



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS DE COBERTURA NA SAFRINHA EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SOJA: FITOMASSA E CICLAGEM DE
NUTRIENTES**

Rondonópolis

2019

PRISCILLA BARROS FEITOSA
Engenheira de Produção Agroindustrial

**CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS DE COBERTURA NA SAFRINHA EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SOJA: FITOMASSA E CICLAGEM DE
NUTRIENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus de Rondonópolis, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco

Rondonópolis
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B277c Barros Feitosa, Priscilla.
CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS DE COBERTURA NA
SAFRINHA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SOJA: FITOMASSA E
CICLAGEM DE NUTRIENTES / Priscilla Barros Feitosa. -- 2019
43 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Leandro Pereira Pacheco.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto
de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2019.
Inclui bibliografia.

1. *Crotalaria spectabilis*. 2. liberação de nutrientes. 3. *Pennisetum
glaucum*. 4. *Urochloa ruziziensis*. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



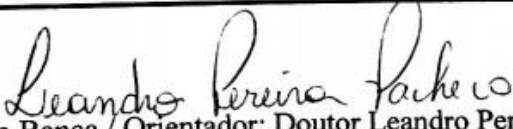
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO-GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
Avenida dos Estudantes,5055 - Cidade Universitária, - CEP: 78736-900 -Rondonópolis/MT
Tel.: (66) 3410-4121 - E-mail : spgeagri@hotmail.com

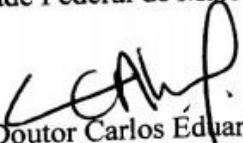
FOLHA DE APROVAÇÃO


Título: “CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS DE COBERTURA NA SAFRINHA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SOJA: FITOMASSA E CICLAGEM DE NUTRIENTES”

AUTORA: Mestranda Priscilla Barros Feitosa

Dissertação defendida e aprovada em 26 de fevereiro de 2019.


Presidente da Banca / Orientador: Doutor Leandro Pereira Pacheco
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso


Examinador Interno: Doutor Carlos Eduardo Avelino Cabral
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso


Examinador Externo: Doutor Edicarlos Damacena de Souza
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Rondonópolis, 13 de maio de 2019.

À memória do meu pai Valnei, por todo amor e compreensão dedicados a mim.

À memória dos meus avós maternos Maria Percília e José Moreno, por deixarem de herança verdadeiros tesouros em forma de ensinamentos.

À minha mãe Edna, pelo exemplo de força e integridade, e por ser a grande incentivadora dos meus projetos de vida.

A todos familiares e amigos que me estenderam a mão ao longo dessa jornada que se encerra.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo à Deus, por me permitir acordar todos os dias e batalhar pelos meus sonhos. Por me dar saúde e força de vontade para vencer qualquer obstáculo. Agradeço à Ele por ter me dado uma família incrível, e por colocar pessoas maravilhosas, cheias de luz e amor em minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leandro Pereira Pacheco por ter me concedido a honra de sua orientação, por todo aprendizado e por toda confiança depositada em mim.

Aos professores Dr. Carlos Eduardo Avelino Cabral e Dr. Edicarlos Damacena de Souza, por toda contribuição em meu projeto de pesquisa.

À prof^a Dr^a. Edna Maria Bonfim-Silva, por ter participado da minha qualificação e por toda contribuição feita no projeto de pesquisa.

A todos integrantes do GPISI, Grupo de Pesquisa e Inovação em Sistemas Puros e Integrados de Produção Agropecuária, por toda ajuda nas atividades nos campos experimentais.

Aos amigos e colegas do PPG em Engenharia Agrícola, por todo apoio intelectual e emocional: Camila Rueda, Tassia Greco, Andressa Selestina, Wily Mendes, Rafael Veiga, José Roberto e Thiago Castañon. A CAPES.

Ao coordenador da Pós-graduação e também professor, Dr. Tonny José Araújo da Silva, por toda atenção e disponibilidade em atender e ajudar.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos!

“E não nos cansemos de fazer o bem, pois no
tempo próprio colheremos, se não
desanimarmos”
Gálatas 6:09

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE TABELAS.....	
RESUMO.....	
ABSTRACT.....	
INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. O Sistema Plantio Direto no Cerrado.....	3
2.2 Culturas de cobertura.....	4
2.3 Consorciação de culturas e ciclagem de nutrientes.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação mensal acumulada e temperatura média do ar durante a condução do experimento.....	7
Figura 2. Dessecação dos sistemas de produção (A) e adubação de semeadura (B).....	9
Figura 3. Delimitação da área de coleta da soja.....	9
Figura 4. Fitomassa proporcionada pelos sistemas com milho em benefício da soja.....	10
Figura 5. Produtividade da soja proporcionada pelos sistemas de culturas cobertura na safra 2017/18.....	12
Figura 6. Decomposição e tempo de meia vida da fitomassa das culturas de cobertura na safra 2017/18.....	15
Figura 7. Fitomassa promovida pelas culturas de cobertura no período do florescimento.....	20
Figura 8. Fitomassa promovida pelas culturas de cobertura no período da senescência.....	22
Figura 9. Índice de área foliar das culturas de cobertura no florescimento.....	23
Figura 10. Radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas culturas de cobertura no florescimento.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento.....	7
Tabela 2. Caracterização dos sistemas de produção com a semeadura da safrinha 2017 após a colheita da soja safra 2016/17.....	8
Tabela 3. Fitomassa e taxa de cobertura do solo por culturas de cobertura semeada em safrinha no Cerrado no momento da dessecação de manejo para a semeadura da soja da safra 2017/18.....	14
Tabela 4. Acúmulo de macronutrientes (kg ha^{-1}) na fitomassa aérea das plantas de cobertura no período do florescimento.....	16
Tabela 5. Acúmulo de macronutrientes na fitomassa aérea das plantas de cobertura no período de senescência.....	17
Tabela 6. Índice de exportação de nutrientes do florescimento para senescência.....	18
Tabela 7. Acúmulo de nutrientes no momento da dessecação (ODAD) e 120 dias após dessecação.....	18
Tabela 8. Valor absoluto (kg ha^{-1}) dos nutrientes liberados do momento da dessecação até 120 dias após dessecação.....	19
Tabela 9. Eficiência da interceptação, coeficiente de extinção K e eficiência do uso da radiação (EUR) pelos sistemas de produção no período do florescimento.....	25

RESUMO

CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS DE COBERTURA NA SAFRINHA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SOJA: FITOMASSA E CICLAGEM DE NUTRIENTES

A prática de consorciação de culturas de cobertura promove a diversidade de resíduos de fitomassa para o plantio direto que, além de possibilitar o incremento de produtividade da soja, melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Objetivou-se avaliar a produção de fitomassa, acúmulo e liberação de nutrientes promovidos por sistemas de cultivo com culturas de cobertura e a produtividade de grãos da soja cultivada em sucessão. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), campus Rondonópolis-MT, na safra 2017/18. Os sistemas foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, com sete sistemas com plantas de cobertura em sucessão à soja e três repetições, sendo eles: Pousio em plantio direto; *Pennisetum glaucum*; *Crotalaria spectabilis*; *Urochloa ruziziensis*; *P. glaucum* + *U. ruziziensis*; *P. glaucum* + *C. spectabilis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*. O acúmulo de fitomassa foi avaliado no florescimento e na senescência das culturas e, no momento da dessecação em pré-semeadura da soja. A taxa de cobertura do solo, bem como a ciclagem de nutrientes proporcionados pelos sistemas foram avaliados no momento da dessecação e aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após dessecação. A *U. ruziziensis* apresentou maior produção de fitomassa no momento da dessecação, seguida por *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*. O *P. glaucum* apresentou maiores acúmulos de nutrientes durante o florescimento e senescência, entretanto, a *U. ruziziensis* disponibilizou maior quantidade de macronutrientes e micronutrientes a partir do momento da dessecação de pré-semeadura da soja. Os sistemas em monocultivo de *C. spectabilis* e *U. ruziziensis* promoveram aumento no rendimento de grãos de soja na safra 2017/18.

Termos para indexação: *Crotalaria spectabilis*, liberação de nutrientes, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa ruziziensis*.

ABSTRACT

CONSORTITION OF COVERAGE CROPS IN SECOND CROP IN SOYBEAN PRODUCTION SYSTEM: PHYTOMASS AND NUTRIENT CYCLING

The practice of intercropping of cover crops promotes the diversity of phytomass residues for no-tillage that, in addition to increasing the productivity of soybeans, improves the physical, chemical and biological attributes of the soil. The objective was to evaluate the phytomass production, accumulation and release of nutrients promoted by cropping systems with cover crops and grain yield of soybeans grown in succession. The experiment was conducted at the Federal University of Mato Grosso (UFMT), Campus Rondonópolis-MT, in the 2017/18 harvest. The systems were arranged in a randomized block design, with seven systems with cover plants in succession to the soybean and three replicates, being: Fallow in no-tillage; *Pennisetum glaucum*; *Crotalaria spectabilis*; *Urochloa ruziziensis*; *P. glaucum* + *U. ruziziensis*; *P. glaucum* + *C. spectabilis*; *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*. The phytomass accumulation was evaluated in the flowering and senescence of the crops and, now of desiccation in pre-sowing of soybean. The soil cover rate as well as the nutrient cycling provided by the systems were evaluated at desiccation at 15, 30, 60, 90 and 120 days after desiccation. Soya was grown in succession to the cover crops and grain yield was quantified. *U. ruziziensis* showed higher phytomass production at desiccation, followed by *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*. In general, the systems with *U. ruziziensis* showed a high sprout capacity after the initial spring rains, which made them stand out in the systems with *P. glaucum* and *C. spectabilis* on phytomass productivity. The *P. glaucum* presented higher accumulations of nutrients during flowering and senescence; however, *U. ruziziensis* provided a greater quantity of macronutrients and micronutrients from the moment of desiccation of soybean pre-sowing. Single systems of *C. spectabilis* and *U. ruziziensis* promoted an increase in yield of soybeans in the 2017/18 crop.

Index terms: *Crotalaria spectabilis*, nutrient release, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa ruziziensis*

INTRODUÇÃO

A produção de soja em Mato Grosso, na safra 2018/19, pelas estimativas, atingirá 32,124 milhões de toneladas, enquanto a produção brasileira será de, aproximadamente, 115,343 milhões de toneladas (CONAB, 2019). Estes dados reforçam a importância da participação do Mato Grosso no complexo produtivo da soja para a economia brasileira, visto que se destaca como maior produtor de soja. Além do estado apresentar condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de culturas anuais para a produção de grãos, a adoção do sistema plantio direto (SPD) tem contribuído para melhoria nos resultados (EMBRAPA, 2017).

