciada pela interação entre população de plantas e doses de N em cobertura (ZUCARELI et al 2019). Uma forma de disponibilizar o nitrogênio ao milho é através da utilização da adubação nitrogenada em cobertura, visando maximizar seu aproveitamento na cultura.

Portanto para a implantação da cultura no campo é preciso levar em consideração a extração dos nutrientes e a finalidade da exploração juntamente com o potencial produtivo estimado. Durante seu desenvolvimento o milho possui diferentes níveis de absorção dos nutrientes e cada um desses nutriente possui diferentes taxas de translocação entre os tecidos (BIANCHO et al., 2022).

Sendo o nitrogênio o nutriente mais exigido pelo milho é de suma importância um manejo adequado da adubação nitrogenada em cobertura para suprir a necessidade do solo perante esse nutriente. As principais fontes desse nutriente são através do amônio e do nitrato sendo a ureia a mais utilizada (BIANCHO et al., 2022).

Em um estudo realizado por Matos (2017) foi observado que em doses de 69,4 kg ha⁻¹ de N em cobertura proporcionou um aumento na produtividade dos grãos de milho em 15,12% se comparado com a ausência da aplicação de nitrogênio em cobertura. As recomendações da adubação em cobertura em sistema de sequeiro variam de 10 a 170 kg ha⁻¹ de N, conforme a cultura anterior e a produtividade esperada na segunda safra (MOREIRA et al., 2017). O modo de aplicação do nitrogênio, sendo único ou parcelado, não afeta no rendimento da matéria seca e nem na quantidade de nutriente acumulado na parte da espiga.

A utilização de plantas de cobertura proporciona o incremento da fertilidade natural a diminuição de processos erosivos, variações na temperatura superficial, melhoria na aeração e agregação do solo, ciclagem de nutrientes, fixação e redução da lixiviação de N (DE NOTARIS et al., 2018). O aumento das doses de nitrogênio além de aumentar o teor de nitrogênio foliar, e de inserção da espiga independente do sistema de cultivo, reduz o número de folhas secas, eleva os teores dos carboidratos fibrosos da planta e melhora na digestibilidade da fibra em detergente neutro.

Uma dose de até 144 kg ha⁻¹ de nitrogênio via fertilizante é capaz de aumentar a produtividade da cultura do milho. Estudos realizados mostram que aplicação única de nitrogênio feito apenas na semeadura pode causar toxidade nas plântulas por conta da grande concentração do nutriente, chamado de efeito tóxico do N-fertilizante. Esse efeito reduz o estande e tem uma consequência maior quando a fonte de nitrogênio usada é a ureia (PORTUGAL et al., 2017).

Portanto, estudos multidisciplinares, envolvendo sistemas de consorciação de milho segunda safra com plantas de cobertura (Fabaceae e Poaceae) associado a aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, podem proporcionar melhorias e/ou manutenção do sistema de produção. Essas práticas agrícolas proporcionarão alterações positivas e duradouras nos atributos do solo, podendo também levar ao aumento da produtividade de biomassa, ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, romper camadas compactadas, exploração alternada de diferentes profundidades do solo, manutenção ou aumento dos teores da matéria orgânica e melhorar o equilíbrio e a disponibilidade de nutrientes no solo. Além disso, poderão ocorrer incrementos e estabilização na produtividade de culturas comerciais em sucessão, em região de baixa altitude e com predominância de solos arenosos e clima quente e seco.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi desenvolvido a campo em área experimental da FCAT/ Unesp – Dracena situada nas coordenadas de 51°52' de longitude Oeste de Greenwich e 21° 29' de Latitude Sul e 420 m de altitude. O solo do local da pesquisa é um Argissolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). As condições climáticas do local são temperatura média anual é de 24° C, a precipitação pluvial média anual é de 1.261 mm e a umidade relativa do ar média anual de 64,0%. De acordo com Koppen, o tipo climático da região é o tropical úmido (Aw), caracterizado com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso. Os dados climáticos de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar durante a pesquisa foram obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na instituição de ensino superior (Gráfico 1).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 4x4, constituído por milho solteiro e consorciado com culturas de cobertura (*Crotalaria spectabilis*, *Urochloa ruziziensis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*) e quatro doses de nitrogênio (zero, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura, com quatro repetições.

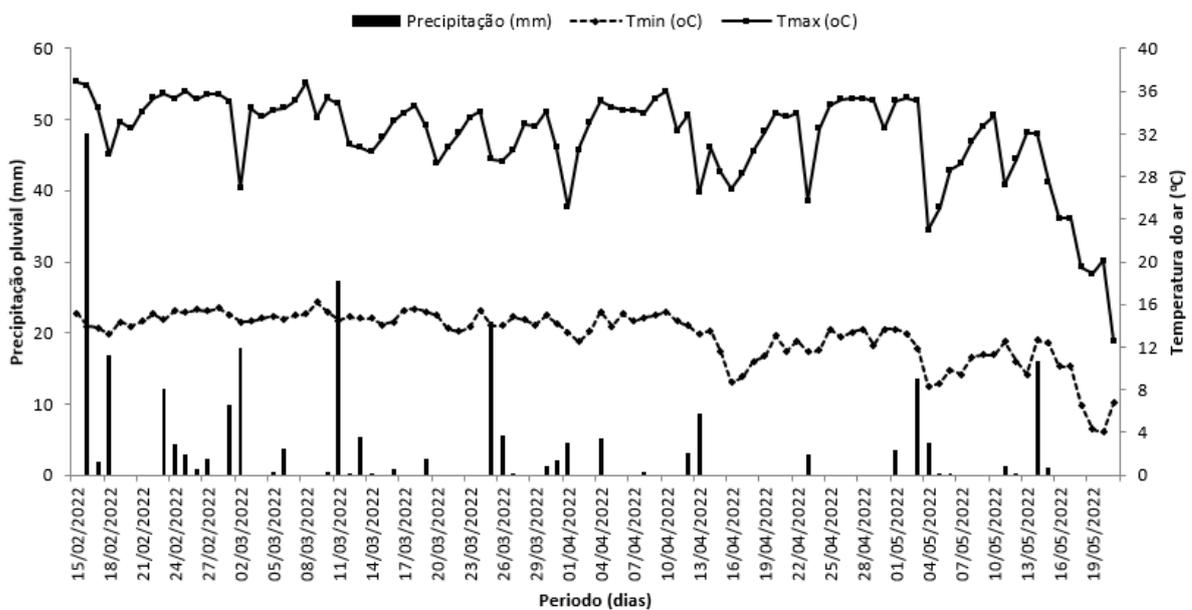


Gráfico 1. Comportamento da precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) do ar, em Dracena, SP, Brasil, durante a condução do experimento de sistemas de consorciação e doses de nitrogênio em milho segunda safra em 2022.

Antes da instalação dos experimentos foi realizada uma caracterização química do solo em toda área de pesquisa, sendo realizada a coleta de uma amostra composta, originada de 20 amostras simples deformadas do solo, com auxílio de um trado de rosca, nas profundidades estratificadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, com os resultados médios apresentados na tabela 1. O preparo convencional do solo foi composto por uma aração profunda e duas operações com grade leve.

Tabela 1. Resultados dos atributos químicos do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, Dracena, SP, Brasil, safrinha 2022.

	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	M
Prof. (m)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂				-----mmolc dm ⁻³ -----				%	%
0,00-0,20	8	10	5,2	1,4	12	6	16	0	19,4	35,4	55	0
0,20-0,40	6	11	5,5	1,6	16	13	15	0	30,6	45,6	67	0

Prof.(m): Profundidade do solo (metro); P: fósforo disponível(resina); M.O.: Matéria orgânica; K, Ca, Mg e Al trocáveis; S-SO₄: Enxofre; H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de troca de cations; V(%): saturação por bases; m(%): saturação por alumínio.

O milho em cultivo solteiro e em consórcio foi implantado com espaçamento de 0,90 m entre linhas. A população de plantas estabelecida foi de 60 mil plantas por hectare e a profundidade de semeadura de 0,05 m. A semeadura do consórcio de milho com *U. ruziziensis*, *C. spectabilis* e ambas ocorreram no mesmo dia de forma mecânica e manual. O milho foi semeado com semeadora-adubadora de discos. As culturas de cobertura foram semeadas de forma manual com auxílio de matraca, reguladas e distribuídas de maneira uniforme em uma única fileira no meio das entre linhas do milho. A quantidade de sementes usada para a espécie de *U. ruziziensis* foi de 2,5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. A quantidade de sementes utilizadas na semeadura para *C. spectabilis* foi de 2,0 kg ha⁻¹. Todas as plantas de cobertura do solo foram semeadas na profundidade de 0,03 m.

Foi usado o híbrido simples de ciclo precoce MG593PWU da empresa MORGAN, recomendado e adaptado para a região na segunda safra. O híbrido possui a tecnologia POWERCORE™ ULTRA, com 4 proteínas inseticidas (Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20), os quais conferem resistência a lepidópteros que atacam a parte aérea e a lagartas de solo, e com 2 proteínas (CP4 EPSPS, PAT) que conferem ao material tolerância aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio.

Momento antes da semeadura foi realizado o tratamento de sementes com inseticida e fungicida Cropstar (Imidacloprido + Tiodicarb), de acordo com a bula, aplicando a dose de 18 mL kg⁻¹ de sementes de milho e 4 mL kg⁻¹ de sementes das

plantas de cobertura. As parcelas de milho em cultivo solteiro e consorciado com culturas de cobertura foram constituídas por quatro linhas com 5 m de comprimento, considerando-se como área útil as duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade.

Foi realizada inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar em todas as parcelas experimentais no estágio fenológico V4 (quatro folhas expandidas) do milho no dia 18/03/2022, onde antes da aplicação foi verificado os dados climáticos de comportamento da umidade, temperatura e velocidade do vento (Gráfico 2). Na aplicação foi utilizado pulverizador costal com pressão constante de 30 libras pol⁻² pressurizado por CO₂ comprimido, com uma ponta de bico de jato plano “leque” XR 110-020, regulado para 400 L ha⁻¹. O inoculante que foi usado contia cepas Ab-V5 e Ab-V6 de *A. brasilense* e apresentar 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 500 mL ha⁻¹.

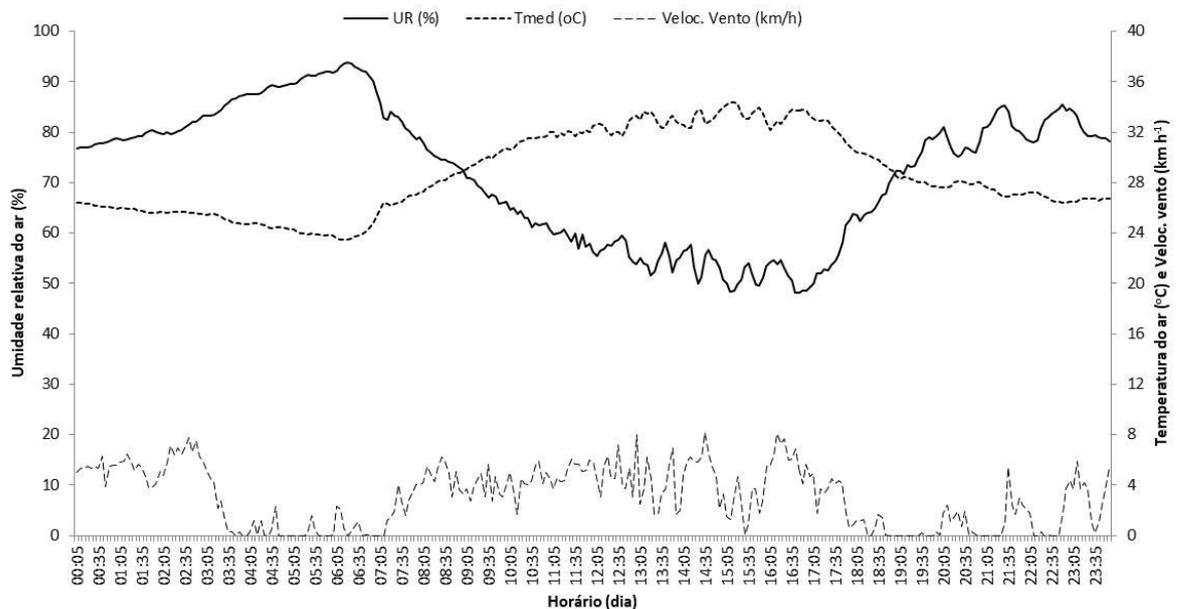


Gráfico 2. Comportamento diário da umidade relativa do ar (%), temperatura média do ar (°C) e velocidade do vento (km.h⁻¹) em 18/03/2022, UNESP, FCAT, Campus de Dracena, SP, Brasil, safra 2022.