O SPD, por proporcionar sustentabilidade do uso do solo, por meio de melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, possibilita o aumento da produtividade de soja. Entre os princípios atrelados aos benefícios do SPD, que são: perturbação mínima do solo, cobertura permanente do solo e rotação de culturas, este último princípio é pouco desenvolvido no Estado do Mato Grosso. De acordo com a Conab (2017), a prática da sucessão que se consolidou nos últimos anos, e é o que diferencia o Brasil de outros países produtores de grãos, como os Estados Unidos e Argentina, onde a sucessão de cultura soja-milho não ocorre. Na região geoeconômica Centro-Sul é amplamente adotado esse modelo de sucessão soja-milho, que a longo prazo deixa de aumentar a eficiência no uso do solo.

Assim, torna-se necessário a adoção de novas alternativas de segunda safra que minimizem os efeitos da sucessão contínua de soja-milho. Uma alternativa é diversificar as culturas de cobertura para a produção de fitomassa, durante a safrinha, inclusive por meio da inclusão de sistemas de consórcio. Proporcionar cobertura permanente do solo é crucial, pois está estritamente relacionada com a matéria orgânica que, além de melhorar a qualidade física do solo, representa importante fonte de reserva de nutrientes devido às propriedades coloidais dos húmus.

Para escolha das culturas para obtenção de cobertura permanente do solo é preciso avaliar a quantidade e qualidade da fitomassa produzida pela cultura, em função das condições edafoclimáticas de cada região. As condições de umidade e temperatura, por exemplo, interferem tanto no crescimento e desenvolvimento das plantas, quanto na decomposição da fitomassa. Segundo Pacheco et al. (2013), para as regiões do Cerrado

recomenda-se o mínimo de 13 t ha⁻¹ ano⁻¹ de fitomassa para a manutenção da cobertura permanente do solo. Além da elevada produção de fitomassa, é desejável que a cultura possua: sistema radicular profundo, tolerância ao déficit hídrico, associação com bactérias (dos gêneros *Rhizobium* e *Azospirillum*) e fungos micorrízicos.

Devido às culturas de cobertura diferirem entre si quanto à eficiência de absorção de nutrientes e exploração de diferentes profundidades do solo, a consorciação de culturas propicia melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, tais como água, nutrientes e radiação solar. Ao diversificar culturas pode-se obter vantagens por meio das diferenças em capacidade de ciclagem de nutrientes e velocidade de decomposição da fitomassa. Quanto maior a relação C/N, mais lenta a decomposição. As leguminosas possuem menor relação C/N que as gramíneas, logo, quando consorciadas, facilitam a atividade microbiana e propiciam a obtenção de uma velocidade de decomposição intermediária. Além disso, promovem a fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que possibilita maior ganho em produtividade de grãos devido ao incremento de nitrogênio no sistema proveniente da atmosfera.

A escolha ideal das culturas para a prática de consorciação terá que conjugar a ciclagem de nutrientes e o acúmulo de fitomassa de forma que resulte em benefícios para o sistema solo-planta. Vários trabalhos avaliam essas culturas de forma isolada, entretanto, é preciso avaliá-las em consórcio para analisar o desempenho na produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes, e verificar a viabilidade do sistema. Diante disso, são necessários estudos que avaliem as culturas de cobertura, em sistemas solteiros e consorciados, quanto a produção de fitomassa e capacidade de ciclagem de nutrientes.

Logo, objetivou-se comparar o desempenho de culturas de cobertura em sistemas com gramíneas e com o consórcio de gramíneas e leguminosas. As culturas escolhidas são amplamente adotadas por produtores no Estado do Mato Grosso, porém pouco estudadas, e foram avaliadas quanto a produção de fitomassa, acúmulo e ciclagem de nutrientes, sendo estas: *Pennisetum glaucum* e *Urochloa ruziziensis* (gramíneas), e a *Crotalaria spectabilis* (leguminosa).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O Sistema Plantio Direto no Cerrado

O Sistema Plantio Direto (SPD) foi introduzido no Brasil no início da década de 70, na região Sul do país, como uma alternativa de preparo do solo visando o combate a erosão provocada pela expansão da lavoura mecanizada de soja e trigo, e, também, como proteção do solo devidos às baixas temperaturas (EMBRAPA, 2000). O SPD é composto por um conjunto de técnicas agrícolas que, além de suprimir os efeitos da erosão, proporciona melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, e propicia o sequestro do carbono e incremento da biodiversidade (PITTELKOW et al., 2012). Além disso, o aprimoramento dessas técnicas tem proporcionado um sistema altamente rentável para os produtores, por meio do aumento da produtividade.

Todavia, antes da inserção do SPD faz-se necessário o adequado preparo do solo para posterior manutenção dos três pilares do sistema, que são: mínimo revolvimento do solo, cobertura permanente do solo e rotação de culturas, os quais são responsáveis por sua eficiência. No preparo do solo é essencial a eliminação dos impedimentos físicos, pois o frequente revolvimento do solo visando a descompactação descaracteriza o sistema. No SPD ocorre perturbação mínima no solo apenas na linha do plantio. Além disso, com a adição adequada de fitomassa para a cobertura permanente do solo, e com a rotação de culturas pelo efeito de diferentes sistemas radiculares, dificilmente haverá necessidade de revolver o solo com fins de descompactação (ALTMANN, 2010).

Sob o escopo do SPD no Cerrado mato-grossense, verifica-se que a prática de rotação de culturas é inabitual, e há predominância do cultivo em sucessão de culturas com a soja no verão e milho em segunda safra. Dessa forma, diversificar e rotacionar as culturas de cobertura na segunda safra a fim de proporcionar proteção ao solo durante a entressafra, torna-se opção viável para a manutenção do sistema a longo prazo. A inserção de culturas de cobertura eleva o teor de matéria orgânica, que resulta em aumento de infiltração e retenção de água, e promoção de ciclagem de nutrientes em benefício da cultura semeada em sucessão (PRIOR et al., 2004; AGNES et al., 2004; CRUZ et al., 2010). Os teores de matéria orgânica do solo, além de serem preservados no SPD devido ao revolvimento mínimo do solo, podem ser elevados gradualmente ao longo dos anos a partir de uma elevada produção de fitomassa (Mielniczuk et al., 2003).

2.2 Culturas de cobertura

As culturas de cobertura têm como função minimizar os impactos ocasionados pelo uso intensivo do solo como a compactação, e impedir que os impactos diretos das gotas de chuva provoquem erosões. É desejável que essas culturas possuam elevada capacidade de produção de fitomassa e sistema radicular profundo, pois são características que favorecem tanto a preservação quanto a recuperação da fertilidade do solo. Evidencia-se que a matéria orgânica formada a partir da decomposição da fitomassa é fundamental para a manutenção de temperatura e umidade do solo, aumento de infiltração de água no solo e diminuição das perdas por evaporação, o que resulta em condições favoráveis para a ciclagem e disponibilização de nutrientes (MORETI et al., 2007; ALTMANN, 2010).

A cobertura vegetal na superfície do solo representa importante reserva de nutrientes, cuja velocidade de disponibilização pode ser rápida ou lenta, a depender da qualidade e quantidade da fitomassa, dos fatores climáticos e da atividade macro e microbiológica do solo (ALCÂNTARA et al., 2000; ROSOLEM et al., 2003). Reeves (1994) destaca que o uso de culturas de cobertura em sistemas de rotação visa melhorar a fertilidade do solo, e aumentar a produtividade agrícola, provoca significativas alterações na dinâmica do nitrogênio (N) no solo. Portanto, estabelecer sistemas de produção que diversifiquem e promovam cobertura permanente do solo é imprescindível para obter sustentabilidade na produção agrícola no Mato Grosso.

Devido às condições edafoclimáticas do Cerrado mato-grossense, com elevadas temperaturas e umidade, há um entrave para a manutenção da cobertura permanente no solo, pois a decomposição da fitomassa procede de maneira acelerada. Logo, torna-se um dos obstáculos na continuidade do plantio direto. Nesse contexto, evidencia-se a importância na identificação de culturas de cobertura que: proporcione elevada produção de fitomassa; permaneça por um período prolongado no solo; apresente rápido estabelecimento aproveitando as chuvas finais de verão; possua adaptação às condições de deficiência hídrica; e promova ciclagem de nutrientes (PACHECO et al., 2008; TEIXEIRA, 2010).

A manutenção da quantidade ideal de fitomassa no solo exerce papel importante no controle de plantas daninhas, em função da barreira física criada sob o solo (OLIVEIRA, 2002). Com a redução da passagem de luz e, conseqüentemente, da temperatura no solo, a germinação de sementes de plantas espontâneas é inibida. Além disso, a exsudação de

substâncias alelopáticas das raízes das culturas de cobertura podem ter efeito inibitório na germinação de sementes ou no desenvolvimento das plantas.

No Cerrado Piauiense, observou-se que a fitomassa da soja e do milho, somada a das culturas de cobertura, possibilitaram produção de fitomassa extra para o sistema de 5.500 kg ha⁻¹, principalmente nos sistemas com *P. glaucum* solteiro, consórcio simultâneo de milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* solteira (PACHECO et al., 2013). Durante a safrinha no Cerrado, o *P. glaucum* tem sido muito utilizado como cultura de cobertura por apresentar características favoráveis às condições edafoclimáticas. Além disso, Collier et al. (2006) ressaltam a inserção de leguminosas no sistema como fator que agrega qualidade à fitomassa, a qual pode contribuir para maiores produtividades das culturas anuais em função do suprimento de nutrientes.

Dentre as gramíneas, as mais utilizadas como cultura de cobertura no Cerrado estão o *Pennisetum glaucum* (milheto) e a *Urochloa ruziziensis*. O *P. glaucum* tem sido muito utilizado devido ao seu rápido estabelecimento e elevada capacidade de acúmulo de nutrientes e fitomassa, mesmo em condições de déficit hídrico (PACHECO et al., 2013). A *U. ruziziensis*, além de se destacar na produção de fitomassa, é uma gramínea que apresenta área foliar superior ao milheto, o que resulta em decomposição e liberação de nutrientes mais rápida (PACHECO et al., 2011). Entre as leguminosas, destaca-se a *Crotalaria spectabilis*, que apesar da baixa produção de fitomassa, favorece o sistema por meio do incremento de nitrogênio (MORAES et al., 2005).

2.3 Consorciação de culturas e ciclagem de nutrientes

No Cerrado, devido à prática de rotação de culturas na safra ser inabitual, uma alternativa para reduzir os efeitos nocivos do cultivo em sucessão é a diversificação das culturas na safrinha, com o intuito de proporcionar cobertura permanente do solo. Ao inserir culturas com diferentes sistemas radiculares, é possível obter melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos e, conseqüentemente, desempenho superior na produtividade das culturas anuais (ALTMANN, 2010). A rotação e a consorciação de culturas proporcionam aumento da macroporosidade e porosidade total do solo, o que mantém o solo descompactado e beneficia o desenvolvimento das culturas comerciais, devido a maior exploração do solo pelas raízes (CHIODEROLI et al., 2012)

Além disso, com a diversificação na produção agrícola, as culturas de cobertura podem restituir quantidades significativas de nutrientes às culturas anuais, visto que, estas absorvem os nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e, posteriormente, libera-os na camada superficial através da decomposição da fitomassa (BOER et al., 2007). Dessa forma, a consorciação de culturas é empregada como estratégia para alcançar alta produtividade e promover a sustentabilidade, ao longo do tempo, nos sistemas de produção (BEZERRA NETO & GOMES, 2008). Para a obtenção desses atributos, a eficiência de um sistema consorciado depende de fatores que influenciam o rendimento e a taxa de crescimento das culturas componentes do consórcio, entre eles estão: a competição entre as culturas por fatores de crescimento, cultivar e o arranjo espacial de plantio (PUIATTI et al., 2000). O sistema de consórcio mais comumente utilizado envolve o uso de gramíneas e leguminosas.

Segundo Giacomini et al. (2003), a utilização de consórcio entre gramíneas e leguminosas é alternativa viável para a produção de fitomassa no SPD e apresenta relação C/N intermediária àquela dos cultivos solteiros. Essa relação C/N resulta menor taxa de decomposição quando comparado aos resíduos de leguminosas e podem propiciar cobertura vegetal permanente, o que favorece a sincronização na liberação de nutrientes para a cultura subsequente. A decomposição da fitomassa proveniente das leguminosas disponibiliza os nutrientes mais rapidamente para a cultura principal. Em geral, a decomposição depende do ambiente físico, umidade, temperatura, composição do material vegetal (teores de lignina e celulose) e dos organismos decompositores (SCHEER, 2008).

Nesse contexto, a proposta do estudo das culturas: *Pennisetum glaucum* e *Urochloa ruziziensis* (gramíneas), e a *Crotalaria spectabilis* (leguminosa), em sistemas solteiros e consorciados visa analisar o desempenho de sistemas com diversidade de espécies. A diversidade representa ganho em termos de melhoria da qualidade do solo, visto que quanto maior a diversidade no sistema, maiores ganhos em características de solo, principalmente de matéria orgânica (MO). Pesquisas da Embrapa apontam que o aumento de 1% de MO na camada superficial do solo pode aumentar a produtividade de soja em até 12 sacos hectare⁻¹, o que representa, 720 kg hectare⁻¹. Ressalta-se que, a melhoria na qualidade do solo está estritamente ligada às características de cada planta, que variam desde a sua capacidade de produção de fitomassa até a capacidade de extração de nutrientes do solo e do ar atmosférico, como é o caso das leguminosas (ARAÚJO et al., 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2017/18 na Estação Experimental da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Câmpus Rondonópolis (a 16°27'41.75'' S e 54°34'52.55'' W, com altitude de 292 metros), sendo este o quarto ano com cultivo na área experimental. O solo cultivado é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006). O clima, segundo a classificação de Köppen é Aw, com duas estações bem definidas: seca e chuvosa. Durante todo o período experimental houve monitoramento da temperatura e da precipitação (Figura 1).

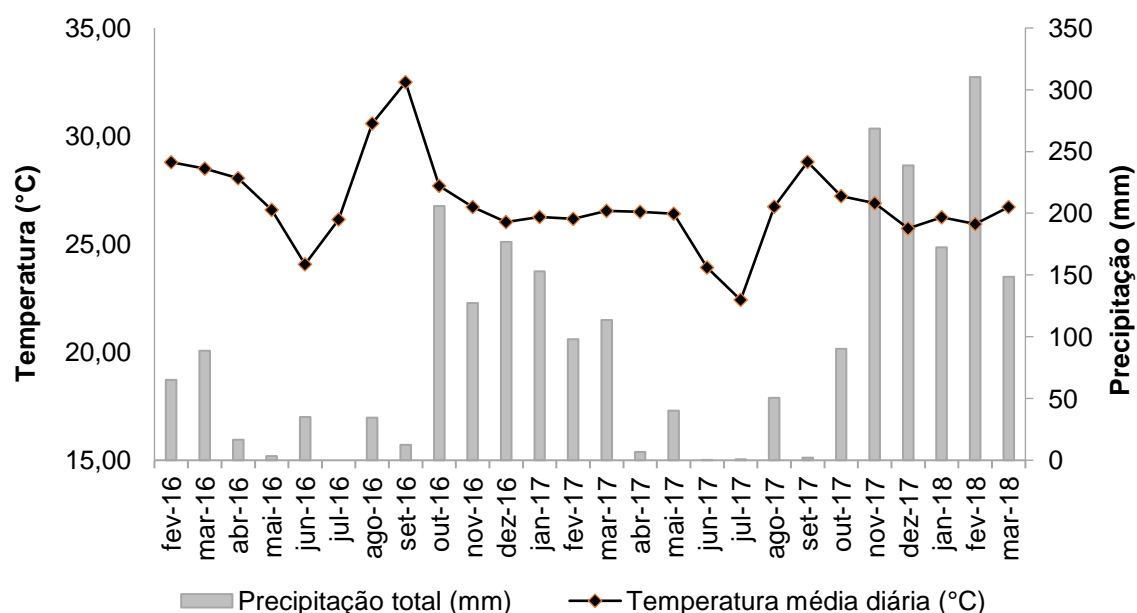


Figura 1. Precipitação mensal acumulada e temperatura média do ar durante a condução do experimento.

Em agosto de 2014, para instalação da área experimental, foram coletadas amostras de solo da camada 0-20cm, para caracterização química e granulométrica do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do Latossolo Vermelho antes da instalação do experimento.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	T	V	MO	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	-mg dm ⁻³ -		-----cmol _c dm ⁻³ -----				%	g kg ⁻¹		----mg dm ⁻³ ----	
4,2	0,8	42	0,3	0,1	6,7	7,2	7,0	20,8	400	100	500

P = fósforo disponível; K, Ca e Mg trocáveis; H+Al = acidez potencial; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = saturação por bases; e MO = matéria orgânica. Método de extração de P: Mehlich 1.

Com base na análise química foi realizada a calagem pelo método de saturação por bases, e parcelada em duas doses de calcário (PRNT: 86%) incorporadas com grade-aradora.

O experimento foi conduzido com delineamento de blocos ao acaso, com sete sistemas de produção e três repetições. A dimensão de cada unidade experimental foi de 56 m² (7 m de largura x 8 m de comprimento). Os tratamentos consistiram em culturas de cobertura foram cultivadas em safrinha e implantadas no dia 01 de março de 2017. Todos os sistemas de produção foram cultivados a soja no período da safra. A semeadura das culturas de cobertura (Tabela 2) foi realizada à lanço, seguida de gradagem leve para incorporar as sementes ao solo.

Tabela 2. Caracterização dos sistemas de produção com a semeadura da safrinha 2017 após a colheita da soja safra 2016/17.

Safrinha 2017
Pousio em PD
<i>Pennisetum glaucum</i> - ADR300
<i>Crotalaria spectabilis</i>
<i>Urochloa ruziziensis</i>
<i>P. glaucum</i> - ADR300 + <i>Urochloa ruziziensis</i>
<i>P. glaucum</i> - ADR300 + <i>C. spectabilis</i>
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>

Dez dias antes da semeadura da soja, procedeu-se a dessecação de manejo de todos os sistemas de produção (Figura 2A), com uso do glyphosate (1400 g ha⁻¹), e a adubação de semeadura. O glyphosate foi aplicado com auxílio de um pulverizador manual, com volume de calda de 150 L ha⁻¹.

Para a adubação utilizou-se 120 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP) todo na semeadura e 170 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCl), aplicado metade à lanço em pré semeadura, no dia 10 de outubro, e o restante quando a soja atingiu o estágio fenológico V4, em dezembro de 2017. A adubação foi realizada de forma manual, com os adubos dosados por parcela (Figura 2B).

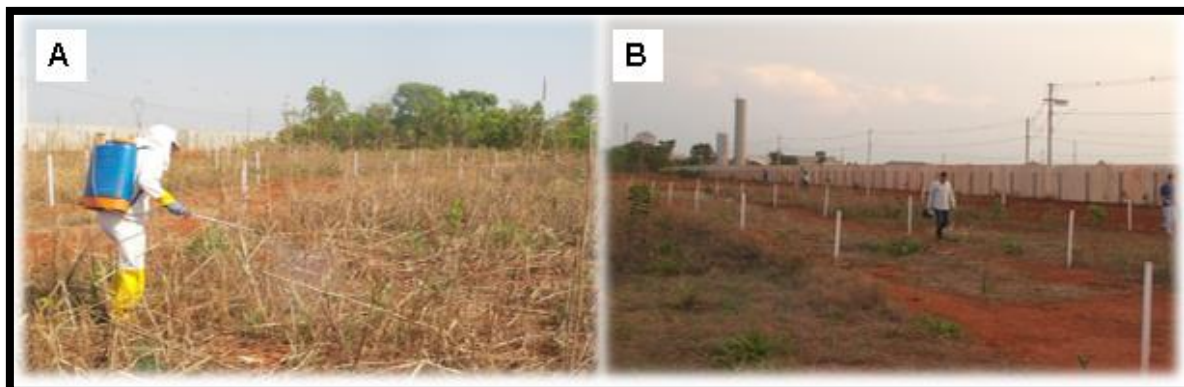


Figura 2. Dessecação dos sistemas de produção (A) e adubação de semeadura (B).

A soja, cultivar TMG 1175 RR, foi semeada no dia 20 de outubro, com uso de um conjunto trator e semeadora-adubadora, implantada com um espaçamento entre linhas de 0,45 m e estande de 25 plantas m^{-1} . Foi realizada a inoculação das sementes com inoculante líquido na dosagem de 150 ml de inoculante para cada 50 kg de sementes, apresentando a concentração bacteriana de 5×10^9 UFC por ml, com bactérias *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 587 e 5019). A colheita ocorreu em 22 de fevereiro de 2018, e a produtividade foi estimada a partir da coleta de 10m² por parcela (Figura 3).



Figura 3. Delimitação da área de coleta da soja.
Fonte: Andressa S. Dalla Còrt São Miguel.

As avaliações de fitomassa seca foram realizadas no florescimento do milho, em 10 de maio de 2017, e na senescência no dia 05 de julho. Ressalta-se que a *U. ruziziensis* não estava em florescimento no dia 10 de maio. A fitomassa foi avaliada com o uso do quadrado de ferro com dimensões de 0,5x0,5m (0,25m²), coletando-se a parte aérea da cultura de cobertura, com duas repetições por parcela, seguindo a metodologia proposta por

Crusciol et al. (2005). As folhas e caules/colmos foram separados e, em seguida, foram acondicionadas em estufa de circulação de ar forçada, a 60°C, até atingir massa constante.

Com as amostras secas e após serem pesadas, a fitomassa foi moída em moinho tipo Willey (malha de 2mm) (Figura 5), para posterior determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S conforme Malavolta et al. (1997).

Para avaliar a ciclagem de nutrientes, a coleta de fitomassa foi repetida no momento da dessecação e aos 17, 31, 59, 90 e 119 dias após a dessecação para a semeadura da soja safra 2017/18. A taxa de cobertura do solo foi avaliada segundo metodologia proposta por Sodré Filho et al. (2004), com uso de um quadrado de ferro com dimensões de 0,5x0,5m (0,25m²), com uma rede de barbantes espaçados a cada 5 cm que formam dez pontos, nos quais, verifica-se a presença ou ausência de cobertura.