A adubação de cobertura nas doses de zero, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio foram aplicadas de forma parcelada com metade (50%) da dose no estágio fenológico V5 e metade (50%) em V8, usando como fonte de nitrogênio a ureia (46% de N). A

ureia não foi incorporada de forma mecânica no solo, sendo aplicada cerca de 0,05 m ao lado das linhas de milho. Após a adubação nitrogenada em cobertura, a área foi irrigada com uma lâmina de 10 mm por meio de um sistema de irrigação por aspersão fixo, com o objetivo de minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização.

O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação de herbicidas seletivos com princípio ativo à base de bentazona pertencente ao grupo C3 - HRAC, na dose de 720 g ha⁻¹ do i.a usando um volume de aplicação de 250 L ha⁻¹. Foi visto que as plantas de cobertura não apresentaram nenhuma resistência ao produto, por isso foi realizado uma sub-dose com o intuito de prevenir que ocorresse uma fitotoxicidade nas plantas de cobertura e que controlasse somente as plantas daninhas presentes na área. Após a aplicação foi necessário um controle mecânico por meio de capina manual.

Em relação ao controle de pragas e doenças durante o cultivo dos sistemas de consórcio foi feito quatro aplicações em suas respectivas datas e infestações. Foi feito no dia 8 de março (15 DAE) a aplicação de inseticida sistêmicos com princípio ativo de imidacloprido e beta-ciflutrina pertencente aos grupos neonicotinóide e piretroide, respectivamente, foi utilizado 112,5 g ha⁻¹ do i.a, uma dose de 1 L p.c ha⁻¹, para o controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) e um fungicida sistêmico à base de difenoconazol e azoxistrobina em uma dose de 130 g ha⁻¹ do i.a, equivalente a uma dose de 0,4 L p.c ha⁻¹. No dia 15 de março foi feito a aplicação de inseticida sendo seu ingrediente ativo o dimetoato do grupo organofosforado a dose utilizada foi de 252 g ha⁻¹ do i.a para o controle para o controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) e um fungicida que tem como seu ingrediente ativo o tebuconazol utilizamos uma dose de 200 g ha⁻¹ do i.a. No dia 24 de março foi feito a aplicação do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* isolado IBCB 66, para o controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), na dose 1 kg ha⁻¹ e vazão de aplicação de 380 L ha⁻¹. No dia 29 de março de 2022 as 18h00 foi feito a segunda aplicação do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*, para o controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), na dose 1 kg ha⁻¹.

No manejo da água de irrigação foram utilizados coeficientes de cultura (Kc) das fases de desenvolvimento do milho: semeadura até 50% de plântulas germinadas (S-VE) o valor de 0,40; estágio VE até 50% das plantas com oito folhas completamente expandidas (VE-V8) o valor de 0,83; estágio V8 até 50% das plantas com presença do pendão (V8-VT) o valor de 1,13; estágio VT até 50% das plantas com grão leitoso

(VT-R2) o valor de 0,89 e estágio R2 até 50% das plantas em maturidade fisiológica (R2-R6) o valor de 0,58, conforme escala fenológica de Ritchie et al., 1993 e os valores de coeficiente de cultura (kc) propostos por Doorenbos e Kassam (1979).

O manejo da água de irrigação foi realizado com base na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), determinada pela equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN et al., 1998). Os dados climáticos foram obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada a 200 m da área experimental, sendo monitoradas as seguintes variáveis: temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m s⁻¹) a 2 m e radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹).

Equação de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o):

$$ET_o = \frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 275}}{s + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

R_n = radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹);

G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹);

γ = 0,063 kPa °C⁻¹ é a constante psicrométrica;

T = temperatura média do ar (°C);

U₂ = velocidade do vento a 2 m (m s⁻¹);

e_s = pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a = pressão parcial de vapor (kPa);

s = declividade da curva de pressão de vapor segundo a temperatura do ar, em kPa °C⁻¹.

Para obtenção da Evapotranspiração da cultura do milho (ET_c), foi utilizada a seguinte equação:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

$$\text{Lâmina líquida (mm)} = K_c \times ET_o$$

$$\text{Lâmina bruta (mm)} = (K_c \times ET_o) / \text{Eficiência}$$

ET_c = evapotranspiração da cultura do milho (mm dia⁻¹);

K_c = coeficiente da cultura do milho;

ET_o = evapotranspiração da cultura de referência estimada (mm dia⁻¹) pela equação de Penman- Monteith/FAO (ALLEN et al., 1998);

Eficiência = Eficiência do sistema de irrigação por aspersão médio de 0,80.

O sistema de irrigação usado foi um sistema de aspersão convencional com 80% de eficiência, com aspersor Agropolo, modelo NY25 com bocais de 2,8 x 2,5 mm, composto por duas linhas com oito aspersores cada linha, no espaçamento de 12 metros entre aspersores na linha e 12 metros entre as linhas de irrigação, de forma a obter uma boa uniformidade de aplicação com uma lâmina líquida de 4,9 mm h⁻¹ em uma pressão de serviço 2,5 Kgf cm⁻², com intervalos de irrigação variável em função da ET_c, sendo realizado em turno de rega fixo de 4 dias. Para determinação das lâminas de irrigação foi adotado o Coeficiente de Uniformidade de (CUC), 1942, com mínimo de 75% de uniformidade, que foi avaliado após a instalação do sistema de irrigação e ajustado por meio do tempo de funcionamento do sistema.

O manejo da irrigação foi realizado conforme tratamento estabelecido, sempre que a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) atingir o nível crítico, que foi dado por uma fração da capacidade de armazenamento de água disponível no solo calculado por meio da expressão:

$$\text{CAD} = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times d \times f \times Z$$

Em que:

CAD = capacidade de armazenamento disponível (mm) crítica ou lâmina de água armazenada no solo que foi usada como suprimento para a cultura do milho (mm);

θ_{cc} e θ_{pmp} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo e ponto de murcha permanente (cm³ cm⁻³), ajustado segundo Genuchten (1980);

d = densidade do solo (g cm⁻³);

f = coeficiente de esgotamento de água no solo de 0,6, ou seja, significa que pode ser consumida até 60% da água armazenada da CAD no solo ou déficit hídrico tolerável, conforme Doorembus e Kassam (1979);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (mm) do milho de 0,40 m.

O monitoramento do potencial matricial do solo foi determinado com uso de tensiômetro, os valores de leitura foram coletados por tensímetro digital em milibar, de modo a determinar indiretamente os valores de umidade do solo.

As medições do potencial ou da umidade do solo foram realizadas em quatro pontos representativos (parcelas de milho solteiro e dose zero de N), ou unidades experimentais na área de pesquisa em duas profundidades, uma zona de máxima atividade radicular e outra nas proximidades da parte inferior da zona radicular. Esses dados foram transformados em umidade volumétrica, segundo o modelo de Genuchten (1980). Os parâmetros desse modelo apresentam-se expressos na Tabela 2. Os valores de textura do solo da área experimental foram: areia de 822 e 788, silte de 73 e 71 e argila de 105 e 140, para as camadas de 0,00-0,20 e 0,21-0,40 m, respectivamente.

Tabela 2. Potencial matricial em relação à umidade gravimétrica e densidade do solo para as diferentes camadas, Dracena, SP, Brasil, 2016.

Profundidade e (m)	Potencial matricial									Ds g.c m ⁻³
	Centímetros de coluna de água (cca)									
	-0	-10	-40	-100	-300	-500	-1000	-5000	-15000	
	Umidade gravimétrica (g.g ⁻¹)									
0,00-0,15	0,308	0,289	0,185	0,130	0,104	0,091	0,075	0,062	0,042	1,54
0,16-0,30	0,280	0,262	0,169	0,117	0,091	0,077	0,062	0,053	0,042	1,57
0,31-0,45	0,245	0,226	0,145	0,114	0,090	0,073	0,059	0,052	0,042	1,65

Fonte: Laboratório de Solos e Qualidade de Água, Esalq/USP, Piracicaba, SP. Ds: Densidade aparente do solo.

O manejo da água de irrigação foi baseado na ETo pelo método de Penman-Monteith, para melhor condução do experimento foram monitoradas a precipitação, irrigações realizadas e a evapotranspiração da cultura (Gráfico 3). O uso do tensiômetro foi usado como comparativo do potencial matricial de água e umidade do solo, com início da irrigação em -60 kPa para os tensiômetros instalados a 0,00-0,20 e 0,00-0,40 m de profundidade. A tensão de água (kPa) do solo dos tensiômetros instalados e o comportamento da evapotranspiração da cultura foram apresentados no gráfico 4.

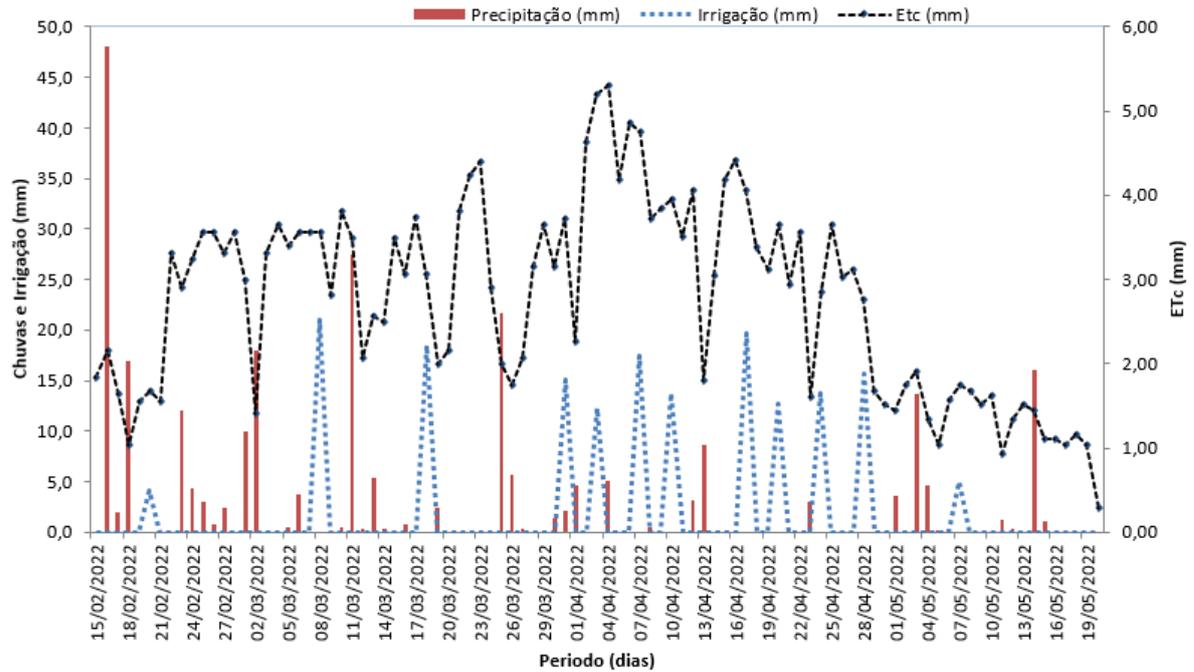


Gráfico 3. Precipitação pluvial (mm) registrada, irrigações realizadas (mm) e comportamento da evapotranspiração do milho (ETc) em mm, em Dracena, SP, Brasil, durante a condução do experimento de sistemas de consorciação e doses de nitrogênio em milho segunda em 2022.