Figura 4. Fitomassa proporcionada pelos sistemas com milho em benefício da soja.

Para descrever a liberação de nutrientes ocorrida na cultura de cobertura, os dados foram ajustados pelo modelo exponencial de Wieder & Lang (1982): $PL = Po \exp(-kt)$ e $PL = Co + Po \exp(-kt)$; no qual PL é a quantidade de matéria seca e nutrientes existentes (kg ha⁻¹) no tempo t (d); Co é uma constante de ajuste do modelo e Po é a fração de matéria seca e nutrientes potencialmente liberados (kg ha⁻¹); e k é a taxa de liberação dos nutrientes (g g⁻¹). Com o valor de k, calculou-se o tempo de meia-vida (t^{1/2}) da matéria seca e dos nutrientes remanescentes, com o uso da fórmula $t^{1/2} = 0,693/k$, proposta por Paul & Clark (1996).

Na coleta do florescimento das culturas de cobertura, obteve-se a área foliar (cm²) por meio do integrador de área foliar, modelo LI-3100 Área Meter LI-COR Bio-Science; e foi avaliada a Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) por meio do equipamento CI-110,

através do programa Plant Canopy Imager CID Bio-Science (obtida em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e convertida para $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$).

Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias por meio do programa Sisvar 5.6 aplicando-se o teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, confeccionando-se os gráficos com o auxílio do programa Sigma Plot 10.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média da soja brasileira na safra 2017/18 foi de 3385 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). A baixa produtividade da soja (Figura 5) está relacionada à doença antracnose, uma das principais doenças do Cerrado Brasileiro, que causa redução na população de plantas, na qualidade de semente e no rendimento de grãos. A doença se espalhou rapidamente devido às chuvas constantes e consequente dificuldade no controle por meio da aplicação de fungicidas.

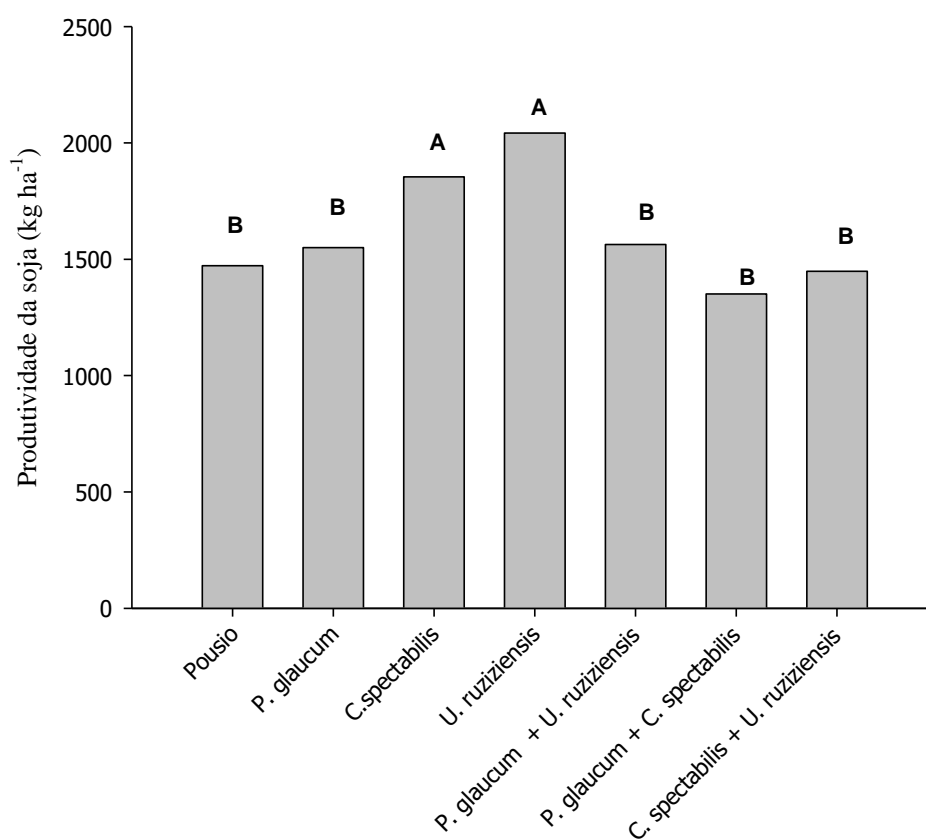


Figura 5. Produtividade da soja proporcionada pelos sistemas de culturas cobertura na safra 2017/18.

Apesar da baixa produção de fitomassa (Tabela 3) e baixo acúmulo de nutrientes (Tabela 4 e 5), o sistema com a leguminosa, *C. spectabilis* proporcionou maior produtividade, juntamente como sistema de *U. ruziziensis*. A justificativa está embasada na decomposição e velocidade de liberação de nutrientes desse sistema. O tempo de meia vida da fitomassa da *C. spectabilis* foi de 31 dias (Figura 6), portanto, pressupõe-se que todo nutriente acumulado foi rapidamente disponibilizado para a soja em momento propício para

beneficiar seu desenvolvimento. Além disso, a *C. spectabilis*, promove fixação biológica de nitrogênio em simbiose com as bactérias presentes no solo, o que aumenta a atividade microbiológica. O nitrogênio ao ser liberado no processo de decomposição impactou diretamente na produtividade.

A menor produtividade observada nos sistemas *P. glaucum* + *U. ruziziensis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*, pode ser explicada pela menor produção de fitomassa devido à competição entre as culturas. Devido ao sistema *U. ruziziensis* em monocultivo apresentar maior volume de fitomassa por unidade de área, a quantidade de nutrientes disponibilizados também foi maior, o que favoreceu a produtividade de soja comparativamente aos sistemas consorciados. No caso dos sistemas com *P. glaucum*, observa-se que com o fim do seu ciclo as plantas acamam e entram em decomposição, assim há liberação de nutrientes a partir de 100-110 dias após a semeadura da cultura, o que faz com que não sejam aproveitados pela cultura subsequente.

No momento da dessecação de semeadura da soja (Tabela 3), os sistemas que apresentaram maior acúmulo de fitomassa foram: *U. ruziziensis*, *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*, e *P. glaucum* + *C. spectabilis*. Somente os sistemas pousio e *C. spectabilis* houve menor taxa de cobertura do solo, com 66% e 68,33%, enquanto os demais proporcionaram taxas acima de 92% (Tabela 4). De acordo com Pacheco et al. (2008), a capacidade de acúmulo da fitomassa da *U. ruziziensis* está atrelada com suas características fisiológicas, pois trata-se de uma cultura com hábito perene, capaz de suportar estresses por deficiência hídrica e elevadas temperaturas. O acúmulo de fitomassa da *U. ruziziensis* contribuiu significativamente para os resultados de produtividade, visto que quanto maior o volume de fitomassa fresca no momento da dessecação, maior a quantidade de nutrientes por quilo de massa seca.

Observa-se que por possuir alta capacidade de rebrota após as primeiras chuvas da primavera, os sistemas com *U. ruziziensis* superaram os com *P. glaucum*, os quais obtiveram resultados superiores nas avaliações do florescimento e senescência. Além disso, o *P. glaucum* possui ciclo de, aproximadamente, quatro meses, ou seja, entrou em processo de senescência e decomposição a partir de julho, o que levou a perda de fitomassa significativa até o momento do manejo de dessecação de pré-semeadura da soja. Os estudos de Timossi (2005) corroboram com esses resultados pois, observou a senescência e o acamamento das plantas de *P. glaucum* aos 110 dias após sua semeadura, o que levou ao início do processo de decomposição da fitomassa.

Tabela 3. Fitomassa e taxa de cobertura do solo por culturas de cobertura semeada em safrinha no Cerrado no momento da dessecação de manejo para a semeadura da soja da safra 2017/18

Sistemas de produção	Fitomassa (kg ha ⁻¹)	Taxa de cobertura (%)
Pousio em PD	2419,40 C	66,00 B
<i>P. glaucum</i>	2901,73 B	92,00 A
<i>C. spectabilis</i>	1906,40 C	68,33 B
<i>U. ruziziensis</i>	5113,80 A	97,66 A
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	3358,80 B	94,00 A
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	4509,20 A	95,33 A
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	4920,26 A	96,66 A
CV (%)	10,46	3,91

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Quanto às taxas de decomposição de fitomassa na superfície do solo, as menores taxas observadas foram nos sistemas *P. glaucum*, e *P. glaucum* + *U. ruziziensis*, ambos com tempo de meia vida de 121 dias (Figura 6). Essas gramíneas apresentam maior relação C/N, o que faz com que a fitomassa persista mais tempo sobre o solo, além disso, a maior parte da fitomassa produzida pelo *P. glaucum* é composta por caule, que tem maior teor de lignina e celulose e, portanto, representa um material com elevada recalcitrância nos tecidos (TORRES & PEREIRA, 2014), dificultando a decomposição. Além disso, o fechamento do ciclo do *P. glaucum* ocorre mais cedo que as demais espécies, e logo inicia a decomposição de forma mais intensa.

A inserção de leguminosas em consórcio com gramíneas interfere na decomposição da fitomassa, visto que o consórcio com a *C. spectabilis* nos sistemas com *P. glaucum* e *U. ruziziensis*, proporcionaram redução no tempo de meia vida (Figura 6). Segundo Calvo et al. (2010), as leguminosas, por fixarem o nitrogênio atmosférico, possuem altos teores de nitrogênio no tecido vegetal, e devido a sua fitomassa geralmente apresentar baixa relação C/N, influencia a atividade microbológica do solo e proporciona decomposição relativamente acelerada. Além disso, o maior acamamento de plantas de *P. glaucum* em determinadas parcelas pode ter contribuído para maior perda de fitomassa nesse tratamento.

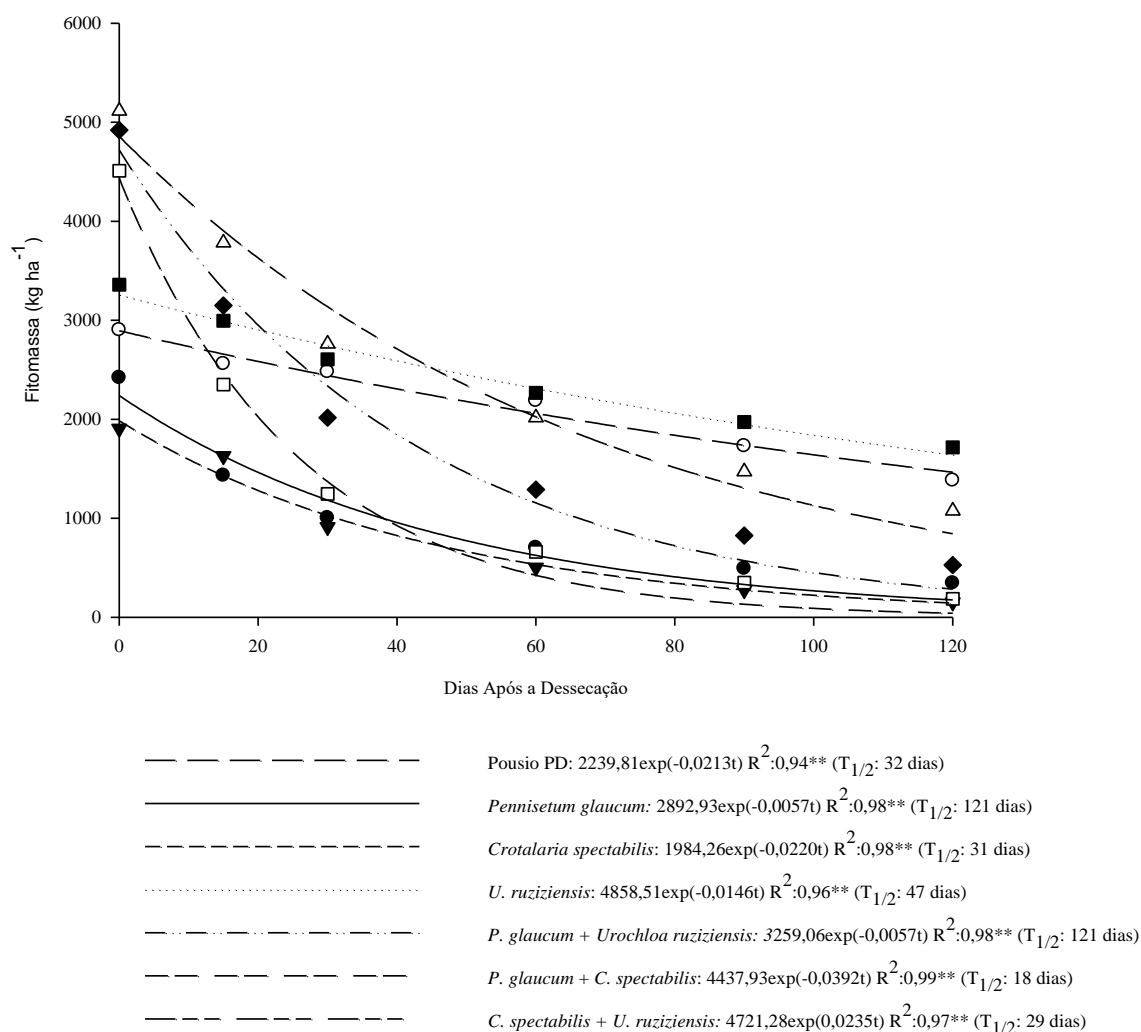


Figura 6. Decomposição e tempo de meia vida da fitomassa das culturas de cobertura na safra 2017/18.

Na quantificação do N (Tabela 4) os sistemas *P. glaucum* e *P. glaucum* + *U. ruziziensis* apresentaram os maiores acúmulos, 118,10 e 102,4 kg ha⁻¹, respectivamente. A diferença significativa do sistema *P. glaucum* + *C. spectabilis*, comparada aos demais sistemas com *P. glaucum*, pode estar relacionada com uma densidade de plantas inferior associada a competitividade por nutrientes entre as culturas, e pela maior quantidade de folhas proporcionada pela *U. ruziziensis*. Observa-se que o sistema *P. glaucum* + *C. spectabilis* apresentou menor fitomassa, comparado aos demais sistemas com *P. glaucum*, devido a recomendação de quantidade de sementes de *P. glaucum* que foi inferior e, pela baixa taxa de germinação da *C. spectabilis* nesse sistema (Tabela 3).

A inserção do *P. glaucum* no Cerrado tem sido frequente devido ao seu rápido estabelecimento e elevada capacidade de acúmulo de nutrientes. A *U. ruziziensis* possui estabelecimento inicial mais lento, isso justifica a diferença significativa entre esses sistemas. O pousio e a *C. spectabilis*, devido ao volume inferior de fitomassa (Tabela 3) obtiveram os menores resultados de acúmulo de N (Tabela 4).

Tabela 4. Acúmulo de macronutrientes (kg ha⁻¹) na fitomassa aérea das plantas de cobertura no período do florescimento

Sistemas	N		P		K		Ca		Mg		S	
Pousio em PD	31,34	D	2,35	D	20,67	E	7,67	C	10,33	C	2,64	C
<i>P. glaucum</i>	118,10	A	9,94	A	183,52	A	24,86	A	26,55	A	5,47	A
<i>C. spectabilis</i>	22,86	D	0,90	E	14,00	E	5,20	C	2,30	D	0,98	D
<i>U. ruziziensis</i>	78,68	B	4,77	C	82,47	C	6,88	C	11,13	C	2,35	C
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	102,40	A	6,22	B	145	B	15,46	B	19,44	B	4,25	B
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	89,70	B	5,76	B	122,95	B	18,51	B	19,58	B	4,10	B
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	56,42	C	2,79	D	51,79	D	6,59	C	7,70	C	1,61	D
CV (%)	14,74		15,25		14,16		15,93		14,80		15,00	

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (p>0,05).

A *C. spectabilis* apresentou o menor acúmulo de P durante o florescimento. Enquanto na senescência (Tabela 5) os menores acúmulos foram identificados nos sistemas pousio, *C. spectabilis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis*. Observa-se que, do florescimento para a senescência a diferença em acúmulo foi baixa. Essa diferença nos dois períodos de avaliação pode estar relacionada com a função do fósforo nas plantas, inerente ao metabolismo energético via síntese de ATP. Além desse nutriente estar relacionado com o crescimento das raízes, Luz et al. (2011) destacam que os processos metabólicos ligados a gastos de energia têm influência direta ou indireta do fósforo.

No acúmulo de fósforo (P), o *P. glaucum* apresentou os maiores acúmulos no florescimento e na senescência. O pequeno aumento em acúmulo de nutriente, na senescência (Tabela 5), nos sistemas com *C. spectabilis* está diretamente relacionado com seu desenvolvimento tardio, pois devido à baixa taxa de germinação realizou-se ressemeadura. Esse fator levou a *C. spectabilis* apresentar um índice de exportação de nutrientes (IEN) negativo, ou seja, houve aumento no acúmulo de nutrientes na senescência em função do crescimento e desenvolvimento de plantas oriundas da ressemeadura (Tabela 6).

Para o Potássio (K), observou-se maior acúmulo no *P. glaucum* no florescimento, seguido dos demais tratamentos com *P. glaucum*, *P. glaucum* + *U. ruziziensis* e *P. glaucum*

+ *C. spectabilis*, na senescência o maior acúmulo foi no *P. glaucum* (Tabela 5). Diferente do que ocorreu com o N e o P, observa-se que o *P. glaucum*, do florescimento para a senescência, houve maior diferença em acúmulo de K. O K não integra nenhuma molécula orgânica no vegetal, sua função, além da ativação enzimática, como as quinases e as sintetases, é exercer a abertura e fechamento dos estômatos, função fisiológica fundamental às plantas (Malavolta, 2006; Prado, 2008). Por não ter função estrutural, e não participar da composição de células vegetais, esse nutriente é disponibilizado ao solo rapidamente (GIACOMINI et al., 2003).

Tabela 5. Acúmulo de macronutrientes na fitomassa aérea das plantas de cobertura no período de senescência

Sistemas	N		P		K		Ca		Mg		S	
Pousio em PD	27,18	E	2,32	C	19,72	E	5,74	B	9,00	C	1,76	D
<i>P. glaucum</i>	115,10	A	9,55	A	139,21	A	19,14	A	37,00	A	8,68	A
<i>C. spectabilis</i>	21,23	E	1,39	C	10,23	E	4,18	B	2,41	D	1,00	D
<i>U. ruziziensis</i>	63,97	C	4,74	B	81,26	C	7,02	B	8,81	C	2,63	C
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	86,38	B	5,66	B	104,10	B	8,96	B	19,45	B	4,10	B
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	84,21	B	6	B	71,74	C	16,28	A	16,12	B	4,59	B
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	45,89	D	2,74	C	41,27	D	5,64	B	5,56	D	2,24	C
CV (%)	15,25		13,62		12,97		16,75		13,27		14,16	

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Na senescência, o *P. glaucum* apresentou o maior acúmulo de N. Observa-se que diferença significativa entre esse sistema e o *P. glaucum* + *U. ruziziensis* ocorreu devido a presença da *Urochloa* no sistema, visto que no sistema *P. glaucum* e *P. glaucum* + *C. spectabilis*, a translocação de N do florescimento para a senescência foi de apenas 3,00 e 5,49 kg ha⁻¹, enquanto no sistema de *U. ruziziensis* este valor foi 14,71 kg ha⁻¹ (Tabela 6). Ressalta-se que a *C. spectabilis*, no sistema *P. glaucum* + *C. spectabilis*, teve sua germinação prejudicada devido à forma de semeadura.

Tabela 6. Índice de exportação de nutrientes do florescimento para senescência

Sistemas	N	P	K	Ca	Mg	S
Pousio em PD	4,16	0,03	0,95	1,93	1,33	0,88
<i>P. glaucum</i>	3,00	0,39	44,31	5,72	-10,45	-3,21
<i>C. spectabilis</i>	1,63	-0,49	3,77	1,02	-0,11	-0,02
<i>U. ruziziensis</i>	14,71	0,03	1,21	-0,14	2,32	-0,28
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	16,02	0,56	40,9	6,50	-0,01	0,15
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	5,49	-0,24	51,21	2,23	3,46	-0,49
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	10,53	0,05	10,52	0,95	2,14	-0,63

No momento da dessecação de pré-semeadura da soja, observa-se que os sistemas que apresentaram maior quantidade de N, foram: *U. ruziziensis*, com 71,64 kg ha⁻¹, e *P. glaucum* + *C. spectabilis* com 69,48 kg ha⁻¹. Além disso, o sistema *P. glaucum* + *C. spectabilis* apenas na avaliação do Enxofre não se destacou como melhor em acúmulo de nutriente, no momento da dessecação (Tabela 7).

Tabela 7. Acúmulo de nutrientes no momento da dessecação (0DAD) e 120 dias após dessecação.