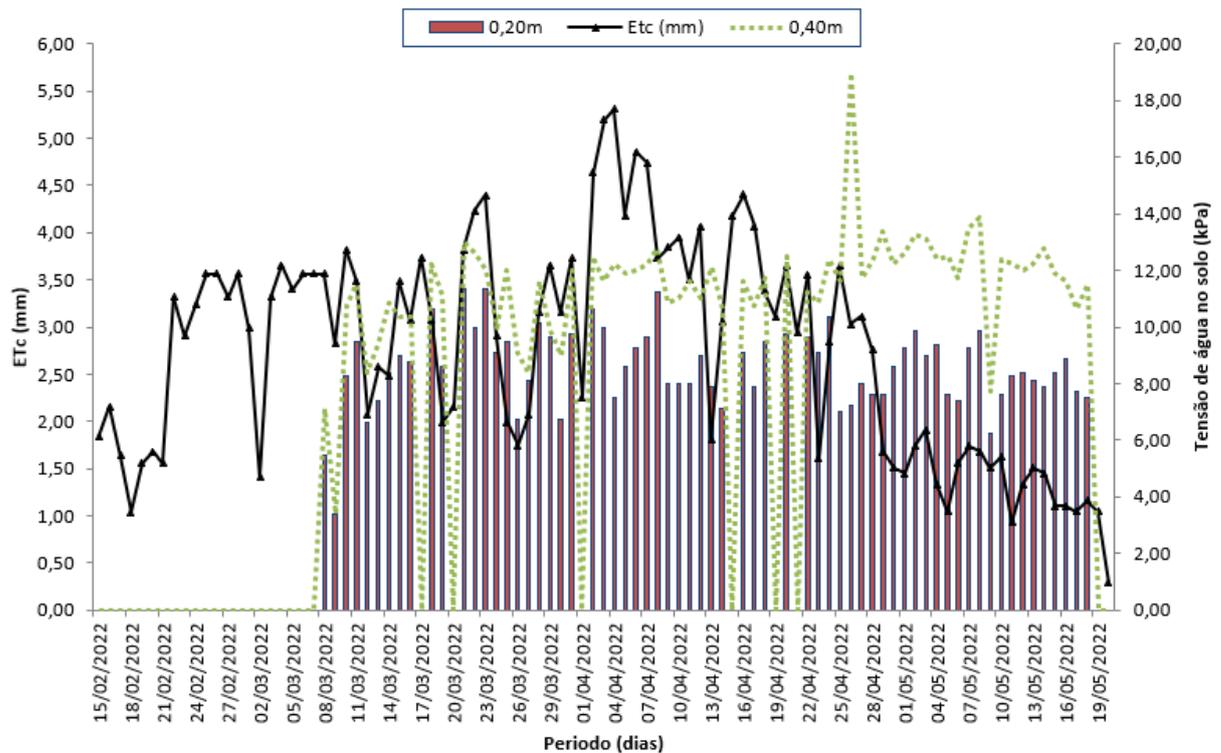


Gráfico 4. Tensão de água (kPa) no solo de quatro (4) baterias de tensiômetros instalados a 0,00-0,20 m e 0,00-0,40 m de profundidade do solo na área experimental e resultados de comportamento da evapotranspiração do milho (ETc) em mm, em Dracena, SP, durante a condução do experimento de sistemas de consorciação e doses de nitrogênio em milho segunda safra em 2022.

Foram realizadas as seguintes avaliações para a cultura do milho:

1) Massa seca (MS) de plantas: por ocasião do pendoamento das plantas (emissão inflorescência masculina de 50% de plantas) e no momento de maturação fisiológica das plantas (estádio R6) do milho foram coletadas cinco plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela. As plantas foram levadas ao laboratório, acondicionadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C até atingir massa em equilíbrio.

2) Produtividade de MS da parte aérea das plantas consorciadas: foram realizadas as avaliações da MS da parte aérea das plantas consorciadas no momento de maturação fisiológica das plantas (estádio R6) do milho. Foram realizadas amostragens na entrelinha do milho ao acaso com quadrado de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) em quatro pontos representativos de cada parcela. O material fragmentado coletado foi submetido à secagem em estufa de renovação e circulação forçada de ar na temperatura de 65°C, até atingir massa constante. A produtividade de MS da parte aérea das plantas consorciadas foi obtida, dessa maneira, pela média aritmética entre os quatro pontos amostrados, com os valores médios transformados para kg ha⁻¹.

3) Acúmulos de nitrogênio (N) na massa seca de milho e das plantas consorciadas: após determinação da MS de plantas de milho e da parte aérea das plantas consorciadas no momento de maturação fisiológica das plantas (estádio R6) do milho, para posterior cálculo da extração de nutrientes (kg ha⁻¹ ou g ha⁻¹). Foi feita pesagem e com base nos dados de matéria seca (MS) e na população de plantas por hectare, foi calculado os acúmulos de MS na planta inteira. O acúmulo de nitrogênio acumulados pelos tratamentos foram obtidos pelo produto da concentração do N determinado nas subamostras (g kg⁻¹) de concentração de N e o acúmulo de MS na planta inteira de milho no estágio R6 e plantas consorciadas (kg ha⁻¹) no mesmo momento, com os resultados estimados em kg ha⁻¹ ou g ha⁻¹.

4) Concentração foliar de nitrogênio: no estágio R1 ou emissão da inflorescência feminina (50% das plantas), foi retirado o terço central da primeira folha abaixo e oposta à espiga, conforme recomendação de Raij et al, 1996, em cinco plantas por parcela. Após secagem em estufa com circulação forçada de ar 65°C, por 72 horas, foram moídas em moinho tipo Wiley e em seguida submetida à digestão sulfúrica, para determinar o teor de N, conforme metodologia proposta por Malavolta et al., 1997.

5) Teor relativo de clorofila foliar (Índice SPAD): a leitura do índice SPAD foi realizada no estádio R1 ou emissão da inflorescência feminina (50% das plantas) em cinco plantas de milho por parcela. As leituras do índice SPAD foram efetuadas no terço central da primeira folha abaixo e oposta da espiga, conforme Raij et al., 1996. Para a leitura do índice SPAD de clorofila foi utilizado um aparelho clorofiLOG CFL 1030 que faz leituras instantâneas. As leituras efetuadas por este equipamento indicaram valores proporcionais de clorofila na folha e foram calculadas com base na quantidade de luz transmitida pela folha em dois comprimentos de ondas com distintas absorbâncias de clorofila.

6) População final de plantas: foi estimada contando-se as plantas contidas em duas linhas com 4 m de comprimento, na área útil de cada parcela, no momento de colheita do milho e os valores foram transformados em população de plantas por hectare.

7) Altura média de plantas (m): foi medida em metros, do nível do solo até a inserção do último nó na presença do limbo da folha bandeira, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

8) Altura de inserção da primeira espiga (m): foi medida em metros, do nível do solo até a inserção da primeira espiga, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

9) Diâmetro do colmo (mm): foi medida em milímetros com paquímetro a uma altura de 0,20 m do nível do solo, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

10) Número de fileiras de grãos por espiga: foi determinado pela simples contagem de fileiras do terço médio das mesmas espigas utilizadas para avaliar o comprimento.

11) Número de grãos por fileira: foi determinado pela contagem simples dos grãos de três fileiras de cada espiga, sendo usadas as mesmas espigas anteriormente selecionadas.

12) Massa de cem grãos (g): na ocasião da colheita após a trilha mecânica das parcelas colhidas foi quantificado o valor da massa de cem grãos de duas amostras por parcela e posterior correção da umidade para 13% de base úmida.

13) Produtividade de grãos (kg ha⁻¹): as espigas das plantas de duas linhas de 4 m de comprimento, da área útil de cada parcela, foram colhidas e

submetidas à trilha mecânica, os grãos obtidos foram pesados e os dados transformados em kg/ha^{-1} , corrigindo para 13% base úmida.

14) Radiação fotossinteticamente ativa (RFA): foi realizado nas mesmas ocasiões de coleta de matéria seca de plantas por ocasião do pendoamento ou emissão da inflorescência masculina (50% das plantas) das plantas de milho utilizando o Medidor de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) marca APOGEE, MODELO APG-MQ-301, seguindo as recomendações do fabricante. Foram tomadas medidas em todas as parcelas em três pontos dos dosséis: acima, abaixo e no meio, perpendicular às linhas das plantas.

15) Produtividade de massa seca (MS) da parte aérea dos resíduos culturais: após a colheita da cultura do milho foram realizadas as avaliações da MS da parte aérea. Foram realizadas amostragens ao acaso com quadrado de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) em quatro pontos representativos de cada parcela. O material fragmentado coletado foi submetido à secagem em estufa de renovação e circulação forçada de ar na temperatura de 65°C , por 72 h. A MS na parte aérea foi obtida, dessa maneira, pela média aritmética entre os quatro pontos amostrados, com os valores médios transformados para kg ha^{-1} .

16) Acúmulo de N da parte aérea dos resíduos culturais: os teores de N nos resíduos culturais dos tratamentos foram determinados após a avaliação de MS da parte aérea, coletando-se uma subamostra de 30 g de cada parcela. As determinações de tais nutrientes foram realizadas, conforme metodologias descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os teores de N foram expressos em g kg^{-1} de MS. Os teores de N acumulados pelos tratamentos foram obtidos pelo produto da concentração do N determinado nas subamostras (g kg^{-1}) e a MS da parte aérea dos resíduos culturais (kg ha^{-1}), com os resultados estimados em kg ha^{-1} .

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e constatada a interação significativa entre as fontes de variação, procedeu-se o desdobramento, comparando as médias dos sistemas de consórcios pelo teste Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância, de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002). O efeito das doses de nitrogênio foi analisado por regressão polinomial, ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste F. Foi utilizado o programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultura do milho teve suas plantas emergidas ao sexto dia após a semeadura (DAS) seu florescimento masculino (VT) ocorreu após os 50 DAS e o florescimento feminino (R1) em 58 dias após a sua emergência.

De acordo com as avaliações demonstradas na Tabela 3 foi possível verificar que apesar dos maiores resultados da concentração de nitrogênio foliar no milho solteiro e no sistema de consórcio com *Crotalaria spectabilis* essa variável não apresentou significância na interação entre consórcio e nitrogênio (C x N). Estudos feitos por Cardoso et al. (2020) também obtiveram resultados semelhantes, verificou que o milho em consórcio com *C. spectabilis* apesar de ter acumulado boa quantidade de N não conseguiu ter resultados significativos.