Macronutrientes no momento da dessecação (0 DAD) (kg ha ⁻¹)						
SISTEMAS	N	P	K	Ca	Mg	S
Pousio em PD	30,58 D	2,83 C	5,73 F	9,19 B	9,43C	2,46 C
<i>P. glaucum</i>	32,58 D	2,49 C	23 D	5,54 C	8,15 D	2,32 C
<i>C. spectabilis</i>	53,69 B	2,8 C	18,37 E	9,83 B	6,13 E	1,88 C
<i>U. ruziziensis</i>	71,64 A	5,93A	32 C	9,10 B	10,32 C	3,98 ^a
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	42,35 C	4 B	24,65 D	5,37 C	9,63 C	2,58 C
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	69,48 A	6,8 A	47,84 A	10,77A	13,66A	3,47 B
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	62 B	6,10 A	41,92 B	12,15A	11,61B	4,23 A
CV (%)	11,32	10,26	10,12	11,09	9,64	10,53
Macronutrientes 120 dias após dessecação (kg ha ⁻¹)						
Pousio em PD	4,81 D	0,53 C	1,81C	1,78 C	0,86 C	0,44 D
<i>P. glaucum</i>	15,50 B	2,06 A	4,21 A	5,65 A	2,29 B	1,3 B
<i>C. spectabilis</i>	1,70 E	0,19D	0,19 D	0,45 D	0,22 D	0,14 E
<i>U. ruziziensis</i>	13,54 C	1,48 B	2,38 B	5,28 A	2,04 B	1,09 C
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	21,63 A	2 A	2,57 B	4,71 B	2,77 A	1,78 A
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	2,59 E	0,21D	0,28 D	0,43 D	0,24 D	0,16 E
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	6,66 D	0,70 C	1,45 C	1,54 C	1,04 C	0,54 D
CV (%)	11,27	11,14	11,87	12	11,48	11,43

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Do momento da dessecação até 120 dias após dessecação, o sistema *P. glaucum* + *C. spectabilis* foi o que liberou maior quantidade dos macronutrientes N, P e K (Tabela 8). Esses valores foram superiores às quantidades liberadas dos mesmos nutrientes nos sistemas com *U. ruziziensis* e *C. spectabilis* em monocultivo, os quais promoveram maior

produtividade da soja (Figura 5). Esse resultado reforça a ideia da importância da sincronia da liberação do nutriente com a demanda nutricional da soja. Ou seja, a maior quantidade de nutrientes liberado no decorrer do tempo pelo sistema *P. glaucum* + *C. spectabilis* não implicou em maior produtividade da soja.

Tabela 8. Valor absoluto (kg ha^{-1}) dos nutrientes liberados do momento da dessecação até 120 dias após dessecação.

SISTEMAS	N	P	K	Ca	Mg	S
Pousio em PD	25,77	2,3	3,92	7,41	8,57	2,02
<i>P. glaucum</i>	17,08	0,43	18,79	-0,11	5,86	1,02
<i>C. spectabilis</i>	51,99	2,61	18,18	9,38	5,91	1,74
<i>U. ruziziensis</i>	58,1	4,45	29,62	3,82	8,28	2,89
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	20,72	2	22,08	0,66	6,86	0,8
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	66,89	6,59	47,56	10,34	13,42	3,31
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	55,34	5,40	40,47	10,61	10,57	3,69

No caso do *P. glaucum* + *C. spectabilis*, trata-se do sistema que obteve menor tempo de meia vida, de 18 dias, enquanto a *U. ruziziensis* e a *C. spectabilis* apresentaram tempo de meia vida de 47 e 31 dias, respectivamente (Figura 6). Como a velocidade de decomposição está diretamente ligada a liberação de nutrientes, é correto afirmar que esses nutrientes foram liberados de forma precoce, num momento onde não houve sincronia entre a liberação e demanda nutricional da soja. Ressalta-se que, a quantidade de N liberado pelos sistemas *U. ruziziensis* e a *C. spectabilis* foi determinante para a produtividade da soja pois, mesmo que não há necessidade de adubação nitrogenada devido à inoculação, a soja é responsiva ao N.

A maior produção de fitomassa no sistema *U. ruziziensis*, a qual é composta em maior parte de folha, associada a liberação de nutrientes podem justificar este resultado. A *U. ruziziensis* possui elevada capacidade de ciclagem de nutrientes (Tabelas 4 e 5), os quais são liberados gradativamente a partir da decomposição. Dessa forma, por sua fitomassa ser constituída, principalmente, de tecidos de fácil decomposição (folhas), os nutrientes foram liberados de forma mais rápida, e supriu parte da exigência nutricional das plantas e, conseqüentemente, influenciou na produtividade. O tempo de meia vida de 47 dias da fitomassa desse sistema sustenta essas informações.

Ressalta-se que houve diferença significativa entre os sistemas quanto à produção de fitomassa no florescimento (Figura 7). O uso de *P. glaucum* como planta de cobertura favoreceu o maior acúmulo de fitomassa, uma vez que a maior fitomassa foi observada quando se utilizou milheto em monocultivo, seguido dos consórcios desta gramínea com *U.*

ruzizensis e *C. spectabilis*. A maior fitomassa ocorreu pela característica de rápido estabelecimento e crescimento, comparado as demais culturas de cobertura, além da adaptabilidade desta gramínea às condições do Cerrado quanto à tolerância ao déficit hídrico (PACHECO et al., 2013) e desenvolvimento em solos de baixa fertilidade, através de seu sistema radicular profundo (PEREIRA FILHO, 2003). Resultados obtidos por Pacheco et al. (2011), em Rio Verde – GO, corroboram com o presente trabalho, pois obtiveram produção de fitomassa de 8.495 kg ha⁻¹ com o *P. glaucum* solteiro, avaliada sessenta dias após semeadura.

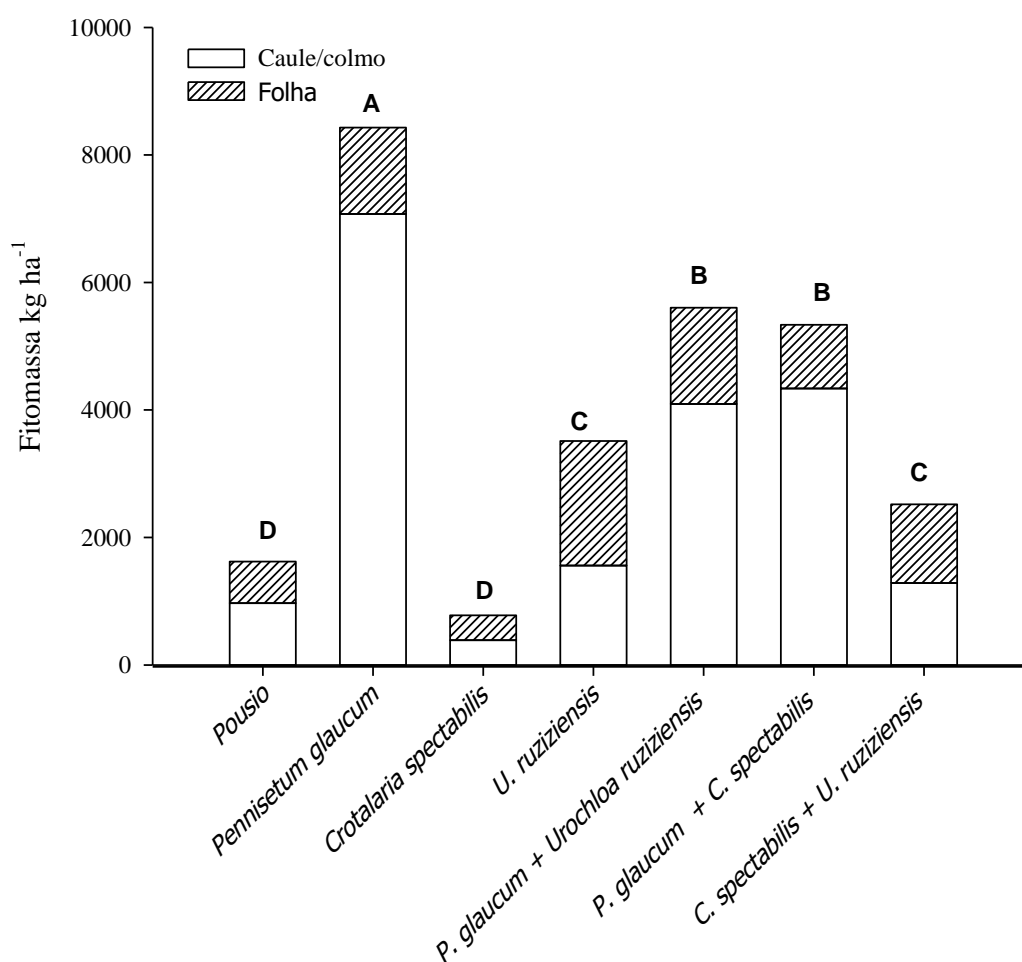


Figura 7. Fitomassa promovida pelas culturas de cobertura no período do florescimento (CV: 14,18%).

A produção de fitomassa pela *U. ruzizensis* foi de 3.511 kg ha⁻¹, valor maior ao obtido por Pacheco et al. (2011), de 2.417 kg ha⁻¹ aos sessenta dias após semeadura. Ressalta-

se que a semeadura das culturas de cobertura do presente trabalho ocorreu no dia 01 de março, enquanto a de Pacheco et al. (2011) foi no dia 25 de março, e nos estudos de Pacheco et al. (2011) verificou-se uma estiagem que vai de maio a julho, o que não ocorreu no presente estudo. Esses fatores apontam que a *U. ruziziensis* sofre maior influência das condições climáticas em seu desenvolvimento inicial, e reforça o *P. glaucum* como uma cultura rústica e de alta capacidade de adaptação a condições climáticas adversas. Nos estudos de Pacheco et al. (2011) o *P. glaucum* obteve 8.495 kg ha⁻¹ aos sessenta dias após semeadura, valor próximo ao do presente trabalho que foi de 8,430 kg ha⁻¹.

A baixa produção de fitomassa no sistema *C. spectabilis*, de 777,53 kg ha⁻¹, ocorreu devido a três fatores: a semeadura a lanço fez com que o contato semente-solo proporcionado pela incorporação com a grade não fosse adequado; A *C. spectabilis* tem menor tolerância ao déficit hídrico, o que tornou o processo de ressemeadura ineficiente devido à perda da janela das últimas chuvas de verão; A *C. spectabilis* possui estabelecimento inicial lento. Na pesquisa de Torres et al. (2014) observa-se uma variação entre 2.000 – 3.900 kg ha⁻¹, no sistema *C. spectabilis*, avaliando cinco anos de cultivo, sendo as condições climáticas de cada ano, no período do (semeadura ou cultivo), o principal fator responsável pela variação.

Na senescência, os sistemas com *P. glaucum* continuaram com a maior fitomassa de 7378,26 kg ha⁻¹, 4429 kg ha⁻¹ e 4390,4 kg ha⁻¹ nos sistemas *P. glaucum*, *P. glaucum* + *U. ruziziensis* e *P. glaucum* + *C. spectabilis*, respectivamente (Figura 8). Também se observou a representatividade da proporção de caule/colmo nos sistemas com *P. glaucum*. A separação em fitomassa de caule/colmo e folha é importante para o entendimento do comportamento da decomposição desse material, em razão da velocidade desta depender dos teores de lignina e celulose de cada espécie (Pacheco et al, 2013).

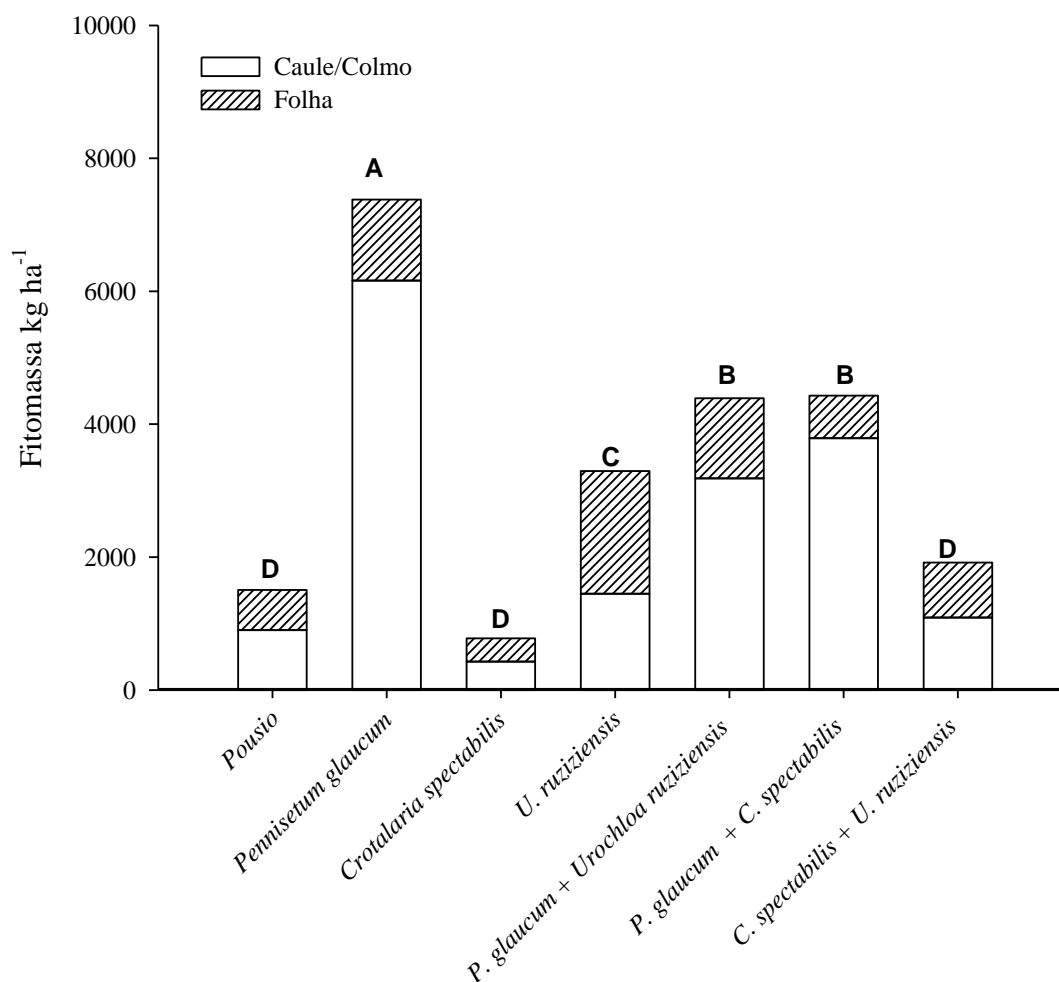


Figura 8. Fitomassa promovida pelas culturas de cobertura no período da senescência (CV: 16,08%).

A avaliação de índice de área foliar (IAF) foi realizada no florescimento. O sistema *Urochloa ruziziensis* obteve maior IAF, seguido dos demais sistemas com *U. ruziziensis*: *C. spectabilis* + *U. Ruziziensis* e *P. glaucum* + *U. ruziziensis*, com índices de 3,59 e 3,06, respectivamente (Figura 9). Esses resultados retomam a avaliação de fitomassa no florescimento (Figura 7), que apontam que a fitomassa total da *U. ruziziensis*, 55% foi composta de folhas, enquanto para o *P. glaucum* esse valor foi de 16%. Comparado ao caule/colmo, o tecido foliar é de fácil decomposição, assim, a inserção da *U. ruziziensis* no sistema proporciona maior velocidade de decomposição e, conseqüentemente, maior liberação de nutrientes em função do tempo (Figura 6). Esse resultado reforça a importância da consorciação de culturas com a inserção de espécies que apresentem elevado IAF, o qual

é fator crucial na obtenção de fitomassa com quantidade e qualidade ideal para satisfazer aos objetivos de proteção ao solo, e ciclagem de nutrientes em benefício a cultura em sucessão.

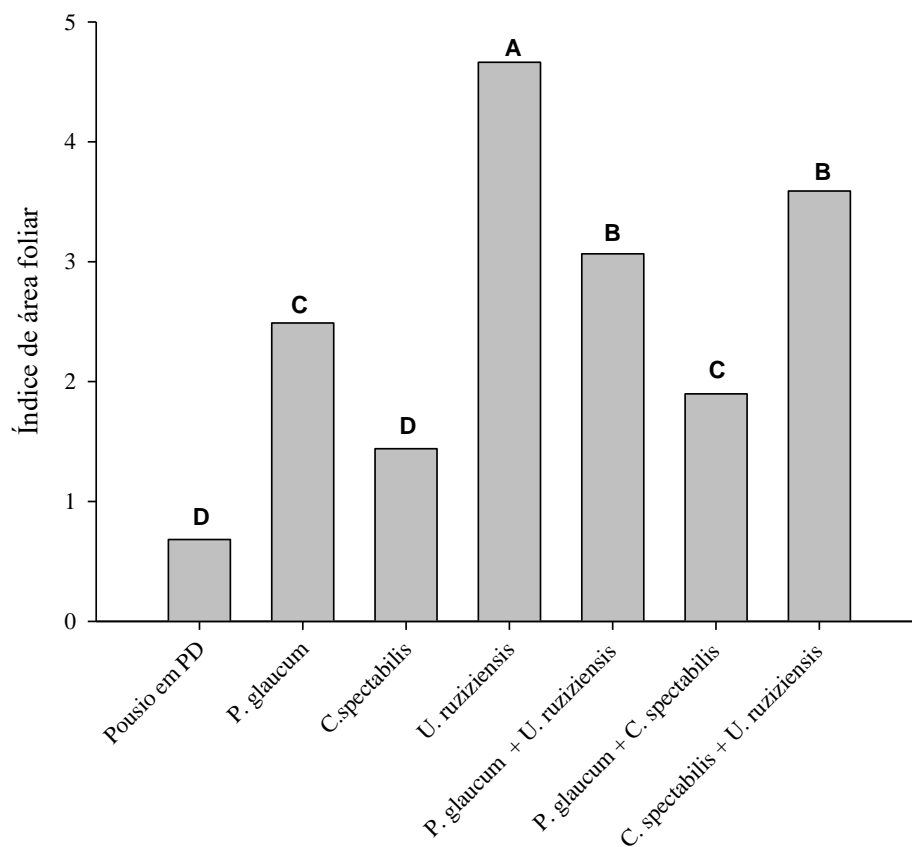


Figura 9. Índice de área foliar das culturas de cobertura no florescimento (CV: 23,03%).

Para análise de RFA interceptada, também realizada no florescimento, a *U. ruziziensis* destacou-se entre as demais, seguindo do sistema *P. glaucum* + *U. ruziziensis* com $14,41 \text{ MJ dia}^{-1}$ e *P. glaucum* com $13,57 \text{ MJ dia}^{-1}$. A menor taxa de absorção foi da *C. spectabilis*, com $4,9 \text{ MJ dia}^{-1}$ (Figura 10). e acordo com Portes et al. (2000), as gramíneas do gênero *Urochloa* apresentam metabolismo C4 de fixação de CO_2 , o que as torna muito exigentes por luz no desenvolvimento inicial da cultura.

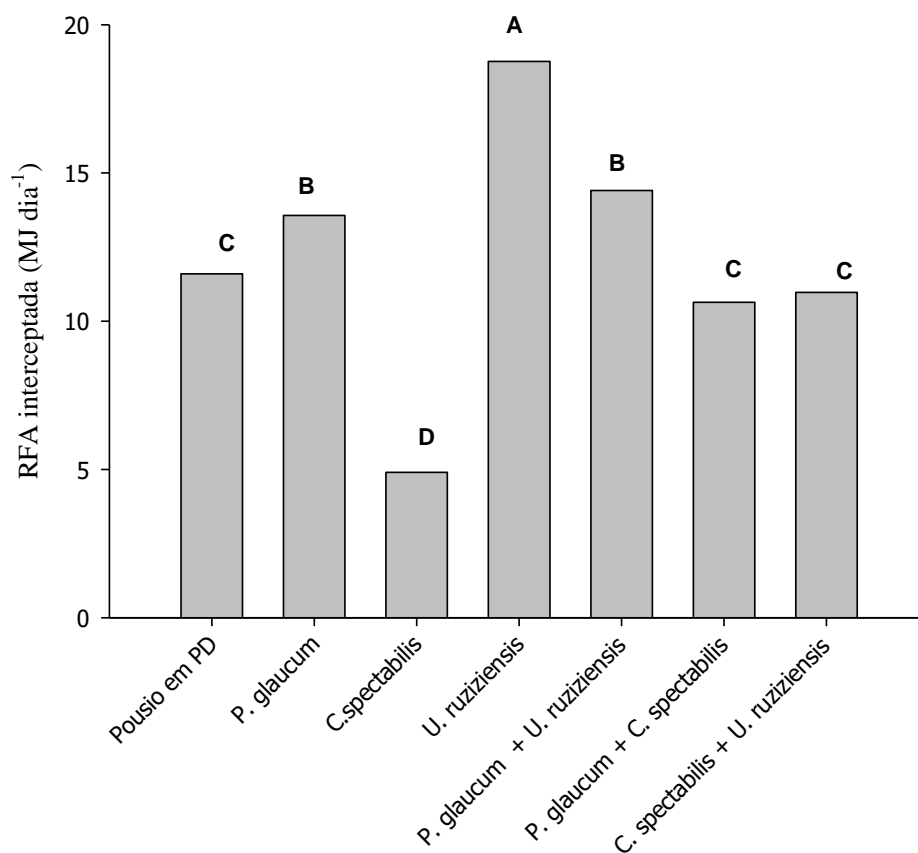


Figura 10. Radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas culturas de cobertura no florescimento (CV: 7,48%).

Em baixo IAF, devido a parte significativa das folhas estarem sujeitas à saturação fotossintética por radiação, ocorre uma baixa eficiência de uso da radiação (Sinclair & Horie, 1989). A *U. ruziziensis* apresentou maior eficiência da interceptação da radiação (Tabela 9), entretanto, no quesito de eficiência de uso da radiação (EUR), mostrou-se inferior ao *P. glaucum*. Esse resultado evidencia as características do *P. glaucum* de rápido estabelecimento e crescimento, nas condições do Cerrado, resultando em maior eficiência na conversão de energia em fitomassa seca.

Ressalta-se que, a *U. ruziziensis* é uma planta perene, permanece ativa durante a entressafra, e seu desenvolvimento depende, essencialmente, da ocorrência de chuvas. O *P. glaucum* por sua vez, mesmo em condições de deficiência hídrica é capaz de se estabelecer e crescer rapidamente. Além disso, apesar da *U. ruziziensis* apresentar maior interceptação da RFA, esta pode ter sido restrita a parte superior do dossel, reduzindo a luminosidade nas folhas do meio do dossel das plantas. Essa característica é explicada pelo coeficiente de extinção K, que segundo Procópio et al. (2003), é um indicador de eficiência das plantas em

interceptar a radiação, interferindo na estimativa de produção de fitomassa. Além disso, a quantidade de luz que penetra ao longo dossel reduz de maneira exponencial à medida que há aumento do índice de área foliar (Schoffel & Volpe, 2001). É devido a essas características que o *P. glaucum* apresentou maior EUR quando comparado a *U. ruziziensis* (Tabela 9).