A Tabela 3 mostra também uma interação significativa na população final de plantas, teor de clorofila foliar, altura média de plantas, altura de inserção de espiga e diâmetro do colmo entre os fatores estudados (C x N).

Tabela 3. Valores médios da população final de plantas (PF), concentração de nitrogênio (N) foliar, teor relativo de clorofila foliar (TCF), altura média de plantas (AT), altura de inserção da 1ª espiga (AIE) e diâmetro do colmo (DC) do milho segunda safra segunda safra consorciado com plantas de cobertura associado a doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

	PF	N	TCF	AT	AIE	DC
	Plantas ha ⁻¹ x 1000	(g kg ⁻¹)		(m)	(m)	(mm)
Consórcio (C)						
M	53,3	23,8 a	44,1	1,88	0,79	18,15
M + C	50,5	23,3 a	43,9	1,89	0,79	17,61
M + U	48,4	20,7 b	43,9	1,87	0,78	17,18
M + C + U	47,5	19,3 c	42,7	1,78	0,72	17,11
Doses de nitrogênio (N) (kg ha⁻¹)						
0	50,7	20,0 ⁽¹⁾	42,2	1,83	0,77	17,51
40	46,9	21,8	43,9	1,86	0,76	16,85
80	55,1	22,0	44,4	1,85	0,77	17,69
120	47,1	23,3	44,0	1,86	0,78	17,99
Valores de F						
C	13,038*	36,229*	5,983*	20,568*	20,939*	13,478*
N	29,457*	14,093*	12,560 ^{ns}	1,548 ^{ns}	2,226 ^{ns}	13,579 ^{ns}
C x N	6,023*	1,906 ^{ns}	2,538*	5,480*	3,934*	4,662*
DMS (5%)						
C	--	1,334	--	--	--	--

CV (%)	5,72	6,50	5,61	5,43	8,58	6,66
M: Milho; C: <i>Crotalaria spectabilis</i> ; U: <i>Urochloa ruziziensis</i> ; *significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro consórcio e dose não diferem estatisticamente a 5 % de significância. ⁽¹⁾ y= -0,00008x ² +0,0346x+20,135 (R ² =93,4%)						

A partir do desdobramento demonstrado na Tabela 4, foi encontrado um ajuste quadrático na população de milho solteiro que por sua vez teve resposta significativa quando associado as doses de 0, 40 kg ha⁻¹ e principalmente 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio, que além de obter um incremento significativo apresentou maior sinergismo se mostrando significativa em 75% dos sistemas de condução. A dose de maior resposta obtida através da equação quadrática foi a de 32,33 kg ha⁻¹ de N. O sistema de consórcio M + C gerou incremento quando associado a dose de 120 kg ha⁻¹.

O milho possui uma grande resposta a adubação nitrogenada, e essa resposta está relacionada a sua densidade. Isso porque a população influencia de maneira ascendente a resposta que o milho tem na adubação nitrogenada. Através de estudos feitos por Mundstock (1979) foi possível observar que o aumento da população acarretou em uma maior resposta ao nitrogênio, tendo como consequência um aumento na produtividade. Otegui (1997) analisou que a densidade de plantas afeta o desenvolvimento e crescimento dos órgãos reprodutivos das plantas de milho, causando uma resposta na competição entre plantas.

A combinação do uso de progressivas doses de nitrogênio associado as densidades de semeadura obtiveram uma resposta significativa em relação a produtividade de grãos de milho. Espera-se então maior produtividade quando se elevam os fatores mencionados (SHIOGA et al., 2004).

O teor relativo de clorofila apresentado na Tabela 4, nos mostra que em relação as doses de nitrogênio as doses utilizadas se mostraram melhores quando comparadas a dose zero, isso ocorre pois o teor de clorofila está relacionado com o teor de N na planta e como ela se encontra na folha. Florenço et al. (2022) afirma que maiores doses de nitrogênio em adubação de cobertura proporcionam elevação do teor de clorofila foliar.

Sendo assim as doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio obtiveram melhores respostas tendo no seu ponto máximo 45,4. Costa (2012) chegou à conclusão que o índice de clorofila foliar aumenta conforme as adubações nitrogenadas em cobertura aumentam, foi possível ter incremento em até 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Em relação aos sistemas de consórcio da Tabela 4 os sistemas milho + *Crotalaria spectabilis* e milho + *Urochloa ruziziensis* geraram uma regressão linear obtendo resultado significativo quando associado a dose de 120 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente. Bonfanti (2019) quando estudou o consórcio de milho com *C. spectabilis* verificou que esse sistema teve aumento dos índices de clorofila na cultura do milho se comparado aos outros consórcios estudados.

Já Veronezi et al. (2018) estudou o consórcio com *U. ruziziensis* verificou que a dose de 80 kg ha⁻¹ de N gerou incremento nesse sistema, isso pode ter ocorrido pois as duas culturas exigem uma grande quantidade de nitrogênio e quando consorciadas pode ocorrer a competição das plantas pelo nutriente.

O consorcio triplo (Milho + C + U) e sistema de milho solteiro mostrado na Tabela 4 estatisticamente obtiveram regressão quadrática onde nenhum das doses aplicadas gerou bons resultados. Isso poderia ser diferente pois de acordo com Bonfanti (2019) o milho consorciado com duas espécies de fabáceas tem seu índice de clorofila foliar aumentando, pois, essas espécies aumentam a disponibilidade da absorção de nitrogênio.

A altura média das plantas e a altura de inserção da 1° espiga (tabela 4) tiveram resultados bem semelhantes entre si. Ambas obtiveram incrementos quando associadas a dose de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Essa dose teve uma interação significativa em 75% dos sistemas de cultivo. O nitrogênio age no crescimento vegetativo da cultura promovendo um aumento da altura de planta e inserção da espiga (SILVA et al., 2005; FORNASIERI 2007).

Os sistemas de consórcio apesar de terem obtidos bons resultados não se diferenciaram entre si, não influenciando significativamente na altura e inserção de 1° espiga. Esse resultado foi encontrado também por Carvalho et al. (2004), Rosa et al. (2011) e Albuquerque et al. (2013), a conclusão para isso seria de que essas variáveis são características genéticas que são influenciadas pelo ambiente em que se encontram.

Com relação à altura média de plantas foi possível verificar também que a dose de 120 kg ha⁻¹ de N obteve incremento nos dois sistemas de consórcios, Milho + *C. spectabilis* e Milho + *U. ruziziensis*. Estudos mostram que a aplicação de doses de nitrogênio de cobertura possui um efeito positivo sobre essa variável (SILVA et al., 2006). Santos et al. (2011) através de seus estudos relatou que o uso de adubação

nitrogenada em cobertura resultou em plantas maiores e que isso estaria ligado a interação da cultura com o ambiente.

Com tudo, foi constatado o baixo porte das plantas com relação à média esperada para a cultura. Isso está relacionado com os aspectos edafoclimáticos da região. Sendo um fator ambiental de extrema importância, a temperatura influencia no crescimento e desenvolvimento do milho. com as altas temperaturas da região sendo elas diurnas e noturnas a processo metabólico da cultura é acelerado, diminuindo seu rendimento por conta do alto consumo de metabólicos e conseqüentemente diminuindo seu ciclo, resultando em plantas de baixo porte.

O diâmetro do colmo (tabela 4) obteve incremento quando associada a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, essa resposta foi possível no sistema M + C e o sistema milho solteiro que também teve bons resultados nas doses de 0 e 80 kg ha⁻¹ de N. O sistema M + U apesar de não apresentarem resultados significantes entre si, geraram uma regressão quadrática com ponto máximo de 65,8 kg ha⁻¹ de nitrogênio. De acordo com Fancelli et al. (2000) o diâmetro de colmo é uma característica genética de qualquer planta que varia de acordo com a cultivar, portanto não sofre grandes impactos dos fatores do meio.

Kappes et al. (2015) avaliou o diâmetro das plantas de milho consorciadas com espécies de *Crotalaria* e *U. ruziziensis*, ele observou que o diâmetro dessas plantas foi maior quando cultivadas de maneira consorciada, tornando esse sistema vantajoso para a diminuição do percentual de acamamento e também para obtenção de alta produtividade já que o é no colmo que a planta consegue armazenar fotoassimilados que contribuem no momento do enchimento do grão.

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a população final de plantas, teor relativo de clorofila foliar, altura média de plantas, altura de inserção da 1ª espiga e diâmetro do colmo do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura associado a doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

Consórcio	População final de plantas (Plantas ha ⁻¹ x 1000)				RQ ^{*(1)}
	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	
M	57,4 a	52,8 a	58,6 a	44,4 b	RQ ^{*(1)}
M + C	48,1 b	45,1 b	56,2 a	52,5 a	n.s.
M + U	49,1 b	43,8 b	55,6 a	45,1 b	n.s.
M + C + U	48,1 b	45,7 b	50,0 b	46,3 b	n.s.
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 5386,4702				

Teor relativo de clorofila foliar

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	43,1 a	45,2 a	45,1 a	43,1 b	RQ ^{*(2)}
M + C	42,5 ab	43,4 ab	44,5 ab	45,2 a	RL ^{*(3)}
M + U	42,2 ab	44,1 ab	45,4 a	43,8 ab	RL ^{*(4)}
M + C + U	41,0 b	43,1 b	42,5 b	44,0 ab	RQ ^{*(5)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 2,0276				
Altura média de plantas (m)					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	1,94 a	1,83	1,89 a	1,86 ab	RQ ^{*(6)}
M + C	1,86 ab	1,90	1,89 a	1,89 a	n.s.
M + U	1,82 b	1,85	1,88 a	1,91 a	RL ^{*(7)}
M + C + U	1,70 c	1,87	1,75 b	1,78 b	RQ ^{*(8)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 0,0822				
Altura de inserção da 1° espiga (m)					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	0,81 a	0,76 ab	0,82 a	0,78	n.s.
M + C	0,80 ab	0,81 a	0,79 a	0,78	n.s.
M + U	0,76 b	0,75 ab	0,79 a	0,81	RQ ^{*(9)}
M + C + U	0,70 c	0,72 b	0,69 b	0,77	RQ ^{*(10)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 0,0540				
Diâmetro de colmo (mm)					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	18,57 a	16,90 ab	18,68 a	18,45 a	n.s.
M + C	16,82 b	17,43 a	17,64 b	18,53 a	RQ ^{*(11)}
M + U	19,09 b	16,17 b	17,58 b	17,87 ab	RQ ^{*(12)}
M + C + U	17,59 b	16,92 ab	16,84 b	17,12 b	n.s.
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 0,9534				

M: Milho; C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de significância. ⁽¹⁾ $y = -0,0015x^2 + 0,097x + 55,88$ ($R^2 = 62,8\%$); ⁽²⁾ $y = -1,025x^2 + 5,115x + 39,025$ ($R^2 = 99,91\%$); ⁽³⁾ $y = 0,92x + 41,6$ ($R^2 = 99,46\%$); ⁽⁴⁾ $y = 0,92x + 41,6$ ($R^2 = 99,34\%$); ⁽⁵⁾ $y = -0,875x^2 + 4,985x + 37,975$ ($R^2 = 94,90\%$); ⁽⁶⁾ $y = 0,02x^2 - 0,118x + 2,025$ ($R^2 = 48,79\%$); ⁽⁷⁾ $y = 0,03x + 1,79$ ($R^2 = 99,08\%$); ⁽⁸⁾ $y = -0,035x^2 + 0,187x + 1,57$ ($R^2 = 34,67\%$); ⁽⁹⁾ $y = -0,00005x^2 + 0,000000005x + 0,7595$ ($R^2 = 89,58\%$); ⁽¹⁰⁾ $y = -0,000000006x^2 + 0,0007x + 0,708$ ($R^2 = 69,52\%$); ⁽¹¹⁾ $y = 0,0134x + 16,804$ ($R^2 = 96,29\%$); ⁽¹²⁾ $y = 0,0005x^2 - 0,0658x + 18,818$ ($R^2 = 65,68\%$);

A Tabela 5 apresenta os valores de massa seca da planta (MSP) em dois estádios de desenvolvimento do milho (VT e R6), produtividade de massa seca da parte aérea das plantas consorciadas (MSPA) em R6, acúmulo de nitrogênio (N) no milho e nas plantas consorciadas também em R6 do milho. A partir dessa tabela analisamos que os fatores de MSP e MSPA foram os únicos que demonstraram resposta significativa na relação C x N.