Tabela 9. Eficiência da interceptação, coeficiente de extinção K e eficiência do uso da radiação (EUR) pelos sistemas de produção no período do florescimento.

Sistemas de produção	Eficiência da Interceptação	Coeficiente de extinção K	EUR (g. MJ ⁻¹)
Pousio em PD	0,462 C	0,921 A	6,42 E
<i>P. glaucum</i>	0,541 B	0,323 B	33,62 A
<i>C. spectabilis</i>	0,199 D	0,160 C	3,2 E
<i>U. ruziziensis</i>	0,751 A	0,327 B	14,05 C
<i>P. glaucum</i> + <i>U. ruziziensis</i>	0,577 C	0,285 B	18,19 B
<i>P. glaucum</i> + <i>C. spectabilis</i>	0,425 C	0,301 B	20,89 B
<i>C. spectabilis</i> + <i>U. ruziziensis</i>	0,437 C	0,162 C	9,556 D
CV (%)	7,49	24,37	14,9

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Por esses resultados, evidencia-se que enquanto o *P. glaucum* apresentou maiores acúmulos durante o florescimento e senescência, devido a sua característica de rápido crescimento e estabelecimento. Devido ao ciclo do milho, a partir dos 100-110 dias após semeadura as plantas entraram em senescência e, com o acamamento, a decomposição da fitomassa iniciou-se num momento inoportuno para o aproveitamento dos nutrientes liberados. Isso permite pressupor que esse sistema não influenciou significativamente a produtividade da soja devido a essas características. A *U. ruziziensis*, por sua vez, além de demonstrar maior capacidade em disponibilizar macro e micronutrientes a partir do momento da dessecação de pré-semeadura da soja, possui elevada capacidade de rebrota após o início das chuvas de primavera, o que contribui para maior acúmulo de nutrientes e fitomassa. A inserção de leguminosas favorecem a produtividade da soja devido a fixação do nitrogênio atmosférico, além disso, por geralmente apresentar baixa relação C/N, influência a atividade microbológica do solo, o que acelera a decomposição da fitomassa.

CONCLUSÕES

1. A *U. ruziziensis*, em monocultivo, e os consórcios *P. glaucum* + *C. spectabilis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis* apresentam maior produção de fitomassa no momento da dessecação.
2. Os tratamentos com *P. glaucum* resultam menor taxa de decomposição da fitomassa, e assim, proporcionaram cobertura do solo por maior tempo.
3. A *C. spectabilis* possui a menor produção de fitomassa, e a maior taxa de decomposição.
4. Os consórcios *P. glaucum* + *C. spectabilis* e *C. spectabilis* + *U. ruziziensis* comparados aos sistemas solteiros, apresentam maior liberação de nutrientes de 0 a 120 dias após dessecação.
5. O *P. glaucum*, de modo geral, proporciona maiores acúmulos de nutrientes durante o florescimento e senescência, enquanto a *U. ruziziensis* demonstra maior capacidade em disponibilizar macro e micronutrientes a partir do momento da dessecação de pré-semeadura da soja.
6. O tratamento em monocultivo de *U. ruziziensis* e o de *C. spectabilis* resultam em maior produtividade da soja.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. IFNP: São Paulo, 2009.

AGNES, E.L.; FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R. Situação atual da integração agricultura pecuária em Minas Gerais e na Zona da Mata Mineira. *Integração agricultura-pecuária*. Viçosa-MG, 2004. p. 251-267.

ALCÂNTARA F.A, FURTINI Neto A. E; MESQUITA H. A; MUNIZ J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 277-88, 2000.

ALTMANN, N. Plantio direto no cerrado: 25 anos acreditando no sistema. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, p. 21-72, 2010.

ARAÚJO, D. D.; CHIODI, R. R.; RIBEIRO, A. P.; PEREIRA, C. R.; ARAÚJO, D.D.; AYRES, E. B.; RIBEIRO, E. M.; GALIZONI, F.M. Análise da diversidade de espécies vegetais e sua relação com os solos de sistemas agroflorestais do Alto Jequitinhonha-MG. Núcleo de Pesquisa e Apoio à agricultura familiar Justino Obers, UFLA, 2004.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DE MATO GROSSO. Desafios e oportunidades – soja e milho. Cuiabá: 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_tematicas/Insumos_agropecuarios/69RO/app_aprosoja.pdf>.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; VEIGA, M.; MORAES, A.; PELISSARI, A. MAFRA, A.L.; PICOLLA, C.D. Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1357-1363, 2011.

BEZERRA NETO F; GOMES EG. 2008. Índices de desempenho de sistemas agrícolas consorciados: uso eficiente da terra, indicadores econômicos e eficiência DEA In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 28. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: **ENEGERP**. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008>.

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

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

CARVALHO, A.M. et al. Cover plants with potential use for crop livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1200-1205, 2011.

CAVALLI, E.; LANGE, A.; CAVALLI, C.; BEHLING, M. Decomposition and release of nutrients from crop residues on soybean-maize cropping systems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, p. 1-8, 2018.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.163-171, 2002.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; HOLANDA, H. V de; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O.; CERASIN, A. L. Consórcio de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.42, n.10, 2012.

COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. de A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v.36, p.1100-1105, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. A produtividade da soja: Análise e perspectivas. Compêndio de Estudos Conab, v. 10, Brasília, p.1-35, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Evolução dos custos de produção de soja no Brasil. Compêndio de Estudos Conab, v. 2, Brasília, p.1-24, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2018/19, Quinto levantamento, v. 6, Brasília, p.1-122, 2019.

CONSTANTIN, J. Métodos de Manejo. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J. Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 103-121.

COSTA, L. C.; MORISON, J. I. L.; DENNETT, M. D. Carbon balance of growing faba bean and its effect on crop growth: experimental and modeling approaches. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, p. 11-17, 1996.

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

CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; FILHO, I. A. P.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F., HERNANI, L. C. Cultivo do milho. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Soja – Soja em números (safra 2016/2017). Brasília: 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 28 Jul. 2017.

GALLO, K. P.; DAUGHTRY, C. S. T.; WIEEGAND, C. L. Errors in measuring absorbed and computing crop radiation use efficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 1222-1228, 1993.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VEDRUSCULO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA E AGROPECUÁRIA. Mapa de Macrorregiões do IMEA. Cuiabá: 2010. Disponível em: <<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/justificativamapa.pdf>>.

LAL, R.; LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (Ed.). Soil management greenhouse effect. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.293-307.

LAVORENTE, G. B. Caracterização das vias de exportação de soja do Estado de Mato Grosso. Dissertação da Universidade de São Paulo: ESALQ, Piracicaba, 2011.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; SANCHEZ, J.M.D. et al. Calagem e adubação: Estabelecimento, manutenção e produtividade dos pastos. SIMPOSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 2011, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: UEM, 2011. P.105-106.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1997. 308p.

MIELNICSUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo do solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H. **Tópicos em Ciência do Solo**, Volume III, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 209-248.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MORAES, E. S.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVEIRA NETO, A. N. da.; H. S.; PAULINO, H. B. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e alterações na atividade microbiana em solo de cerrado. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2. 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica** [CDROM], Goiânia: UFG, 2005. n.p.

MORETI, D. et al. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.167-175, 2007.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1079-1087, 2002.

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

- PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46:17-25, 2011.
- PACHECO, L. P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48: 1228-1236, 2013.
- PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no cerrado piauiense. **Bragantia**, 72: 237-246, 2013.
- PERERA, L.C.J. Competitividade da soja brasileira para exportação. Cad. de Pós-Graduação em Adm. de Emp. São Paulo, v. 3, n. 1, p. 39-58, 2003.
- PITTELKOW, F. K.; SCARAMUZZA, J. F.; WEBER, O. L. S.; MARASCHIN, L.; VALADÃO, F. C. A.; OLIVEIRA, E. S. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, 5 (17): 212-222, 2012.
- PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1349-1358, 2000.
- PRADO, R. M. de. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 407p. 2008.
- PRIOR, S.A.; TORBERT, H.A.; RUNION, G.B. & ROGERS, H. Elevated atmospheric CO₂ in Agroecosystems: Residue decomposition in the field. **Environ. Manag.**, v. 33, p. 344-354, 2004.
- PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A.; COSTA, L.C. Desenvolvimento foliar das culturas da soja e do feijão e de plantas daninhas. **Ciência Rural**, v.33, p.207-211, 2003.
- PUIATTI, M..Pesquisas visando o manejo sustentável da cultura do taro. In: SANTOS, ES dos (ed). Simpósio Nacional sobre as culturas do inhame e do taro.1.*Anais ...*João Pessoa: EMEPA-PB. p.143-160, 2002.
- REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. Crops residue management. **Advances in soil science**. Lewis publishers, Florida, p.125-172, 1994.
- ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia da soja. In: SUZUKI, S. et al. (Ed.). Boletim de Pesquisa de Soja 2006. Rondonópolis: **Fundação MT**, p. 41-51. 2006.
- SAMORA, R. Agroconsult vê queda de 4% na safra 17/18 de soja do Brasil; rentabilidade despenca. Notícias e negócios, 2017. Disponível em: <<https://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKCN1BG38D-OBRBS>>. Acesso em 12 dez 2017.

SANCHES, A. C. As Perspectivas de Expansão da Soja. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

SCALÉA, M.J. Avaliação do plantio direto frente a aspectos relevantes da cultura moderna; I SINPÓSIO SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SEMI ARIDO, 1. 2007, Mossoró, RN 252 p. 85 – 112, 2007.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). *Floresta*, 38: 253-266, 2008.

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C.A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para a produção de fitomassa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.241-249, 2001.

SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 98-105, 1989.

SODRE FILHO, Joilson; CARDOSO, Alexandre Nunes; CARMONA, Ricardo e CARVALHO, Arminda Moreira de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.327-334, 2004.

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

TORRES, J.L. R; SILVA, M. G. de S.; CUNHA, M.de A.; VALLE, D.X.P; PEREIRA, M.G; Produção de fitomassa e decomposição de resíduos culturais de plantas de coberturas no cultivo da soja em sucessão. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 247-253, 2014.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.43, p.421-428, 2008.

TORRES, J.L.R. Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG. 2003. 125p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num Latossolo no Cerrado mineiro. **Comunicata Scientiae**, v. 5, p. 419-426, 2014.

VARLET-GRANCHER, C.; GOSSE, G.; CHARTIER, M.; SINOQUET, H.; BONHOMME, R.; ALLIRAND, J. M. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v. 9, p. 419-439, 1989.

WIEDER, R.K. & LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, 63:1636-1642, 1982.