Os fatores de acúmulo de nitrogênio tanto para as variáveis do milho como nas plantas de cobertura foi superior no sistema de consórcio milho com *Crotalaria spectabilis*. Isso pode ter acontecido porque as espécies de crotalária possuem a

capacidade de fixação biológica de nitrogênio contribuindo para a liberação desse nutriente ao sistema de produção (SILVA et al., 2007).

Tabela 5. Valores médios da massa seca da planta (MSP) em VT e R6 do milho, produtividade de massa seca da parte aérea das plantas consorciadas (MSPA) em R6, acumulo de nitrogênio (N) em milho e planta de cobertura (PC) em R6 em experimento de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura associado a doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

	MSP VT kg ha ⁻¹	MSP R6 kg ha ⁻¹	MSPA R6 kg ha ⁻¹	Acumulo N milho (*) kg ha ⁻¹	Acumulo N PC (*) kg ha ⁻¹
Consórcio (C)					
M	3.826	15.246	--	312,9 ab	--
M + C	3.868	15.473	7.309	341,2 a	231,1 a
M + U	3.338	18.950	7.001	233,6 bc	98,2 b
M + C + U	2.966	10.435	6.302	194,8 c	94,8 b
Doses de nitrogênio (N) (kg ha⁻¹)					
0	3.723	14.506	4.705	261,0	100,5
40	3.381	19.541	5.130	249,4	105,8
80	3.627	13.323	5.194	327,9	111,3
120	3.268	12.736	5.584	244,2	106,7
Valores de F					
C	15,712*	1,213 ^{ns}	277,721*	7,022*	183,677*
N	3,807*	0,952 ^{ns}	3,004*	1,425 ^{ns}	0,148 ^{ns}
C x N	7,542*	1,095 ^{ns}	4,245*	1,286 ^{ns}	0,113 ^{ns}
DMS (5%)					
C	--	--	--	100,7849	43,4054
CV (%)	12,38	84,55	16,12	19,76	19,96

C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; *significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro de inoculação e consórcio não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

(¹) $y = -0,0004x^2 + 0,747x + 40,79$ ($R^2 = 90,77\%$).

O acúmulo de matéria seca do milho ocorre de maneira acentuado próximo ao florescimento da cultura, o acúmulo de nitrogênio segue esse mesmo esquema, porém tendo uma taxa máxima com alguns dias a mais de diferença da MS do milho, coincidindo assim com a época de florescimento feminino - R1 (DUARTE et al., 2003).

Sistemas consorciados se tornam possível a partir do momento que as plantas possuem um período de crescimento semelhante entre si, entretanto, com exigência de nutrientes em fases diferentes (WILLEY et al., 1979) para que assim a competição do sistema por nutrientes não interfira negativamente na cultura principal.

A partir dos resultados da massa seca da planta demonstrados na Tabela 6 foi visto que a maior resposta do uso do nitrogênio foi quando utilizado a dose de 62,65 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O milho solteiro e o sistema de consórcio triplo (M + C + U)

geraram uma regressão quadrática com correlação positiva de 73,3% e 99,7% respectivamente.

Em estudos realizados por Okuyama et al. (1983) foi verificado que os tratamentos de maior interação da matéria seca total foram com a dose de 120 kg de N ha⁻¹. Esse resultado se deu pela soma do aumento dos acúmulos da parte aérea da planta, como grãos, sabugo e folha + palha da espiga. Foi possível verificar a resposta do N na cultura após o espigamento da planta

O consócio Milho + *Crotalaria spectabilis* da Tabela 6, obteve maior produtividade em todas as doses analisadas, tendo um maior resultado de produção na dose de 80 kg ha⁻¹. Oliveira (2010) teve resultados semelhantes, ele obteve incremento da produção de matéria seca desse mesmo sistema de consorcio.

O desenvolvimento do milho pode ser melhorado a partir do consócio entre milho e *Crotalaria spectabilis*, pois o padrão de competição pode ser modificado, isso pode acontecer pois o crescimento inicial da *spectabilis* é lento não interferindo no ápice da taxa de acúmulo de matéria seca do milho (ALVARENGA et al., 2006).

Gitti et al. (2012) a partir de seus estudos atestou que o sistema de consócio Milho + *Crotalaria spectabilis* obteve um maior acúmulo de matéria seca do cereal se comparados com o milho solteiro não interferindo na colheita e na sua produtividade. De acordo com Oliveira (2010) o consócio com *Crotalaria spectabilis* proporciona maior média de matéria seca da parte aérea se cultivadas junto da linha de cultivo do milho, isso por conta da vantagem que as espécies possuem através da adubação de cobertura.

O uso da *Crotalaria spectabilis* em consócio com o milho trouxe uma maior produtividade de matéria seca e conseqüentemente uma maior disponibilidade do N para a cultura do milho (HEINRICHS et al., 2005). Pereira et al. (2012) contesta que o benefício do teor de N foliar do milho só é aproveitado no próximo ciclo da cultura.

O consócio de Milho + *Urochloa ruziziensis* (tabela 6) obteve incremento somente quando o nitrogênio em cobertura não foi aplicado. Freitas (2020) obteve resultados semelhantes, onde a relação C/N na matéria seca do milho não expressou resultado significativo quando realizado a adubação de cobertura.

Chioderoli et al. (2010) estudou o efeito da *Urochloa ruziziensis* em consorcio com o milho segunda safra e constatou que o uso dessa forrageira para o sistema proporcionou valores de produtividade maiores se comparados com outros consórcios.

Em estudos feitos por Alves et al. (2013) foi constatado que o uso de *U. ruziziensis* em consórcio com milho pode obter interação positiva em relação a produtividade de grãos e a matéria seca do milho juntamente com a de braquiária e massa seca total. O uso da adubação é um fator a ser levado em consideração durante o consórcio, pois influencia diretamente na competição de nutrientes.

O uso da *Urochloa ruziziensis* no milho possui sua competição por nutrientes influenciada pelo tipo de nutriente aplicado, como ele é disponibilizado e usado no solo para a cultura (JAKELAITIS et al., 2005). De acordo com Freitas (2020) para se obter uma maior quantidade de matéria seca da cultura é preciso manter uma alta disponibilidade de nutrientes para as plantas de cobertura durante a ciclagem das mesmas.

Apesar dos bons resultados obtidos na massa seca o acúmulo até o estágio de florescimento foi baixo, resultando em $\frac{1}{4}$ da massa seca total da planta. Isso pode ter ocorrido devido a interferência na fotossíntese por conta das altas temperaturas da região. Como se sabe o acúmulo de massa seca é efeito do mecanismo fotossintético responsável por incorporar a matéria orgânica na planta.

De acordo com Bergonci (2001), a quantidade de massa seca produzida pela cultura é estabelecida baseada na quantidade de radiação interceptada e sua capacidade de conversão de matéria seca. Altas temperaturas como na região estudada aceleram o desenvolvimento vegetativo gerando um menor período de crescimento o que reduz a absorção da radiação solar reduzindo consequentemente o acúmulo de matéria seca.

A produtividade de massa seca (MS) da parte aérea das plantas consorciadas em R6 do milho (Tabela 6) somente obteve resultado significativo quando associadas as doses de 0 e 40 kg ha⁻¹ de N. O sistema de consórcio M + C gerou uma regressão quadrática podendo alcançar seu ponto máximo com 71,63 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Com relação aos sistemas de consórcio não foi encontrado diferença significativa entre os consórcios Milho + *U. ruziziensis* e o consórcio triplo.

Os pesquisadores Barducci et al. (2009) e Batista et al. (2011) também encontraram resultados bem semelhantes aos do atual estudo. Foi verificado em ambos as pesquisas que não houve nenhum aumento na produtividade da MS em relação as doses de nitrogênio e os sistemas de consórcios não responderam a produção de massa seca.

Relacionadas entre si a produtividade de MS foi interferida assim como o acúmulo de matéria seca. visto que a temperatura trabalha no metabolismo básico das plantas e seu efeito se correlaciona com a evolução de uma cultura. Quando essas submetidas a altas temperaturas noturnas, como foi o caso, gera uma menor deposição de biomassa seca logo uma menor produtividade de matéria seca.

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a massa seca das plantas de milho em VT, produtividade de massa seca (MS) da parte aérea das plantas consorciadas (MSPA) em R6 em experimento de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura associado a doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

Massa seca das plantas de milho em VT (ton ha⁻¹)					
Doses de nitrogênio (kg ha⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	9.126 b	13.647 a	21.339 a	8.486 b	RQ*(¹)
M + C	16.436 a	11.987 a	20.437 a	14.217 a	n.s.
M + U	14.715 a	10.343 ab	12.506 b	12.605 ab	n.s.
M + C + U	15.488 a	6.630 b	6.314 c	12.555 ab	RQ*(²)
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 4372,5517				
Produtividade de MS da parte aérea das plantas consorciadas em R6 (ton ha⁻¹)					
Doses de nitrogênio (kg ha⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	--	--	--	--	--
M + C	8.231,6 a	6.986,8 ab	6.636,2	7.383,3	RQ*(³)
M + U	5.521,5 b	7.646,2 a	6.842,5	7.995,5	n.s
M + C + U	5.066,0 b	5.888,8 b	7.295,6	6.956,9	n.s
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 1.567,6572				

M: Milho; C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de significância.

(¹) $y = -2,7147x^2 + 340,19x + 7940,2$ ($R^2=73,3\%$); (²) $y = 2,3592x^2 - 305,89x + 15389$ ($R^2=99,7\%$); (³) $y = 0,3112x^2 - 44,587x + 8241,8$ ($R^2= 99,8\%$);

Na tabela 7 está presente os resultados da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no terço superior, médio e inferior no estádio de VT do milho. as variáveis analisadas se diferenciaram significativamente na interação consorcio e nitrogênio e por isso foi realizado o desdobramento das mesmas. É possível melhorar a intercepção da radiação na planta através de técnicas como aumento da densidade e redução do espaçamento (MARCHÃO et al., 2005), esses métodos afetam a intercepção da radiação, sendo ela por sua vez um fator decisivo para a produtividade (LOOMIS et al., 1999).

Tabela 7. Valores médios da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no terço superior (TS), terço médio (TM) e no terço inferior (TI) do dossel em VT (florescimento masculino) do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura associado a doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

	RFA em VT		
	TS	TM	TI
	----- $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -----		
M	1594	1317	432
M + C	1570	1087	182
M + U	1598	1312	299
M + C + U	1588	1076	225
0	1614	1282	304
40	1593	1378	311
80	1566	979	344
120	1577	1152	178
C	0,345 ^{ns}	15,467*	62,915*
N	0,993 ^{ns}	25,400*	28,074*
C x N	3,629*	4,679*	32,269*
C	--	--	--
CV (%)	5,29	11,45	19,43

M: Milho; C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; *significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro de inoculação e consórcio não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

A radiação fotossinteticamente ativa no terço superior demonstrado na Tabela 8 não mostrou nível de influência pelas doses de nitrogênio estudadas. O milho solteiro e o sistema de consórcio Milho + *Urochloa ruziziensis* gerou uma regressão quadrática com correlação positiva de 96,27%. Apesar da não influência significativa das doses de nitrogênio a melhor resposta apresentada foi no sistema milho solteiro associado a dose de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, conseguindo chegar em 1.754 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação.

No terço médio da Tabela 8 o resultado foi semelhante com relação a resposta das doses de nitrogênio, havendo uma significância maior na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, sendo o milho solteiro a ter os melhores resultados em 75% das doses de nitrogênio utilizadas. Já em relação ao terço inferior (tabela 8) os melhores resultados foram novamente no sistema de milho solteiro quando associado novamente a dose de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Analisando as 3 variáveis da tabela 8 é possível verificar que os melhores resultados foram obtidos na porção superior do dossel. Resultados semelhantes foram encontrados por Marchão et al. (2006) onde mostra que a grande parte da

interceptação da radiação acontece na parte superior da planta, ou seja, acima da espiga, esse resultado ocorre provavelmente pela maior eficiência da planta na captação de luz que chega nessa parte do dossel.

Diversos autores estudam a cultura do milho em resposta ao fotoperíodo, nesses estudos foi analisado os diversos comportamentos variando da extensão do seu ciclo vegetativo até o aumento ou baixa/ausência do fotoperíodo na cultura (VOS e VAN DER PUTTEN, 2003). Sendo a RFA estabelecida como a radiação solar compreendida entre os comprimentos de onda e sua variação diária, sabe-se que sua absorção depende de fatores variados que são cruciais para a produtividade final da cultura.

A área foliar é um exemplo de um desses fatores, seu processo de conversão de energia luminosa em energia química depende da interceptação solar (FAVARIN et al., 2002). Sendo assim a interferência desse fator sendo ele biótico ou abiótico afeta o desenvolvimento vegetativo da cultura pois compromete a eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa diminuindo assim a produtividade da cultura.

Tabela 8. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no terço superior, terço médio e terço inferior do dossel em VT (florescimento masculino) do milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura associado a doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

RFA no terço superior do dossel ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
Doses de nitrogênio (kg ha^{-1})					
Consórcio	0	40	80	120	
M	1505 b	1754 a	1575	1542	RQ*(1)
M + C	1602 ab	1547 b	1571	1560	n.s.
M + U	1685 a	1528 b	1547	1632	RQ*(2)
M + C + U	1664 a	1543 b	1571	1575	n.s.
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 158,5258				
RFA no terço médio do dossel ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
Doses de nitrogênio (kg ha^{-1})					
Consórcio	0	40	80	120	
M	1316	1499 a	1083 a	1370 a	n.s.
M + C	1340	1375 ab	806 b	827 c	RQ*(3)
M + U	1198	1501 a	1218 a	1331 ab	n.s.
M + C + U	1274	1139 b	810 b	1080 bc	RQ*(4)
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 258,7007				
RFA no terço inferior do dossel ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
Doses de nitrogênio (kg ha^{-1})					
Consórcio	0	40	80	120	

M	273 b	681 a	612 a	161	RQ*(5)
M + C	263 bc	118 c	215 b	130	n.s
M + U	516 a	176 bc	307 b	197	RQ*(6)
M + C + U	165 c	270 b	242 b	222	n.s.

DMS (5%) Consórcio dentro de dose de N – 104,2411

M: Milho; C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de significância.

(1) $y = -0,0441x^2 + 5,1175x + 1533,7$ ($R^2= 54,97\%$); (2) $y = 0,0378x^2 + 4,8875x + 1679,5$ ($R^2=96,27\%$); (3) $y = -0,0022x^2 + 5,0075x + 1399,7$ ($R^2=75,71\%$); (4) $y = 0,0633x^2 - 9,8713x + 1313,7$ ($R^2=72,41\%$); (5) $y = -0,1342x^2 - 15,094x + 277,75$ ($R^2=99,77\%$); (6) $y = 0,0359x^2 - 6,3775x + 480,4$ ($R^2=65,13\%$).

A tabela 9 mostra que todas as variáveis analisadas, número de fileira de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de cem grãos, produtividade de grãos, produtividade de massa seca e acúmulo de nitrogênio na palhada, obtiveram interação significativa entre a relação C x N, sendo assim foi realizado o desdobramento de todas elas.

Tabela 9. Valores médios do número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), número de grãos por fileira (NGF), massa de cem grãos (M100G), produtividade de grãos (PG), produtividade de massa seca (MSPA) e acúmulo de nitrogênio (N) da parte aérea dos resíduos culturais (palhada) em experimento de milho segunda safra consorciado com plantas de cobertura associado a doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

	NFGE	NGF	M100G	PG	MSPA	Acúmulo
	N°	N°	G	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Consórcio (C)						
M	14,5	30,0	14,4	3.009	14.736	182,9
M + C	14,7	28,7	15,4	3.038	19.249	327,6
M + U	14,7	28,5	13,2	3.987	19.911	239,0
M + C + U	14,7	29,5	15,1	3.098	21.020	208,4
Doses de nitrogênio (N) (kg ha⁻¹)						
0	14,9	28,0	13,8	2.838	21.098	236,4
40	14,5	29,9	14,8	3.797	19.613	248,9
80	14,5	29,3	15,2	3.323	17.845	239,0
120	14,7	29,5	14,3	3.175	16.076	236,7
Valores de F (*)						
C	0,693 ^{ns}	4,018*	7,435*	22,917*	40,335*	45,704*
N	1,902 ^{ns}	5731*	2,857*	16,362*	41,718*	0,515 ^{ns}
C x N	2,357*	2,439*	2,362*	31,002*	5,648*	9,558*
DMS (5%)						
C	--	--	--	--	--	--
CV (%)	8,36	10,61	9,61	11,99	9,28	15,59

M: Milho; C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; *significativo a 5% de significância; ^{ns} – não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra, dentro consórcio não diferem estatisticamente a 5 % de significância.

Para o número de fileira de grãos por espiga (NFGE) da Tabela 10 não foi observado uma diferenciação/influência perante as doses utilizadas. Independente das doses utilizadas o resultado foi bem semelhante não se diferenciando significativamente. O sistema de consócio M + *U. ruziziensis* ajustou - se regressão quadrática apresentando uma correlação positiva ($R= 0,98$) com seu ponto máximo de número de fileiras de grãos por espiga de 14,6. Sichoeki et al. (2014) e Godoy et al. (2011) em seus experimentos obteve resultados onde o número de fileira por espiga houve incremento com as doses máximas utilizadas, 150 e 130 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Em contrapartida Tomazela et al. (2005) e Gonçalves et al. (2016) não encontraram nível de significância nessa mesma variável, a explicação seria, pois, o número de fileira por espiga é uma característica genética da cultura é influenciada pelo seu genótipo.

Com relação ao número de grãos por fileira (tabela 10) somente os sistemas milho solteiro e consócio triplo se ajustaram a uma regressão quadrática com ponto máximo em 28 grãos por fileira, os demais sistemas não se diferenciaram entre si. Os resultados somente se mostraram significativos quando associados a dose de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Junior (2021) em seus estudos observou que o número de grãos por fileira não se diferiu de maneira significativa. O mesmo foi observado por Souza e Soratto (2006) utilizando doses de até 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio verificaram a ausência de significância nas doses utilizadas, alegando ser por conta das baixas doses usadas.

Diferentemente dos autores anteriores Kappes et al., (2009) defende que o número de grãos por fileira é influenciado pelo comprimento médio da espiga, que conseqüentemente interfere na produtividade da cultura. O autor também afirma que a média do comprimento da espiga é definido no estágio V12, onde apresentam doze folhas completamente expandidas. Schiavinatti et al., (2011) em seus estudos também não obtendo influência no número de fileira por grão e no número de grãos por fileira alega que o por conta do excesso de chuva no período seguinte a semeadura a ureia sofreu uma maior lixiviação faltando assim nitrogênio para a cultura no estágio inicial.

A massa de cem grãos demonstrado na tabela 10 obteve resultados pouco significativos com relação a resposta ao uso de doses de nitrogênio, as maiores doses (80 e 120 kg ha⁻¹ de N) mesmo que não significativos obtiveram os melhores

resultados. Houve incremento no sistema milho consorciado a *C. spectabilis* quando associado as doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, com valores de 17,2 e 15,3 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente, gerando uma regressão quadrática com o valor máximo quando associado a dose de 80 kg ha⁻¹ de N. Outro sistema que teve incremento semelhante ao anterior foi o sistema de consórcio triplo (M + C + U) com regressão quadrática de melhor valor associado a dose de 80 kg ha⁻¹ de N com valor significativo de 16,8 kg ha⁻¹.

Albuquerque et al. (2013) também observou melhores resultados da massa de cem grãos quando utilizou a cultura consorciada com *Crotalaria spectabilis*. Silva et al. (2006) obteve resultados bem semelhantes com relação a massa de cem grãos quando consorciado com *C. spectabilis*. Observou também que a adubação nitrogenada em cobertura auxiliou o aumento da massa de cem grãos. Isso comprova a influência do N para a formação dos grãos que estão relacionados com a translocação de nitrogênio em seus órgãos vegetativos (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Com relação a produtividade de grãos demonstrado no desdobramento da tabela 10 foi possível observar que a dose de 120 kg ha⁻¹ de N obteve incremento em 75% dos sistemas de cultivo estudados, sendo eles, todos os sistemas de consórcios. Isso ocorre pois o nitrogênio é um dos nutrientes mais necessário para a cultura, aumentando sua massa e conseqüentemente sua produtividade (GONÇALVES et al., 2016).

O milho em cultivo solteiro ajustou-se a equação de segundo grau com aumento de produtividade até dose máxima igual a 52 kg ha⁻¹ de N. Já no consórcio triplo, obteve dose máxima o que resultou em um aumento na produtividade igual a 78,36 kg ha⁻¹ de N quando ajustada a regressão quadrática, isso ocorreu devido ao um maior número de plantas presentes no sistema de consórcio triplo.

Quando elevada a dose para 80 kg ha⁻¹ a resposta ao uso dessa se mostrou significativa quando associado ao consórcio triplo (tabela 10). Essa resposta positiva pode estar relacionada com a presença da *C. spectabilis*. A leguminosa que tem a ação de fixar nitrogênio e contribuir no aumento da produtividade portanto, obteve resultado positivo mostrando significância no sistema de consórcio (M + C) do

presente estudo, foi observado, portanto, o aumento na produtividade conforme o aumento da dose de adubação.

Besen et al. (2019) verificou que usando uma alta dose de nitrogênio é possível aumentar o rendimento de grãos em até 30 kg ha^{-1} , podendo variar dependendo do sistema de cultivo utilizado. Com esse estudo foi possível concluir que uso de 120 kg ha^{-1} de N em cobertura obteve uma resposta linear e positiva na produtividade do milho. Besen et al. (2019) também verificou que a produtividade teve uma resposta positiva em doses maiores que a estudada anteriormente, sendo que a cada quilo de nitrogênio aplicado o rendimento era de $3,4 \text{ kg ha}^{-1}$ a mais.

Com relação aos consórcios (tabela 10) o que obteve melhor desempenho na produtividade foi o sistema Milho + *U. ruziziensis*, sendo efetivo quando associado a doses zero, 40 e 120 kg ha^{-1} de nitrogênio. A dose de 80 kg ha^{-1} de N obteve incremento somente quando associado ao consorcio triplo. O uso de cobertura vegetais, como as espécies de *Urochloa* além de melhorarem as condições do solo também melhoram o manejo do nitrogênio influenciando na crescente produtividade da cultura do milho (KAPPES et al., 2013).

A produtividade da matéria seca da palhada (tabela 10) além de gerar uma regressão quadrática em todos os sistemas analisados também obteve um incremento nos três sistemas de consórcios principalmente quando utilizados com associação as doses de 40 e 80 kg ha^{-1} de nitrogênio. As gramíneas no geral possuem grande capacidade de aporte de massa seca produzindo em alta escala mesmo em condições adversas (REDIN et al., 2016). Já as leguminosas além de fixar N no solo quando consorciadas com gramíneas tem sua decomposição de forma mais lenta contribuindo para o acúmulo de matéria seca (AITA et al., 2003).

Observando os consórcios da produtividade da MS da palhada (tabela 10) foi possível verificar que o sistema Milho + *C. spectabilis* obteve incremento quando associado as doses de 40 e 80 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura, com valores de 22.104 e $21.026 \text{ kg ha}^{-1}$ de produtividade da MS da palhada, atingindo sua dose máxima com 45 kg ha^{-1} de N. Em estudos feitos por Gitti et al. (2012) foi possível analisar que o uso da *Crotalaria spectabilis* aumentou a produção de massa seca total. Em outro estudo, dessa vez realizado por Cambaúva et al. (2019) foi comprovado que

o sistema de consórcio com essa espécie de leguminosa gerou uma maior produtividade de massa seca dos resíduos culturais.

Com *U. ruziziensis* a produtividade da matéria seca demonstrado na tabela 10 teve um incremento nas doses zero, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N. Já o consórcio triplo mostrou resposta significativa quando associado a doses de 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* é considerado um sistema de grande potencial de produção de matéria seca, tendo valores médios de 12 Mg ha⁻¹ de palhada, proporcionando ótima cobertura de solo (CRUSCIOL et al. 2009).

Souza et al. (2011) observou que o consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* proporcionou boa cobertura de solo gerando bons resultados de matéria seca. A palhada do sistema gerou proteção ao solo por mais um ciclo de cultura. Gazola et al., (2013) realizou um estudo onde verificou que a maior produção de palha se deu em razão do consórcio do milho com a *U. ruziziensis*.

O sistema M + C + U para a produtividade de MS da palhada (tabela 10) também gerou resultados significativos quando associadas as doses estudadas (40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N) em comparação a dose testemunha, tendo um maior resultado quando associado a dose de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio alcançando resultados de 22.326 kg ha⁻¹ de produtividade de matéria seca dos resíduos culturais.

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea dos resíduos culturais (palhada) demonstrado na tabela 10 apesar de apresentar regressão quadrática em todas as variáveis estudadas obteve incremento somente no sistema Milho + *Crotalaria spectabilis* quando associado as doses de zero, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N. Atingindo seu ponto máximo na dose de 48,03 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O uso dessa leguminosa gera um acúmulo maior de N na palhada (CAMBAÚVA et al., 2019) devido a sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Cambaúva et al. (2019) ainda observou que o milho consorciado com essa espécie de leguminosa gerou um aumento da palhada de 19% quando comparado ao sistema de milho solteiro.

Esse maior acúmulo gerado pelo *C. spectabilis* pode ser justificado por uma maior incorporação do nitrogênio no metabolismo das plantas do sistema. Mateus et al. (2006) obteve também que 70% do nitrogênio acumulado na palhada veio por meio da crotalária e da sua FBN. Outros diversos estudos comprovam a vantagem do uso

da crotalária para o acúmulo de nitrogênio. Mateus e Wutke (2006) afirmam ainda que essa espécie tem a capacidade de fixar de 60 a 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Tabela 10. Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente a número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de cem grãos, produtividade de grãos de milho, produtividade de matéria seca e acúmulo de nitrogênio (N) da parte aérea dos resíduos culturais em experimento de milho consorciado com plantas de cobertura associadas as doses de nitrogênio em cobertura, Dracena, SP, Brasil, 2022.

Número de fileiras de grãos por espiga					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	14,7	14,5	14,4	14,3 b	n.s.
M + C	14,8	14,8	14,4	14,7 ab	n.s
M + U	14,6	14,1	14,6	15,6 a	RQ ^{*(1)}
M + C + U	15,3	14,5	14,6	14,3 b	n.s
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 0,9997				
Número de grãos por fileira					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	29,6	30,5	29,9 a	30,0	n.s.
M + C	27,4	29,9	27,1 b	30,4	RQ ^{*(2)}
M + U	27,2	28,4	29,5 ab	28,8	n.s.
M + C + U	27,7	30,7	30,8 a	28,8	RQ ^{*(3)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 2,5279				
Massa de cem grãos (g)					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	14,7	14,6	13,9 b	14,5 ab	n.s.
M + C	13,6	15,3	17,2 a	15,3 a	RQ ^{*(4)}
M + U	12,9	14,7	12,8 b	12,5 b	n.s.
M + C + U	14,1	14,5	16,8 a	15,0 ab	RQ ^{*(5)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 2,6339				
Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) do milho					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	2.668 b	4.025 b	3.005 bc	2.336 b	RQ ^{*(6)}
M + C	2.499 b	2.169 c	3.722 ab	3.761 a	n.s
M + U	4.589 a	5.597 a	2.485 c	3.278 a	n.s
M + C + U	1.596 c	3.395 b	4.079 a	3.323 a	RQ ^{*(7)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 742,7047				
Produtividade de matéria seca da parte aérea dos resíduos culturais (kg ha⁻¹)					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	18.805 b	12.341 b	15.812 b	11.985 b	RQ ^{*(8)}
M + C	19.614 b	22.104 a	21.026 a	14.251 b	RQ ^{*(9)}
M + U	24.477 a	19.341 a	21.673 a	14.152 b	RQ ^{*(10)}
M + C + U	21.495 ab	21.644 a	22.326 a	18.616 a	RQ ^{*(11)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 3.280,75				

Acumulo de N da parte aérea dos resíduos culturais (kg ha ⁻¹)					
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
Consórcio	0	40	80	120	
M	237,0 b	140,9 c	127,7 c	225,9	RQ ^{*(12)}
M + C	314,3 a	407,5 a	329,9 a	258,9	RQ ^{*(13)}
M + U	205,7 b	277,5 b	275,4 ab	197,3	RQ ^{*(14)}
M + C + U	188,6 b	169,8 c	223,2 b	252,0	RQ ^{*(15)}
DMS (5%)	Consórcio dentro de dose de N – 70,4465				

M: Milho; C: *Crotalaria spectabilis*; U: *Urochloa ruziziensis*; médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de significância. ⁽¹⁾ $y = 0,0002x^2 - 0,0194x + 14,575$ ($R^2 = 98,95\%$); ⁽²⁾ $y = 0,0001x^2 + 0,0005x + 27,97$ ($R^2 = 24,27\%$); ⁽³⁾ $y = -0,0008x^2 + 0,1022x + 27,74$ ($R^2 = 99,53\%$); ⁽⁴⁾ $y = -0,0006x^2 + 0,085x + 13,4$ ($R^2 = 87,67\%$); ⁽⁵⁾ $y = -0,0003x^2 + 0,0537x + 13,8$ ($R^2 = 57,75\%$); ⁽⁶⁾ $y = -0,3166x^2 + 32,947x + 2804,4$ ($R^2 = 76,77\%$); ⁽⁷⁾ $y = -0,3992x^2 + 62,569x + 1579,8$ ($R^2 = 99,84\%$); ⁽⁸⁾ $y = 0,412x^2 - 91,916x + 17943$ ($R^2 = 52,13\%$); ⁽⁹⁾ $y = -1,4477x^2 + 130,8x + 19508$ ($R^2 = 99,38\%$); ⁽¹⁰⁾ $y = -0,3727x^2 - 26,889x + 2361$ ($R^2 = 73,89\%$); ⁽¹¹⁾ $y = -0,603x^2 + 52,469x + 21249$ ($R^2 = 85,03\%$); ⁽¹²⁾ $y = 0,0304x^2 - 3,7594x + 238,43$ ($R^2 = 99,58\%$); ⁽¹³⁾ $y = -0,0257x^2 + 2,4692x + 323,17$ ($R^2 = 86,06\%$); ⁽¹⁴⁾ $y = -0,0234x^2 + 2,7424x + 205,6$ ($R^2 = 99,99\%$); ⁽¹⁵⁾ $y = 0,0074x^2 - 0,2835x + 183,76$ ($R^2 = 88,29\%$);

6 CONCLUSÕES

O sistema de consórcio entre milho + *Crotalaria spectabilis* aumenta a concentração de nitrogênio foliar do milho, entretanto semelhante ao cultivo de milho solteiro.

Os consórcios entre milho + *Urochloa ruziziensis* associados as doses de zero, 40 e 120 kg.ha⁻¹ de N e entre milho + *Crotalaria spectabilis* + *Urochloa ruziziensis* associadas as doses de 80 e 120 kg.ha⁻¹ de N em cobertura proporcionam incrementos na produtividade de grãos de milho.

O consórcio entre milho + *C. spectabilis* independentemente da dose de N em cobertura proporcionam incrementos positivos na massa seca das plantas, altura média de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo de milho.

7 REFERÊNCIAS

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O.; Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 157-165, mar. 2001.

ALBUQUERQUE, Abel W. de et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 721-726, 2013.

ALLEN, R.G; PEREIRA, L.S; RAES, D; SMITH, M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. Rome: **FAO Irrigation and Drainage**, 1998. 56p.

ALBUQUERQUE, P. E. P. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte v. 31, n. 259,

2010, p.17-24.

ALVARENGA, R. C. et al. Adubação verde como fonte exclusiva de nutrientes para a cultura do milho orgânico.

ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S.; PAEPE, J. L. de. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: a meta-analysis. **Soil & Tillage Research**, v. 170, p. 53-65, 2017.

ALVES, VALDECIR BATISTA et al. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 280-292, 2013.

ANDRADE, F.H.; UHART, S.A; FRUGONE, M.I. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade versus plant density effects. **Crop Sci.**, Madison, 33:482-485, 1993.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1281-1288, 2006.

BATISTA, Karina et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1154-1160, 2011.

BERGONCI, João Ito et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 949-956, 2001.

BESEN, Marcos Renan et al. Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de produção com doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 1, p. 94-103, 2020.

BIANCHO, Lucas Estevam et al. MANEJO DA IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVO DE MILHO SAFRINHA. **UNIFUNEC CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**, v. 11, n. 13, p. 1-15, 2022.

BONFANTI, Leila. **Nutrição e disponibilidade de nitrogênio no consórcio de milho orgânico com diferentes densidades de fabáceas**. 2019.

CAMBAÚVA, V.; LEAL, F. T.; LEMOS, L. B.; Crescimento, produtividade e palhada de milho exclusivo e consorciado com crotalárias em diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 1, p. 99-111, 2019.

CARDOSO, Tainá Martins. **Dinâmica de fósforo e nitrogênio no consórcio de milho com adubos verdes no sistema orgânico**. 2022.

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

CASSOL, Cidimar et al. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CECCON, G. (Ed.). Consórcio milho-braquiária. Brasília, DF: **Embrapa**, 2013. 175 p.

CHIEZA, E. D., GUERRA, J. G. M., ARAUJO, E. D. S., ESPINDOLA, J. A., FERNADES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com Crotalaria juncea L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 189–196, abr. 2017.

CHIODEROLI, C. A.; MELO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola. Campina Grande**, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkely: **Universit of California**, 1942.124p.

CONAB - **Companhia Nacional De Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/2020** – Décimo segundo levantamento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, v. 7, n. 12, p. 1-68, 2020.

CONAB - **Companhia Nacional De Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2018/2019** - Décimo segundo levantamento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, v. 6, n. 12, p. 1-126, 2019.

CORRÊA, R.D.G.; FURLANI, C.E.A.; ZERBATO, C.; OLIVEIRA, D.T. DE; OLIVEIRA, M.F. DE. Variation of Seed Dosage on Corn Crop Production Components. **Journal of Agricultural Science**, v.10, p.296,2019.

COSTA, N. R. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1038-1047, 2012.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; BORGHI, E.; MATEUS, G.P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, n.125, p.2-15, 2009.

CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011.

DA SILVA, Davi Francisco et al. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e12310313172-e12310313172, 2021.

- DE NOTARIS, C., RASMUSSEN, J., SORENSEN, P., OLESEN, J. E. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 255, n. December 2017, p. 1–11, 2018.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOOREMBUS, J.; KASSAN, A.H. Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations: Collection Techniques Rurales en Afrique, **Ministère de la Coopération**, France, 1979. p. 204.
- DUARTE, J. O., MATTOSO, M. J., GARCIA, J. C. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica** - Importância Socioeconômica. 2020.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de pesquisa de solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Solos, 2013. FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*. 37(4), 529-535, 2019.
- FANCELLI, A. L.; Dourado Neto, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p
- FAVARIN, José Laércio et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 769-773, 2002.
- FRAZÃO, J. J.; DA SILVA, Á. R.; DA 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-Agriambi**, v. 18, n. 12, 2014.
- FLORENÇO, Alécio Silva et al. PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DO MILHO FORRAGEIRO COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO EM SUCESSÃO AO TREMOÇO BRANCO. **14º JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E 11º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS**, v. 14, n. 1, 2022.
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.
- FORTE, C. T., GALON, L., BEUTLER, A. N., PERIN, G. F., PAULETTI, E.S. S., BASSO, F. J. M., HOLZ, C. M., SANTIN, C. O. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 13: 1-10, 2018.
- FREITAS, Leandro Alves et al. **Plantas de cobertura como provedora de nitrogênio e adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2020.
- GALINDO, FS; TEIXEIRA FILHO, MM; BUZETTI, S.; LUDKIEWICZ, MG; ROSA, PA; TRITAPEPE, C. A.; Viabilidade técnica e econômica da co-inoculação com *Azospirillum brasilense* em cultivares de soja no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, p.51-56, 2018.
- GALVÃO, João Carlos Cardoso (Ed.); PIMENTEL, Marco Aurélio (Ed.); BORÉM, Aluizio (Ed.). **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed., atual. e ampl.. Viçosa: Ed. UFV, 2017, 382. p.

GAZOLA, R. N.; MELO, L. M. M.; DINALLI, R. P.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P. **Sowing depths of brachiaria in intercropping with corn in no tillage planting.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 157-166, 2013.

GENUCHTEN, M. Van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.41, p. 892, 1980.

GITTI D. C., ARF O.; VILELA R.G., POTUGAL J. R., KANEKO F. H.; RODRIGUES R. A. F.; (2012) Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 11:156-168.

GITTI, D. C., ARF, O., PORTUGAL, J. R., CORSINI, D. C. D. C., RODRIGUES, R. A. F., & KANEKO, F. H. (2012). Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, 71 (4)509-517.

GODOY, J. C. S. de; WATANABE, S. H.; FIORI, C. C. L.; GUARIDO, R. C. **Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*.** Campo Digital, Campo Mourão, v. 6, n. 1, p. 26-30, jun. 2011.

GONTIJO NETO, M. M., MAY, A., VANIN, A., SILVA, A. F. da, SIMÃO, E. de P., SANTOS, E. A. dos, QUEIROZ, L. R., BARCELOS, V. G. F. (2015). Avaliação de cultivares e épocas de semeadura de milho safrinha na região de Rio Verde (GO). In: Seminário Nacional [de] Milho Safrinha, 12., Dourados. Estabilidade e produtividade: anais. Brasília, DF: Embrapa; Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2015.

GONÇALVES, A. K. A. de; DA SILVA, T. R. B.; BRANDÃO, A. G. Manejo de adubação nitrogenada em milho solteiro e em consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 318-327, 2016.

HEINRICH, R. et al. Características químicas de solo e rendimentos de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n. 29, p. 71-79. 2005.

JAKELAITIS, A. et al. **Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho.** *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

JUNIOR, Celso Augusto Tomasini. **Produtividade de milho safrinha sobre interferência de adubos verdes e plantas de cobertura e adubação de nitrogênio.** 2021.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1310-1321, 2013.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 219-234, 2015.

KUMAR, R.; MAHAJAN, G.; SRIVASTAVA, S.; SINHA, A. Green manuring: a boon for sustainable agriculture and pest management: a review. **Agricultural Review**, Haryana, v. 35,

n. 3, p. 196-206, 2014.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies, **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1584-1596, 1999.

MARCHÃO, R. L. BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho em espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35 n. 2, p. 93-101, 2005.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 02, 2006.

MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. **Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. 2006.**

MAKINO, PRISCILA AKEMI; CECCON, GESSÍ; FACHINELLI, RICARDO. Produtividade e teor de nutrientes em populações de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 206-220, 2019.

MATOS, F. B., DE OLIVEIRA, F. F., PIETROSKI, M., MULLER, P. F., TAKESHITA, V., CAIONE, G. Uso de Azospirillum brasileiro para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 1, p. 131-141, 2017.

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

MICHELON. **View of Soil attributes and yield of corn cultivated in succession to winter cover crops**. Disponível em: . Acesso em: 4 maio. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Exportações do agro ultrapassam US\$ 100 bilhões pela segunda vez na história**. Disponível em: . Acesso em: 4 maio. 2021.

MOTTIN, M. C. et al. Efeito do cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura na produção de massa seca e nas propriedades físicas do solo. **Conjecturas**, v. 22, n. 9, p. 70-91, 2022.

MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MÜLLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (Ed.). Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná. Curitiba: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 482, 2017.

MUNDSTOCK, C.M. A interação entre o número de plantas e o nível de adubação nitrogenada em cobertura de milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, 15:111-8, 1979

OKUYAMA, Lauro Akio; DA SILVA, Paulo Regis Ferreira. Aplicação de nitrogênio e 2, 4-D como regulador de crescimento em milho I. Acúmulo de matéria seca e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 6, p. 613-618, 1983.

OLIVEIRA, P. de et al. Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: Consorciação de Milho com Leguminosas. **Embrapa Arroz e Feijão**, 2010. 16 p. (Circular Técnica, 88).

OTEGUI, M. E. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize: II. Plant population effects. **Crop. Sci.**, Madison, 37:448-455, 1997.

PEDREIRA, Bruno C.; BEHLING NETO, Arthur; WRUCK, Flávio J.; OLIVEIRA JÚNIOR, Orlando L.; DOMICIANO, Leandro F.. CULTURAS DE COBERTURA PARA A ENTRESSAFRA: importância e recomendações. In: COMIGO, Instituto de Ciência e Tecnologia. **Anuário de Pesquisas em Agricultura**. Rio Verde: Itc, 2020. p. 13-24.

PEREIRA, N. D.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de nos agroecossistemas. **Revista Verde**, Pombal, v. 7, n. 5, p. 36-40, 2012.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

PORTUGAL, J. R., ARF, O., PERES, A. R., GITTI, D. D. C., GARCIA, N. F. S. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 639-649, Oct. 2017.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 56-59. (Boletim Técnico 100).

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, **Instituto Agronômico de Campinas, Fundação IAC**, 1996. 285p.

REDIN, M.; GIACOMINI, S. J.; FERREIRA, P. A. A.; ECKARDT, D. P. **Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio**. In: TIECHER, Tales (org.). Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: Ufrgs, 2016. p. 7-22. D

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special report, 48). REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Soil, plant and atmosphere**. 2019. 456 p. (E-book) 10.1007/978-3-030-19322-5.

ROSA, D. M., NOBREGA, L. H. P., MAULI, M. M., DE LIMA, G. P., PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 221-230, June 2017.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; LIMA, G. P. de; MAULI, M. M. Desempenho da cultura do milho implantada sobre resíduos culturais de leguminosas de verão em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.1287-1296, 2011.

SANGOI, L., SCHWEITZER, C., SILVA, P. R. F. D., SCHIMITT, A., VARGAS, V. P., CASA, R. T., & SOUZA, C. A. D. (2011). Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46, 609-616.

SANTOS, M.; GALVÃO, J.C.; MELO, A.; ADRIANO, R.; FIDELIS, R.; CORRÊA, M.L. Efeito da fonte de nitrogênio e da época de aplicação na cultura do milho, em plantio direto, com espaçamento reduzido. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.1, p.29-37, 2017.

SCHIAVINATTI, Amanda Failli et al. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, v. 70, p. 925-930, 2011.

SHIOGA, PEDRO SENTARO; DE OLIVEIRA, EDSON LIMA; GERAGE, ANTÔNIO CARLOS. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 03, 2004.

SICHOCKI, Diego et al. Resposta do Milho Safrinha à Doses de Nitrogênio e de Fósforo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 48-58, 30 abr. 2014. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**.

SILVA, E. C. da.; MURAOKA, T.; VELOSO, M. E. C. da.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de cerrado. **Ciência Rural**, v.36, p.739-746, 2006b.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 725-733, 2005b.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 477-486, 2006b.

SILVA, G. S. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO NETO, R. B. de. Dinâmica da água no solo e produtividade em consórcio de milho e *Brachiaria ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 50, p. e59809, 2020.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 395- 405, 2006

SOUZA, Stefany Silva de. **Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno em sucessão a sistemas de cultivo com milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária**. 2016.

TAVARES, Rose Luiza Moraes; FARHATE, Camila Viana Vieira; ASSIS, Renato Lara de; DOMICIANO, Leandro F. PLANTAS DE COBERTURA E SEUS BENEFÍCIOS AO SOLO. In: COMIGO, Instituto de Ciência e Tecnologia. **Anuário de Pesquisas em Agricultura**. Rio Verde: Itc, 2020. p. 40-55.

TOMAZELA, A. L. **Adubação nitrogenada e de micronutrientes na produtividade e incidência de doenças foliares em milho**. 2005. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

VERONEZI, S. D. F.; RIBEIRO, L. M.; CECCON, G. Uso de *Azospirillum brasilense* em milho safrinha solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 4, p. 349-360, 2018.

WILLEY, R.W. Intercropping – Its importance and research needs. Part. 1. Competition and yield advantages. **Field Crops Abstracts**, v.42, n.1, p.1-10, 1979.

ZUCARELI, C., PIAZZOLI, D., SAPUCAY, M. J. D.C., PRANDO, A. M., JUNIOR, J. A. D. O. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em cobertura no desenvolvimento e desempenho produtivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 178-191, 2019.

